

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Université Mohamed Boudiaf - M'sila -

Faculté des Sciences
Département de Microbiologie et Biochimie



Numéro de série :

Numéro d'inscription :

Thèse

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat 3^{ème} cycle LMD

Spécialité : Sciences biologiques

Option : Pharmacologie expérimentale

Thème

**Ethnobotanique, phytochimie et activités biologiques de quelques
plantes du massif de Boutaleb**

Présenté Par :

KHELOUFI Maroua

Soutenu le 09/04/2025 à l'Université de M'sila, devant le jury composé de :

BOUDJELAL Amel	Professeur, Université de M'sila	Président
SARRI Madani	Professeur, Université de M'sila	Directeur de thèse
HENDEL Noui	MCA, Université de M'sila	Co-Directeur de thèse
ZELLAGUI Amar	Professeur, Université d'Oum El Bouaghi	Examineur
GHERRAF Noureddine	Professeur, Université d'Oum El Bouaghi	Examineur
BOUBEKEUR Hafsa	MCA, Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

PUBLICATIONS, COMMUNICATIONS ORALS ET POSTERS

Certaines parties de ce travail ont été présentées sous forme de communications orales, de posters et de publication scientifique.

Publication

Maroua Kheloufi, Madani Sarri, Noui Hendel, Djamel Sarri (2024) : Chemical composition, antifusarium and radical scavenging activities of essential oil and extracts of *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze growing in Boutaleb (Setif, Algeria). *Rev. Agr. Acad. J.*, 7(2), 1-9.

Communications orals

Kheloufi M., Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : Phytochemical study of methanolic extract of *Thymus ciliatus* wild in Boutaleb region (Setif, Algeria). International BIOATLAS Conference, September 8-9, 2022, Brasov, Romania.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Hendel Noui, Baali Faiza, Djemouai Nadjette: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of essential oil of an endemic plant from the Boutaleb massif. The first National Seminar on Essential Oils and Aromatherapy (SNHEA) (Hybrid), September 19-20, 2022, Abbas Laghrour Khenchela University, Algeria.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : Photochemical study of methanol extract of *Hertia cheirifolia* wild in Boutaleb region. The First International Congress of Innovations in Chemistry for Aims, October 23-24, 2022, Larbi Ben M'hidi University of Oum El Boughi, Algeria.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : Phenolic content and antioxidant activity of methanolic extract of *Thymus* sp. Boutaleb region (Setif). The first Seminar on Agriculture and Sustainable Development in Semi-Arid Zones, November 15-16, 2022, Mohamed Cherif University Messadia, Souk Ahras, Algeria.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : Total phenolic content and antioxidant activity of medicinal plant from Boutaleb region (Setif). National Seminar on Environment and Sustainable Development of Ecosystems (Management and development) of Semi-Arid Zones, November 20-21, 2022, University Larbi Tebessi, Tebessa, Algeria.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : Phenolic composition, antioxidant potential of some extract of the endemic Algerian plant of the Asteraceae family. National Seminar on Environment and Sustainable Development of Ecosystems (Management and development) of Semi-Arid Zones, November 20-21, 2022, University Larbi Tebessi, Tebessa, Algeria.

Kheloufi Maroua, Sarri Madani, Sassoui Ammar, Hendel Noui : *In vitro* evaluation of the antioxidant activity of methanolic and aqueous extracts of *Hertia Cheirifolia* wild in Boutaleb region. The First Virtual International Seminar on Bioresources, Nutrition, and Health, November 28-29, 2022, Abdelhamid Ibn Badis University of Mostaganem, Algeria.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie le bon Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné le courage et la santé pour accomplir ce travail.

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à mon Directeur de thèse, le Professeur **Madani SARRI** pour son encadrement, son soutien constant, sa disponibilité et ces conseils précieux.

Mes remerciements s'adressent aussi au Docteur **Noui HENDEL**, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'être co-encadreur de ce travail de recherche.

Je tiens également à remercier le Professeur **Amel BOUDJELAL**, pour sa participation à mon jury de thèse en qualité de président. Je tiens à l'assurer de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt qu'elle porte à ce travail.

Je remercie Docteur **Hafsa BOUBEKEUR** de l'Université de M'sila, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger cette thèse.

Je souhaite exprimer également mes remerciements au Professeur **Amar ZELLAGUI** de l'Université d'Oum El Bouaghi, pour avoir accepté de participer et d'évaluer le présent document.

J'aimerais également exprimer ma gratitude au Professeur **Noureddine GHERRAF** de l'Université d'Oum El Bouaghi, de m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.

J'associe mes vifs remerciements pour le Docteur **Mehdia MIHOUBI** de CRSTAPC, Bou Ismaïl, Alger, tous les personnels des laboratoires de biochimie et de microbiologie des universités de M'sila et de Ghardaia.

Je tiens également à remercier :

Docteur **Djamel SARRI** et Docteur **Ammar SASSOUI** de l'Université de M'sila, Docteur **Rima HAICHOIR** de l'Université de Sétif1, Docteur **Nadjette Djemouai** de LBSM, Ecole Normale Supérieure de Kouba.

Au terme de ce projet, et pour n'oublier personne, mes sincères remerciements à toutes et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail par un soutien moral ou matériel.

DEDICACES

Ce travail modeste est dédié :

À Mes parents

À mon mari

À toute ma famille

À tous ceux qui m'ont enseigné

À mes collègues

KHELOUFI Maroua

تهدف هذه الدراسة إلى المساهمة في تثمين بعض النباتات الطبية المستخدمة تقليدياً من قبل سكان منطقة جبال بوطالب (سطيف)، بالإضافة إلى إجراء تحاليل كيميائية لثلاثة نباتات تم اختيارها من القائمة النهائية.

مكنت هذه الدراسة من التعرف على النباتات الطبية المستعملة كبديل علاجي تقليدي في منطقة جبال بوطالب. وقد اسفرت هذه الاخيرة عن جرد 78 نوعاً نباتياً موزعة على 77 جنساً و40 عائلة، كانت أكثرها تمثيلاً عائلة النجمية، تليها الشفوية، ثم الخيمية والبقولية. وتعد الأوراق الجزء الأكثر استخداماً في التحضير، حيث يُحضّر معظم العلاج على شكل مغلي، يليه المنقوع. وقد وُجد تنوع واضح في أنواع الأمراض التي تعالجها هذه النباتات. أما معامل التشابه (ICF) لفئات الاستخدام العلاجي الأربع عشرة المختارة، فقد بلغ 0.82، مما يعكس درجة اتفاق معتبرة بين المشاركين.

كما أظهرت التحاليل الكيميائية للزيوت المستخلصة للثلاث النباتات المدروسة تنوعاً في المكونات. فقد تم تحديد 56 مركباً في زيت *Hertia cheirifolia*، من أبرزها: α بينين، مركب بيرولي وجرماكرين D. أما زيت *Thymus ciliatus* يحتوي على 55 مركباً، أهمها: الكافور، البورنيول، α -بينين، 1,8-سينول وجرماكرين D؛ بنسبة لزيت *Thymus hirtus* يحتوي على 52 مركباً، أهمها: اليوكالبتول، الكافور و α -بينين البورنيول.

فيما يتعلق بالنشاط البيولوجي للنبات، فإن محتوى إجمالي مركبات الفلافونويد في المستخلص الميثانولي أعلى في *T. ciliatus*. ومن ناحية أخرى فإن الزيوت العطرية لها تأثير ضعيف مقارنة بمستخلصات الزعترتين.

كما تبدو غالبية البكتيريا التي تم اختبارها أكثر حساسية لنبات *T. hirtus*، واما بالنسبة لزيت المستخلص بالتقطير المائي لنبات *H. cheirifolia* يعتبر جد فعال ويسبب تثبيط فطري للعفن الذي تم اختباره على *F. xysporum* f. sp. *albedinis* بنسبة 65.19%؛ أما بالنسبة للمستخلصين اللذين تم اختبارهما في هذه الدراسة فقد تراوحت نسبة التثبيط من 30.37% إلى 59.17%.

الكلمات المفتاحية: الإثنوبوتانيك، المركبات النباتية، النشاط البيولوجي، *Hertia cheirifolia*، *Thymus ciliatus*، *Thymus hirtus*، جبال بوطالب

Résumé

Cette étude constitue une contribution à la recherche ethnobotanique, phytochimique et à l'évaluation des activités biologiques de trois espèces végétales issues du massif de Boutaleb, dans la wilaya de Sétif.

Sur le plan ethnobotanique, cette étude a permis de recenser les plantes médicinales employées dans la pharmacopée traditionnelle de la région de Boutaleb. Au total, 78 espèces ont été identifiées, appartenant à 77 genres et 40 familles botaniques. Les familles les plus représentées sont les Asteraceae, les Lamiaceae, les Apiaceae et les Fabaceae. Les préparations médicinales sont principalement réalisées par décoction, suivie de l'infusion. Une grande variété de maladies est traitée. L'indice de consensus informateur (ICF) atteint 0,82 pour les quatorze catégories d'usages thérapeutiques recensées.

Sur le plan phytochimique, l'analyse de l'huile essentielle de *Hertia cheirifolia* a permis d'identifier 56 composés volatils. Les principaux constituants sont : α -pinène, 1-[1-méthyl-1-(4-méthyl-cyclohex-3-ényl)-éthyl]-1H-pyrrole, germacrène D et un dérivé de la pyridoindole. L'huile essentielle de *Thymus ciliatus* contient 55 composés, dominés par le camphre, le bornéol, l' α -pinène, le 1,8-cinéole et le germacrène D. L'huile essentielle de *Thymus hirtus* contient 52 composés, dont les principaux sont : l'eucalyptol, le camphre, l' α -pinène et le bornéol.

Sur le plan activité biologique, la teneur des flavonoïdes totaux de l'extrait méthanolique est plus élevée chez *T. ciliatus*. Par contre, les huiles essentielles ont un effet faible par rapport aux extraits des deux *Thyms*. La majorité des bactéries testées paraissent plus sensibles à l'HE de *T. hirtus*. L'HE de *H. cheirifolia* est très efficace et provoque une inhibition mycélienne des moisissures testées sur *F. oxysporum* f. sp *albedinis* avec un taux de 65,19%, mais pour les deux extraits testés, l'inhibition varie de 30,37% à 59,17%

Mots-clés: ethnobotanique, composés chimiques, activité biologiques, *Hertia cheirifolia*, *Thymus ciliatus*, *Thymus hirtus*, Massif de Boutaleb

Abstract

This study contributes to the ethnobotanical, phytochemical, and biological activity research of three species from the Boutaleb massif in Setif.

In terms of ethnobotany, this study identified medicinal plants used as part of the traditional pharmacopoeia in the Boutaleb region through ethnobotanical surveys. A total of 78 species were identified, belonging to 77 genera and 40 botanical families. The most dominant families were Asteraceae, Lamiaceae, Apiaceae and Fabaceae. Leaves were the most commonly used plant organ. The majority of remedies are prepared as decoctions, followed by infusions. A wide variety of diseases are treated using these plants. The ICF factor for the 14 categories of medicinal uses identified in the study was 0.82.

In terms of phytochemistry, 56 volatile components were identified in the essential oil of *Hertia cheirifolia*. The main constituents were α -pinene, 1-[1-methyl-1-(4-methyl-cyclohex-3-enyl)-ethyl]-1H-pyrrole, germacrene D and 2,3,4,9-tetrahydro-6-methoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one. For *Thymus ciliatus*, 55 compounds were identified. The main constituents of this essential oil are camphor, borneol, α -pinène, 1,8-cinéole, and germacrene D. Finally, for the essential oil of *Thymus hirtus*, 52 volatile compounds were identified. The dominant constituents of this oil are eucalyptol, camphor, α -pinene and borneol.

Regarding plant biological activity, the content of total flavonoids in the methanolic extract is higher in *T. ciliatus*. On the other hand, essential oils have a weak effect compared to the extracts of the two *Thymes*. The majority of bacteria tested seem more sensitive to *Thymus hirtus* EO. For *H. cheirifolia* EO is very effective and causes mycelial inhibition of molds tested on *F. oxysporum* f. sp *albedinis* with a rate of 65.19% ; but for the two extracts tested, the inhibition varies from 30.37% to 59.17%.

Keywords : Ethnobotany, chemical compounds, biological activity, *Hertia cheirifolia*, *Thymus ciliatus*, *Thymus hirtus*, Boutaleb massif.

Liste des figures

Figure 1	Synthèse de l'IPP par la voie du mévalonate	10
Figure 2	Synthèse de l'IPP par la voie du méthylérythritol phosphate	11
Figure 3	Schéma global de la biosynthèse des composés terpéniques à partir de l'IPP	12
Figure 4	Biosynthèse de l'acide shikimique	13
Figure 5	Synthèse des phénylpropanoïdes à partir de l'acide shikimique	14
Figure 6	Dispositif du fonctionnement d'extraction type Clevenger	15
Figure 7	Schéma d'un chromatographe	18
Figure 8	Esquisse de principe d'un spectromètre de masse	21
Figure 9	<i>Hertia cheirifolia</i> (L.) Kuntze	24
Figure 10	Répartition dans le monde de <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) Kuntze	25
Figure 11	Structure de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de <i>H. Cherifolia</i>	26
Figure 12	<i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth.	27
Figure 13	Répartition de <i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth. dans le monde	28
Figure 14	Structure de quelques composés majoritaires des HEs de <i>T. ciliatus</i>	28
Figure 15	<i>Thymus hirtus</i> Willd.	29
Figure 16	Répartition dans le monde de <i>Thymus hirtus</i> Willd.	30
Figure 17	Structure de quelques composés majoritaires des HEs de <i>T. hirtus</i>	30
Figure 18	Localisation géographique de la zone d'investigation	31
Figure 19	Fiche questionnaire	32
Figure 20	Fréquence et nombre d'espèces de chaque famille botanique	48
Figure 21	Fréquence des parties utilisées des plantes	49
Figure 22	Fréquence de préparation des médicaments	50
Figure 23	Les contenus en polyphénols (μg EAG/mg) et en flavonoïdes (μg EQ/mg) des extraits E.M. et E.Aq. de <i>H. cheirifolia</i> L	54
Figure 24	Inhibition du développement mycélien du champignon <i>Fusarium</i> ; <i>Fusarium graminearum</i> (Fg), <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (Foa), <i>F. culmorum</i> (Fc). sur chaque champignon	62
Figure 25	Les contenus en polyphénols (μg EAG/mg) et en flavonoïdes (μg EQ/mg) des extraits E.M. et E.Aq. de <i>T. hirtus</i> et <i>T. ciliatus</i>	66
Figure 26	Inhibition du développement mycélien du champignon <i>Fusarium</i> ; <i>Fusarium graminearum</i> (Fg), <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (Foa), <i>F. culmorum</i> (Fc). sur chaque champignon	76

Liste des tableaux

Tableau 1	Détails de la récolte des espèces étudiées dans le massif de Boutaleb	34
Tableau 2	Profil démographique des informants dans la zone d'investigation	44
Tableau 3	Plantess médicinales utilisées par la population de la région de Boutaleb	44
Tableau 4	Maladies citées par les informateurs dans l'enquête	50
Tableau 5	Caractères organoleptiques et le rendement en extraits	52
Tableau 6	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>H. cheirifolia</i> de Boutaleb	55
Tableau 7	Les composés majeurs de l'huile de <i>H. cheirifolia</i> selon la littérature	57
Tableau 8	Résultat du test de DPPH en termes de IC ₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de <i>H. cheirifolia</i> et du BHT	58
Tableau 9	Résultat du test de l'ABTS en termes de IC ₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE et du TROLOX	59
Tableau 10	Zones d'inhibition (mm) représentant l'effet antibactérien de l'HE (20µl/disque) et E.M, E.Aq., (30µl/puit) de <i>H. cheirifolia</i>	60
Tableau 11	Concentration minimale inhibitrice (CMI) des extraits E.Aq. et E.M, et de l'huile essentielle de <i>H. cheirifolia</i>	61
Tableau 12	Concentration minimale bactéricide (CMB) de l'HE et des extraits E.M. et E.Aq. de <i>H. cheirifolia</i>	61
Tableau 13	Caractéristiques organoleptiques et rendements des extraits des deux <i>Thymus</i>	63
Tableau 14	Composition chimique de l'HE de <i>T. ciliatus</i> de Boutaleb	67
Tableau 15	Principaux constituants de l'HE de <i>T. ciliatus</i> selon la littérature	68
Tableau 16	Principaux constituants de l'HE de <i>T. hirtus</i> de Boutaleb	69
Tableau 17	: Résultat du test de DPPH en termes de IC ₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de <i>T. hirtus</i> et <i>T. ciliatus</i> et du BHT	70
Tableau 18	Résultat du test de l'ABTS en termes de IC ₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de <i>T. hirtus</i> et <i>T. ciliatus</i> et du TROLOX	72
Tableau 19	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de l'HE (20µL/disque) et l'E.M. et l'E.Aq. (30µL/puit) de <i>T. hirtus</i> et <i>T. ciliatus</i>)	72
Tableau 20	Les CMI et les CMB des extraits E.M. et E.Aq. et des l'HEs et de <i>T. hirtus</i> et <i>T. ciliatus</i>	74

Liste d'abréviation

ABTS	Acide 2,2-azino-bis (3éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
ADN	Acide désoxyribonucléique
AFNOR	Association Française de Normalisation
ATCC	Collection de Culture Type Américain
Benth.	Bentham
BHT	Butyl Hydroxy Toluène
CG	Chromatographie gazeuse
CMB	Concentration Minimale Bactéricide
CMI	Concentration Minimale Inhibitrice
CPG	Chromatographie à Phase Gazeuse
CRSTAPC	Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques
Desf.	Desfontaines
DMSO	Dimethyl Sulfoxyde
DPPH	Radical 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle
E. Aq.	Extrait Aqueux
E. M.	Extrait Méthanolique
EQ	Equivalence de Quercétine
Fc	<i>Fusarium culmorum</i>
FC	Fréquence de Citation
FCI	Facteur de Consensus des Informateurs
Fg	<i>Fusarium graminearum</i>
Foa	<i>Fusarium oxysporum</i> f. ssp. <i>albedinis</i>
FRC	Fréquence Relative de Citations
GN	Gélose Nutritive
Hc	<i>Hertia cheirifolia</i>
HEs	Huiles essentielles
L.	Linné
NC	Nombre de Citation
NIST	National Institute of Standards and Technology
PDA	Potato Dextrose Agar
RAE	Réseau Africain d'Ethnobotanique
SM	Spectre de Masse
Tc	<i>Thymus ciliatus</i>
TFT	Teneurs en Flavonoïdes Totaux
Th	<i>Thymus hirtus</i>
TPT	Teneurs en Polyphénols Totaux
Willd.	Willodenow

Table des matières

Introduction	01
Chapitre 1 : Aperçu bibliographique	
1.1. Ethnobotanique	03
1.2. Développement de l'ethnobotanique	03
1.3. Intérêt de l'ethnobotanique	04
1.4. Méthodes utilisées en ethnobotanique	05
1.5. Plantes médicinales	05
1.5.1. Eléments actifs des plantes médicinales	06
1.5.1.1. Métabolites primaires	06
1.5.1.2. Métabolites secondaires	07
1.5.1.3. Alcaloïdes	07
1.5.1.4. Terpènes	07
1.5.1.5. Composés phénoliques	08
1.6. Huile essentielle	08
1.6.1. Biosynthèse des huiles essentielles	09
1.6.1.1. Voie de synthèse des terpénoïdes	09
1.6.1.2. Voie de synthèse des phénylpropanoïdes ou voie de l'acide shikimique	12
1.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	14
1.7.1. Entraînement à la vapeur d'eau	14
1.7.1.1. Hydrodistillation	15
1.7.1.2. Hydrodiffusion	15
1.7.1.3. Distillation à vapeur d'eau saturée	16
1.7.2. Expression à froid	16
1.7.3. Enfleurage	16
1.7.4. Extraction par des solvants organiques	16
1.7.5. Extraction par fluide supercritique	16
1.7.6. Extraction assistée par ultrasons	17
1.7.7. Extraction assistée par micro-ondes	17
1.8. Méthodes d'analyses chromatographiques et spectrales	17
1.8.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)	17
1.8.2. Identification par les indices de rétention	18
1.8.3. Identification par couplage CPG/SM	19
1.9. Activités biologiques des plantes médicinales	21
1.9.1. Activité antioxydante	21
1.9.2. Activité antimicrobienne	22
Chapitre 2 : Présentation des plantes étudiées	
2.1. Présentation d' <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) Kuntze	24
2.1.1. Description botanique	24
2.1.2. Distribution et écologie	25
2.1.3. Utilisations traditionnelles	25

2.1.4. Données pharmacologiques et phytochimiques	25
2.2. Présentation de <i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth.	27
2.2.1. Description botanique	27
2.2.2. Distribution et écologie	27
2.2.3. Utilisations traditionnelles	28
2.2.4. Données pharmacologiques et phytochimiques	28
2.3. Présentation de <i>Thymus hirtus</i> Willd.	29
2.3.1. Description botanique	29
2.3.2. Distribution et écologie	29
2.3.3. Utilisations traditionnelles	30
2.3.4. Données pharmacologiques et phytochimiques	30

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3.1. Description de la zone d'étude	31
3.2. Collecte des données ethnobotaniques	32
3.3. Analyses des données ethnobotaniques	33
3.4. Phytochimie de <i>H. cheirifolia</i> , de <i>T. ciliatus</i> et de <i>T. hirtus</i>	34
3.4.1. Récolte des espèces	34
3.4.2. Méthodes d'extraction	34
3.4.2.1. Extraction de huile essentielle	34
3.4.2.2. Préparation des extraits aqueux et méthanoliques	35
3.5. Analyses des huiles essentielles par CPG/SM	35
3.6. Caractérisation phytochimique	36
3.6.1. Dosage des polyphénols totaux	36
3.6.2. Dosage des flavonoïdes	37
3.7. Evaluation des activités biologiques	37
3.7.1. Activité antioxydante	37
3.7.1.1. Test d'activité anti-radicalaire (DPPH)	37
3.7.1.2. Test d'ABTS•+	38
3.8. Tests <i>in vitro</i> de l'activité antimicrobienne	38
3.8.1. Évaluation de l'activité antibactérienne	39
3.8.1.1. Estimation de l'effet antimicrobien des extraits	39
3.8.1.2. Test des disques de diffusion	40
3.8.1.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	40
3.8.1.4. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)	40
3.9. Estimation de l'activité antifongique	41
3.9.1. Test des disques de diffusion	41
3.9.2. Test des puits de diffusion	42
3.10. Analyses statistiques	42

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Résultats et discussions de l'étude ethnobotanique	43
4.1.1. Enquêtes ethnobotanique	43
4.1.2. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés	43
4.1.3. Analyse floristique des plantes médicinales de la région d'étude	44
4.2. Résultats et discussion de <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) Kuntze	52

4.2.1. Analyses phytochimiques	52
4.2.1.1. Rendement en huile essentielle	52
4.2.1.2. Rendement en extraits	52
4.2.1.3. Dosage des polyphénols totaux	53
4.2.1.4. Dosage des flavonoïdes	53
4.2.1.5. Identification chimique des huiles essentielles	54
4.2.2. Évaluation de l'activité antioxydante	58
4.2.2.1. Test du piégeage de radical libre DPPH	58
4.2.2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS•+	59
4.2.3. Évaluation de l'activité antibactérienne	59
4.2.4. Résultats de l'activité antifongique	62
4.3. Résultats et discussion de <i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth. et <i>Thymus hirtus</i> Willd.	63
4.3.1. Analyses phytochimiques	63
4.3.1.1. Rendement des huiles essentielles	63
4.3.1.2. Rendement en extraits	63
4.3.1.3. Dosage des polyphénols totaux	64
4.3.1.4. Dosage des flavonoïdes	65
4.3.1.5. Identification chimique des huiles essentielles	66
4.3.2. Évaluation de l'activité antioxydante	70
4.3.2.1. Test du piégeage de radical libre DPPH	70
4.3.2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS•+	72
4.3.3. Évaluation de l'activité antibactérienne	72
4.3.4. Résultats de l'activité antifongique	75
Conclusion	77
Références bibliographiques	80
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Aujourd'hui, l'intérêt pour les produits naturels, en particulier ceux d'origine végétale, ne cesse de croître en raison des effets secondaires de plus en plus préoccupants des produits synthétiques sur la santé humaine et l'environnement. L'usage de produits de synthèse dans des secteurs industriels comme l'agroalimentaire, la parfumerie, la cosmétique ou l'agrochimie peut entraîner des risques toxicologiques pour l'homme et contribuer à la pollution de l'environnement (Nebie, 2023). Ainsi, face aux effets toxiques de plus en plus persistants des produits chimiques de synthèse sur l'homme et l'environnement et au phénomène de résistance, il est de plus en plus encouragé, l'utilisation des produits d'origine naturelle comme alternatifs, notamment les extraits des plantes telles les huiles essentielles (Toure, 2015).

La flore algérienne extrêmement riche et variée représentée par 4125 plantes vasculaires inventoriées réparties en 131 familles botaniques et 917 genres (Kaabèche, 2013), ces espèces sont répertoriées dans les hauts plateaux et le grand sud du pays (Quezel et Medail, 1995), avec ses milliers d'hectares de forêt et de pâturage, regorge des plantes condimentaires et médicinales qui sont encore méconnues et exploitées de façon partisane.

Les études ethnobotaniques menées jusqu'à présent se sont principalement limitées à la description de recettes, sans réelle synthèse permettant d'évaluer l'importance ethnophytothérapeutique des plantes. Les connaissances actuelles sur le potentiel médicinal des plantes restent incomplètes, notamment dans certaines régions, entre autre Djebel Boutaleb, encore peu explorées ou dépourvues d'un inventaire détaillé. Ce manque d'informations systématisées a suscité notre intérêt et motivé la réalisation de cette étude.

La valorisation des plantes médicinales reconnues comme ressources naturelles peut avoir des retombées économiques considérables pour notre pays, en effet, différentes plantes contiennent des huiles essentielles composées des molécules ayant une activité olfactive et à fortes valeurs ajoutées. En plus, les huiles contiennent des composés aromatiques et volatiles de la plante, ses composés présentent des caractéristiques physico-chimiques particulières et jouent un rôle important dans les propriétés pharmacologiques conférées aux plantes (Soualeh et Soulimani, 2016). L'étude des huiles essentielles est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté et les développements exponentiels des biotechnologies végétales (Boukhatem *et al.*, 2019).

L'objectif général de ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation de la biodiversité végétale du massif de Boutaleb. Les objectifs spécifiques visés sont les suivants :

- Faire une étude ethnobotanique de quelques localités du massif de Boutaleb (wilaya de Sétif),

- Déterminer le profil chimique des huiles essentielles (*Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze, *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. et *Thymus hirtus* Willd.) et de leurs extarits,
- Evaluer les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes des huiles essentielles et des extarits.

Ce manuscrit est structuré en quatre parties :

- le premier traite un aperçu bibliographique,
- le second chapitre présente une monographie des trois espèces étudiées.
- le troisième, clarifie la méthodologie suivie dans cette étude
- dernier chapitre englobe l'ensemble des résultats et discussions.

Ce travail de thèse est achevé par une conclusion qui récapitule les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives de sa continuité.

Aperçu bibliographique

Chapitre 1 : Aperçu bibliographique

1.1. Ethnobotanique

Le mot "ethno-botany" a été créé par le botaniste américain J.W. Harshberger, qui l'a introduit dans un article publié le 5 décembre 1895 dans le Philadelphia Evening Telegram (Bellakhdar, 2008). L'ethnobotanique est une discipline scientifique qui s'intéresse à l'étude des connaissances et des pratiques traditionnelles liées aux plantes. Cette discipline fusionne les domaines de l'ethnologie et de la botanique, en se penchant sur les interactions entre les plantes et les êtres humains. Aussi, l'ethnobotanique repose sur la réalisation d'enquêtes ethnobotaniques menées dans des zones géographiques spécifiques, en collaboration avec différents utilisateurs de plantes, tels que les habitants locaux et les herboristes. De plus, elle inclut l'identification des plantes utilisées par les praticiens traditionnels (Aribi, 2013).

1.2. Développement de l'ethnobotanique

Au cours des dernières décennies, l'évolution de l'ethnobotanique a fait des progrès considérables, marqués par la découverte de nouveaux concepts et la diversification des méthodologies employées. Parmi les étapes importantes de cette évolution, on peut distinguer les suivantes :

En 1896, J.W. Harshberger a été le premier à introduire le concept d'ethnobotanique. Il a défini cette discipline comme l'étude des usages des plantes par les peuples indigènes, en se concentrant principalement sur leurs applications économiques.

Par la suite, il s'est penché sur le défi de l'identification des échantillons et des drogues végétales en utilisant des techniques et des moyens de laboratoire, tout en contribuant à la constitution de collections de référence telles que des herbiers, des graines, des échantillons préparés pour des examens microscopiques, etc. Ses recherches en ethnobotanique l'ont conduit à explorer des régions variées, notamment l'Afrique du Nord, la Scandinavie, le Mexique et la Pennsylvanie (Malaisse, 2004). Ce concept est rapidement devenu évident : les plantes jouent et continuent de jouer un rôle fondamental dans la prospérité de nombreuses populations.

Le véritable tournant dans l'évolution de l'ethnobotanique a eu lieu à la fin des années 1970, lorsque le nombre d'articles consacrés à cette discipline a connu une croissance exponentielle. En l'espace de 25 ans, le nombre de publications a décuplé, atteignant désormais plus d'une centaine par an (Malaisse, 2004). En effet, En 1997, lors du congrès d'Harare, un réseau africain d'ethnobotanique (RAE) a été créé (Réseau Africain d'Ethnobotanique, 2000). Ce réseau a regroupé les données de la littérature ethnobotanique à travers un bulletin couvrant l'Afrique centrale et de l'Ouest. Ce dernier a joué un rôle essentiel en initiant la création de réseaux et en encourageant des

études ethnobotaniques qui ont impliqué des projets de conservation et de développement visant les populations locales en Afrique (Réseau africain d'ethnobotanique, 2000).

Le concept d'ethnobotanique a évolué progressivement au fil des années. Pendant longtemps, elle était perçue comme la discipline qui explorait les interactions réciproques entre les êtres humains et le monde végétal. Actuellement, l'ethnobotanique occupe une position autonome en tant que discipline distincte, intégrée dans le domaine spécifique des sciences humaines. Aujourd'hui, elle se révèle être une science essentielle pour le développement socioéconomique, servant de fondement à plusieurs autres disciplines scientifiques (Malaisse, 2004).

1.3. Intérêt de l'ethnobotanique

L'étude ethnobotanique permet d'évaluer les connaissances des populations locales et leurs relations avec les plantes, offrant ainsi des éléments essentiels pour comprendre comment les sociétés anciennes ont intégré les savoirs médicaux et autres usages des plantes dans leur environnement naturel. Selon Bellakhdar (2008), l'un des objectifs principaux de l'ethnobotanique est de prévenir la perte des savoirs traditionnels.

Aujourd'hui, les objectifs des études ethnobotaniques peuvent être regroupés en quatre axes majeurs :

- **Documentation des connaissances botaniques traditionnelles** : collecter et préserver les savoirs ancestraux relatifs à l'utilisation des plantes, notamment pour les usages médicaux, alimentaires, et artisanaux.

- **Évaluation quantitative de l'usage et de la gestion des ressources végétales** : analyser l'ampleur et la manière dont les communautés locales exploitent et gèrent les plantes et les ressources naturelles à leur disposition.

- **Estimation expérimentale de l'apport des plantes** : évaluer l'importance des plantes en termes de subsistance, de santé et de revenus financiers pour les communautés, en mesurant leur contribution à l'économie locale.

- **Développement de projets appliqués** : mettre en place des initiatives pratiques visant à optimiser l'utilisation des ressources locales, en favorisant une gestion durable et en valorisant les plantes à travers des projets de développement économique et de conservation (Malaisse, 2004). Ces axes visent à mieux comprendre les interactions entre les sociétés humaines et leur environnement végétal, tout en soutenant la préservation et l'utilisation durable des savoirs traditionnels.

1.4. Méthodes utilisées en ethnobotanique

La réalisation d'une étude ethnobotanique nécessite de prendre en compte plusieurs aspects essentiels afin d'assurer sa rigueur et sa pertinence. Pour chaque enquête, il est impératif de suivre une méthodologie structurée, comprenant les étapes suivantes :

a- Analyse du contexte de l'étude : comprendre le cadre culturel, géographique et socio-économique dans lequel se situe l'étude, afin d'adapter les méthodes aux spécificités locales.

b- Précision des objectifs visés : définir clairement les objectifs de l'enquête, qu'il s'agisse de documenter des savoirs traditionnels, d'évaluer l'usage des plantes, ou d'explorer des pratiques spécifiques.

c- Formulation des hypothèses potentielles : émettre des hypothèses sur les usages des plantes, les pratiques culturelles, et les relations entre les communautés et leur environnement naturel.

d- Définition du champ d'étude : délimiter l'espace géographique et les groupes de personnes concernés par l'étude, en fonction des objectifs et des ressources disponibles.

e- Planification des activités de recherche : organiser les différentes étapes de l'étude, y compris la collecte de données, la logistique, les ressources humaines et les outils méthodologiques nécessaires.

f- Prospections sur le terrain : mener des enquêtes sur le terrain auprès des populations locales pour identifier et documenter les plantes utilisées, leurs modes d'utilisation, et les connaissances associées.

g- Recueil des données : collecter les informations pertinentes par le biais d'entretiens, d'observations directes, de questionnaires, ou d'autres méthodes adaptées, tout en veillant à respecter les pratiques culturelles et éthiques des communautés.

h- Exploitation des résultats : analyser les données recueillies pour dégager des conclusions, en confrontant les savoirs traditionnels aux connaissances scientifiques existantes, et proposer des recommandations pour la préservation et l'exploitation durable des ressources végétales (Harrag, 2021).

1.5. Plantes médicinales

Une plante médicinale est définie comme toute plante qui possède des propriétés thérapeutiques et qui manifeste des activités pharmacologiques susceptibles d'être exploitées à des fins thérapeutiques. Cela inclut l'utilisation de la partie de la plante la plus riche en principes actifs, qu'il s'agisse des racines, des feuilles, des fleurs, des graines, ou même de la plante entière (Sofowora, 2010). L'utilisation des plantes médicinales pour traiter ou prévenir les maladies remonte à des millénaires et a été pratiquée dans de nombreuses civilisations anciennes, notamment en Chine, en Inde et au Proche-Orient. Au fil du temps, cette pratique est devenue indubitablement

un art. À travers les siècles, la médecine à base de plantes a évolué, abandonnant progressivement les pratiques magiques pour adopter une approche empirique, puis finalement une approche scientifique. Cette transition est particulièrement marquée au début du 19^{ème} siècle avec la découverte des alcaloïdes, tels que la morphine, la strychnine et la quinine. Ces découvertes ont constitué une étape majeure dans la compréhension et l'exploitation des propriétés curatives des plantes.

La flore d'Algérie se distingue par une grande diversité, qui inclut des éléments méditerranéens, sahariens ainsi qu'une flore paléo-tropicale, comptant plus de 4125 espèces réparties parmi différentes familles botaniques (Kaabèche, 2013). Parmi ces espèces pour la plupart spontanées, une proportion significative (environ 15%) est endémique, ce qui contribue à la singularité de la biodiversité algérienne. Cette richesse floristique a offert à la pharmacopée traditionnelle un réservoir inestimable. Les principaux objectifs de la recherche sont de répertorier ces plantes médicinales algériennes, d'effectuer des évaluations chimiques et pharmaceutiques afin de valoriser et de rationaliser leur utilisation traditionnelle, tout en cherchant à isoler des composés présentant un potentiel thérapeutique (Benkiki, 2006 et Kholkhal, 2014). Ces plantes jouent un rôle essentiel dans divers domaines, notamment en pharmacie pour les soins humains et vétérinaires, en cosmétologie pour la fabrication de produits de beauté, ainsi que dans la préparation de boissons, qu'elles soient utilisées à l'état naturel ou sous forme de produits élaborés. De plus, ces plantes médicinales sont largement exploitées pour extraire des principes actifs, qui servent de matière première dans la production de médicaments (Naghbi *et al.*, 2005 et Babulka, 2007).

1.5.1. Eléments actifs des plantes médicinales

À ce jour, notre connaissance recouvre plus de 250 000 espèces végétales, chacune produisant une grande diversité de substances chimiques aux structures variées comme les métabolites primaires et secondaires.

1.5.1.1. Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des composés organiques essentiels produits par les cellules vivantes, directement impliqués dans les processus fondamentaux tels que la croissance, le développement et la reproduction des organismes. Ils sont universellement présents dans la plupart des formes de vie et sont synthétisés en continu, notamment pendant la phase de croissance exponentielle des cellules. Les métabolites primaires incluent une variété de molécules essentielles, telles que : acides aminés (lysine, glutamate, aspartate), nucléotides (adénosine monophosphate, guanosine monophosphate), vitamines : vitamine B₂ (riboflavine), vitamine C (acide ascorbique), acides organiques (acide lactique, acide acétique), polyols (glycérol) et sucres simples (glucose, fructose (Hopkins *et al.*, 2003).

1.5.1.2. Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires ne sont pas directement produits lors de la photosynthèse, mais résultent de réactions chimiques ultérieures qui impliquent les métabolites primaires. Ces composés sont généralement produits en quantités limitées et ne sont pas essentiels à la survie immédiate de la cellule ou de l'organisme. Toutefois, ils jouent un rôle crucial dans la manière dont la plante interagit avec son environnement, contribuant à sa survie et à son adaptation. En outre, ils servent de moyens de défense contre divers défis écologiques, tels que la compétition végétale (pour la lumière, l'eau, les ressources ou l'espace, ainsi que l'allélopathie), la lutte contre les micro-organismes pathogènes (champignons, bactéries), et la protection contre les herbivores (par la production de substances toxiques ou inappétantes). Ces substances permettent à la plante de se défendre contre ses prédateurs et compétiteurs, tout en favorisant son développement dans un environnement souvent hostile (Wink, 2003).

Les métabolites secondaires suscitent un intérêt considérable en raison de leur utilité polyvalente et de leurs diverses applications. Ces composés bioactifs sont largement exploités dans plusieurs secteurs, notamment : l'industrie alimentaire, l'industrie cosmétique et l'industrie pharmaceutique (Tefiani, 2015).

Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les parties des plantes, mais leur distribution varie en fonction de leurs rôles spécifiques dans la plante. En fonction de leur nature chimique, ces métabolites sont classés en plusieurs groupes, et plus de 200000 métabolites secondaires ont été identifiés (Kholkhal, 2014). Les trois groupes majeurs de métabolites secondaires sont : les alcaloïdes, les terpènes et les composés phénoliques.

1.5.1.3. Alcaloïdes

Le terme « alcaloïde », dérivé de l'expression *alkali-like*, a été introduit en 1806 par le pharmacien W. Meissner pour refléter le caractère alcalin plus ou moins marqué des composés appartenant à cette famille. Aujourd'hui, ce terme désigne un vaste ensemble de molécules naturelles d'origine végétale, de nature alcaline, et contenant au moins un atome d'azote dans leur structure. Ces composés, issus de la synthèse à partir d'acides aminés, incluent des exemples bien connus tels que la nicotine, l'atropine, la codéine et la lupinine (Herborne *et al.*, 1999).

1.5.1.4. Terpènes

L'ensemble des terpènes comprend une grande variété de composés, comprenant des hormones comme les gibbérellines et l'acide abscissique, des pigments photosynthétiques comme les carotènes et les xanthophylles, des composants membranaires tels que les stérols, des vitamines telles que la A, la D, la E et la K, ainsi que des huiles essentielles (Iriti et Faoro, 2004). Les monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes, les sesterpènes, les triterpènes et les tétraterpènes

peuvent être identifiés en fonction du nombre n. Les terpènes les plus significatifs sont: l' α -pinène, le β -pinène, le δ -3-carène, le limonène et le carotène (Bruneton 2009 ; Waksmundzka-Hajnos *et al.*, 2008).

1.5.1.5. Composés phénoliques

Ces composés appartiennent à différentes classes chimiques, toutes caractérisées par un élément commun : la présence d'au moins un cycle aromatique à 6 atomes de carbone dans leur structure, associé à un nombre variable de groupes hydroxyle (OH). Parmi ces classes figurent les acides phénoliques, les flavonoïdes, les coumarines et les tanins. Ces structures peuvent également être modifiées par des processus tels que l'acylation ou la glycosylation, augmentant ainsi leur diversité. Sur le plan de la biosynthèse, les composés phénoliques proviennent de deux grandes voies métaboliques :

- **La voie du shikimate** : Cette voie métabolique est fondamentale dans la biosynthèse des composés phénoliques chez les plantes. Elle commence par la condensation du phosphoénolpyruvate et de l'érythrose-4-phosphate pour former l'acide shikimique. Elle génère les acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine, tryptophane), la phénylalanine est ensuite convertie en acide cinnamique par l'enzyme phénylalanine ammonia-lyase, une étape cruciale, à partir de l'acide cinnamique se forment, les acides phénoliques simples (acide p-coumarique, acide caféique, etc.), les flavonoïdes (flavones, flavonols, anthocyanes) via la chalcone synthase, les lignanes qui sont des dimères d'unités phénylpropanoïdes, les tanins hydrolysables.

- **La voie des polyacétates** : Cette seconde voie utilise l'acétyl-CoA comme précurseur et fonctionne par condensations successives. Elle implique l'enzyme acétyl-CoA carboxylase et des polycétide synthases, les unités acétates s'assemblent en chaîne pour former des poly- β -cétoesters, par cyclisation et autres modifications, ces intermédiaires donnent : les coumarines, les quinones, certains flavonoïdes particuliers comme les chalcones (Bruneton, 2009).

1.6. Huile essentielle

Les huiles essentielles, également appelées essences végétales, sont des mélanges complexes de composés volatils et hydrophobes, extraits des plantes et caractérisés par leur forte odeur. Selon l'AFNOR (2000), une huile essentielle est obtenue à partir de matières végétales par des méthodes comme la distillation à la vapeur d'eau, des procédés mécaniques (comme pour les agrumes) ou la distillation sèche, suivies d'une séparation de la phase aqueuse. La pharmacopée européenne la définit comme un produit odorant complexe, extrait de manière similaire, et séparé physiquement de la phase aqueuse sans modifier sa composition. Les huiles essentielles sont utilisées dans divers secteurs industriels, avec quatre principaux domaines d'application : l'industrie agroalimentaire, la parfumerie et la cosmétique, l'industrie pharmaceutique, et l'industrie chimique.

1.6.1. Biosynthèse des huiles essentielles

La production des composants des huiles essentielles repose sur deux voies métaboliques majeures : *la voie des terpénoïdes*, qui conduit à la formation des monoterpènes, sesquiterpènes et autres composés dérivés de l'isoprène et *la voie des phénylpropanoïdes*, qui dérive de la phénylalanine et produit des composés aromatiques comme l'eugénol, le cinnamaldéhyde ou la vanilline (Lamarti *et al.*, 1994 in Nebie, 2023).

1.6.1.1. Voie de synthèse des terpénoïdes

L'élément de base de la biosynthèse des terpénoïdes est l'isopenténylpyrophosphate (IPP), une molécule à cinq atomes de carbones ayant une structure semi-alvéolaire. Deux voies de synthèse conduisent à l'IPP : la voie du mévalonate et la voie du méthylérythritolphosphate (MEP) encore appelée voie non mévalonique.

La voie du mévalonate débute par l'acétyl-coenzyme A (Acétyl-CoA), lui-même issu du phosphoénolpyruvate (PEP) provenant directement du fructose. Cette voie de synthèse de l'IPP se fait en plusieurs étapes (Figure 1). Elle débute par une condensation de type Claisen entre deux molécules d'Acétyl-CoA pour donner l'Acétoacétyl-CoA. La deuxième étape est une réaction d'aldolisation entre une troisième molécule d'Acétyl-CoA et l'Acétoacétyl-CoA suivie d'une réaction enzymatique du Nicotine Adénine Dinucléotide Phosphate (NADPH) conduisant à l'acide mévalonique d'où le nom de voie du mévalonate. L'IPP est obtenu par déshydratation suivie d'une décarboxylation de l'acide mévalonique par élimination concertée après sa pyrophosphorylation par l'Adénosine triphosphate (ATP).

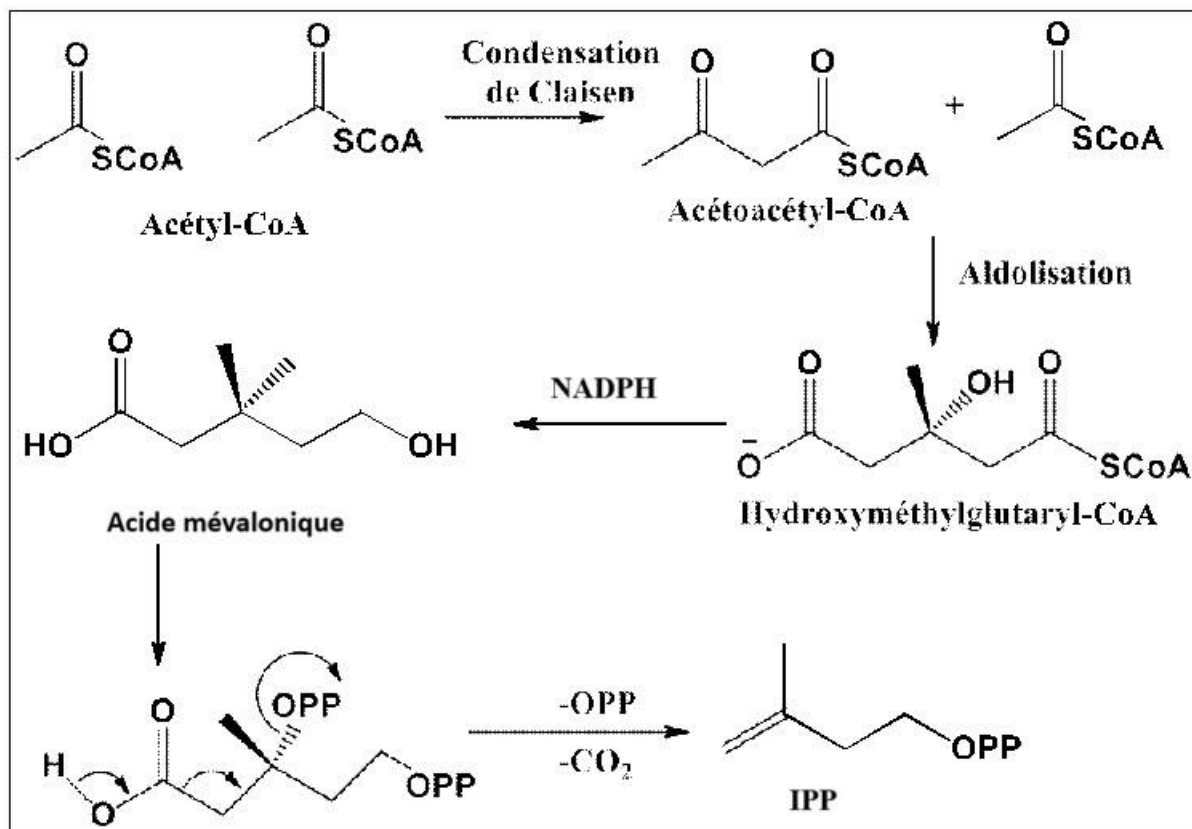


Figure 1: Synthèse de l'IPP par la voie du mévalonate

La voie du méthylérythritolphosphate (MEP) est spécifique aux végétaux. Elle commence par la condensation d'une molécule d'acide pyruvique (C3) avec une molécule de glycéraldéhyde-3-phosphate (C3) pour donner un intermédiaire, le 1-désoxyxylulose-5-phosphate (C5) qui par la suite de réaction enzymatique conduit au MEP (C5). Le MEP conduit ensuite à l'IPP à la suite de plusieurs réactions enzymatiques (Figure 2).

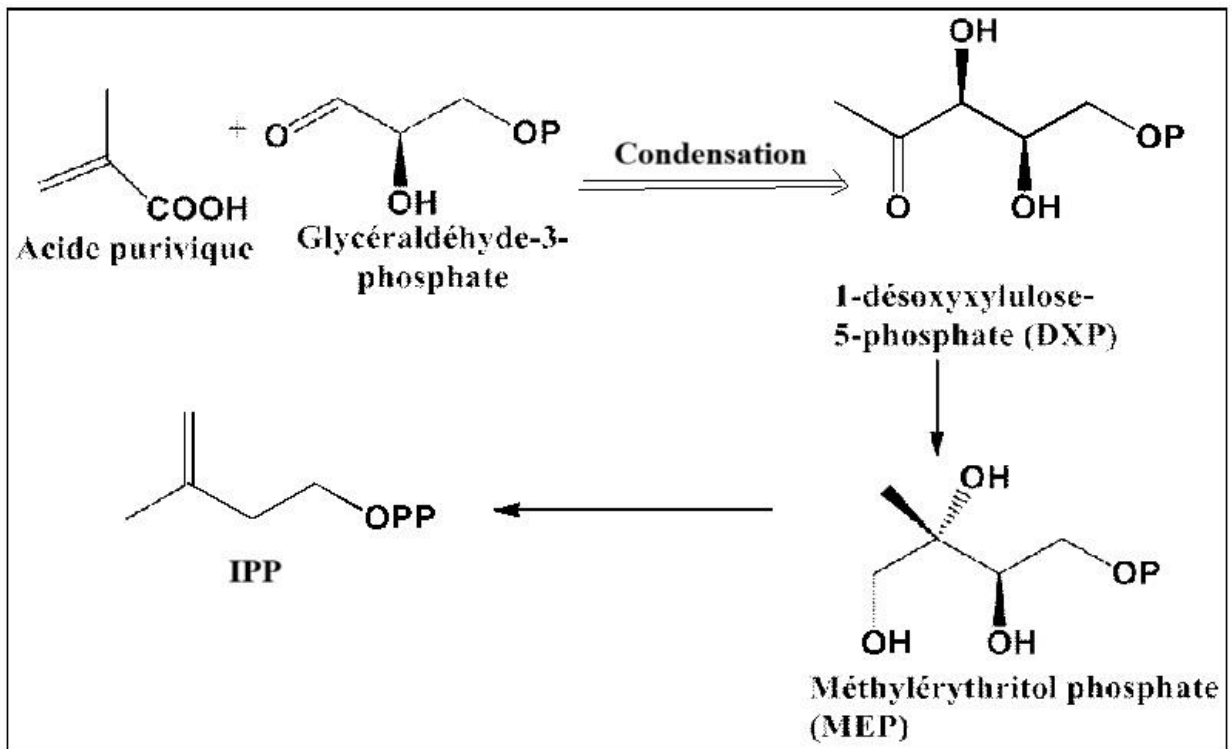


Figure 2: Synthèse de l'IPP par la voie du méthylérythritol phosphate

La synthèse des terpénoïdes commence par l'isomérisation de l'IPP en diméthylallyl-pyrophosphate (DMAPP) qui par la suite se condense avec une autre molécule de l'IPP pour donner le géranyl-pyrophosphate (GPP, C10), précurseur des monoterpènes (C10). La condensation d'une seconde molécule de l'IPP avec le GPP conduit au farnésyl-pyrophosphate (FPP, C15), à l'origine de la biosynthèse des sesquiterpènes (C15) et des triterpènes (C30). Une autre addition d'IPP sur le FPP conduit au géranyl-géranyl-pyrophosphate (GGPP, C20), précurseur des diterpènes (C20) et des tétraterpènes ou caroténoïdes (C40). Les autres terpénoïdes sont obtenus selon le même processus (Figure 3).

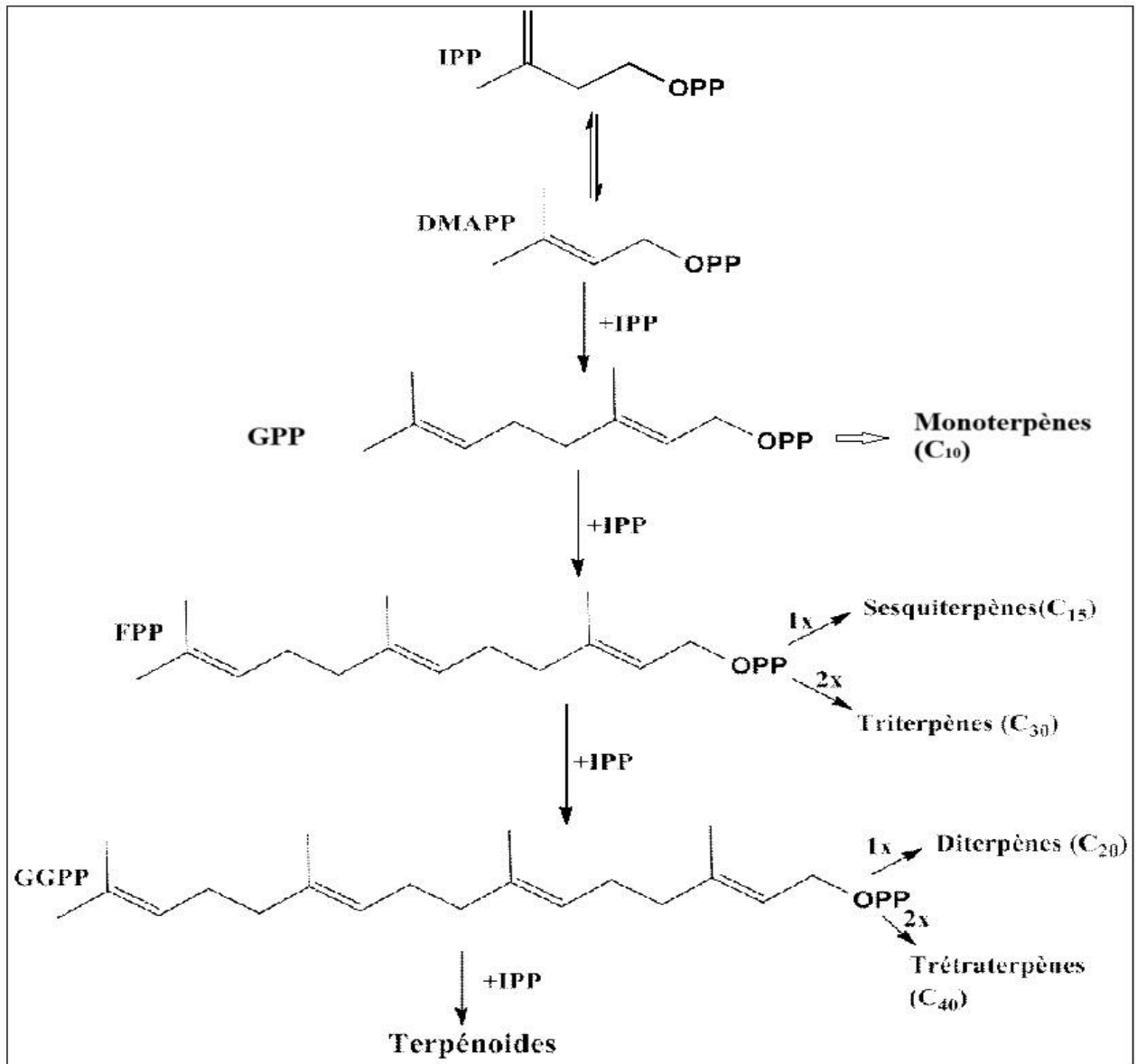


Figure 3: Schéma global de la biosynthèse des composés terpéniques à partir de l'IPP

1.6.1.2. Voie de synthèse des phénylpropanoïdes ou voie de l'acide shikimique

La biosynthèse des phénylpropanoïdes débute par l'acide shikimique, qui lui-même, est issu de la condensation aldolique du phosphoénolpyruvate (PEP) et de l'érythrose-4-phosphate (Figure 4).

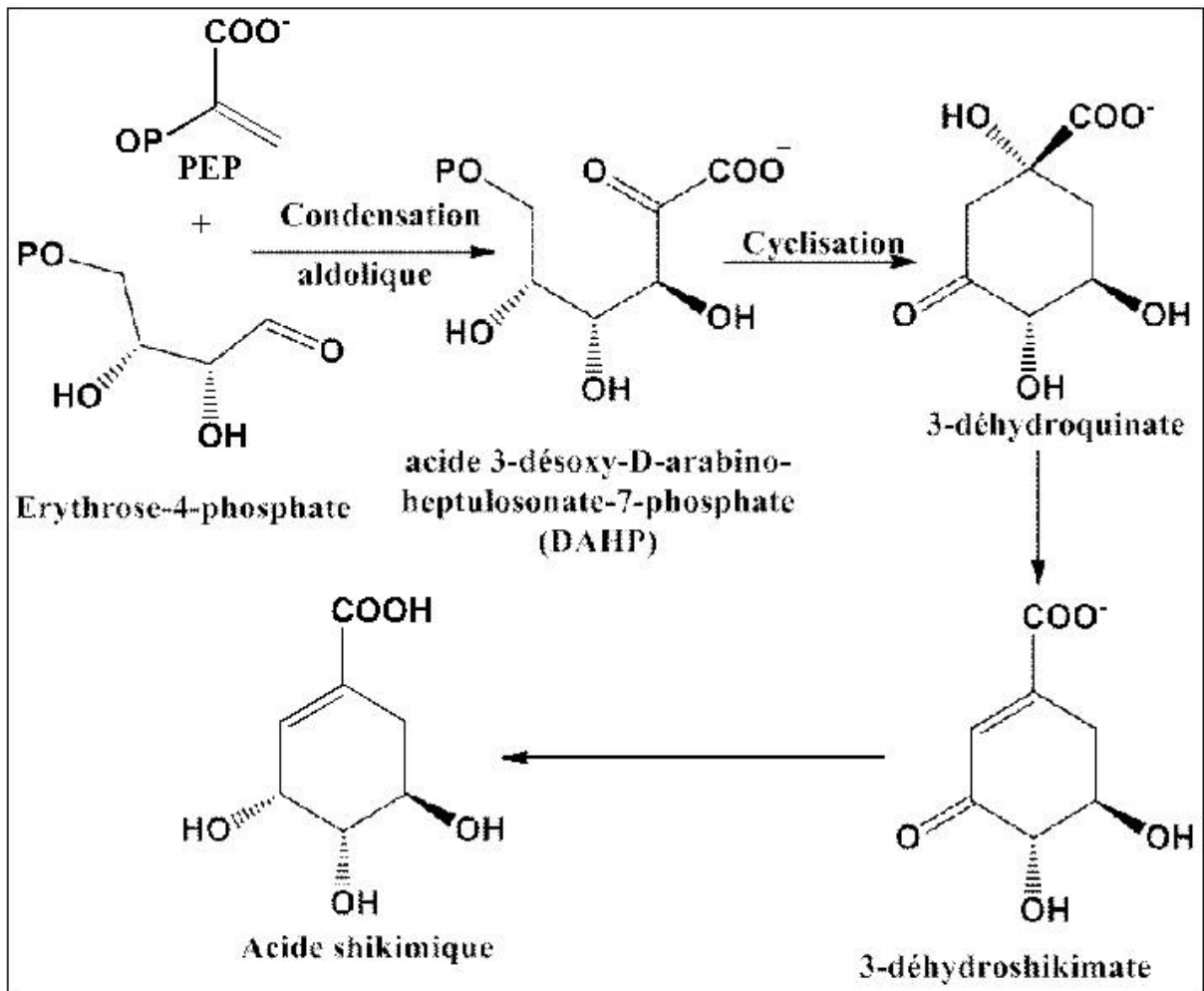


Figure 4: Biosynthèse de l'acide shikimique

L'acide shikimique est transformé en acide chorismique qui occupe une position clé dans ce métabolisme. L'acide chorismique subit un réarrangement pour donner l'acide préphénique qui après décarboxylation et déshydratation donne l'acide phénylpyruvique qui conduira à l'acide cinnamique à partir duquel on obtient les métabolites terminaux, notamment les phénols, les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes, les flavonoïdes, les anthocyanosides et les tanins (Figure 5).

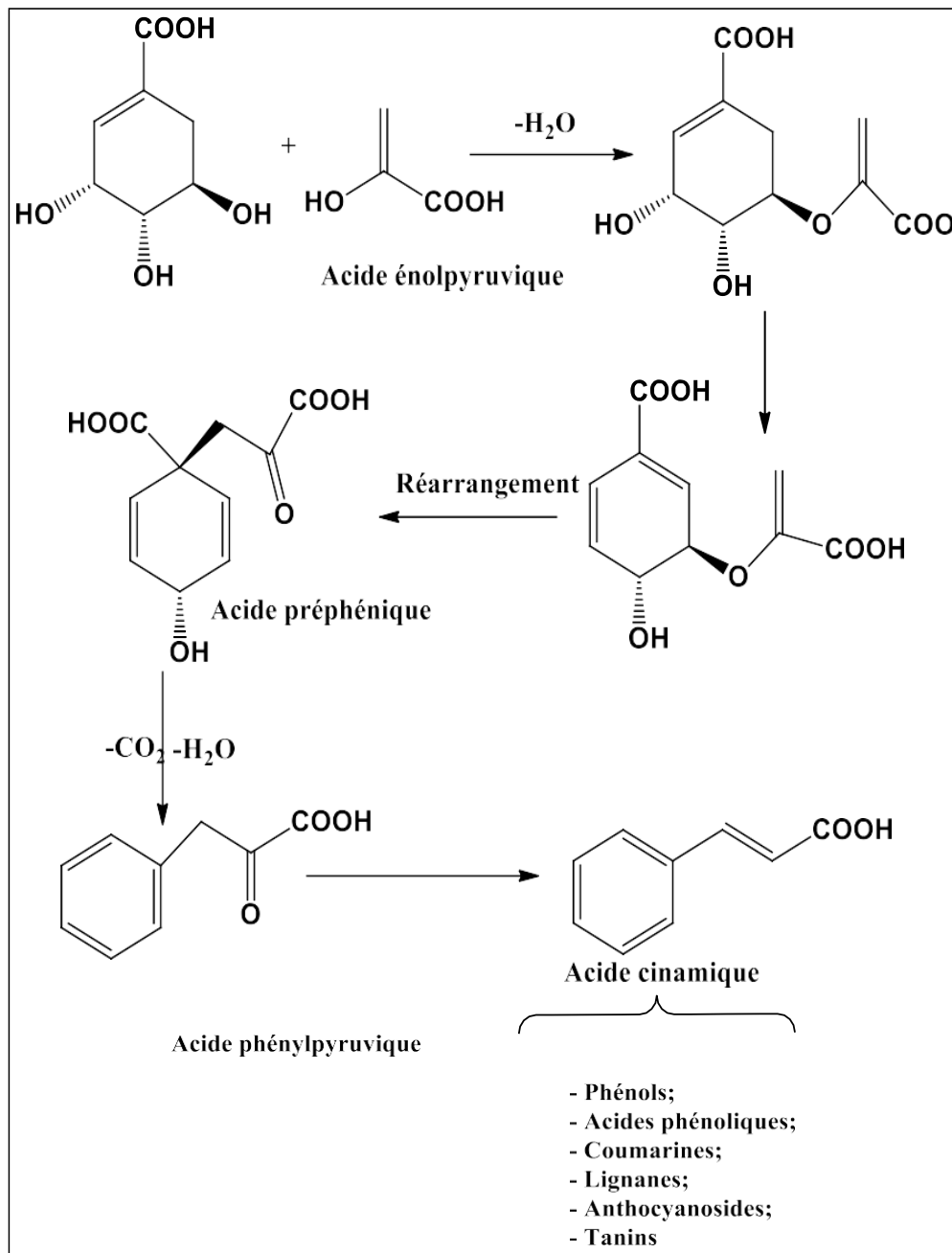


Figure 5: Synthèse des phénylpropanoïdes à partir de l'acide shikimique

1.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs techniques permettent d'extraire les huiles essentielles, telles que la distillation à la vapeur, l'expression à froid, l'enflourage ou encore des méthodes plus modernes comme l'extraction par fluide supercritique, ultrasons ou micro-ondes. Le choix de la méthode dépend de la nature de la plante, des propriétés de l'huile à extraire et de l'usage prévu, afin de limiter les altérations de l'arôme d'origine (Figueredo, 2007).

1.7.1. Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est une méthode officielle d'extraction des huiles essentielles, fondée sur leur volatilité et leur caractère hydrophobe. La vapeur chauffée la plante, libère l'huile

essentielle qui est entraînée, puis condensée. L'huile se sépare ensuite de l'eau par décantation. Cette méthode comprend plusieurs variantes comme l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et la distillation à la vapeur saturée.

1.7.1.1. Hydrodistillation

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges. Elle consiste à immerger la matière première végétale directement dans un appareil de type Clevenger (Figure 6). Les vapeurs détruisent la structure des cellules végétales, libèrent les molécules contenues dans ces cellules et entraînent les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité, l'huile essentielle surnageant généralement au-dessus de l'hydrolat. Cette méthode est la plus simple, la plus répandue et la moins coûteuse.

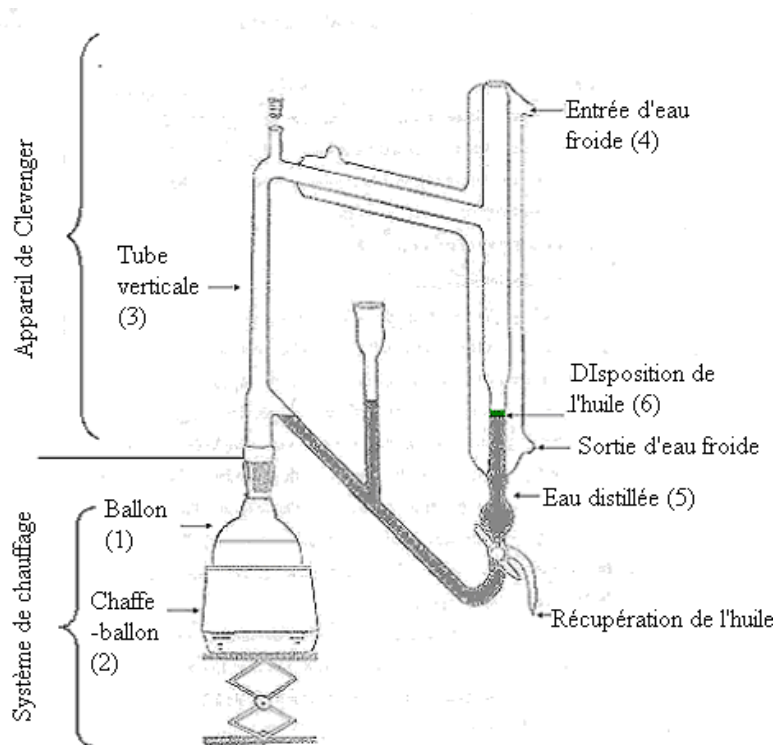


Figure 6: Dispositif d'extraction type Clevenger (Clevenger, 1928)

1.7.1.2. Hydrodiffusion

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges. Elle consiste à immerger la matière première végétale directement dans un appareil de type Clevenger. Les vapeurs détruisent la structure des cellules végétales, libèrent les molécules contenues dans ces cellules et entraînent les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité, l'huile essentielle surnageant généralement au-dessus de l'hydrolat. Cette méthode est la plus simple, la plus répandue et la moins coûteuse.

1.7.1.3. Distillation à vapeur d'eau saturée

Cette méthode d'extraction utilise de la vapeur d'eau injectée sous pression réduite sans contact direct avec l'eau. La vapeur traverse la matière végétale et entraîne les composés volatils, qui sont ensuite récupérés via un collecteur. Elle présente l'avantage de réduire le temps, la consommation d'énergie et la formation d'artéfacts dus à la chaleur, tout en améliorant le rendement en huile essentielle (AFSSAPS, 2008).

1.7.2. Expression à froid

L'extraction par expression est principalement utilisée pour les huiles essentielles d'agrumes. Elle consiste à rompre mécaniquement les poches à essence pour libérer l'huile essentielle, qui est ensuite séparée de l'eau cellulaire par décantation ou centrifugation. Des machines modernes permettent désormais une extraction simultanée du jus et de l'huile sans contact, limitant ainsi les altérations dues à l'eau (Bruneton, 2009).

1.7.3. Enfleurage

L'enfleurage est une méthode ancienne d'extraction des huiles essentielles, fondée sur l'affinité des composés odorants pour les graisses. La matière végétale est déposée sur une couche de graisse qui capte les substances volatiles, ensuite extraites à l'alcool. Cette technique est surtout utilisée pour les fleurs fragiles (Bruneton, 1993).

1.7.4. Extraction par des solvants organiques

Lorsque les huiles essentielles ont une densité proche de celle de l'eau, la distillation à la vapeur devient inefficace. L'extraction par solvant organique est alors utilisée : la plante est macérée dans un solvant, puis ce dernier est éliminé par distillation sous pression réduite. L'extraction est réalisée avec un appareil de type Soxhlet, elle présente des inconvénients : coextraction de composés non volatils, coût élevé, risques toxicologiques et contraintes environnementales. En revanche, les rendements d'extraction sont généralement plus élevés que ceux obtenus par la méthode de distillation par entraînement à la vapeur d'eau. Cette méthode permet également d'éviter l'hydrolyse des esters présents dans l'huile essentielle par la vapeur d'eau (Lucchesi, 2005).

1.7.5. Extraction par fluide supercritique

L'extraction par fluide supercritique utilise principalement du dioxyde de carbone (CO_2) porté à l'état supercritique pour extraire les composés aromatiques des plantes. Ce procédé "vert" est rapide, efficace, sans solvant organique, et permet de préserver les composés sensibles à la chaleur. Toutefois, la nature apolaire du CO_2 favorise l'extraction des composés apolaires, bien que cette sélectivité puisse être modifiée par la pression ou l'oxygénation.

1.7.6. Extraction assistée par ultrasons

Le principe de cette méthode repose sur l'impulsion des bulles générées par cavitation à ultrasons. L'impulsion de bulles génère des micro-jets qui détruisent les glandes de lipides dans le tissu des cellules végétales. De ce fait, le transfert de masse entre la cellule et le solvant est amélioré et l'huile essentielle est relâchée. Une étape d'élimination du solvant est nécessaire pour récupérer l'huile essentielle. Cette méthode a été prouvée pour obtenir des rendements d'extraction plus élevés, réduire la consommation d'énergie et d'eau, et réduire la dégradation thermique due aux températures élevées et les longues durées d'extraction (Nebie, 2023).

1.7.7. Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction par micro-ondes est une technique récente où la matière végétale broyée est irradiée avec des micro-ondes en présence d'un solvant absorbant (comme le méthanol pour les composés polaires) ou non absorbant (comme l'hexane pour les composés apolaires). Cette méthode, qui évite l'ébullition et consiste en des cycles de chauffage et de refroidissement, permet de réduire le temps de distillation tout en offrant un bon rendement. Une variante, la SFME (Solvent Free Microwave Extraction), n'utilise aucun solvant, se basant sur le chauffage interne de l'eau contenue dans la plante pour libérer l'huile essentielle. Cependant, cette méthode est encore en phase de recherche et n'a pas encore été développée industriellement (Wang *et al.*, 2006).

1.8. Méthodes d'analyses chromatographiques et spectrales

1.8.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une technique analytique utilisée pour séparer les constituants de mélanges complexes vaporisés par chauffage. Ce processus repose sur une succession continue d'équilibres entre une phase stationnaire (qui peut être liquide, dans le cas de la chromatographie gaz-liquide, ou solide, dans le cas de la chromatographie gaz-solide) et une phase mobile constituée d'un gaz vecteur (Tranchant *et al.*, 1995). La CPG est particulièrement utile pour l'analyse des huiles essentielles, car elle permet de détecter et de quantifier précisément leurs différents constituants volatils.

- Principe de fonctionnement

1. Injection et vaporisation :

- Les échantillons sont vaporisés au niveau de l'injecteur avant d'être introduits dans la colonne chromatographique.

2. Séparation dans la colonne :

- Les constituants sont transportés par un gaz vecteur à travers la colonne.
- Chaque composé interagit différemment avec la phase stationnaire en fonction de sa volatilité et de sa solubilité, ce qui entraîne leur élution à des vitesses différentes (Figure 7).

3. Détection :

- Un détecteur enregistre une série de signaux sous forme de pics sur un chromatogramme.
- Chaque pic est caractérisé par un temps de rétention (le temps nécessaire pour qu'un composé traverse la colonne) et une aire proportionnelle à la quantité de ce composé.

- Analyse des résultats

- Analyse qualitative : basée sur les temps de rétention, qui permettent d'identifier les composés en les comparant à des standards.
- Analyse quantitative : réalisée en mesurant l'aire des pics, qui est proportionnelle à la concentration des constituants.

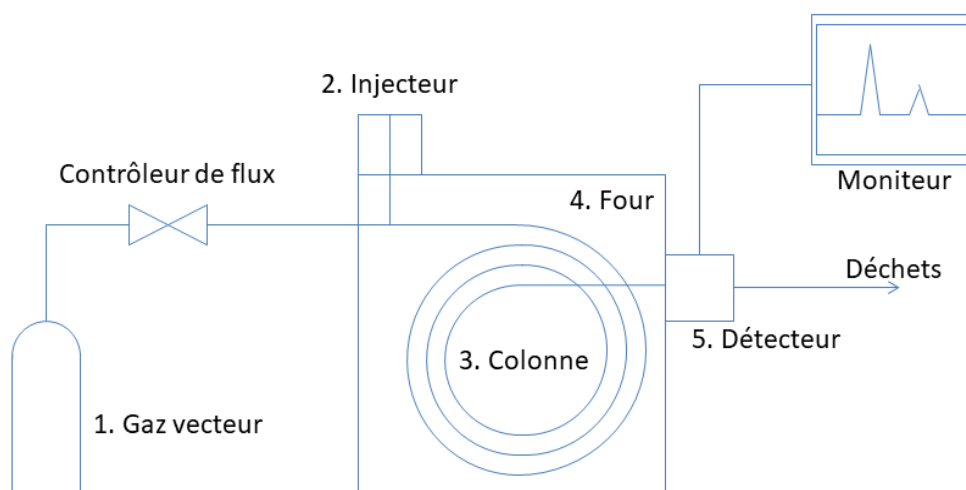


Figure 7 : Schéma d'un chromatographe (Pavia *et al.*, 2006)

1.8.2. Identification par les indices de rétention

Pour identifier les différents composés correspondant à chaque pic dans un chromatogramme, on utilise l'indice de rétention. Cet indice, qui est une caractéristique propre à chaque composé, varie en fonction du type de colonne utilisée (polaire ou apolaire) et des conditions expérimentales.

- Effets des colonnes sur l'indice de rétention

- Colonne polaire : Les composés interagissent fortement avec la phase stationnaire polaire, ce qui allonge leur temps de rétention.
- Colonne apolaire : L'éluion dépend principalement de la température d'ébullition des composés, avec des temps de rétention généralement plus courts.

Ces deux types de colonnes fournissent des informations complémentaires. En effet, il est possible que deux composés différents aient le même indice de rétention sur une colonne donnée, mais des valeurs distinctes sur une colonne différente.

- Méthode de calcul

Pour obtenir l'indice de rétention, on procède à une coinjection de l'échantillon (par exemple, une huile essentielle) avec un mélange d'alcane linéaires de référence. Ces indices sont calculés à

l'aide de la formule de Van Den Dool (une extension de l'indice de Kovats, adaptée à l'analyse par programmation de température) :

$$I.K = 100n + \frac{TR_{(X)} - TR_{(Cn)}}{TR_{(Cn+1)} - TR_{(Cn)}} \times 100$$

Avec :

$TR_{(X)}$ est le temps de rétention du composé inconnu,

$TR_{(Cn)}$ est le temps de rétention de l'hydrocarbure à n atomes de carbone,

$TR_{(Cn+1)}$ est le temps de rétention de l'hydrocarbure à n + 1 atomes de carbone,

X est le composé inconnu étant élué entre Cn et Cn+ 1.

Les indices de rétention expérimentaux obtenus par chromatographie en phase gazeuse (CPG) sont comparés à des références issues de la littérature, notamment les ouvrages d'Adams (1989) et de Jennings et Shibamoto (1989), ainsi que des monographies sur diverses huiles essentielles (Dev *et al.*, 1982 ; Garry *et al.*, 1992). Ils sont également confrontés aux données disponibles dans la banque de données du laboratoire.

- **Analyse et identification des composés** : La CPG offre une excellente résolution pour séparer les constituants d'un mélange complexe. Cependant, l'identification précise des composés peut parfois s'avérer délicate en raison de similitudes entre certains indices de rétention ou de l'absence de références appropriées.

- **Couplage CPG-SM** : Pour pallier ces limitations, la chromatographie en phase gazeuse est souvent associée à la spectrométrie de masse (SM). Ce couplage permet :

- L'individualisation des composés : chaque constituant est isolé et analysé séparément.
- L'identification précise : les spectres de masse des composés isolés sont comparés à ceux d'une banque de spectres de référence, riche et bien adaptée.

- **Avantages du couplage**

- Une sensibilité accrue, permettant de détecter et d'identifier même des composés présents en très faibles proportions.
- Une meilleure fiabilité dans l'identification, grâce à la complémentarité des données chromatographiques et spectrales.

1.8.3. Identification par couplage CPG/SM

La spectrométrie de masse (SM) est une technique analytique puissante permettant de déterminer la nature, la composition et la structure des composés présents dans un échantillon. Progressivement, elle est devenue un outil indispensable pour l'analyse des composés organiques et des mélanges complexes, en particulier lorsqu'elle est couplée à la chromatographie en phase gazeuse (CPG).

- **Couplage CPG/SM** : Lorsque la spectrométrie de masse est associée à un chromatographe, les composés sont d'abord séparés par chromatographie avant d'être analysés individuellement par spectrométrie de masse. Ce couplage en ligne, connu sous le nom de CPG/SM, est l'une des méthodes les plus efficaces pour analyser des mélanges complexes à partir de très faibles quantités.

- Chaque composé séparé par la CPG est analysé par le spectromètre, produisant un spectre de masse.
- Ces spectres sont ensuite comparés à des bases de données de référence, telles que celles décrites par Adams (1989) et Masada (1995), pour une identification précise.

- **Principe du spectromètre de masse** : Selon Constantin (1996), un spectromètre de masse se compose de cinq parties principales (Figure 8) :

- Introduction de l'échantillon : le composé à analyser est introduit dans le système,
- Source de production d'ions : l'échantillon est ionisé, généralement par impact électronique, pour produire des ions caractéristiques de sa structure,
- Analyseur des rapports masse/charge (m/z) : il trie les ions en fonction de leur rapport masse/charge, permettant de déterminer les masses des fragments ioniques,
- Détecteur : il enregistre les ions triés et produit un signal correspondant à leur abondance,
- Système de traitement et stockage des données : une unité informatique collecte, traite et analyse les données, tout en permettant un contrôle en temps réel du spectromètre.

- **Avantages du CPG/SM**

- Précision : chaque composant séparé est analysé individuellement, offrant une résolution optimale.
- Sensibilité : permet d'identifier des composés présents en quantités infimes.
- Fiabilité : la comparaison avec des spectres de référence garantit une identification précise.

En conclusion, le CPG/SM est une technique de choix pour l'étude des mélanges complexes et constitue un outil essentiel dans l'analyse des huiles essentielles et autres composés organiques.

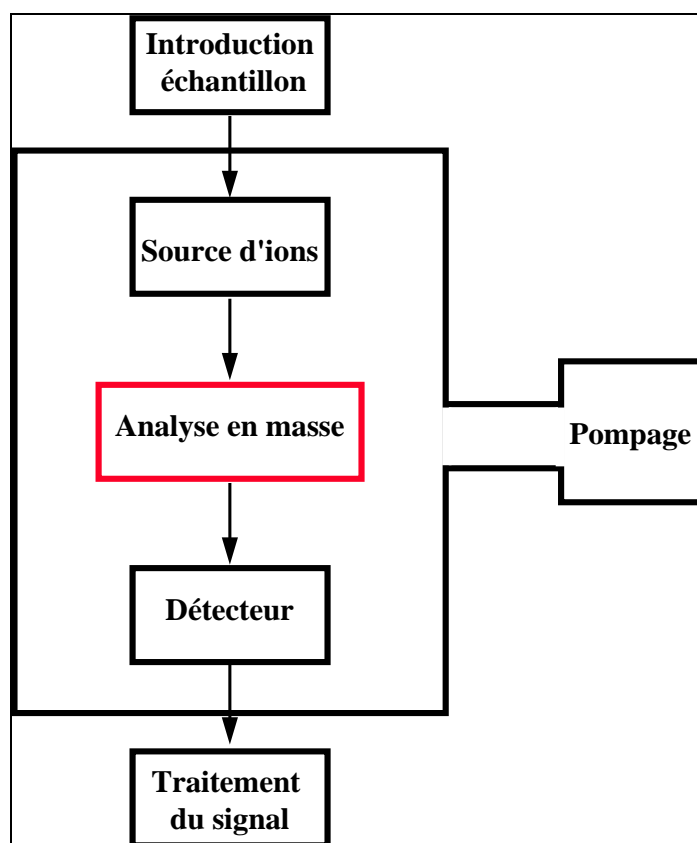


Figure 8 : Esquisse du principe d'un spectromètre de masse (Constantin, 1996).

1.9. Activités biologiques des plantes médicinales

Les plantes médicinales, grâce à la richesse de leurs métabolites secondaires, possèdent une vaste gamme d'activités biologiques. Elles sont notamment reconnues pour leurs propriétés anti-inflammatoires fréquentes, mais aussi pour leur capacité à agir comme agents antiallergiques, analgésiques, anticancéreux, hépatoprotecteurs, antispasmodiques, vasodilatateurs, hypocholestérolémiants, diurétiques, antibactériens et antiviraux. Dans certains cas, elles présentent même des propriétés cytostatiques démontrées *in vitro* (Fellah *et al.*, 2006 ; Gómez-Caravaca *et al.*, 2006 ; Babar *et al.*, 2007). Ces composés issus des produits naturels végétaux révèlent également un potentiel prometteur en tant qu'agents antioxydants et antimicrobiens, renforçant ainsi leur intérêt pour le développement de nouvelles approches thérapeutiques.

1.9.1. Activité antioxydante

Un antioxydant est un type particulier de réducteur, bien que tous les réducteurs ne soient pas forcément des antioxydants. Les antioxydants se définissent comme des substances capables, même à faible concentration par rapport à un substrat oxydable, de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat en libérant un ou plusieurs électrons (Moon et Shibamoto, 2009).

Les plantes médicinales se distinguent comme une source précieuse de molécules naturelles à fort potentiel antioxydant. Elles possèdent une activité anti-radicalaire notable, qui contribue à une action préventive bénéfique pour la santé humaine et animale (Moualek *et al.*, 2016). Cette prise de

conscience a stimulé la recherche de nouveaux remèdes naturels basés sur des antioxydants pour lutter contre de nombreuses maladies, souvent associées au stress oxydatif. Le stress oxydatif, lié à une surproduction de radicaux libres, provoque des dommages directs aux molécules biologiques, notamment l'oxydation de l'ADN, des protéines et des lipides. Ces altérations sont impliquées dans le développement de multiples pathologies devenues des enjeux de santé publique majeurs. Parmi ces maladies figurent : L'arthrite, l'asthme, les rhumatismes, les néphrites, les cancers, l'athérosclérose, le diabète, les lésions inflammatoires, les maladies associées à l'immunosuppression, les troubles métaboliques, la maladie d'Alzheimer, et bien d'autres (Sun *et al.*, 2009). Ainsi, les antioxydants issus des plantes représentent une piste prometteuse pour prévenir et traiter ces affections, renforçant l'intérêt de leur étude approfondie.

1.9.2. Activité antimicrobienne

Un antimicrobien désigne une substance capable de détruire ou de freiner la croissance de micro-organismes tels que les bactéries, les champignons, les virus ou les parasites. Ces composés agissent par divers mécanismes :

- Certains oxydent ou dénaturent les protéines bactériennes, perturbant ainsi leur fonctionnement vital.
- D'autres ciblent de manière plus spécifique les structures membranaires, compromettant l'intégrité de la cellule.
- Enfin, certaines molécules agissent en inhibant des composés ou des fonctions essentielles de la cellule microbienne, empêchant sa survie ou sa reproduction.

Ces différents modes d'action font des antimicrobiens des outils précieux dans la lutte contre les infections (Bakli, 2021). Effectivement, la majorité des médicaments antibactériens actuellement en utilisation ont été développés entre les années 1940 et 1970. Cette période a été marquée par l'utilisation de programmes de dépistage empirique visant à découvrir des inhibiteurs capables de prévenir la croissance bactérienne. Ces découvertes ont ensuite jeté les bases des traitements antimicrobiens que nous utilisons encore aujourd'hui (Chopra *et al.*, 2002).

Un intérêt croissant pour les maladies infectieuses, en particulier les infections fongiques, s'est développé rapidement. Ces infections ont augmenté à un rythme alarmant, touchant une population de plus en plus nombreuse de patients immunodéprimés, ce qui représente un défi majeur pour les médecins (Brown *et al.*, 2012). Les agents étiologiques les plus courants des infections fongiques sont *Candida* spp., *Aspergillus* spp. et *Cryptococcus neoformans*, mais on observe également une augmentation des infections causées par d'autres levures et moisissures. Malheureusement, les taux de mortalité associés à ces mycoses restent élevés, souvent supérieurs à 50% (Brown *et al.*, 2012).

Face à la prévalence croissante des infections résistantes et à l'inefficacité grandissante des agents antimicrobiens conventionnels, un intérêt accru s'est tourné vers la recherche de composés

biologiquement actifs. Ces efforts visent à identifier de nouveaux agents antimicrobiens capables non seulement d'éliminer les micro-organismes pathogènes, mais aussi de contrer efficacement la résistance aux antibiotiques synthétiques. Ces nouvelles molécules doivent posséder des propriétés chimiques diverses et recourir à de nouveaux mécanismes d'action contre ces microbes pathogènes (Kriengkauykiat *et al.*, 2011). Il apparaît donc essentiel de poursuivre, voire d'intensifier, la recherche dans cette voie, car les plantes demeurent une source inestimable et quasi inépuisable de biomolécules. Leur richesse en composés naturels bioactifs offre un potentiel considérable pour découvrir de nouvelles solutions thérapeutiques, notamment dans la lutte contre les micro-organismes pathogènes et la résistance aux traitements conventionnels. Cette approche offre une base d'innovation pour le développement de nouveaux médicaments, ce qui peut accélérer les processus de recherche et développement. De plus, il existe actuellement un intérêt croissant pour les médicaments et les produits d'origine naturelle (Biswas *et al.*, 2013).

Présentation des plantes étudiées

Chapitre 2 : Présentation des plantes étudiées

Notre étude se concentre sur trois espèces : *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze, *Thymus ciliatus* et *Thymus hirtus* Willd. Le choix de ces plantes a pour objectif de valider leur utilisation traditionnelle en tant que remèdes efficaces dans la médecine populaire de la région du massif de Boutaleb située dans la wilaya de Sétif.

2.1. Présentation d'*Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze

(Famille : Astéracées)

■ Synonymie : *Othonna cheirifolia* L., *Othonnopsis cheirifolia* (L.) Batt. & Trab. et *O. cheirifolia* (L.) Jaub. & Spach (The Plant List, 2013).



Figure 9 : *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze
(A) : sur terrain " Massif de Boutaleb, Sétif " ; (B) : Fiche herbier
Cliché de M. Sarri, le 12/05/2022

■ Nom vernaculaire : Kertchoun, Kherchoun et Tmirzou (Quézel et Santa, 1963)

2.1.1. Description botanique

Plante vivace, de couleur vert glauque, sans poils, formant des touffes denses d'environ 30 cm de hauteur. Les feuilles sont alternes, sessiles, charnues, de forme oblongue, terminées par une petite pointe. Les fleurs, de couleur jaune, sont réunies en capitules de plus de 2 cm de diamètre, solitaires et portées par des pédoncules nus (Figure 9). L'involucre est constitué d'une seule rangée de bractées oblongues et aiguës. Les fleurs périphériques sont ligulées, tandis que celles du centre sont tubuleuses et dentées. La plante possède 5 étamines aux anthères formant un tube autour du style. Les fruits sont des akènes, chacun portant une aigrette de soies fines (Beniston, 1984).

2.1.2. Distribution et écologie

Cette espèce est endémique de l'Algérie et de la Tunisie (Figure 10). On la trouve principalement en bordure des champs et sur les talus. Elle est courante à l'est, jusqu'à l'Atlas saharien (Beniston, 1984). De plus, cette plante est largement répandue dans les régions semi-désertiques et les hauts plateaux (Quézel et Santa, 1963).




 : Originaire

Figure 10 : Répartition dans le monde de *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze
<https://powo.science.kew.org>

2.1.3. Utilisations traditionnelles

Plusieurs espèces du genre *Hertia* possèdent plusieurs utilisations traditionnelles. En Algérie, l'*H. cheirifolia* est utilisée pour traiter la fatigue, les vers intestinaux, l'inflammation des yeux et les maladies du système génito-urinaire (Chermat et Gharzouli 2015; Gourari *et al.*, 2017). En Tunisie, les personnes âgées utilisent une infusion de la partie végétative (tiges et feuilles) de cette plante pour réduire l'hyperglycémie et soulager les douleurs rhumatismales ainsi que l'arthrite du genou (Majouli *et al.*, 2004). En Afrique du Sud, *Hertia cheirifolia* est employée pour traiter les infections du système digestif, l'indigestion, la diarrhée et les flatulences, et pourrait également offrir une activité acaricide utile (Ounoughi *et al.*, 2020). Enfin, en Italie, elle est utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés thérapeutiques dans les troubles digestifs et les crampes (Benslama, 2012).

2.1.4. Données pharmacologiques et phytochimiques

Le genre *Hertia* possède des propriétés pharmacologiques, notamment des effets antibactériens, antioxydants, cytotoxiques, anti-inflammatoires, spasmolytiques, vermifuges et acaricides, en raison de ses composés phytochimiques bioactifs trouvés dans les huiles essentielles et les différents extraits. Selon Majouli et Kenani (2017), l'analyse phytochimique de l'espèce

Hertia cheirifolia a révélé la présence de saponosides, flavonoïdes, polyphénols, stérols et triterpènes dans les extraits hydro-méthanoliques, éthylacétate et butanoliques. L'extrait chloroformique de cette espèce montrée des effets spasmodiques et anti-inflammatoires importants (Attia *et al.*, 2012). En outre, les huiles essentielles de *H. cheirifolia* présente aussi, une activité acaricide importante (Ammar *et al.*, 2009). Certaines études ont également démontré que le drimenin (Zellagui *et al.*, 2012 ; Rahali *et al.*, 2020), le monoéthylhexyl phtalate (Segueni *et al.*, 2017) et l' α -pinène (Rahali *et al.*, 2020) sont des composés volatils majeurs présents dans *H. cheirifolia* (Figure 11).

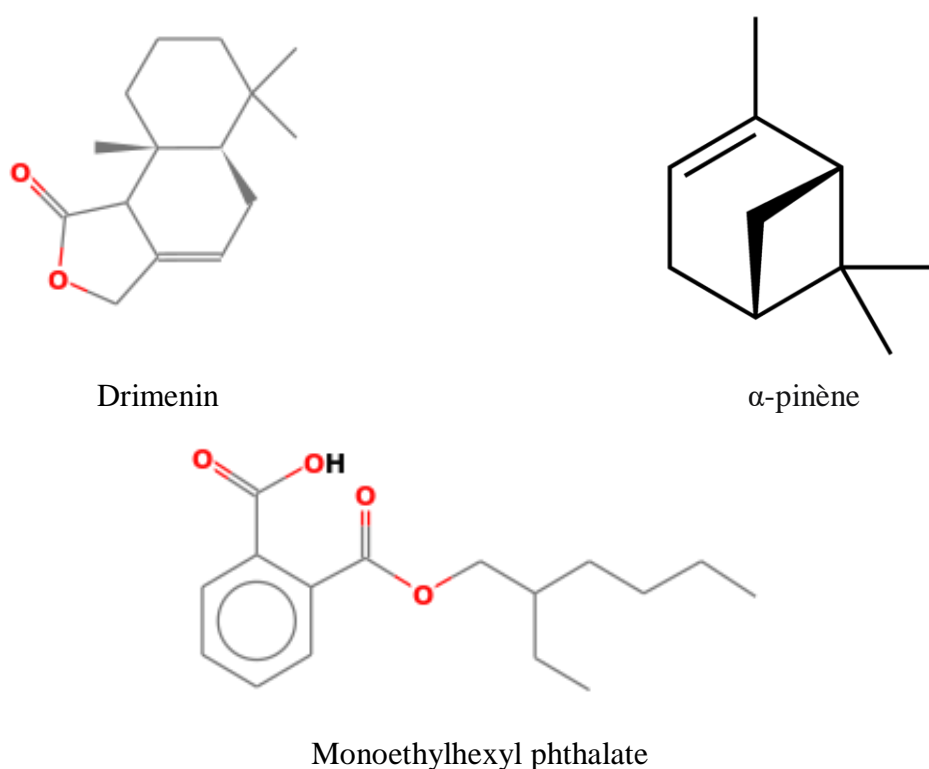


Figure 11 : Structure de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de *H. Cherifolia*

<https://www.chemspider.com/AdvancedSearch>

2.2. Présentation de *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth.

(Famille: Lamiacées)

- **Synonymie** : *T. munbyanus* ssp. *ciliatus* (Desf.) Greuter & Burdet. (The Plant List, 2013)

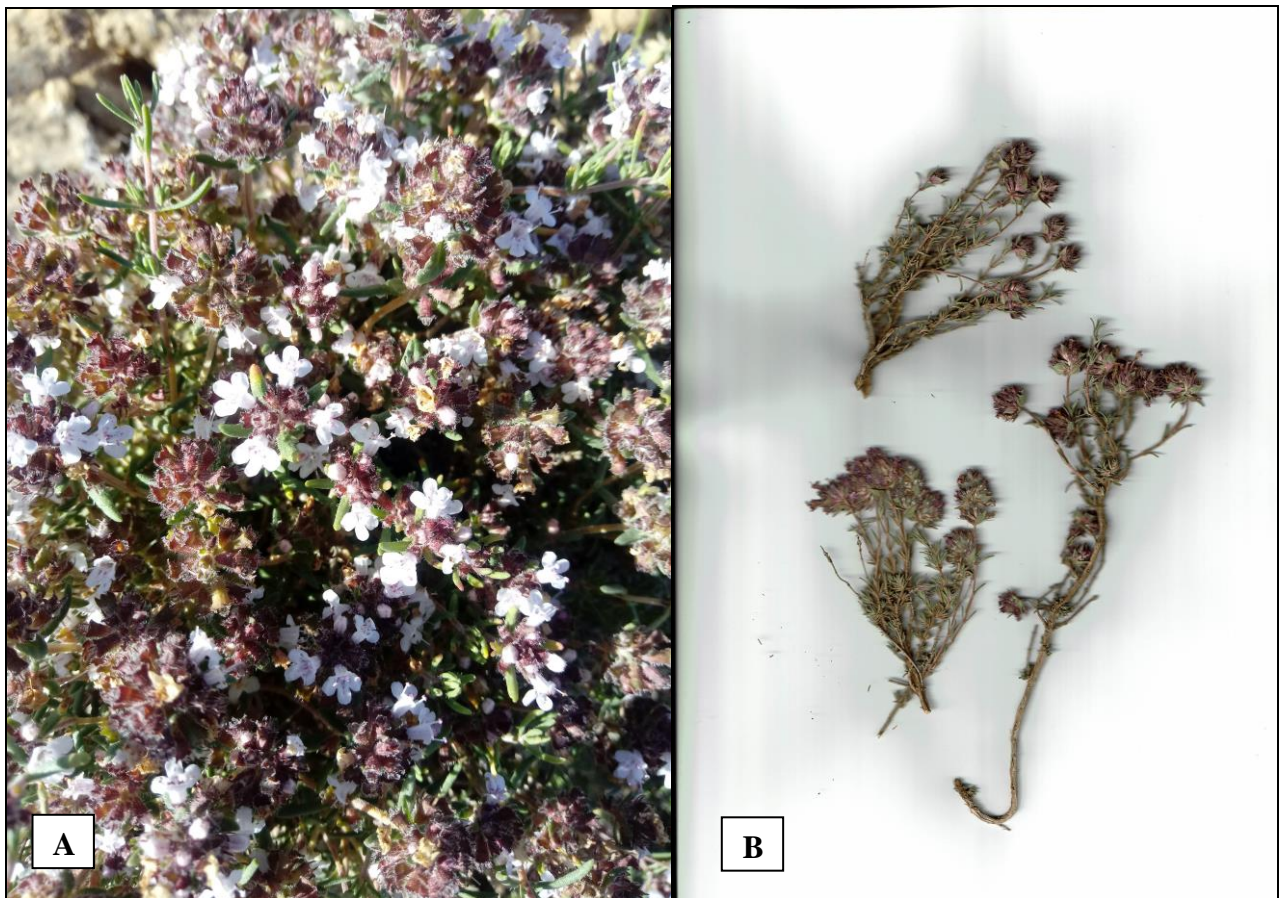


Figure 12 : *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth.
(A) : sur terrain " Massif de Boutaleb, Sétif " ; (B) : Fiche herbier
Cliché de M. Sarri, le 12/05/2022

- **Nom vernaculaire** : Djertil (Quézel et Santa 1963)

2.2.1 Description botanique

Plante sous-ligneuse, érigée ou prostrée, à l'odeur caractéristique (Figure 12). Les inflorescences sont disposées en faux verticilles. Les feuilles florales diffèrent des feuilles caulinaires, étant généralement plus largement dilatées à leur portion inférieure. Les épis florifères mesurent entre 16 et 20 mm de large. Les fleurs, plus grandes, possèdent une corolle plus longuement exserte. Le calice présente des dents de la lèvre supérieure lancées, 2 à 3 fois plus longues que larges (Quézel et Santa, 1963).

2.2.2. Distribution et écologie

Le Thym cilié est originaire de l'Afrique du Nord et du sud de l'Europe, notamment autour du bassin méditerranéen (Figure 13) ; endémique aux steppes pastorales semi arides des plaines et haut

plateaux (Mauric, 2008). En Algérie, il est très commun, rencontré dans les pelouses et les broussailles (Quezel et Santa, 1963).

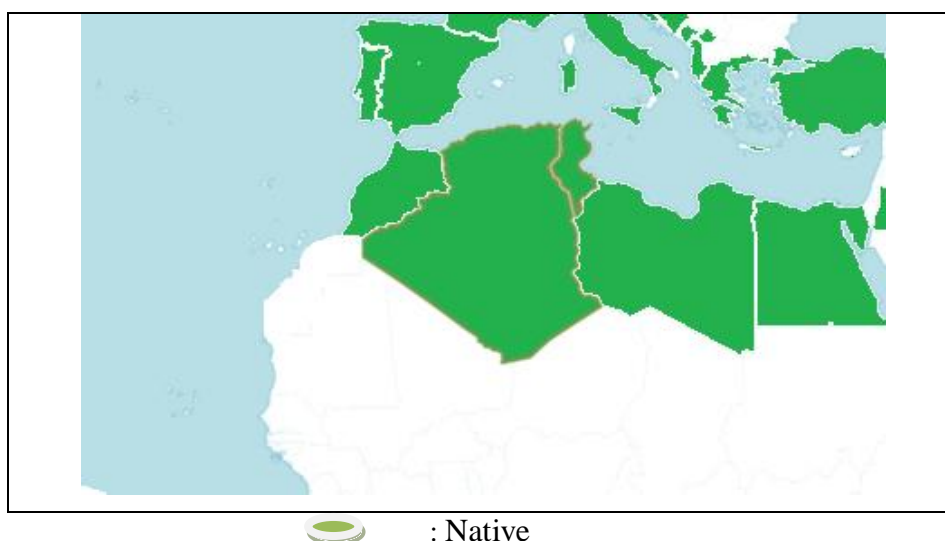


Figure 13 : Répartition de *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. dans le monde. <https://powo.science.kew.org>

2.2.3. Utilisations traditionnelles

Les espèces de thym sont des plantes médicinales largement utilisées en médecine populaire. Elles ont été employées pour traiter diverses maladies, notamment cutanées, digestives, urinaires, génitales, circulatoires, nerveuses et respiratoires (Xiao *et al.*, 2019; El Yaagoubi *et al.*, 2021). Dans la région des Aurès, *T. ciliatus* est utilisé comme remède traditionnel contre la bronchite, les infections pulmonaires, la grippe, la toux et certains troubles gastro-intestinaux (Kabouche *et al.*, 2009). Le décocté de la partie aérienne de *T. ciliatus* est également utilisé pour traiter le diabète, réduire la tension artérielle et réguler les troubles du cholestérol (Boudjelal *et al.*, 2013).

2.2.4. Données pharmacologiques et phytochimiques

De nombreuses espèces de *Thymus* possèdent des activités pharmacologiques significatives, telles que des effets antispasmodiques, antiseptiques, antitussifs et expectorants (Rasooli *et al.*, 2006). L'huile essentielle de *Thymus ciliatus* présente une grande variabilité dans son profil chimique, avec des composés majeurs (voir Figure 14) qui varient considérablement d'une espèce à l'autre, tels que le carvacrol, le thymol, le bornéol, le camphre et l'acétate de géranyle (Bousmaha-Marroki *et al.*, 2007 ; Giordani *et al.*, 2008 ; Amarti *et al.*, 2010 ; Hendel, 2017).

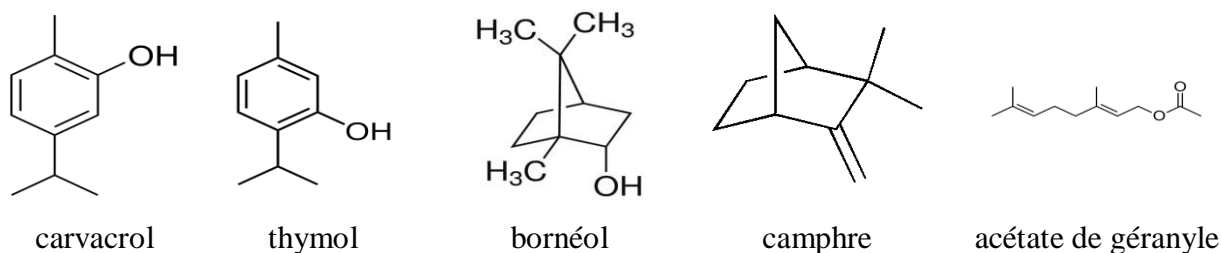


Figure 14 : Structure de quelques composés majoritaires des HES de *T. ciliatus*

<https://www.chemspider.com/AdvancedSearch>

2.3. Présentation de *Thymus hirtus* Willd.

(Famille: Lamiacées)

- Synonymie : *Thymus willdenowii* Boiss. (The Plant List, 2013)

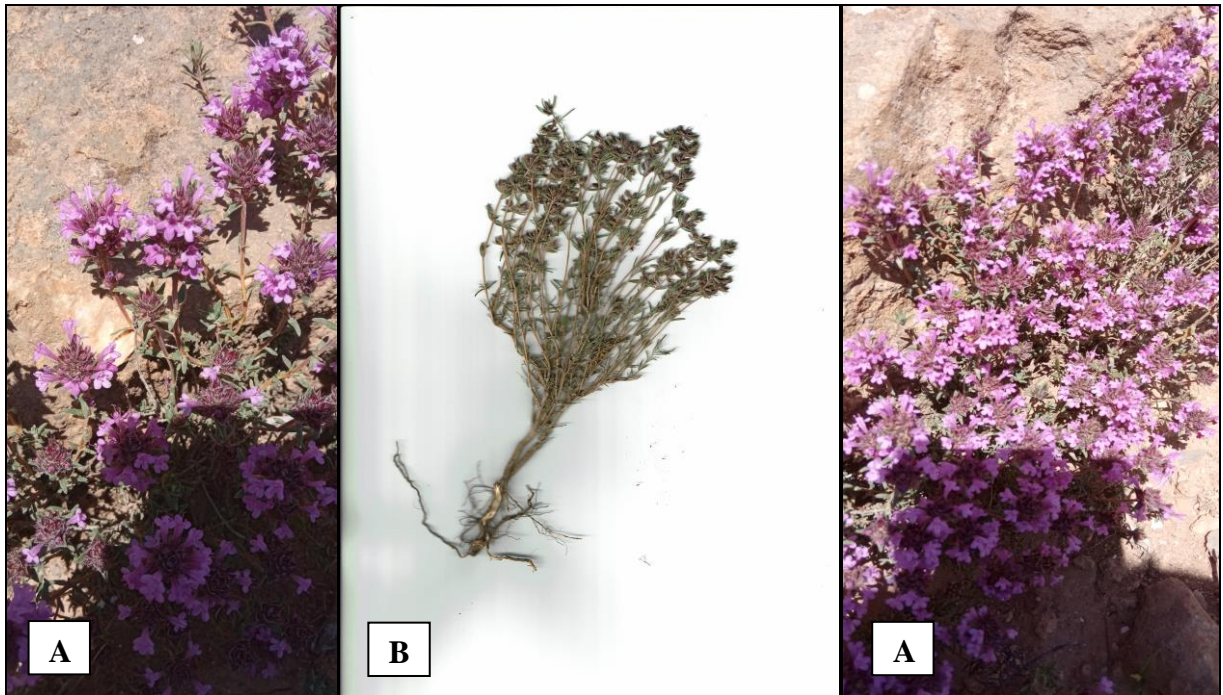


Figure 15 : *Thymus hirtus* Willd.
(A): sur terrain " Massif de Boutaleb, Sétif " ; (B) : Fiche herbar
Cliché de M. Sarri, le 12/05/2022

- Nom vernaculaire : Z'hitra, El hamriya (Quézel et Santa, 1963)

2.3.1 Description botanique

C'est un sous-arbrisseau érigé et odorant (Figure 15). Les feuilles florales sont presque identiques aux feuilles caulinaires, parfois légèrement dilatées à la base, mais rétrécies à l'apex, aiguës et révolutes à la base. Les fleurs sont de couleur rose ou pourprée (Quézel et Santa, 1963).

2.3.2. Distribution et écologie

L'aire de répartition naturelle de cette plante s'étend du sud-ouest de l'Espagne au Maroc et à l'Algérie (Figure 16). C'est un sous-arbrisseau qui pousse principalement dans le biome subtropical (Kew.org, 2024). Il abrite en Algérie, les pelouses et les rocailles des montagnes ; commun dans l'ensemble du territoire sauf sur le littoral (Quézel et Santa, 1963).

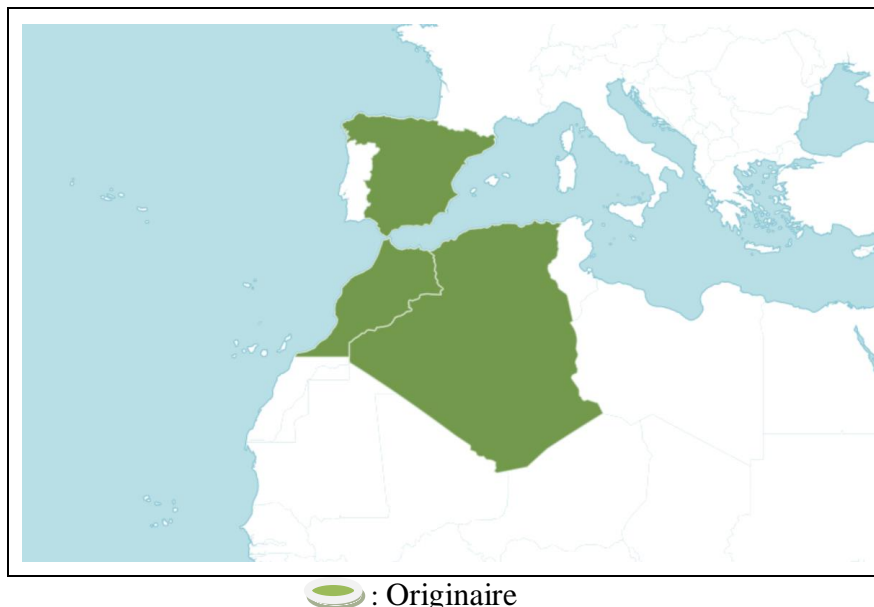


Figure 16 : Répartition dans le monde de *Thymus hirtus* Willd.
<https://powo.science.kew.org>

2.3.3. Utilisations traditionnelles

En Algérie, *T. hirtus* est utilisé dans les traitements des affections respiratoires comme le rhume, la grippe, les angines et des troubles gastriques (Bézanger-Beauquesne *et al.*, 1990 ; Baba Aissa, 1999).

2.3.4. Données pharmacologiques et phytochimiques

Espèce cultivée comme plante aromatique dans les jardins du Tell ; elle est également exploitée dans les secteurs de la parfumerie et de l'industrie pharmaceutique (Baba Aissa, 1991). On lui reconnaît des propriétés digestives et antifongiques (Treki *et al.*, 2009). L'huile essentielle issue d'une hydrodistillation est fortement antiseptique, déodorante, désinfectante et stomachique. Selon Ben Hadj Ahmed *et al.*, (2011), *T. hirtus* ssp. *algeriensis*, espèce proche de notre *T. hirtus* étudiée : le camphre, l' α -terpinéol, le linalol, l' α -terpényle acétate et le terpinène-4-ol étaient des composés majoritaires (Figure 17).

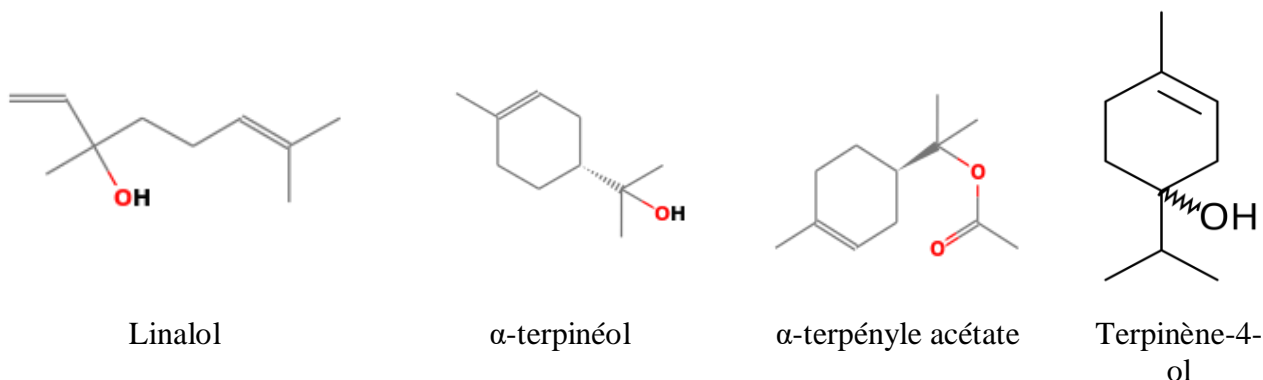


Figure 17 : Structure de quelques composés majoritaires des HEs de *T. hirtus*
<https://www.chemspider.com/AdvancedSearch>

Matériels et méthodes

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Pour valoriser la flore du massif de Boutaleb, une stratégie a été mise en place afin de réaliser cette étude. Notre approche repose sur trois axes principaux : l'ethnobotanique, la phytochimie (huiles essentielles et extraits) et l'évaluation des activités biologiques (antioxydantes et antimicrobiennes).

3.1. Description de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans le sud de la wilaya de Sétif, au sein du massif de Boutaleb ($35^{\circ}48'37''N$, $5^{\circ}31'19''E$), qui est constitué administrativement par cinq municipalités (Boutaleb, Hamma, Rasfa, Salah Bey et Ain Azel), dans l'est de l'Algérie (Figure 18). Le massif présente un relief très accidenté dans son ensemble, avec de nombreux djebels atteignant parfois 1890 m d'altitude (Madoui et Gehu, 1999). La région d'étude couvre 829 km² de surface et abrite une population de 114416 habitants. Du point de vue climatique, cette région se caractérise, en basses altitudes, par un bioclimat semi-aride avec un hiver frais au nord et froid au sud, tandis qu'en hautes altitudes, elle présente un bioclimat sub-humide, avec un hiver très froid. Les précipitations y varient en moyenne entre 300 et 600 mm (Madoui et Gehu, 1999). La zone d'investigation se caractérise par une diversité floristique très riche et diversifiée; Les types de formations végétales présents dans la région incluent une forêt dominée par le pin d'Alep, le chêne vert et le cèdre de l'Atlas (Zerroug, 2012), un matorral est présenté par la filaire et le pistachier, une pelouse mésophile à géophytes et une steppe constituée essentiellement par les graminées vivaces et les xérophytes en touffes (Sedjar, 2012).

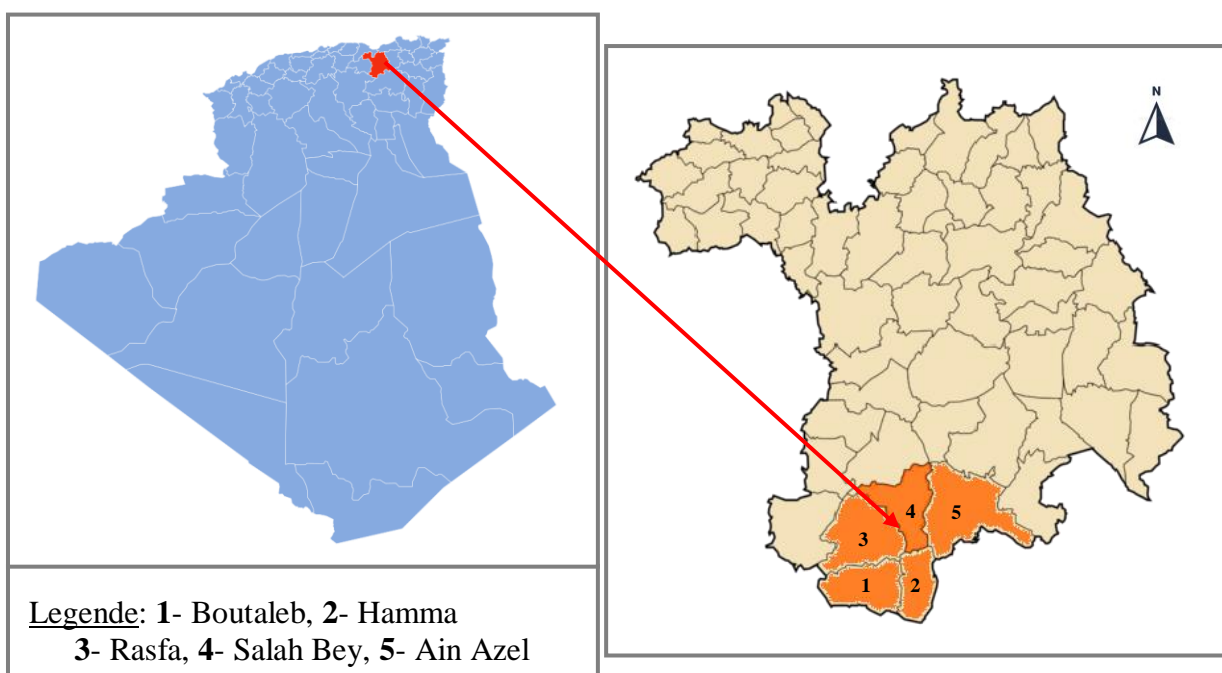


Figure 18 : Localisation géographique de la zone d'investigation

3.2. Collecte de données ethnobotaniques

Les données ethnobotaniques ont été collectées auprès de la population du massif de Boutaleb. À partir des questionnaires soumis lors d'entretiens individuels, 400 fiches questionnaires ont été remplies au cours des enquêtes ethnobotaniques réalisées pendant la période 2021-2022. Les informations recueillies ont été régulièrement consignées sur des fiches d'enquête (Figure 19), qui contiennent deux types d'informations : celles relatives à l'informant et celles concernant la végétation. Cette collecte d'informations nous a permis d'obtenir des détails sur les parties utilisées des plantes médicinales, leurs modes de préparation, les noms vernaculaires ainsi que les types de maladies traitées dans la région.



		République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université Mohamed Boudiaf de M'sila Faculté des Sciences Département de Microbiologie et Biochimie										
FICHE QUESTIONNAIRE N°												
SECTION A												
Date	Lieu	Sexe		Age	Niveau d'instruction					Informateurs		
		M	F		Analphabète	I ^{ère}	Moyen	II ^{ème}	Universitaire	Herboriste	Guérisseur	Connaisseur
SECTION B												
Nom botanique				Nom commun				Noms : Arabe / Berbère / Targui ou autre				
Utilisation thérapeutique <input type="checkbox"/>		Mode d'utilisation de la plante :										
ou alimentaire <input type="checkbox"/>												
NB : Sans recettes												
Mode d'utilisation	Infusion	Décoction	Fumigation	Macération	Poudre	Pommade	Bain	Emplâtre	Autres*			
Partie(s) utilisé(es)	Racine	Feuille	Fruit	Fleur	Graine	Sommités Fleuries	Partie aérienne	Pante Entière	Autre			
(*) :												
SECTION C												
	Nom Botanique	Nom commun	Noms : Arabe / Berbère / Targui ou autre									
Plantes associées												
Utilisation thérapeutique (Recettes : mode, quantité, nature...)												

Figure 19 : Fiche questionnaire (Sari *et al.*, 2008).

3.3. Analyses de données ethnobotaniques

Des statistiques descriptives ont été utilisées pour résumer les données, à l'aide de fréquences, de pourcentages et de graphiques. Pour identifier les espèces de plantes médicinales prioritaires dans le traitement de diverses maladies et évaluer la cohérence des réponses, deux indices ethnobotaniques ont été calculés. En particulier, l'accord entre les répondants sur l'utilisation de plantes médicinales pour les différentes catégories de maladies a été testé en calculant le facteur de consensus des informateurs (FRC/FCI).

- *Fréquence relative de citation (FRC)*

Cet indice permet de montrer l'importance relative de chaque espèce dans la zone étudiée. Il est calculé en divisant le nombre d'informateurs ayant mentionné l'utilisation de l'espèce (fréquence de citation, FC) par le nombre total de personnes interrogées (N). Il a été déterminé selon la formule ci-dessous (Kayani *et al.*, 2015) :

$$\mathbf{FRC = FC / N}$$

Les valeurs RFC varient de 0 à 1

- *Facteur de consensus des informateurs (FCI)*

Cette valeur a été calculée pour évaluer le degré d'homogénéité des connaissances des participants de la zone d'étude concernant l'utilisation des plantes comme remèdes contre les maladies. Le FCI a été déterminé à l'aide de la formule de Mootoosamy & Mahomoodally (2014) :

$$\mathbf{FCI= (Nur-Nt) / (Nur-1)}$$

Nur : nombre de rapports d'utilisation pour une catégorie.

Nt : nombre total de plantes utilisées pour cette catégorie d'utilisation spécifique par tous les informateurs.

L'FCI varie de 0 à 1. Une valeur élevée, proche de 1, indique un fort consensus parmi les informateurs concernant l'utilisation d'une plante pour une catégorie spécifique de maladie. À l'inverse, une valeur faible, proche de 0, indique un faible consensus (Reimers *et al.*, 2019).

3.4. Phytochimie

Dans ce travail, nous avons étudié trois espèces : *Hertia cheirifolia* L., *Thymus ciliatus* et *Thymus hirtus* L., qui croissent spontanément dans le massif de Boutaleb, dans le but de réaliser une analyse phytochimique (caractérisation des huiles essentielles et des extraits).

3.4.1. Récolte des espèces

Les espèces sélectionnées pour cette étude ont été collectées dans trois zones différentes du massif de Boutaleb (Tableau 1). Elles ont ensuite été nettoyées et séchées à l'abri de la lumière. Après séchage, les échantillons ont été récupérés et stockés dans des sacs en papier jusqu'à leur extraction. L'identification botanique des trois espèces a été réalisée par le Dr. Djamel SARRI, enseignant-chercheur au département des Sciences de la Nature et de la Vie, à l'Université de M'sila.

Tableau 1 : Détails de la récolte des espèces étudiées dans le massif de Boutaleb

Espèces	Lieu	Période	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Etage bioclimatique
<i>H. cheirifolia</i>	Boutaleb	Février - Mai 2022	860	35°45'51.9''N	5°17'39.1''E	
<i>T. ciliatus</i>	Hamma	Mai 2022	1061	35°40'17.7''N	5°20'07.2''E	Semi aride
<i>T. hirtus</i>	Boutaleb	Mai 2022	860	35°45'22.9''N	5°20'47.6''E	

3.4.2. Méthodes d'extraction

3.4.2.1. Extraction de l'huile essentielle

La technique d'hydrodistillation au moyen d'un appareil (Clevenger) a été appliquée pour extraire l'huile essentielle (HE). Cette technique commune permet de séparer les huiles essentielles en état pur et d'obtenir de meilleurs rendements. Pour cela, 100 g de la matière végétale (feuilles de *H. cheirifolia*, parties aériennes de *T. ciliatus* et *T. hirtus*) ont été soumis au broyage puis introduits dans un ballon contenant de l'eau distillée (1 litre). Le système est mis en marche sous l'effet du chauffage atteignant l'ébullition où le temps du procédé d'hydrodistillation commence pour durer 3h. L'huile essentielle entraînée par la vapeur se condense après passage à travers un réfrigérant. Deux phases sont produites par condensation dont la supérieure est celle de l'HE formée au dessus d'une phase aqueuse. Après sa récupération et sa déshydratation au Na₂SO₄ anhydre, l'HE est stockée à 4°C jusqu'à utilisation. La procédure est répétée au moins trois fois afin de déterminer le rendement (Dehkordi *et al.*, 2023).

Le rendement en huile essentielle a été calculé selon la formule suivante (Ray *et al.*, 2021).

$$R\% = (P_h / P_{mv}) \times 100$$

Où :

- **R** : rendement en HE,
- **P_h** : HE en g,
- **P_{mv}** : matériel végétal sec en g

3.4.2.2. Préparation des extraits aqueux et méthanoliques

Les extraits aqueux (E. Aq.) des organes ciblés des trois plantes, sont préparés selon la méthode traditionnelle en faisant bouillir 50 g de plante en poudre dans 500 ml d'eau distillée pendant 20 min. Après filtration, le filtrat a été séché dans une étuve à 37°C, pour donner une poudre brune qui seront conservées à -32°C jusqu'à leur utilisation.

Les extraits méthanoliques (E.M.) des organes ciblés des trois plantes sont préparés par macération à température ambiante comme suit : 50 g de plante en poudre avec 500 ml de méthanol pendant 48 h avec une agitation fréquente. Après filtration, le méthanol est évaporé sous vide à 40°C dans un évaporateur rotatif (BÜCHI). Les solutions obtenues sont séchées dans une étuve à 37°C, pour obtenir des poudres qui seront conservées à 4°C jusqu'à leur utilisation (Bouriche *et al.*, 2016).

Les rendements en extraits aqueux et méthanoliques (R), forment les rapports entre les poids des extraits et les poids des matières végétales utilisées multipliés par 100 (Irfan *et al.*, 2021; Irfan *et al.*, 2022).

$$R\% = P_e / P_{mv} \times 100$$

Où :

- **R** : rendement
- **P_e** : g d'extrait sec
- **P_{mv}** : g de matière végétale utilisée.

3.5. Analyses des huiles essentielles par Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse CPG/SM

Les analyses chimiques des trois échantillons d'huiles essentielles ont été effectuées au laboratoire de chimie des matériaux et de la santé du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques (CRAPC), situé à Bou Ismaïl, Tipaza, Algérie.

Le profil chimique des huiles essentielles a été déterminé par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM). Cette méthode repose sur la séparation des composants d'un mélange complexe, qui se répartissent différemment entre la phase mobile (gaz vecteur) et la phase stationnaire de la colonne chromatographique.

Les analyses CG/SM ont été réalisées à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse

Hewlett-Packard, modèle Agilent 6890 plus (Agilent Technologies), couplé à un spectromètre de masse quadripolaire HP Agilent 5973. La séparation des composants s'est effectuée sur une colonne capillaire en silice fondue HP-5MS (30 m × 0,25 mm, épaisseur du film 0,25 µm). Le programme de température du four a été le suivant : une phase isotherme de 8 minutes à 60°C, suivie d'une augmentation de température de 2°C/min jusqu'à 250°C, où elle a été maintenue pendant 10 minutes. L'hélium a été utilisé comme gaz vecteur à un débit de 0,5 ml/min en mode split 1:80, avec un volume d'injection de 0,2 µl. Les températures de l'injecteur et de la ligne de transfert du détecteur ont été fixées à 250°C et 280°C, respectivement. L'ionisation des composants de l'échantillon s'est effectuée par impact électronique à 70 eV, sur une plage de balayage comprise entre 30 et 550 m/z. La température de la source d'ions a été réglée à 230°C.

Les composants des huiles essentielles (HEs) ont été identifiés en comparant leurs indices de rétention (IR), obtenus en référence à une série d'homologues de n-alcanes de C₈ à C₂₉, injectés dans des conditions identiques. Cette identification a été confirmée en comparant les spectres de masse enregistrés avec ceux présents dans les bases de données MS (McLafferty, 2005 ; NIST 08) et en les confrontant aux données disponibles dans la littérature. La concentration relative de chaque composant a été déterminée en fonction des surfaces relatives des pics correspondants.

3.6. Caractérisation phytochimique

3.6.1. Dosage des polyphénols totaux

Le contenu polyphénolique présent dans les E.Aq. et E.M. de *H. cheirifolia*, *T. ciliatus* et de *T. hirtus* est estimé par la méthode de Folin-ciocalteu. Ce réactif jaunâtre est composé d'une combinaison d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Après l'oxydation des polyphénols, ils transforment le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe bleu constitué d'oxydes de tungstène et de molybdène. Ceci permet de mesurer l'absorption des phénols à 765 nm.

Le protocole utilisé correspond à celui utilisé par Atere *et al.* (2018). Brièvement, 0.1 ml des dilutions de l'extrait ou de l'acide galique (AG), a été introduit avec un volume de 0,2 ml de réactif de Folin-ciocalteu et 0,9 ml de l'eau distillée, puis l'ensemble est mélangé et mis en repos pour 5 minutes. Un volume de 1 ml de carbonate de sodium (7%, w/v) a été ajouté, puis l'eau distillée est ajoutée pour compléter le volume à 2,5 ml. Après 90 mn d'incubation du mélange à température ambiante, l'absorbance est lue à 750 nm contre un blanc.

La teneur en phénols totaux est calculée à partir de l'équation de la droite de l'étalon, l'acide gallique, et est exprimée en mg équivalent d'AG par g d'extrait (mg EAG/g Ex).

3.6.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes les E.Aq. et E.M. a été effectué par la technique de trichlorure d'aluminium (AlCl₃), dont le concept repose sur l'établissement de liaisons covalentes entre le trichlorure d'aluminium et les groupements hydroxyles (OH) des flavonoïdes, générant un complexe jaune qui atteint son absorbance la plus haute à 430 nm.

Le protocole adopté est celui de Djeridane *et al.* (2006). En Bref, 0.6 mL d'échantillon ou standard (1 mg/mL) (à différentes concentrations) est additionné à 0,6 ml de AlCl₃ (2%, w/v méthanol), puis mélangé. Après 10 min de repos, la lecture est lue à 415 nm contre un blanc. La concentration des flavonoïdes totaux est déterminée à partir d'une droite de l'étalon, la quercétine (0-50 µg/mL). Les résultats sont mentionnés en µg équivalents de quercétine par mg de d'extrait (mg EQ/g Ex).

3.7. Evaluation des activités biologiques

3.7.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante *in vitro* des HEs et des extraits (E.Aq. et E.M.) a été estimée par les techniques colorimétriques : test d'activité anti-radicalaire (test de DPPH) et celui de réduction du cation radical ABTS•+.

3.7.1.1. Test d'activité anti-radicalaire (DPPH)

L'activité anti-radicalaire des plantes étudiées représentées par leurs HEs, E.M. et E.Aq., nous avons appliqué le test de DPPH• (2,2-phényl-1-picryl hydrazyl). Ce radical libre violet devient de couleur jaune après sa réduction par des donneurs de protons. L'activité antioxydante est inversement liée à l'intensité de la couleur. Selon Que *et al.*(2006), 600 µl des HEs, E.Ms. et des E.Aqs. (à différentes concentrations) sont ajoutés à 600 µl de DPPH en solution méthanolique (0,004 %). Après incubation à température ambiante (30 min) à l'obscurité, l'absorbance est lue contre un contrôle contenant la solution de DPPH additionnée du solvant approprié 517 nm. Le trolox a été utilisé comme standard. Le test est réalisé en triplicata. Le pourcentage d'inhibition des radicaux libres en (I%) est calculée selon la formule :

$$I (\%) = [(A_c - A_t) / A_c] \times 100$$

Où :

I : L'inhibition,

A_c : Absorbance du contrôle,

A_t : Absorbance de l'échantillon test,

Les valeurs IC₅₀ correspondent aux concentrations des échantillons ayant inhibé ou réduit 50% du DPPH. Elles sont calculées de la régression linéaire de l'inhibition en fonction de la concentration des HEs, des E.Ms. et des E. Aqs.

3.7.1.2. Test d'ABTS•+

Ce test a impliqué une réduction, par l'antioxydant, du radical ABTS•+ (2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique), donc le piéger. La formation de l'ABTS-H+ conduit à une décoloration de la solution à mesurable à 734 nm (Marc *et al.*, 2004).

Selon Re *et al.*, (1999), le protocole est réalisé comme suit : une solution d'un mélange de 7 Mm d'ABTS et 2,45 mM de persulfate de potassium a été préparée. La solution d'ABTS•+ est incubée 16 heures, puis diluée avec l'eau déminéralisée jusqu'à avoir une absorbance d'environ 0,7 à 734 nm. Des aliquotes de 0,1 ml des extraits (à différentes concentrations) sont ajoutés à 2,9 ml de la solution d'ABTS•+ préparée. Après 7 min, l'absorbance est mesurée à 734 nm. Le standard utilisé est le trolox. Le pourcentage d'inhibition (I%) est calculé selon la formule décrite pour le test de DPPH et les IC₅₀ sont définies.

3.8. Tests *in vitro* de l'activité antimicrobienne

* Microorganismes

Des souches bactériennes de référence et des souches fongiques ont été soumises à l'action antimicrobienne des extraits et des HEs des plantes étudiées : des bactéries G⁺ dont *Staphylococcus aureus* (MRSA 639c) et *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) ; des bactéries G⁻ dont *Escherichia coli* (E52) et *Listeria monocytogenes* (ATCC 13932), la levure *Candida albicans*, et des souches du champignon filamenteux *Fusarium*. Celles-ci renferment *Fusarium graminearum* (Fg), *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), et *F. culmorum* (Fc), et ont été fournies du Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), École Normale Supérieure de Kouba à Alger (Algérie), par Dr. Nadjette DJEMOUAI.

* Milieux de culture

Deux milieux de culture ont été utilisés pour l'isolement, le maintien et la réalisation du test de sensibilité des souches bactériennes. Se sont la gélose nutritive (GN) et sa forme liquide Bouillon nutritif (BN) pour l'isolement et le maintien ; et la gélose Mueller Hinton (MHA) pour les essais de sensibilité aux huiles et extraits.

Pour la réalisation des essais antifongiques, seul le milieu Potato Dextrose Agar (PDA) a été utilisé.

* Repiquage et conservation des microorganismes

Les bactéries testées sont entretenues par revivification en BN à 37°C et leur pureté est vérifiée sur GN, sont maintenues par repiquage en GN et incubées 24h à 37°C, puis sont conservées à 4°C dans la GN incliné jusqu'à leur utilisation. Les souches de *Fusarium* maintenues pures en milieu PDA en tubes inclinés à 4°C jusqu'à leur utilisation.

*** Préparation des inocula**

L'inoculum bactérien est préparé par l'utilisation d'un bouillon convenable à la croissance de la bactérie que l'on veut tester. Généralement, le prélèvement est effectué initialement à partir d'une culture en bouillon, cultivé en stries sur milieu gélosé convenable en boîte, puis incubé à température appropriée à la croissance (Branger *et al.*, 2007). Le repiquage des souches bactériennes est réalisé en milieu MHA par la technique des stries et l'incubation s'est faite à 37°C pendant 24 h à 48 h de manière à avoir des colonies isolées. Dans les conditions stériles, une ou deux colonies de la souche bactérienne à tester ont été prélevées par anse de platine puis ajoutées à 9 ml d'eau physiologique (NaCl à 0,9%) dans un tube stérile. Une agitation est appliquée à chaque tube pour avoir une suspension bactérienne homogène. La concentration bactérienne est évaluée par turbidimétrie à 600 nm (spectrophotomètre SECOMAM). La concentration bactérienne 10^6 Unité formant colonie/ ml (UFC/ml) est obtenue à une densité optique (DO) entre 0,08 et 0,1 (Athamena *et al.*, 2010).

3.8.1. Estimation de l'effet antibactérien des extraits

Deux techniques ont été appliquées pour évaluer l'activité antimicrobienne des plantes étudiées : la technique des disques de diffusion en milieu gélosé pour tester les HEs, celle des puits de diffusion en milieu gélosé pour tester les E.Ms. et E. Aqs. (NCCLS, 1999).

3.8.1.1. Test des puits de diffusion

Cette technique est appliquée selon la méthode décrite par Tepe *et al.* (2005) avec certaine modification. Elle permet l'évaluation de l'effet des E.Ms. et des E. Aqs. des plantes via-à-vis de la croissance bactérienne. Une quantité d'extrait test a été pesé et mise en tube stérile. Le diméthylsulfoxyde (DMSO) est ajouté au tube pour atteindre une concentration finale de 150 mg/ml, puis une agitation est appliquée pour l'obtention d'une dissolution complète de l'extrait. Le milieu MHA estensemencé de la suspension bactérienne (ou de levure) par la méthode d'écouvillonnage. Par un emporte-pièce, des puits (\emptyset 6mm) ont été créés à des distances égales entre l'un et l'autre, et de la même distance du centre et des marges de la boîte de Pétri. Des aliquotes (30 μ l) de chaque extrait ont été placées dans les puits. Dans la boîte contrôle, la même procédure est appliquée, avec application du DMSO 10% à la place de l'extrait. Les conditions de l'incubation sont 24 h et 37°C. Le test est 03 fois répété. Les boîtes tests sont soumises à l'examen visuel et la mesure des diamètres d'éventuelles zones d'inhibition de croissance bactérienne autour des puits.

3.8.1.2. Test des disques de diffusion

Cette technique est appliquée selon la méthode décrite par Tepe *et al.* (2005), et est utilisée pour tester la sensibilité bactérienne aux HEs. Brièvement, une suspension du microorganisme testé a été étalée sur la surface de l'MHA en boîte. Imprégnés de 20 µl d'HE chacun, des disques de papier Whatman (Ø 6mm) ont été déposés sur le milieu inoculé et un disque imprégné de DMSO (20 µl) a servi de contrôle négatif. A l'aide du parafilm, les boîtes ensemencées sont fermées puis déposées à 4°C pendant 2 h, pour permettre la diffusion de l'HE. Les conditions d'incubation sont 30°C et 48 h et 37°C pendant 24 h pour les levures et les bactéries, respectivement. Le test est réalisé en 03 répétitions. Les résultats du test sont exprimés en termes d'inhibition de la croissance microbienne autour des disques de l'HE sous forme des cercles appelés zones d'inhibition (ZI) dont le diamètre est mesuré en mm. L'intensité de la sensibilité microbienne est fonction du diamètre de ZI et le germe peut être qualifié de non sensible ($ZI \leq 8$ mm), sensible ($8 \text{ mm} < ZI \leq 14$ mm), très sensible ($15 \text{ mm} < ZI \leq 19$ mm) et extrêmement sensible ($ZI > 20$ mm) (Djabou *et al.*, 2013).

3.8.1.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La concentration minimale inhibitrice (CMI) correspond à la plus faible concentration empêchant la croissance visible d'un microorganisme. Sa détermination a été réalisée à l'aide d'un test colorimétrique rapide au iononitrotétrazolium (INT) selon le protocole décrit par Seukep *et al.* (2013) . La méthode de microdilution sur microplaques a été utilisée pour évaluer les CMI des HEs, E.M. et E.Aq., contre des bactéries testées. Des suspensions bactériennes issues de cultures de 18 h en GN, ont été préparées pour avoir une turbidité standard de 0,5 McFarland. Les HEs ont été dissoutes dans du diméthylsulfoxyde (DMSO).

Des puits de microplaques à 96 puits ont été remplis chacun avec 95 µl de bouillon nutritif et 5 µl d'inoculum. Les premiers puits ont reçu 100 µl de solutions mères (100 µl/ml de HEs, 600 mg/ml d'extraits d'une série de dilutions préparées séparément), suivis de dilutions en série sur sept puits. Un puits témoin négatif contenait seulement du bouillon nutritif et de l'inoculum. Le volume final de chaque puits était de 200 µl (Sokmen *et al.*, 2004). Les CMI ont été évaluées après 24 heures d'incubation à 37°C, suivies de l'ajout de 40 µl d'INT (0,2 mg/ml) et d'une incubation supplémentaire de 30 min à 37°C (Seukep *et al.*, 2013).

3.8.1.4. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

La concentration minimale bactéricide (CMB) est définie comme la plus faible concentration d'un agent bactéricide capable d'éliminer 99 % des bactéries, exprimée en µg/L. Elle reflète la

concentration à laquelle une préparation manifeste une activité bactéricide (Tchokponhoue Kpodekon *et al.*, 2013).

À partir de la CMI, les puits sans croissance microbienne visible à l'œil nu sont inoculés sur une gélose MHA. Après incubation à 37 °C pendant 24 h, la plus faible concentration ne présentant aucune colonie microbienne (correspondant à 99,99 % de destruction) est déterminée comme étant la concentration minimale bactéricide (CMB) de l'extrait pour la souche testée (Mamadou *et al.*, 2014).

3.9. Estimation de l'activité antifongique

L'activité antifongique *in vitro* sur la croissance mycélienne a été évaluée par deux méthodes : la méthode des disques de diffusion pour les HEs et la méthode des puits de diffusion pour les E.Ms. et les E. Aqs. des trois plantes d'étude.

L'activité antifongique *in vitro* a été analysée en termes d'effet sur la croissance mycélienne. Deux techniques ont été appliquées : celle des disques de diffusion pour les HEs et celle des puits de diffusion pour les E.Ms. et E. Aqs. des plantes testées.

3.9.1. Test des disques de diffusion

Cette technique est appliquée selon la méthode décrite par Sharma *et al.* (2017), et est utilisée pour tester la sensibilité des mycètes aux HEs, avec certaines modifications.

Un volume 20 ml de PDA a été versé dans des boîtes de Pétri stériles (Ø 90 mm) et celles-ci sont laissées pour la solidification du milieu. Un disque mycélien (Ø 6 mm), prélevé à la marge d'une culture de sept jours à l'aide d'un emporte-pièce stérile, a été inoculé aseptiquement au centre de chaque boîte de Pétri. Des volumes (20 µl) d'huiles essentielles diluées dans du DMSO à 10% ont été appliquées aux disques stériles de papier filtre (6 mm), positionnés sur le milieu PDA à des distances égales entre l'un et l'autre, et de la même distance du centre et des marges de la boîte de Pétri. Pour le témoin, le DMSO à 10% a été utilisé à raison de quantités égales à la place de l'huile. A l'aide du parafilm, les boîtes ensemencées sont fermées puis déposées à 25°C pendant sept jours. Le test est réalisé en 03 répétitions. L'inhibition de la croissance mycélienne (I%) a été calculé selon la formule suivante :

$$I\% = [(a-b) / a] \times 100$$

D'où

a : est le diamètre de la colonie témoin,

b : est le diamètre de la colonie test.

Les observations sont faites à la fin de l'incubation au 7^{ème} jour et décrivent la croissance mycélienne moyenne en termes de mm de colonie (Sharma *et al.*, 2017).

3.9.2. Test des puits de diffusion

Cette technique est appliquée selon la méthode décrite par Sharma *et al.* (2017) avec certaine modification. Elle permet l'évaluation de l'effet des E.Ms. et des E. Aqs. des plantes via-à-vis de la croissance fongique. Une quantité d'extrait test a été pesé et mise en tube stérile. Le diméthylsulfoxyde (DMSO) est ajouté au tube pour atteindre une concentration finale de 600 mg/ml, puis une agitation est appliquée pour l'obtention d'une dissolution complète de l'extrait. Par un emporte-pièce, des puits (Ø 6mm) ont été créés à des distances égales entre l'un et l'autre, et de la même distance du centre et des marges de la boîte de Pétri. Des aliquotes (30µl) de chaque extrait ont été placées dans les puits. Un disque mycélien (Ø 6 mm), prélevé à la marge d'une culture de sept jours à l'aide d'un emporte-pièce stérile, a été inoculé aseptiquement au centre de chaque boîte de Pétri. Dans la boîte contrôle, la même procédure est appliquée, avec application du DMSO à la place de l'extrait. Les conditions de l'incubation sont 25°C et 7 jours. Le test est 03 fois répété. L'effet inhibiteur des extraits est analysé selon la formule ci-dessu :

$$I\% = [(a-b) / a] \times 100$$

D'où

a : est le diamètre de la colonie témoin ,

b : est le diamètre de la colonie test,

3.10. Analyses statistiques

Toutes les expériences des activités antioxydante, antibactérienne et antifongique ont été réalisées en triple exemplaire et les données sont exprimées sous forme de moyenne \pm SD. L'analyse de variance (ANOVA) et de comparaison multiple de Tukey ont été considérées significatives à $P < 0,05$.

Résultats et discussion

Chapitre 4 : Resultats et discussion

4.1. Résultats et discussions de l'étude ethnobotanique

4.1.1. Enquête ethnobotanique

Une série d'enquêtes ethnobotaniques a été réalisée entre 2021 et 2022, à l'aide de 400 fiches questionnaires, auprès de 124 informateurs (112 connaisseurs, 7 herboristes, 5 guérisseurs) dans la région du massif de Boutaleb. Les entretiens ont été menés en arabe ou en français, selon les cas, en utilisant une fiche questionnaire (Figure 14 § Chap. 3). Les enquêtes ont permis de collecter les informations suivantes :

- Numéro de la fiche questionnaire
- Date
- Zone d'étude : commune, daïra
- Informateur : nom, âge, sexe et niveau d'éducation
- Caractéristique botanique de la plante (nom scientifique, nom vernaculaire)
- Caractéristique ethnobotanique de la plante et partie utilisée
- Mode d'utilisation de la plante (infusion, décoction, etc.)
- Maladies traitées et informations relatives à leur contrôle et prévention.

4.1.2. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés

Nous avons mené notre enquête (Tableau 2) auprès de 124 informateurs, répartis entre hommes et femmes : 112 connaisseurs (soit 90,32%), 5 guérisseurs (soit 4,03%) et 7 herboristes (soit 5,65%).

Parmi tous les informateurs impliqués dans cette étude, les femmes étaient légèrement plus nombreuses que les hommes, représentant 54,84% des participants contre 45,16% pour les hommes. En effet, les femmes possédaient davantage de connaissances sur l'utilisation traditionnelle des espèces, probablement en raison de leurs relations sociales et de leur rôle dans la transmission des savoirs (da Silva Sousa *et al.*, 2012, Meddour *et al.*, 2020).

L'âge des informateurs variait entre 18 et 86 ans, avec une moyenne de 61 ans. La majorité des informateurs (41,13%) se situaient dans la tranche d'âge de 41 à 60 ans, suivis de près par ceux de la tranche de 61 à 80 ans (32,26%). Ces deux groupes d'âge représentent la majeure partie de la population enquêtée détenant des connaissances ethnobotaniques. Les informateurs âgés de 20 à 40 ans représentaient 20,15%, tandis que 5,65% des informateurs avaient plus de 80 ans.

En ce qui concerne le niveau d'éducation des informants, 36,29% étaient illettrés, c'est-à-dire qu'ils n'avaient aucun niveau d'éducation (Analphabète). Ce résultat est comparable à celui observé dans une autre étude ethnobotanique réalisée par Meddour *et al.* (2020). Ensuite, 26,61% des

informants avaient suivi un enseignement moyen, 15,32% un enseignement supérieur, 14,52% un enseignement primaire, et enfin, 7,26% avaient un niveau d'enseignement secondaire.

Tableau 2. Profil démographique des informants dans la zone d'investigation

Catégories	Informants = 124			
	Connaisseurs	Guérisseurs	Herboristes	Total
Genre				
Hommes	47 (37,90)	2 (1,61)	7 (5,65)	56 (45,16)
Femmes	65 (52,42)	3 (2,42)	-	68 (54,84)
Age				
< 20	1 (0,81)	-	-	1 (0,81)
20-40	25 (20,15)	-	-	25 (20,15)
41-60	43 (34,68)	2 (1,61)	6 (4,84)	51 (41,13)
61-80	36 (29,03)	3 (2,42)	1 (0,81)	40 (32,26)
> 80	7 (5,65)	-	-	7 (5,65)
Niveau d'éducation				
Analphabète	43 (34,68)	2 (1,61)	-	45 (36,29)
Primaire	16 (12,90)	1 (0,81)	1 (0,81)	18 (14,52)
Secondaire	9 (7,26)	-	-	9 (7,26)
Moyen	25 (20,16)	2 (1,61)	6 (4,84)	33 (26,61)
Universitaire	19 (15,32)	-	-	19 (15,32)

4.1.3 Analyse floristique des plantes médicinales de la région d'étude

La présente étude a inventorié 78 espèces de plantes médicinales provenant de la région du massif de Boutaleb, réparties sur 77 genres et 40 familles, utilisées pour le traitement de diverses affections à base de remèdes phytothérapeutiques (Tableau 3).

Tableau 3 : Plantess médicinales utilisées par la population de la région de Boutaleb

Nom scientifique / Familles	Nom vernaculaire	NC	FRC	Parties utilisées	Mode de préparation	Maladies et affections traités
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb. / Lamiaceae	Chandgora	5	0,04	F, PA	D, M	Mal aux dents, diabète, troubles digestifs, côlon
<i>Allium ampelopasum</i> L./ Amaryllidaceae	Kourath	7	0,06	PE, Blb, PA	Cm, D	Hypertension, pellicules de cheveux, eczéma, psoriasis
<i>Ammi visnaga</i> Lamk. / Apiaceae	Khoulla baria	1	0,01	G	Pd	Maladies de la peau, eczéma
<i>Anastatica hierochuntina</i> L. / Brassicaceae	Awadmi	1	0,01	R	D	Fatigue, perte de mémoire
<i>Anemone coronaria</i> L. / Renonculaceae	Kbabouch	2	0,02	Fl, F	D	Insomnie, fatigue
<i>Anthemis pendunculata</i> Desf. / Asteraceae	Boumelal, babounj	19	0,15	Fl	D, I	Toux, troubles digestifs, côlon, appareil respiratoire, chute des cheveux, grippe, maux de tête, douleurs abdominales, transpiration excessive, insomnie
<i>Arbutus unedo</i> L. / Ericaceae	Lanj	1	0,01	F, Ec	P	Cicatrisation des plaies

Suite Tab. 3

Nom scientifique / Familles	Nom vernaculaire	NC	FRC	Parties utilisées	Mode de préparation	Maladies et affections traités
<i>Aristolochia altissima</i> Desf. / Aristolochiaceae	Boureztam, Zarouned	2	0,02	Fr, G	C	Rhumatisme, arthrite
<i>Artemisia absinthium</i> L. / Asteraceae	Chajrat meryam	2	0,02	G	D	Inflammation utérine, ovaires polykystiques, cycle menstruel irrégulier
<i>Artemisia campestris</i> L. / Asteraceae	Chajrat meryam	2	0,02	F	D	Inflammation utérine), ovaires polykystiques, cycle menstruel irrégulier
<i>Artemisia herba alba</i> Asso. / Asteraceae	Chih	18	0,15	PA	D, I, M	Vers intestinaux, intoxication alimentaire, douleur abdominal, diabète, douleurs menstruelles, diarrhée, côlon, troubles digestifs
<i>Asparagus officinalis</i> L. / Asparagaceae	Sakouma	2	0,02	PE, Br	D, I	Ictère, incapacité à retenir l'urine
<i>Astragalus armatus</i> Willd. / Fabaceae	Kedad	1	0,01	F, C	D	Système respiratoire, toux
<i>Atractylis serratuloides</i> Sieb. / Asteraceae	El ssar	1	0,01	Fr	Bb	Mal aux dents
<i>Atriplex halimus</i> L. / Amaranthaceae	Gettaf	7	0,06	PA, F	D, C	Ovaires polykystiques, goitre, rhumatisme, arthrite, stérilité, cholestérol, déséquilibre des hormones sexuelles, cycle menstruel irrégulier, hypertension
<i>Bunium incrassatum</i> (Boiss.) Batt. et Trab. / Apiaceae	Telghouda	7	0,06	Tu	M	Amygdalite, goitre
<i>Carthamus pectinatus</i> Desf. / Asteraceae	Garn eljedi	3	0,02	F, R	Cm, D	Prostate, diarrhée, troubles digestifs
<i>Cassia aschreek</i> Forsk. / Fabaceae	Sanamekki	1	0,01	F	D	Gaz abdominaux, douleur, ulcère gastrique, constipation
<i>Cassia senna</i> L. / Fabaceae	Sana mekki	2	0,02	F, PA	D	Gaz abdominaux, ulcère gastrique, constipation, fatigue, insomnie
<i>Cedrus libanotica</i> Link / Pinaceae	Gatran, Arez, Gatran	3	0,02	R, Br	B, Pd	Maux de gorge chez les nouveau-nés, toux, brûlures, cicatrisation des plaies
<i>Centaurium umbellatum</i> (Gibb) Beek / Gentianaceae	Merart l'hnach	3	0,02	F, Fl	D	Diabète, ulcère
<i>Chrysanthemum segetum</i> L. / Asteraceae	Okhouane	1	0,01	F, Fl	I	Acidité gastrique, constipation, vers intestinaux
<i>Crataegus oxyacantha</i> L. / Rosaceae	Adammi, Zaarour lahmar	1	0,01	Fr	Cm	Système urinaire, diarrhée
<i>Cynara cardunculus</i> L. / Asteraceae	Khourchef berri	2	0,02	F	D, M	Foie
<i>Ecballium elaterium</i> Rich. / Cucurbitaceae	Fegous lehmir	1	0,01	Fr	Sp	Hémorroïde
<i>Echinops spinosus</i> L. / Asteraceae	Fougaa el jmal	1	0,01	Fl, G	D	Maladies hépatiques
<i>Emex spinosa</i> (L.) Camp. / Polygonaceae	Houmid	1	0,01	F	Cm	Constipation
<i>Emex spinosa</i> (L.) Camp. / Polygonaceae	Houmid	1	0,01	F	Cm	Constipation
<i>Ferula communis</i> L. / Apiaceae	Kelkha	1	0,01	PA	P, Pd	Maladies de la peau, plaies
<i>Foeniculum vulgare</i> (Mill.) Gaertner / Apiaceae	Besbass	5	0,04	G	D	Troubles digestifs, côlon, les douleurs menstruelles, douleurs abdominales
<i>Globularia alypum</i> L. / Globulariaceae	Tasselgha	11	0,09	F, PA	Ct, Cm, M, P, Pd	Brûlures, plaies, acnés, arthrite, Diabète, goitre, constipation, troubles hépatiques
<i>Hertia cheirifolia</i> (L.) O.K. / Asteraceae	El kartchoun	7	0,06	F, Fl, PA	D	Troubles digestifs, diabète, rhumatisme, les douleurs osseuses, constipation

Suite Tab. 3

Nom scientifique / Familles	Nom vernaculaire	NC	FRC	Parties utilisées	Mode de préparation	Maladies et affections traités
<i>Inula viscosa</i> (L.) Ait. / Asteraceae	Magramen	2	0,02	F, G	Ct, D, P	Douleur osseuse, plaies, ulcère gastrique, rhumatisme, arthrite
<i>Juniperus phoenicea</i> L. / Cupressaceae	Arar	17	0,14	F, G	Cm, D, S	Système respiratoire, toux, inflammation de la gorge, amygdalite, douleurs abdominales, troubles digestifs, diarrhée, nausée, vomissement, constipation, ulcère
<i>Junipeus oxycedrus</i> L. / Cupressaceae	Chajrat tagga	1	0,01	F	I, P	Pellicules, poux, cloques cutanées, eczéma
<i>Lens culinai</i> s Medik. / Fabaceae	Adess	1	0,01	G	P	Brûlures
<i>Linum usitatissimum</i> L. / Linaceae	Zariat l'katan	1	0,01	G	D	Problème d'allaitement (Galactagogue)
<i>Lupinus hirtum</i> L. / Fabaceae	Tormous mor	2	0,02	G	I, D, M	Diabète
<i>Malva sylvestris</i> L. / Malvaceae	Khoubiz	6	0,05	F	Cm, D	Troubles digestifs, mal aux dents, constipation
<i>Marrubium vulgare</i> L. / Lamiaceae	Meriwat	13	0,10	F, PA	Ct, D, I, In	Sinusite, Fièvre, douleurs abdominales, intoxication, vomissement, diabète, brûlures d'estomac, maux de gorge chez les nouveau-nés
<i>Mentha rotundifolia</i> L. / Lamiaceae	Naana	7	0,06	F, PA	Ct, I	Ulcère, douleurs abdominales, rhumatisme, douleur osseuses
<i>Nerium oleander</i> L. / Apocynaceae	Defla	6	0,05	F	Ms, Fu	Sinusite, migraine, grippe, mal aux dents
<i>Olea europea</i> L. / Oleaceae	Zitoun	5	0,04	Fs	D, Ms	Tension artériel, aphtes, troubles digestifs, diabète,
<i>Orchis mascula</i> L. / Orchidaceae	Tahlab berri	1	0,01	Tu	Cm	Sédatif, trouble de la mémoire
<i>Origanum glandulosum</i> Desf. / Lamiaceae	Zaater	4	0,03	PA	D, Fu	Douleurs abdominales, grippe, asthme
<i>Paronychia argentea</i> (Pourr.) Lamk. / Caryophyllaceae	Fatat el hjar, Karwacha	4	0,03	F, PA	D, I	Lithiase urinaire
<i>Peganum harmala</i> L. / Zygophyllaceae	Harmal	10	0,08	F, G	Ct, D, Fu, I, P	Infection respiratoire, Bronchite, arthrite, diabète, troubles digestifs, diarrhée, Sciatique, rhumatisme, obésité, grippe, douleurs osseuses, migraine
<i>Pinus halepensis</i> Mill. / Pinaceae	Alk snawbar, Snober	9	0,07	Rs, Gm, F, Fl, G	D, Bb, S	Système respiratoire, toux, inflammation de la gorge, amygdalite, mal aux dents, bronchite, hypertension, allergie
<i>Pistacia lentiscus</i> L. / Anacardiaceae	Bettam	1	0,01	F	I, P	Pellicules de cheveux, poux, cloques cutanées, eczéma
<i>Pituranthos scoparius</i> (Coss. et Dur.) Benth. et Hook / Apiaceae	Kouzah	1	0,01	PA	D	Diabète
<i>Plantago lanceolata</i> L. / Plantaginaceae	Lsan lhamel	1	0,01	F	S	Système respiratoire, toux, inflammation de la gorge, amygdalite
<i>Populus nigra</i> L. / Salicaceae	Safsaf	1	0,01	Br	P	Eczéma, psoriasis
<i>Portulaca oleracea</i> L. / Portulacaceae	Rejla	1	0,01	PA	I, Ct	Troubles digestifs, arthrite
<i>Primula vulgaris</i> Huds. / Primulaceae	Zahrat rabie	1	0,01	Fl	D	Allergie, asthme, grippe, coqueluche, sinusite
<i>Punica granatum</i> L. / Punicaceae	Rouman	4	0,03	Pf	D	Ulcère, troubles digestifs, amygdalite, troubles digestifs, ulcère
<i>Quercus ilex</i> L. / Fagaceae	Arna, Balout	16	0,13	Ec, F, Fr	D, P	côlon, ulcère, brûlures, saignement et infection de plaies, cicatrisation des plaies
<i>Raphanus raphanistum</i> L. / Brassicaceae	Asslouj	1	0,01	PA	Cm	Toux

Suite Tab. 3

Nom scientifique / Familles	Nom vernaculaire	NC	FRC	Parties utilisées	Mode de préparation	Maladies et affections traités
<i>Retama retam</i> Webb. / <i>Fabaceae</i>	El ratma	1	0,01	F	D	Diabète
<i>Rhamnus alaternus</i> L. / <i>Rhamnaceae</i>	Melilas	8	0,06	F, R	D	Ictère
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. / <i>Lamiaceae</i>	Iklil el jabal	24	0,19	PA	D, I	Rassasiement, estomac, troubles digestives, fatigue, perte de mémoire, chute des cheveux, côlon, ulcère, douleurs menstruelles, intoxication alimentaire
<i>Ruta chalepensis</i> L. / <i>Rutaceae</i>	Fidjel	17	0,14	F, PA, G	D, I, Fu	Grippe, douleurs, pellicules, poux, spasme intestinal, colon, vomissement, intoxication, obésité, douleur au coeur, fièvre
<i>Salvadora persica</i> Garcin. / <i>Salvadoraceae</i>	Siwak el nebi	1	0,01	F	D	Inflammation utérine
<i>Salvia algeriensis</i> Desf. / <i>Lamiaceae</i>	Miramiya, Oum lemdamed	3	0,02	F, Fl	D, P	Allergie, asthme, grippe, coqueluche, sinusite, cicatrisation des plaies, abcès
<i>Sanguisorba minor</i> Scop. / <i>Rosaceae</i>	Koul blia	17	0,14	F, PA	Ct, D, P, Pd	Saignement et infection de plaies, cicatrisation des plaies, brûlures, hémorroïde, acnés, rhumatisme, douleurs osseuses, arthrite, leishmaniose, douleurs abdominales, côlon,
<i>Santolina africana</i> Jord. et Four. / <i>Asteraceae</i>	Jaada	7	0,06	F, PA	D, M, P	Ictère, allergies cutanées, troubles digestifs, asthme, douleurs menstruelles, maladies nerveuses
<i>Satureja battandieri</i> Briq. / <i>Lamiaceae</i>	Zaatar berri	2	0,02	PA	D, Pd, S	Système respiratoire, toux, inflammation de la gorge, amygdalite, rhumatisme, douleurs osseuses, arthrite, vers intestinaux
<i>Scilla autumnalis</i> L. / <i>Asparagaceae</i>	Ansal	2	0,02	R, Tb	Sp, Ct	Arthrite, hémorroïde, rhumatisme
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaerth. / <i>Asteraceae</i>	Tawra	2	0,02	PA	Cm	Diabète
<i>Stipa tenacissima</i> L. / <i>Poaceae</i>	Halfa	4	0,03	PA	D	Troubles digestifs, cholestérol, gaz et douleur d'estomac, côlon
<i>Tamarix africana</i> Poir. / <i>Tamaricaceae</i>	El tarfa	2	0,02	F	D	Maladies hépatiques
<i>Taraxacum obovatum</i> (Willd.) DC / <i>Asteraceae</i>	Handbaa	2	0,02	F, Lx	Gt (collyre)	Ictère, trouble de vision, cloques cutanées
<i>Teucrium polium</i> L. / <i>Lamiaceae</i>	Khiyata	10	0,08	PA	D, F, P	Douleurs abdominales, intoxication, grippe, maux de tête, Brûlures, cicatrisation des plaies, ulcère, troubles digestifs, acidité d'estomac, mal aux dents, sang, gencives, trouble de la mémoire
<i>Thapsia garganica</i> L. / <i>Apiaceae</i>	Bounafaa, Deryass	8	0,06	PA, Sf, R	Ct	Rhumatisme, douleurs osseuses, arthrite, plaies, brûlures, mal aux dents
<i>Thymelaea hirsuta</i> Endl. / <i>Thymelaeaceae</i>	Mathenan	3	0,02	PA	D	Ascite, douleurs abdominales, diabète
<i>Thymus ciliatus</i> Desf. / <i>Lamiaceae</i>	Hamrat el rass, Goumich	8	0,06	PA	Ct, D, I	Troubles digestifs, fièvre, douleurs abdominales, système respiratoire, toux, grippe, côlon, douleurs osseuses, arthrite, rhumatisme, trouble de la mémoire, gencive
<i>Thymus hirtus</i> Willd. / <i>Lamiaceae</i>	Hamrat el rass, Goumich	13	0,10	PA	Ct, D	Troubles digestifs, système respiratoire, toux, grippe, rhumatisme, douleurs osseuses, arthrite
<i>Urtica dioica</i> L. / <i>Urticaceae</i>	Hourig	7	0,06	F, PA	Ct, D, P	Maladies de la peau, eczéma, psoriasis, douleurs osseuses, arthrite, tension artériel, rhumatisme, ulcère, incapacité à retenir l'urine, problèmes d'allaitement (Galactagogue)

Suite Tab. 3

Nom scientifique / Familles	Nom vernaculaire	NC	FRC	Parties utilisées	Mode de préparation	Maladies et affections traités
<i>Vitex agnus-castus</i> L. / Verbenaceae	Achbat meryam	2	0,02	F	D	Douleurs menstruelles, douleurs abdominales
<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Desf. / Rhamnaceae	Sedra, Nbag	8	0,06	F, PA, Fr, G	Cm, D, P	Estomac, ulcère, asthme, antipyrétique, diabète, anémie, hypertension, fièvre, vers intestinaux

F : Feuilles, PA : Partie aérienne, Fleurs : Fl, G : Graines, Fr : Fruits, R : Racines, Sf : Sommités fleuries, Lx : Latex, Tb : Tubercules, Pl : Ecorce, Blb : Bulbes, Gm : Gommages, Br : Bourgeons, Rs : Résines, Pf : Pelures de fruits, C : Colle, D : Décoction, Cm : Consommation, P : Poudre, Ct : Cataplasme, I : Infusion, Gt : Gouttes, Sp : Suppositoire, S : Sirop, Bb : Bain de bouche, Pd : Pommade, Fu : Fumigation, Ms : Mastication, M : Macération

- **Famille botanique des plantes inventoriées**

Les résultats de l'étude indiquent que la famille des Asteraceae est la plus représentée dans les pratiques médicinales de la population locale du massif de Boutaleb, avec 15 espèces mentionnées. Cette famille est suivie des Lamiaceae (10 espèces), Apiaceae (7 espèces), Fabaceae (6 espèces) et 30 autres familles moins représentées (Figure 20). Ces tendances sont cohérentes avec les résultats d'autres études ethnobotaniques menées en Afrique du Nord (Boudjelal *et al.*, 2012, Meddour *et al.*, 2020, Fodil *et al.*, 2021, Belhaj *et al.*, 2021 et Belhacini *et al.*, 2024). Dans la région méditerranéenne, les familles Asteraceae, Apiaceae et Lamiaceae sont largement dominantes dans les pratiques de médecine traditionnelle, comme le soulignent également María de Cortes & Javier (2016). En termes de genres, le genre *Artemisia* se distingue par sa diversité, avec 3 espèces, suivi des genres *Juniperus*, *Thymus*, et *Cassia*, chacun représentant 2 espèces. Ces informations permettent de mieux comprendre la richesse floristique de la région du massif de Boutaleb, et soulignent l'importance des genres et familles de plantes médicinales dans les remèdes traditionnels de la population locale.

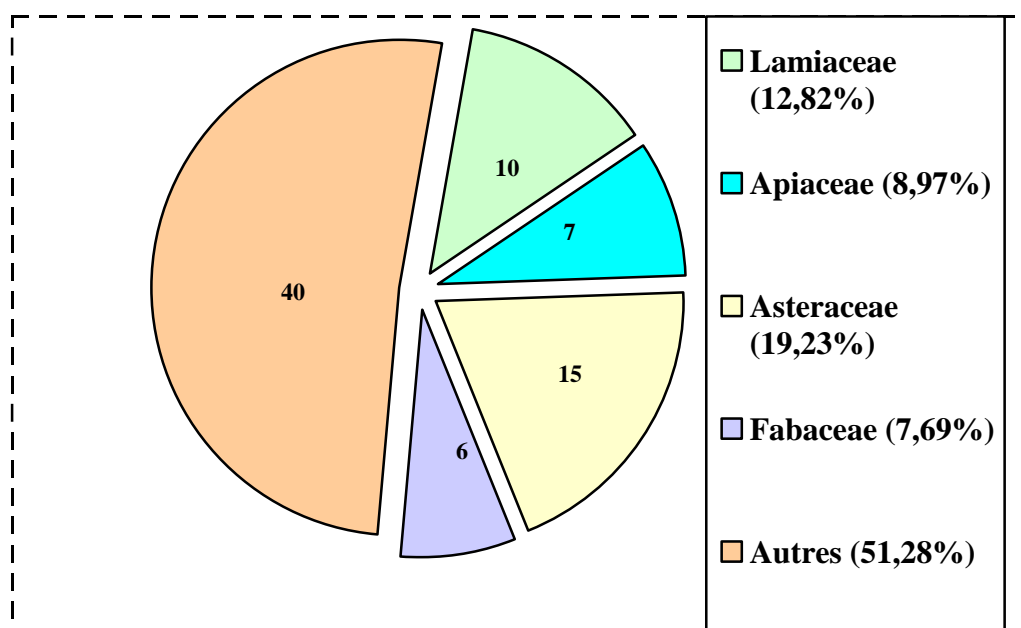


Figure 20 : Fréquence et nombre d'espèces de chaque famille botanique

- *Parties utilisées des plantes*

L'analyse des quinze parties de plantes utilisées dans la médecine traditionnelle du massif de Boutaleb (Figure 21) montre que les feuilles représentent la majorité des parties utilisées, avec une proportion de 33,61%. Viennent ensuite les parties aériennes (25,41%), les graines (11,47%), les fleurs (7,38%), et les fruits (5,74%). Les racines sont utilisées à hauteur de 4,92%, suivies des bourgeons et des tubercules (2,46% chacun), et enfin l'écorce (1,63%). Les autres organes tels que le bulbe, le bourgeon, la résine, la gomme, le latex, la colle, et la sommité fleurie représentent chacun 0,82% des usages. Ces résultats sont similaires à ceux observés par Fodil et al. (2021), et mettent en évidence la préférence marquée pour certaines parties végétales, comme les feuilles et les parties aériennes, qui sont couramment utilisées dans les pratiques médicinales locales. Cette distribution des usages des différentes parties de la plante reflète la diversité des applications thérapeutiques de la flore locale et montre une tendance générale à privilégier des parties facilement accessibles et disponibles tout au long de l'année.

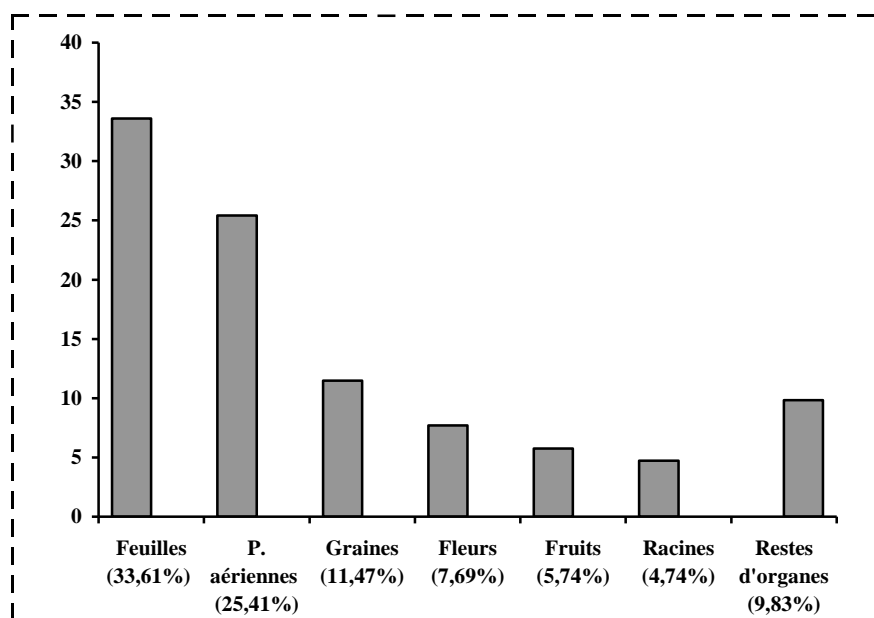


Figure 21 : Fréquence des parties utilisées des plantes

- *Méthodes de préparation traditionnelles.*

Dans le cadre de cette étude, quatorze modes d'administration des plantes médicinales ont été identifiés (Figure 22), avec des proportions variées en fonction des pratiques traditionnelles de la région du massif de Boutaleb. Les modes d'administration les plus fréquemment rencontrés sont les suivants : décoction (37,41%), infusion (10,79%), poudre et cataplasme (10,07% chacun), consommation (7,91%), macération et pommade (5,03% chacune), fumigation, sirop, mastication, bain de bouche, suppositoire, gouttes, et inhalation (3,60%, 2,88%, 2,16%, 2,16%, 1,44%, 0,72%, 0,72% respectivement). Il ressort que 61,87% des traitements traditionnels sont administrés par voie orale, ce qui reflète une pratique courante d'absorption des remèdes sous forme de décoctions,

infusions ou consommation directe. Quant aux traitements administrés par voie externe, tels que poudre, bain, fumigation, mastication, cataplasme et pommade, ils représentent un total de 38,13%. Ces méthodes externes sont souvent utilisées pour des affections cutanées ou pour soulager des douleurs localisées.

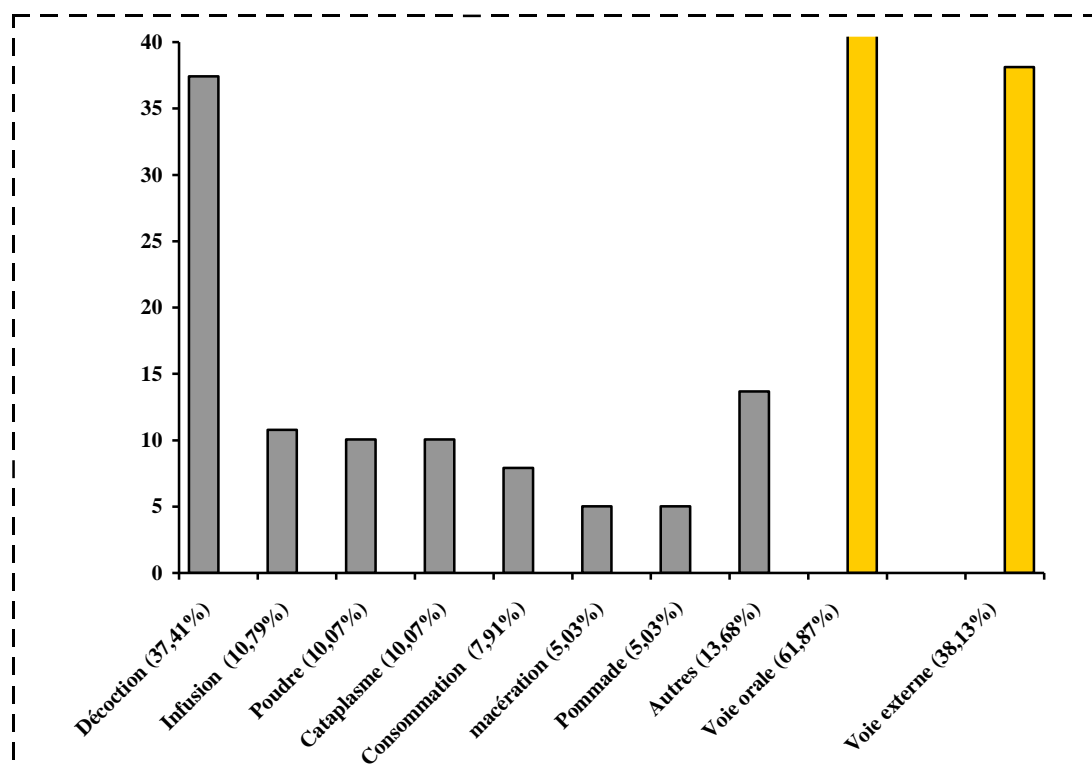


Figure 22 : Fréquence de préparation des médicaments

- **Maladies citées par les informateurs dans l'enquête**

Lors de l'enquête, quatorze catégories de maladies ont été identifiées (Tableau 4). Parmi ces maladies, la catégorie *gastro-hepato-antérologie et proctologie* a reçu le plus grand nombre de citations 210 avec un FCI égal à 0,81, suivi par la catégorie *dermatologie* (84 citations, FCI = 0,75) et on remarque une variabilité de fréquence pour le reste des maladies supérieur à 50% d'ICF par rapport aux restes des maladies à savoir : *fièvre* (12 citations, FCI= 0,64), *cardiovasculaire* (15 citations, FCI= 0,57). On note que le FCI varie de 0,22 pour la catégorie *de maux de tête et fatigue*, avec 12 citations à 1 pour la catégorie d'*hématologie* représentée seulement par *Ziziphus lotus* (L.) Desf. avec 3 citations).

Tableau 4 : Maladies citées par les informateurs dans l'enquête

Catégorie de maladies	Types d'affections	Nombre de taxons	Nombre de citations d'utilisation	FCI
Cardiovasculaire	Cholestérol et hypertension	7	15	0,57
Dermatologie	Pellicules, maladies de la peau, eczéma, psoriasis, cloques cutanées, brulures, plaies, chutes de cheveux, transpiration excessive, allergie cutanée, acnés,	22	84	0,75
Endocrinologie	Déséquilibre des hormones, goitre, diabète, problème d'allaitement	16	30	0,48

Suite Tab. 4

Catégorie de maladies	Types d'affections	Nombre de taxons	Nombre de citations d'utilisation	FCI
Fièvre	Fièvre	4	12	0,64
Gastro-hepato-antérologie et proctologie	Trouble digestive, colon, distension des intestins, douleurs abdominaux, hémorroïdes, gaz abdominal, intoxication alimentaire, diarrhée, graisse du, acidité gastrique, constipation, maladie hépatique, ulcère, ictère, brûlure d'estomac, vomissement, spasme intestinal, aphte,	40	212	0,81
Gynéco-obstétrique et urologie	Ovaires polykystiques, stérilité, cycle menstruel irrégulier, douleurs menstruelles, incapacité à retenir l'urine, inflammation utérine, infection appareil génital féminine, vaginite, prostate, rein, lithiase urinaire	11	35	0,70
Hématologie	Anémie	1	3	1,00
Maladies dentaires	Mal aux dents et gencive	10	13	0,25
Maladies infectieuses	Grippe, vers intestinaux, leishmaniose et poux	13	17	0,25
Maux de tête et fatigue	Maux de tête et fatigue	8	10	0,22
Neurologie	Sciatique, migraine, anti-stresse, sédatif, trouble de mémoire et insomnie	11	19	0,44
ORL	Sinusite, inflammation de la gorge, amygdalite, maux de la gorge,	9	16	0,47
Rhumatologie	Rhumatisme et arthrite	15	41	0,65
Système respiratoire	Bronchites, toux, coqueluche, asthme, allergie	22	31	0,30

- **Fréquence relative de citation (FRC)**

La fréquence relative de citation des 78 espèces de plantes médicinales inventoriées dans cette étude a montré une grande variation, allant de 0,01 à 0,19 (Tableau 3). La valeur la plus élevée a été enregistrée pour *Rosmarinus officinalis* L. (0,19), suivie par *Anthemis pendunculata* Desf., *Artemisia herba alba* Asso. (0,15 pour chacune), *Juniperus phoenicea* L., *Sanguisorba minor* Scop., *Ruta chalepensis* L. (0,14 pour chacune), *Quercus ilex* L. (0,13), *Thymus hirtus* Willd., *Marrubium vulgare* L. (0,10 pour chacune), *Globularia alypum* L. (0,13), *Teucrium polium* L., *Peganum harmala* L. (0,08 pour chacune). Cela signifie que certaines espèces ont été mentionnées très fréquemment par les informateurs, tandis que d'autres ont été citées de manière plus sporadique. Cette variation pourrait être liée à plusieurs facteurs, tels que la disponibilité des plantes dans la région, leur efficacité perçue dans le traitement des maladies, ou encore les préférences des informateurs en fonction de leur expérience personnelle.

4.2. Résultats et discussion de *Hertia cheirifolia* L.

4.2.1. Analyses phytochimiques

4.2.1.1. Rendement en huile essentielle

Le procédé d'hydrodistillation, par l'appareil Clevenger, appliqué aux feuilles de *H. cheirifolia*, a donné une huile essentielle jaunâtre d'odeur aromatique forte et une saveur piquante. Son rendement était aux environs de $0,75 \pm 0,05\%$. Les feuilles de la même espèce récoltées à Oum El Bouaghi ont donné un résultat similaire (Segueni *et al.* 2017). De même pour les parties aériennes de *H. cheirifolia* en Tunisie où Attia *et al.* (2012) ont mentionné 0,7% de rendement ; mais supérieur aux résultats rapportés par Boudjedjou (2020) et Zellagui *et al.* (2012) avec 0,68% et 0,02% respectivement. Les rendements en huiles essentielles varient selon de multiples facteurs, à savoir le site géographique, les variations climatiques telles que l'humidité et la température, le lieu de récolte et la période de collecte, le stade de croissance de la plante et la partie de la plante utilisée, la durée de conservation des échantillons, ainsi que la méthode et les conditions d'extraction des huiles. Il a également été observé que les plantes exposées à la lumière peuvent présenter des rendements en huiles essentielles différents de celles cultivées à l'ombre (Boudjedjou, 2020).

4.2.1.2. Rendements en extraits

Le tableau ci-dessous présente le rendement moyen et les caractéristiques organoleptiques des extraits organiques obtenus par extraction méthanoliques (macération) et aqueuse (décoction) des feuilles de *H. cheirifolia*.

Tableau 5 : Caractères organoleptiques et le rendement en extraits

Espèces	Extraits	Caractéristiques			Rendement (%)
		Aspect	Couleur	Odeur	
<i>Hertia cheirifolia</i>	E.Aq.	Poudre	Marron	Douce	$33,49 \pm 3,29$
	E.M.	Visqueux	Vert foncé	Forte	$16,15 \pm 4,45$

Selon les résultats du tableau ci-dessus, on peut observer les variations par rapport au rendement d'extraction. L'extrait aqueux a présenté un rendement supérieur que celui méthanolique. La différence du rendement d'extraction pourrait être liée à la structure chimique très diversifiée des molécules bioactives d'origine végétale, leur degré de polarité et le contenu de chaque partie de la plante en ces différentes substances bioactives (Truong *et al.* 2019).

L'extrait aqueux de *H. cheirifolia* présente une poudre de couleur marron et une odeur douce a donné un rendement de $(33,49 \pm 3,29\%)$. Ce résultat est très important et nettement supérieurs à celui rapporté par Kada (2018) qui a obtenu un rendement de $17,18 \pm 2,72\%$. Pour l'extrait méthanolique de *H. cheirifolia* présente un aspect visqueux, une couleur vert foncé et une odeur forte, a donné un rendement de $(16,15 \pm 4,45\%)$. Ce résultat est relativement similaire à celle des

travaux de (Abdelouhab *et al.*, 2019) et (Kada, 2018) qui ont obtenus un rendement de, $16,33 \pm 0,63\%$ et $19,3 \pm 3,43 \%$, respectivement.

4.2.1.3. Dosage des polyphénols totaux

Le choix de mesurer les polyphénols totaux parmi les diverses substances phytochimiques s'explique par le fait que les polyphénols présentent des activités biologiques particulièrement significatives (Meddour *et al.*, 2013). La détermination de la teneur en phénols totaux dans l'E.Aq.Hc et l'E.M.Hc est basée sur la méthode de Folin-Ciocalteu ; une méthode facile à réaliser et de reproductible, elle est largement utilisée dans les laboratoires de recherche sur les antioxydants alimentaires à travers le monde (Khadhri *et al.*, 2013).

Le contenu en polyphénols totaux est déterminé à partir l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique à différentes concentrations. (Figure) Les résultats sont exprimés en ug équivalent d'acide gallique (EAG) par mg d'extrait (ug EAG /mg Ex).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux révèlent que l'E.M.Hc contient une teneur de $109,92 \pm 0,61$ ug EAG /mg Ex. Cette teneur est largement supérieure par rapport à celle trouvée par Kada (2018) avec $89,44 \pm 6,68$ ug EAG /mg Ex.

Selon Abdelouhab *et al.* (2019) et Bousselsela *et al.* (2012) la teneur en polyphénols totaux de la partie aérienne de l'extrait méthanolique de cette même espèce, a montré un taux de polyphénols totaux de $50,61 \pm 6,21$ et $30,33 \pm 2,82$ ug EAG /mg d'extrait respectivement, ce qui est 2 fois moins que celui obtenu dans notre étude.

Pour l'E.Aq. de Hc, la teneur en polyphénols totaux est de $95,12 \pm 15,17$ ug EAG /mg d'extrait. Ce résultat est d'une grande importance et il dépasse nettement celui qui a été rapporté par Kada *et al.* (2017) et Bousselsela *et al.* (2012), qui ont obtenus un rendement de $54 \pm 0,01$ et $25,92 \pm 7,19$ ug EAG /mg EX respectivement.

Selon Ksouri *et al.* (2008), l'origine de la plante et les conditions sévères de l'environnement, telles que la salinité, le nature du sol, le stress hydrique et les précipitations pauvres, induisent la synthèse de composés phénoliques. De plus, les teneurs en composés phénoliques totaux dans les extraits de plantes dépendent également du type de solvant utilisé, de sa polarité et de la solubilité des composés phénoliques dans les solvants d'extraction. D'après Sharififar *et al.* (2009), le méthanol est le solvant le plus couramment utilisé pour extraire les substances phénoliques, ce qui prouve la richesse de l'E.M. de Hc en polyphénols comparativement à l'E.Aq. de Hc.

4.2.1.4. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes, en tant que l'un des groupes les plus diversifiés et répandus parmi les composés naturels, sont probablement parmi les composés phénoliques naturels les plus importants. Ces composés présentent un large éventail d'activités chimiques et biologiques, y compris des

propriétés anti-radicalaires (Meddour *et al.*, 2013). La détermination de la teneur en flavonoïdes dans l'E.M. de Hc et dans l'E.Aq. de Hc est estimée par la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃). La méthode AlCl₃ est simple et offre une bonne sensibilité. Cette méthode permet de déterminer le teneur en flavonoïdes totale, qui forment un complexe avec AlCl₃ même en présence d'autres composés phénoliques (Matyushchenko et Stepanova, 2003). Le contenu en flavonoïdes est déterminé à partir l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en ug équivalent de quercétine (EQ) par mg d'extrait (ug EQ /mg EX).

Les résultats du dosage quantitatif des flavonoïdes (Figure 23) révèlent que la quantité de flavonoïdes de l'E.M. de Hc est la plus élevée ($39,68 \pm 0,05 \mu\text{g EAG/mg EX}$) par rapport à l'E.Aq. Hc ($10,32 \pm 0,18 \mu\text{g EAG/mg EX}$). Des travaux similaires ont également trouvé que l'extrait méthanolique des feuilles de cette même espèce contient : $9,75 \pm 0,03$ et $4 \pm 0,02$ ug EQ/mg Ex respectivement (Abdelouhab *et al.*, 2019) et (Kada *et al.*, 2017). Bref, ces teneurs sont largement inférieurs par rapport à nos résultats. En plus, la concentration des flavonoïdes pour l'E.Aq.Hc est de $10,32 \pm 0,18 \mu\text{g EAG/mg EX}$, ce résultat obtenu est supérieur aux résultats trouvés par Bousselsela *et al.* (2012) qui est de $6,78 \pm 0,22 \mu\text{g EAG/mg EX}$, de la même espèce trouvée dans la région de Batna. Et plus, élevée aussi à celle trouvée dans la région de djebel Boutaleb avec $3,48 \pm 1,23 \mu\text{g EAG/mg EX}$ (Kada, 2018).

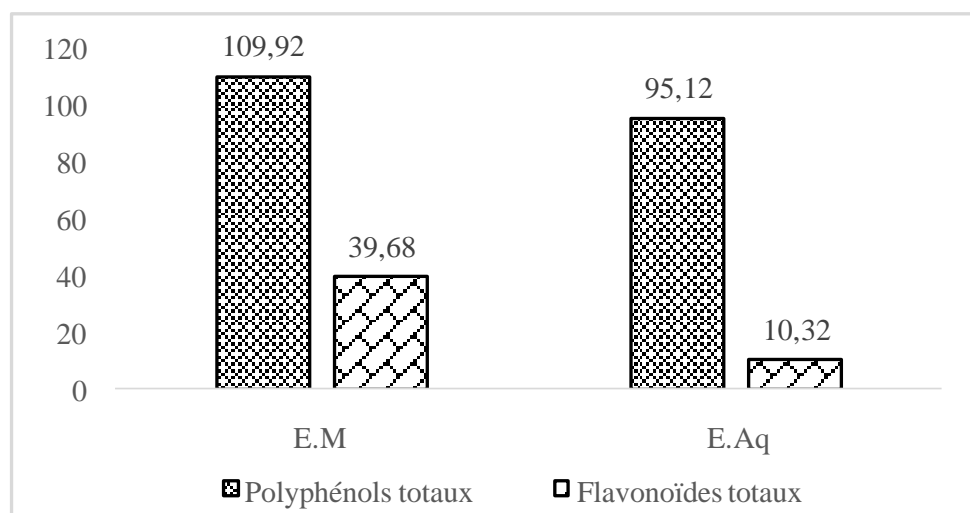


Figure 23 : Les contenus en polyphenols ($\mu\text{g EAG/mg}$) et en flavonoides ($\mu\text{g EQ/mg}$) des extraits E.M. et E.Aq. de *H. cheirifolia* L.

4.2.1.5. Identification chimique des huiles essentielles

La composition chimique des parties aériennes de *H. cheirifolia* est présentée dans le Tableau 6. Au total, 56 composants volatils, représentant 98,41% de l'huile, ont été identifiés et répartis en quatre catégories : les hydrocarbures monoterpéniques, les monoterpènes oxygénés, les

sesquiterpènes et d'autres composés. La classe des autres était la plus représentée (37,67%), suivie par les classes des hydrocarbures monoterpéniques et des sesquiterpènes (respectivement 33,86 et 26,82%). La classe des monoterpènes oxygénés était la moins représentée avec (0,06%). Toutefois, l'ensemble des huiles se distinguait par la prédominance de quatre composants principaux : l' α -pinène (33,07%), le 1-[1-méthyl-1-(4-méthyl-cyclohex-3-ényl)-éthyl]-1H-pyrrole (28,08%), le germacrène D (19,59%) et le 2,3,4,9-tétrahydro-6-méthoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one (3,74%).

Tableau 6: Composition chimique de l'huile essentielle de *H. cheirifolia* de Boutaleb

N°	TR ^a	IR ^b	Composé ^c	% ^d
1	4.540	800	6,6-diméthylloxan-2-one	0,04
2	6.029	845	spirohexan-5-one	0,02
3	10.008	937	α -pinène	33,07
4	10.479	945	camphène	0,08
5	11.939	970	γ -terpinène	0,44
6	13.075	989	β -pinène	0,14
7	13.858	1002	tricyclène	0,02
8	14.676	1014	(1)-p, α -diméthylbenzylalcool	0,02
9	15.477	1025	limonène	0,08
10	20.715	1100	(Z)- β -ocimène	0,03
11	23.288	1136	ρ -tolualdéhyde	0,02
12	23.853	1144	4-éthyl-o-xylène	0,04
13	25.424	1166	2,2-diméthylpropylidènemalononitrile	0,02
14	26.066	1175	(E)-sabinène hydrate	0,06
15	27.078	1189	cis-bicyclo[4.3.0]non-3-en-7-one	0,02
16	30.398	1237	(E)-hex-4-en-1-amine	0,01
17	42.129	1415	(Z)-caryophyllène	1,07
18	42.782	1425	diéthyl isonitrosomalonate	0,03
19	43.448	1436	cis- β -guaïène	0,10
20	44.230	1449	α -humulène	0,60
21	44.395	1451	aristolène	0,04
22	45.225	1465	γ -neoclovène	0,14
23	46.408	1484	germacrène D	19,59
24	46.538	1486	β -gurjunène	1,04
25	47.009	1494	bicyclogermacrène	1,35
26	47.262	1498	α -muurolène	0,09
27	47.515	1502	α -selinène	0,92
28	47.962	1510	γ -muurolène	0,03
29	48.562	1520	δ -cadinène	0,22
30	49.728	1540	2,6-difluoro-3,4-diméthoxybenzaléhyde	0,02
31	51.688	1574	4,4-diméthyl-3-(3-méthylbut-3-enylidène)-2-méthylènebicyclo[4.1.0]heptane	0,08
32	52.288	1584	viridiflorène	0,15
33	52.477	1587	cis-calamenène	0,02
34	53.707	1609	1,1,4a-triméthyl-5,6-diméthylène-décaline	0,11
35	54.620	1625	1-méthyl-3,5-diisopropylbenzène	0,03
36	55.402	1640	(R)-gamma-cadinène	0,09
37	56.003	1650	1,7,7-Triméthylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-ol	1,25
38	57.103	1670	2,3,4,9-tétra-hydro-6-méthoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one	3,74

Suite Tab.6

N°	TR ^a	IR ^b	Composé ^c	% ^d
39	57.704	1681	7-tétracyclo[6.2.1.0(3.8)0(3.9)]undécanol, 4,4,11,11-tetraméthyl-	0,21
40	57.992	1686	2,6,10-triméthyl-12-oxatricyclo[7.3.1.0(1,6)]tridéc-2-ène	0,13
41	59.864	1721	4-méthoxycinnamionitrile	0,05
42	60.871	1740	1,10-Diméthyl-2-méthylène-trans-decalin	0,05
43	62.454	1771	1,6-diphényl-1,3,5-hexatriene	0,04
44	63.708	1794	1-tert-butyl-7-méthoxynaphthalène	1,09
45	63.884	1798	(4aR)-4a,5,6,7,8,8a α -hexahydro-3,4a β ,5 β -triméthyl-naphtho[2,3-b]furan-9(4H)-one	0,07
46	64.997	1820	1-[1-méthyl-1-(4-méthyl-cyclohex-3-enyl)-éthyl]-1H-pyrrole	28,08
47	65.085	1822	bakkenolide A	1,37
48	65.326	1826	4-(3,5-diméthyl-2-benzofuranyl)-2-butanone	1,11
49	65.615	1832	5-tert-Butylbiphenyl-2-ol	0,10
50	65.856	1837	pinane	0,15
51	67.086	1862	1,2,3,5,6,7-hexahydro-1,1,4,8-tetraméthyl-s-indacène	0,03
52	74.332	2012	thiolactomycine	0,03
53	84.144	2233	ethyl 3,4,6-triméthylbenzo[b]furan-2-carboxylate	0,06
54	86.134	2280	crinan-3-ol, 1,2-didehydro-, (3 α)-	0,07
55	103.816	2741	bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,94
56	104.157	2750	acetamide, 2-[4-(1-oxo-3-phenyl-2-propenyl)phényloxy]-	0,01
			Total des composés identifiés (%)	98,41
			Rendement (g/100 g de poids sec)	0,81
			Classes des composés	
			Hydrocarbures monoterpéniques	33,86
			Monoterpènes oxygénés	0,06
			Sesquiterpènes	26,82
			Autres	37,67

^a Temps de rétention (TR) ; ^b Indice de rétention linéaire (IR) calculé expérimentalement à l'aide de la formule de Van den Dool et Kratz (1963) en utilisant un mélange de n-alcanes ; ^c Les composants sont répertoriés en fonction de leur élution à partir d'une colonne HP-5MS ; ^d Pourcentage relatif de surface de pic.

Des recherches chimiques précédentes sur l'huile essentielle de *H. cheirifolia* indiquent que cette espèce est particulièrement riche en composés terpéniques. L'espèce présente des profils phytochimiques variables qui peuvent éventuellement justifier leurs potentiels bioactifs. Les principaux composés volatils de l'huile de *H. cheirifolia* sont détaillés dans le tableau 7. Une comparaison entre les résultats de la composition chimique des différentes parties de *H. cheirifolia* rapportés dans la littérature et ceux obtenus à partir des échantillons collectés dans notre région d'étude a révélé que les composés identifiés présentent une certaine variabilité en fonction de l'organe de l'espèce (Segueni *et al.*, 2010 ; Zellagui *et al.*, 2012 ; Attia *et al.*, 2012 ; Majouli *et al.*, 2016a et 2016b; Rahali *et al.*, 2017). En effet, les principaux composés de l'huile essentielle issue des différentes parties (racines, feuilles, tiges, boutons floraux, fleurs et fruits) de *H. cheirifolia* étaient par exemple l' α -Pinène (12,67-70,4%) et le germacrène D (5,25-13,18%) dans le Tableau 8, mais chez notre espèce le composé α -Pinène et germacrène D (33,07 ; 19,59% respectivement). Certains composés majeurs ont été identifiés dans les populations de *H. cheirifolia* récoltées en

Algérie et en Tunisie, par rapport à d'autres espèces telles que la Drimenin (Segueni *et al.*, 2010 ; Zellagui *et al.*, 2012 ; Rahali *et al.*, 2017). De plus, notre population présente deux composés majeurs non identifiés dans d'autres populations de *H. cheirifolia*, à savoir 1-[1-méthyl-1-(4-méthylcyclohex-3-ényl)-éthyl]-1H-pyrrole (28,08%) et 2,3,4,9-tétrahydro-6-méthoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one (3,74%).

Table 7: Les composés majeurs de l'huile de *H. cheirifolia* selon la littérature

Région / Pays	Partie utilisée	Composés majeurs (%)	Références
Tejrouine, Kef (Tunisie)	Feuilles + tiges	2,6-diméthoxy-phénol (12,83), camphre (5,82), terpinène-4-ol (5,48), α -terpinéol (3,58).	Attia <i>et al.</i> , 2012
Thala, Monastir (Tunisie)	Feuilles + tiges	α -pinène (62,5), germacrène D (9,5), α -cadinol (2,7), sabinène (2,1).	Majouli <i>et al.</i> , 2016a
Thala, Monastir (Tunisie)	Fleurs	α -pinène (70,4), germacrène D (6,7), α -cadinol (3,2), sabinène (2,3).	Majouli <i>et al.</i> , 2016a
	Racines	α -pinène (22,1), β -caryophyllène (11,8), germacrène A (7,6), α -terpinyl acetate (6,9), germacrène D (5,9), β -élémente (3,9).	
Sousse (Tunisie)	Feuilles	α -pinène (35,63), germacrène D (11,41), sesquiterpènes type drimane (13,81), drimenin (27,29).	Rahali <i>et al.</i> , 2017
	Boutons floraux	α -pinène (12,67), germacrène D (12,80), sesquiterpènes type drimane (34,08), drimenin (32,53).	
	Fleurs	α -pinène (15,59), germacrène D (13,18), sesquiterpènes type drimane (30,92), drimenin (32,55).	
Oum El Bouaghi (Algérie)	Fruits	α -pinène (33,17), germacrène D (5,25), sesquiterpènes type drimane (27,19), Drimenin (30,67).	Segueni <i>et al.</i> , 2010
	Feuilles	Monoéthylhexyl phthalate (33,71), valéranone, (6,90), (-)-drimenin (6,71), t-butylbenzène (3,06).	
Oum El Bouaghi (Algérie)	Feuilles	Drimenin (67,5), 1,2-di(2-pyridinyl)-1,2-ethanediol (11,2)	Zellagui <i>et al.</i> , 2012
Oum El Bouaghi (Algérie)	Feuilles	α -pinène (49,9), 2-(1-cyclopent-1-enyl-1-méthylethyl) cyclopentanone (24,6), β -phellandrène (2,1).	Bassa <i>et al.</i> , 2022
Setif (Algérie)	Parties aériennes	α -pinène (53,9), germacrène D (12,7), caryophyllène oxide (2,6)	Ounoughi <i>et al.</i> , 2020
Batna (Algérie)		α -pinène (48,5), α -campholène aldéhyde (3,1), germacrène D (2,6), spathuléol (3,3), caryophyllène oxide (2,8)	

4.2.2. Évaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des trois huiles essentielles ainsi que des extraits E.M. et E.Aq. de *H. cheirifolia* a été évaluée *in vitro* en utilisant deux méthodes : le test de piégeage du radical DPPH et la méthode ABTS.

4.2.2.1. Test du piégeage de radical libre DPPH^{•+}

La méthode du radical libre DPPH est simple, rapide et largement utilisée comme modèle pour estimer la capacité antioxydante d'un composé, d'un extrait ou d'un élément spécifique (Bousselsela *et al.*, 2012). L'évaluation de la capacité des différents extraits et de l'huile essentielle à piéger le radical libre DPPH a été réalisée en suivant la méthode décrite par Kelen et Tepe (2008). La plante *H. cheirifolia* a donné des résultats assez considérables par rapport aux extraits testés (Tableau 8).

Tableau 8 : Résultat du test de DPPH en termes de IC₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de *H. cheirifolia* et du BHT (* l'IC₅₀ de l'HE est en µl/ mL).

Types d'extraits		Huile essentielle (HE*)	BHT
Extrait méthanolique (E.M.)	Extrait aqueux (E.Aq.)		
0,39 ± 0,04 ^a	3,15 ± 0,06 ^a	2,07 ± 0,03	0,005 ± 0,00 ^a

Les moyennes suivies par la même lettre, dans la même ligne, ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'activité anti-radicalaire est estimée par la valeur IC₅₀, qui représente la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration en radical DPPH de 50%. Plus la valeur IC₅₀ est faible, plus l'activité antioxydante est élevée (Abdelouhab *et al.*, 2019).

On note que l'E.M. de *H. cheirifolia*, d'IC₅₀ de valeur 0,39 ± 0,04 mg/mL est le plus fort par rapport à l'E.Aq. de *H. cheirifolia* (3,15 ± 0,06) mg/ml, Cette activité était inférieure à cela obtenu avec le BHT, utilisé comme antioxydant standard (IC₅₀= 0,005 ± 0,57µg/mL). Ces résultats sont nettement inférieurs aux résultats obtenus par Kada *et al.* (2017) pour les deux types d'extraits méthanolique et aqueux (IC₅₀ ± 138 ug/mL) (IC₅₀ ±197 ug/mL) respectivement. Par ailleurs, les résultats obtenus de l'E.M. de *H. cheirifolia* et l'E.Aq. de *H. cheirifolia* sont conformes aux résultats de beaucoup de travaux de recherche, Il a été rapporté une corrélation positive entre le contenu en composés phénoliques totaux et l'activité antioxydante (Riahi *et al.*, 2013).

D'autre part, l'HE de *H. cheirifolia* présente une activité antioxydante faible (IC₅₀ = 2,07 ± 0,03 µl/mL) par rapport au BHT. Ce résultat concorde avec ceux rapportés dans certaines recherches citées dans la littérature (Majouli *et al.*, 2016a et 2016b; Rahali *et al.*, 2017; Rahali *et al.*, 2020). En outre, les résultats de l'étude actuelle, basés sur le piégeage du radical libre DPPH, indiquent que l'extrait méthanolique (E.M. de *H. cheirifolia*) et l'extrait aqueux (E.Aq. de *H. cheirifolia*) sont plus actifs que les HEs. Cette différence d'activité pourrait être attribuée à la

composition complexe des extraits, qui comprend des acides phénoliques, des flavonoïdes et d'autres composés phénoliques, qui leur confèrent la capacité de fonctionner comme agents réducteurs, donateurs d'hydrogène et neutralisateurs de l'oxygène singulet. Il est possible que la synergie entre ces différents composés contribue à une meilleure activité antioxydante dans les extraits par rapport aux huiles essentielles (Miguel, 2010 ; Adomako-Bonsu *et al.*, 2017).

4.2.2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS^{•+}

L'évaluation de la capacité des différents extraits et l'HE à piéger le radical ABTS^{•+} est évalué en utilisant la méthode décrite par (Re *et al.*, 1999). Les résultats du test ABTS^{•+} réalisés sur *H. cheirifolia* se révèlent particulièrement notables (Tableau 9).

Tableau 9 : Résultat du test de l'ABTS en termes de IC₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE et du TROLOX (* l'IC₅₀ de l'HE est en µl/ mL).

Types d'extraits		Huile essentielle (HE*)	TROLOX
Extrait méthanolique (E.M.)	Extrait aqueux (E. Aq.)		
293,74 ± 72,30 ^a	772,98 ± 15,70 ^a	2,49 ± 0,15	125,86 ± 0,77 ^b

Les moyennes suivies par la même lettre, dans la même ligne, ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'E.M. de *H. cheirifolia* s'est montré le plus actif (IC₅₀= 293,74 ± 72,30µg/mL) suivit par l'E.Aq. de *H. cheirifolia* (772,98 ± 15,70 µg/mL) puis l'HE de *H. cheirifolia* (2,49 ± 0,15 µl/mL). Cette activité était inférieure à cela obtenu avec le TROLOX, utilisé comme antioxydant standard (125,86 ± 0,77µg/mL). Pour l'étude menée par Abdelouhab *et al.* (2019), portant sur l'extrait méthanolique des feuilles de la même espèce provenant de la région de Bordj Bou Arreridj, a montré une valeur supérieure à celle obtenue dans notre étude, soit 76,48 ± 0,58 µg/mL. La faible capacité des huiles essentielles à piéger les radicaux libres peut s'expliquer par le fait que ces HES sont peu efficaces pour fournir un atome d'hydrogène ou un électron singulier, éléments essentiels pour neutraliser les radicaux libres. De plus, la faible solubilité des constituants des HES dans le milieu réactionnel peut également limiter leur activité antioxydante (Noureddine *et al.*, 2019).

4.2.3. Évaluation de l'activité antibactérienne

L'examen de l'activité antibactérienne d'HE ainsi que des extraits méthanolique et aqueux de *H. cheirifolia* a été évaluée *in vitro* en utilisant les méthodes de diffusion dans le milieu solide au moyen des disques et des puits. Ces approches reposent sur la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques et des puits contenant respectivement l'HE et les extraits, testés face à six souches bactériennes : *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et *Pseudomonas aeruginosa*, et une levure : *Candida albicans*. Les résultats obtenus pour les tests antibactériens sont représentés dans le Tableau 10. De manière générale, des effets antibactériens significatifs et variables ont été obtenus

avec les différents extraits, aussi bien sur des bactéries Gram-positive que Gram-négative.

Tableau 10 : Zones d'inhibition (mm) représentant l'effet antibactérien de l'HE (20µl/disque) et E.M, E.Aq., (30µl/puit) de *H. cheirifolia*

Bactéries / Levures	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)*		
	Méthanol (E.M.)	Aqueux (E.Aq.)	HE
<i>Listeria monocytogenes</i>	14,67 ± 0,58	—	14,00 ± 0,00^a
<i>Escherichia coli</i>	13,33 ± 0,58 ^a	—	—
<i>Bacillus subtilis</i>	18,00 ± 0,00	—	14,00 ± 0,00^a
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,67 ± 0,58	16,67 ± 0,58^a	9,00 ± 0,00
<i>Salmonella typhimurium</i>	13,00 ± 0,00 ^a	—	10,00 ± 0,00
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	13,33 ± 0,58 ^a	9,33 ± 0,58 ^b	—
<i>Candida albicans</i>	—	—	14,00 ± 0,00^a

— : Pas d'inhibition

* : Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

Les résultats montrent que l'extrait méthanolique et l'huile essentielle de *H. cheirifolia* exercent un effet antibactérien significatif sur les 7 souches testées. Cet effet est plus prononcé que celui observé avec l'extrait aqueux (E.Aq.) de *H. cheirifolia*. Concernant l'HE de *H. cheirifolia*, les zones d'inhibition mesurent 10 à 14 mm ce qui implique que les levures les bactéries et testées sont sensibles à l'HE. D'autre part aucune inhibition a été enregistrés contre *P. aeruginosa* et *E. coli* ces souches se sont montrées résistantes. La sensibilité de *S. aureus* et la résistance de *P. aeruginosa* aux huiles de *H. cheirifolia* ont été déjà observée dans certaines travaux de recherches (Seguenii *et al.*, 2017 ; Boudjedjou, 2020). De même, nos résultats concordent avec ceux trouvés par Ounougha *et al.*, (2020), qui ont rapporté aucune activité antibactérienne des HEs de *H. cheirifolia* sur *E. coli* et *P. syringae*, alors qu'une activité faible a été enregistrée vis-à-vis de *S. aureus*.

Les études menées par Bammou *et al.* (2016) sur l'huile essentielle de *H. maroccana* ont révélé une activité modérée contre les bactéries Gram négatives et Gram positives. D'autre part, Akhgar *et al.*, (2012) ont constaté que l'huile essentielle de *H. intermedia* était efficace pour inhiber la croissance des bactéries Gram positives, mais elle s'est révélée inactive contre les bactéries Gram négatives. Ces résultats indiquent que cette huile essentielle peut avoir des activités antimicrobiennes, mais leur efficacité peut varier en fonction des types de bactéries ciblées, en particulier en ce qui concerne leur capacité à inhiber la croissance des bactéries Gram négatives, qui ont une paroi cellulaire différente de celle des bactéries Gram positives.

Par contre, les deux types des bactéries Gram-positives et négatives sont montrées sensibles à l'égard d'extrait méthanolique. En effet nous avons enregistré la valeur la plus élevée pour l'E.M. de Hc chez *B. subtilis* (18 mm), ainsi que (14,67 mm) pour la bactérie *L. monocytogenes* ; tandis que l'extrait aqueux n'a aucun effet sur ces souches sauf contre le *S. aureus* a été enregistré une activité remarquable (16,67 mm). Par ailleurs une très faible activité pour les deux types d'extraits a été observée contre la levure (des zones d'inhibition entre 2-4 mm).

Les valeurs des CMI et CMB de l'huile essentielle ainsi que des extraits méthanolique et aqueux de *H. cheirifolia* sont présentées dans leurs tableaux respectifs. Selon le Tableau 11 concernant les CMI, la plupart des bactéries testées semblent plus sensibles à l'HE, avec des concentrations inhibitrices allant de 6,25 à 25 µl/mL. Par ailleurs, les extraits méthanolique et aqueux présentent également des valeurs de CMI efficaces, comprises entre 18,75 et 37,5 mg/mL. Il a été mentionné que l'HE des fleurs de *H. cheirifolia* présente une activité importante contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus licheniformis* (0,078 mg/mL) et *Bacillus subtilis* (0,156 mg/mL) (Majouli et Kenani, 2017).

Tableau 11 : Concentration minimale inhibitrice (CMI) des extraits E.Aq. et E.M, et de l'huile essentielle de *H. cheirifolia*

Bactéries / Levures	CMI (mg/ml)		CMI (ul/ml)
	Méthanol (E.M.)	Aqueux (E.Aq.)	HE
<i>Listeria monocytogenes</i>	37,5	300	25
<i>Escherichia coli</i>	150	300	6,25
<i>Bacillus subtilis</i>	18,75	300	6,25
<i>Staphylococcus aureus</i>	150	300	50
<i>Salmonella typhimurium</i>	150	-	—
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	300	150	—
<i>Candida albicans</i>	37,5	—	3,125

— : Pas d'inhibition

D'après le tableau 12 des concentrations minimales bactéricides (CMB), on constate que la quantité d'huile essentielle (HE) de *H. cheirifolia* nécessaire pour éliminer les bactéries est égale ou supérieure à 50 µl/mL. De plus, les valeurs de CMB de l'extrait méthanolique (E.M.) sont identiques à celles de l'extrait aqueux (E.Aq.), soit égales ou supérieures à 300 mg/mL.

Tableau 12: Concentration minimale bactéricide (CMB) de l'HE et des extraits E.M. et E.Aq. de *H. cheirifolia*

Bactéries / Levures	CMB (mg/mL)		CMB (ul/mL)
	Méthanol (E.M.)	Aqueux (E.Aq.)	HE
<i>Listeria monocytogenes</i>	>300	>300	50
<i>Escherichia coli</i>	300	>300	>50
<i>Bacillus subtilis</i>	300	>300	25
<i>Staphylococcus aureus</i>	300	>300	>50
<i>Salmonella typhimurium</i>	300	—	—
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	300	300	—
<i>Candida albicans</i>	300	—	50

— : Pas d'inhibition

4.2.4. Résultats de l'activité antifongique

La figure 24 montre les résultats de l'effet de l'HE et les extraits E.M. et E.Aq. de *H. cheirifolia* sur souches fongiques ; *Fusarium graminearum* (Fg), *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) et *F. culmorum* (Fc), par application de la technique des disques pour l'HE et la technique des puits pour les extraits.

Les résultats des tests d'activité antifongique réalisés par les deux méthodes ont révélé que l'huile essentielle et les extraits de *H. cheirifolia* réduisaient significativement la croissance de tous les champignons testés. L'HE, en particulier, a démontré une inhibition très marquée sur toutes les moisissures étudiées, avec des pourcentages d'inhibition élevés. En effet on a enregistré la valeur la plus élevée sur *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) qui est 65,19%. Ce résultat est en accord avec les travaux de Bammou *et al.* (2016), qui ont étudié l'huile essentielle isolée des parties aériennes de *H. marocana* dans la région du Tafilalet, au sud-est du Maroc. Ils ont également observé une forte activité antifongique de cette huile essentielle, avec un taux d'inhibition atteignant 60% contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Les pourcentages d'inhibition pour les extraits méthanolique et aqueux vis-à-vis des trois souches testées varient entre 30,37% et 59,17%, indiquant une similarité dans leur activité inhibitrice contre ces souches.

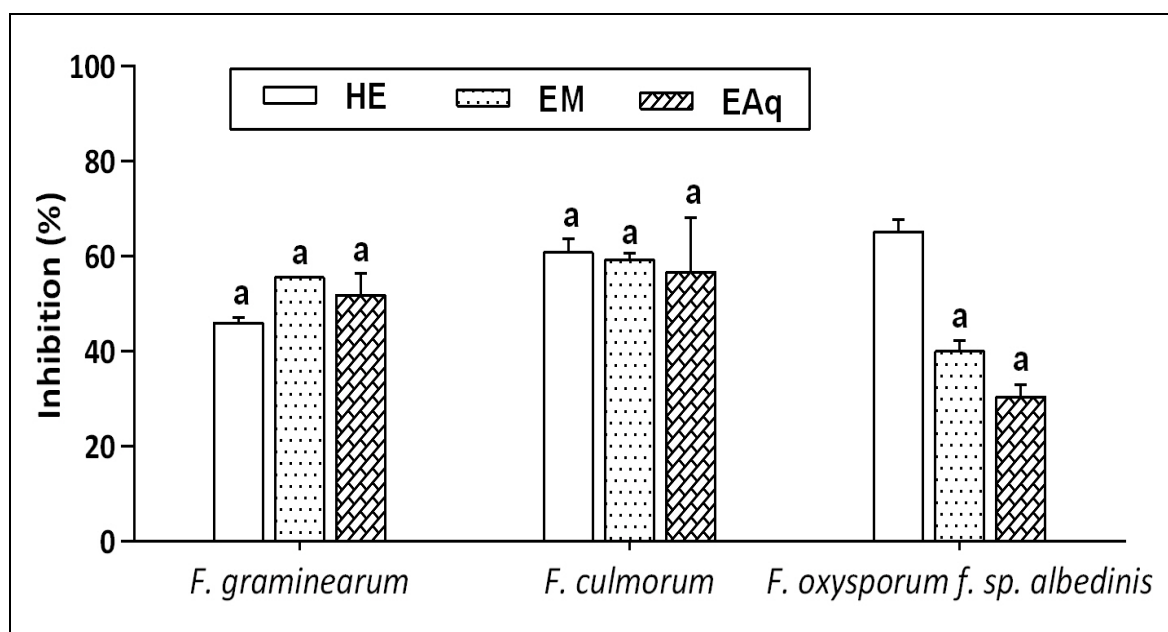


Figure 24 : Inhibition du développement mycélien du champignon *Fusarium*; *Fusarium graminearum* (Fg), *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), *F. culmorum* (Fc). sur chaque champignon les mêmes lettres indiquent pas de différences significatives (Tukey's multiple comparisons test, $p < 0,05$; les valeurs sont des moyennes ($n=3$) \pm SD).

4.3. Résultats et discussion de *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. et *Thymus hirtus* Willd.

4.3.1. Analyses phytochimiques

4.3.1.1. Rendement des huiles essentielles

Les huiles essentielles des parties aériennes de *Thymus ciliatus* (HE-Tc) et *Thymus hirtus* (HE-Th), obtenues par la méthode d'hydrodistillation de type Clevenger, sont de couleur jaune pâle, ont une saveur douce et dégagent une odeur très aromatique et piquante. L'huile essentielle des parties aériennes de *T. ciliatus* a donné un rendement de $0,15 \pm 0,02\%$, un résultat similaire à celui obtenu par Kholkhal (2014) pour *T. ciliatus* ssp *coloratus*, avec un rendement de 0,15%. Ce rendement est toutefois bien inférieur à ceux rapportés dans plusieurs études similaires pour la partie aérienne de *T. ciliatus*, qui ont montré des rendements de : 1,0%, 1,64%, 2,1%, 2,5% et 3,2%, respectivement (Kabouche *et al.*, 2009 ; Jamali *et al.*, 2012 ; Amrouni *et al.*, 2014 ; Heni *et al.*, 2015a et 2015b ; Touhami *et al.*, 2017). Le rendement d'HE de *T. hirtus* a donné un rendement de $0,83 \pm 0,12\%$ (Tableau 14). Ce résultat montre une nette supériorité par rapport à celui rapporté par Ben Bnina *et al.* (2009) ; où le *T. hirtus*, dont les parties aériennes ont été récoltées à Monastir en Tunisie, n'a montré qu'un rendement de 0,35%. Cependant, ce rendement est inférieur à ceux rapportés par Houmani *et al.* (2002), dont les rendements variaient entre 2,2% et 4,0%. Giordani *et al.* (2008) ont indiqué que le taux d'extraction des huiles essentielles des différentes espèces de thym en Algérie, y compris *T. ciliatus* originaire de Djebel Ansel (Guelma), se situe généralement entre 2% et 3%. De plus, Kholkhal (2014) a observé des variations dans le rendement en huiles essentielles en fonction du stade de récolte de la plante, notant des teneurs d'environ 2% avant la floraison, 3,40% à pleine floraison et entre 1,50% et 1,72% après la floraison. Ces observations suggèrent que les différences dans les teneurs en huiles essentielles de *Thymus* sont dues à plusieurs facteurs, tels que l'origine géographique, l'espèce et/ou la variété végétale, l'organe végétal, le stade de croissance, ainsi que la période de récolte (Tefiani, 2015).

4.3.1.2. Rendement en extraits

Les caractères organoleptiques et le rendement moyen des extraits organiques obtenus par extraction méthanolique (macération) et aqueuse (décoction) à partir des parties aériennes de *T. ciliatus* (Tc) et *T. hirtus* (Th) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Caractéristiques organoleptiques et rendements des extraits des deux *Thymus*

Espèces	Extraits	Caractéristiques			Rendement (%)
		Aspect	Couleur	Odeur	
<i>Thymus ciliatus</i>	E.Aq.	Poudre	Marron très foncé	Forte	$21,30 \pm 1,07$
	E.M.	Poudre	Vert foncé	Forte	$12,03 \pm 2,61$
<i>Thymus hirtus</i>	E.Aq.	Poudre	Marron	Douce	$22,52 \pm 1,15$
	E.M.	Poudre	Vert foncé	Forte	$16,27 \pm 2,27$

Les résultats révèlent des variations dans les rendements d'extraction. Il est constaté que le rendement de l'extraction aqueuse pour les deux espèces, *T. hirtus* et *T. ciliatus*, est supérieur à celui de l'extraction au méthanol, avec des rendements respectifs de $22,52 \pm 1,15\%$ et $21,30 \pm 1,07\%$. L'extrait méthanolique de *T. ciliatus* (E.M. de Tc) présente un aspect poudreux, une couleur vert foncé, une odeur forte et un rendement de $12,03 \pm 2,61\%$. Ce résultat est relativement similaire à celui obtenu par Kholkhal (2014), qui a trouvé un rendement de $13,31 \pm 0,63\%$ à partir des parties aériennes de *T. ciliatus* ssp. *eu-ciliatus*, récoltées dans la région de Tlemcen. En revanche, Hendel (2017) a obtenu un rendement de $28,14 \pm 1,9\%$ à partir de l'extrait méthanolique de la même espèce, un résultat nettement supérieur au nôtre.

Pour l'extrait méthanolique de *T. hirtus*, le calcul du rendement montre une proportion élevée de $16,27 \pm 2,27\%$. Ce résultat est très important et nettement supérieur à celui rapporté par Nouasri *et al.* (2018), qui ont obtenu un rendement de $1,25 \pm 0,06\%$. Il est relativement similaire à celui des travaux de Guesmi *et al.* (2014), qui ont obtenu un rendement de 15% à partir des parties aériennes de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* à Kairouan en Tunisie.

L'extrait aqueux de *T. hirtus* a donné un rendement de $22,52 \pm 1,15\%$. Ce résultat est très important et nettement supérieurs à celui mentionné par Guesmi, Sami *et al.* (2017), qui ont obtenus un rendement de $16 \pm 2,43\%$. Conformément à plusieurs auteurs, il est établi que des facteurs tels que l'origine de la récolte de l'espèce, la période de récolte, l'organe de la plante, la durée de séchage, la méthode d'extraction et la polarité des solvants utilisés ont un impact direct sur les rendements en composés polaires (Iloki-Assanga *et al.*, 2015, Zhang *et al.*, 2018).

4.3.1.3. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols sont particulièrement prisés en raison de leurs excellentes propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, ce qui les rend très recherchés en tant que molécules bioactives (Kholkhal, 2014). Pour ces raisons, la teneur en polyphénols totaux (TPT) a été déterminée pour les deux extraits E.M. et E.Aq. de *T. ciliatus* et *T. hirtus* en utilisant la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, avec l'acide gallique comme contrôle positif standard. Les teneurs obtenues sont exprimées en μg , équivalent acide gallique par milligramme de matière végétale sèche (μg GAE/mg), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Il est observé que la teneur en polyphénols totaux (TPT) dans les extraits aqueux des deux espèces, *T. ciliatus* et *T. hirtus*, est supérieure à celle des extraits méthanoliques. Ces résultats significatifs, présentés dans le Tableau 14 et la Figure 21, montrent que les extraits aqueux bruts présentent des rendements élevés, ce qui confirme leur richesse en polyphénols.

Les résultats du dosage des polyphénols totaux indiquent que l'extrait méthanolique de *T. hirtus* (E.M. de Th) présente une teneur de $192,6 \pm 3,98 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait, ce qui est nettement

supérieur à celui trouvé par Guesmi *et al.* (2014), qui ont rapporté une teneur de $8,81 \pm 0,12 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait pour la partie aérienne de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* récoltée en Tunisie. De plus, selon Nouasri *et al.* (2018), l'extrait hydro-méthanolique de cette même espèce, récoltée dans la région de Guertoufa, Province de Tiaret au Maroc, a montré une teneur en polyphénols totaux de $76,73 \pm 14,22 \text{ mg}$ EAG/g d'extrait, soit environ deux fois moins que celle observée dans notre étude.

Pour l'extrait aqueux de *T. hirtus* (E.Aq. de Th), la teneur en polyphénols totaux est de $215,4 \pm 6,67 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait, ce qui est largement supérieur aux valeurs rapportées par Guesmi *et al.* (2017) et Guesmi *et al.* (2019). En effet, ces études ont trouvé des teneurs inférieures, respectivement égales à $31,1 \pm 0,24 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait et $4,95 \pm 0,20 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait dans l'extrait aqueux de *T. hirtus* ssp. *algeriensis*.

La concentration en polyphénols totaux est plus élevée dans l'extrait aqueux de *T. ciliatus*, avec des valeurs de $260,48 \pm 3,07 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait, par rapport à l'extrait méthanolique, qui présente des valeurs de $160,48 \pm 1,7 \mu\text{g}$ EAG/mg d'extrait. Cependant, ces teneurs sont inférieures à celles trouvées par Kholkhal (2014) dans l'extrait brut méthanolique de la partie aérienne de *T. ciliatus* ssp. *eu-ciliatus*, où la teneur était de l'ordre de $636,30 \text{ mg}$ GAE/g. De même, pour *T. ciliatus* ssp. *coloratus*, la teneur était de l'ordre de $606,9 \text{ mg}$ GAE/g.

4.3.1.4. Dosage des flavonoïdes

La détermination de la teneur en flavonoïdes dans les extraits méthanoliques (E.M.) et aqueux (E.Aq.) de *T. hirtus* et *T. ciliatus* a été réalisée par la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl_3), qui est simple et offre une bonne sensibilité. La quercétine, utilisée comme contrôle positif standard, a été employée à différentes concentrations. La teneur en flavonoïdes totaux (TFT) a été déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée avec la quercétine. Les résultats obtenus sont exprimés en μg équivalent quercétine (EQ) par mg d'extrait (μg EQ/mg EX).

Les résultats du dosage quantitatif des flavonoïdes montrent que *T. hirtus* et *T. ciliatus* présentent des teneurs similaires en flavonoïdes, tant dans les extraits méthanoliques que dans les extraits aqueux. L'extrait méthanolique de *T. hirtus* (E.M. de Th) contient une teneur de $35,72 \pm 0,39 \mu\text{g}$ EAG/mg Ex, ce qui est bien plus élevé que celle trouvée dans la partie aérienne de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* récoltée en Tunisie, où Guesmi *et al.* (2014) ont rapporté une teneur de $2,25 \pm 0,43 \mu\text{g}$ EAG/mg Ex. De même, pour l'extrait hydro-méthanolique de la même espèce récoltée à Tiaret, Nouasri *et al.* (2018) ont trouvé une teneur de $2,04 \pm 0,03 \text{ mg}$ EAG/g d'extrait, un résultat qui est également nettement inférieur à celui obtenu dans notre étude.

Pour l'extrait aqueux de *T. hirtus* (E.Aq. de Th), la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) est de $26,24 \pm 0,14 \mu\text{g EAG/mg Ex.}$, une valeur proche de celles rapportées par Guesmi *et al.* (2019), qui ont trouvé des teneurs de $18,97 \pm 0,31 \mu\text{g EAG/mg Ex.}$ et $27,08 \pm 0,18 \mu\text{g EAG/mg Ex.}$ dans des extraits aqueux de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* étudiée en Tunisie. En revanche, la concentration en flavonoïdes totaux est plus élevée dans l'extrait méthanolique de *T. ciliatus*, avec des valeurs de $40,64 \pm 0,04 \mu\text{g EAG/mg Ex.}$, comparativement à l'extrait aqueux qui présente une valeur de $27,8 \pm 0,32 \mu\text{g EAG/mg Ex.}$ En conclusion, les TFT obtenus dans notre étude (Figure 25) sont inférieurs à ceux trouvés dans l'extrait méthanolique brut de la partie aérienne de *T. ciliatus* ssp. *eu-ciliatus*, qui était d'environ $65,4 \text{ mg GAE/g}$, ainsi que pour *T. ciliatus* ssp. *coloratus*, avec un taux d'environ $62,4 \text{ mg GAE/g}$, comme rapporté par Kholkhal (2014).

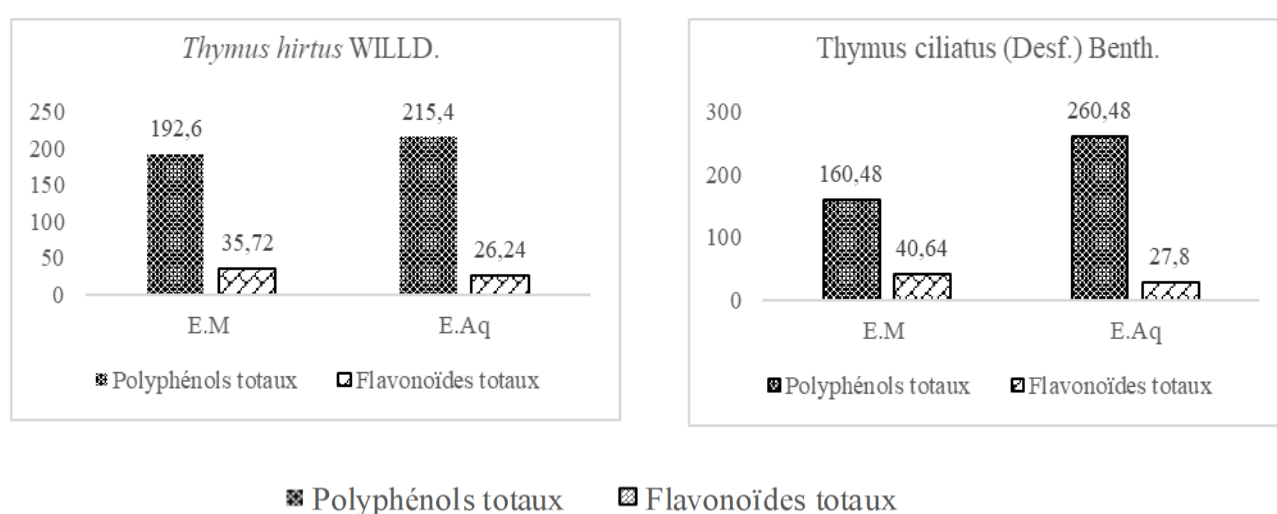


Figure 25 : Les contenus en polyphenols ($\mu\text{g EAG/mg}$) et en flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg}$) des extraits E.M. et E.Aq. de *T. hirtus* et *T. ciliatus*.

4.3.1.5. Identification chimique des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles (HEs) de *T. hirtus* et *T. ciliatus* a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), en se basant sur les indices de Kovats et en comparant les résultats avec les données disponibles dans la littérature. Le rendement moyen en huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche de la partie aérienne de la plante. L'échantillon de *T. ciliatus* a fourni un taux faible de 0,15%, tandis que celui obtenu à partir de *T. hirtus* est plus élevé, atteignant 0,83%. L'analyse chromatographique de huile essentielle a permis d'identifier 55 composés représentant environ 99,03% pour *T. ciliatus* (Tableau 14). Les constituants majoritaires de cette HE sont : camphre (19,62%), bornéol (19,14%), α -pinène (6,51%), 1,8-cinéole (6,32%) et germacrène D (5,71%) ; ils sont accompagnés de constituants mineurs : camphène (4,39%), β -gurjunène (4,16%), β -caryophyllène (2,53%), β -myrcène (2,41%), caryophyllène oxide (2,34%) et cis-ocimène (2,11%).

Tableau 14: Composition chimique des HEs de *T. ciliatus* de Boutaleb

N°	TR ^a	Composé ^b	% ^c
1	8.308	Δ -3-carène	0,19
2	8.988	α-pinène	6,51
3	9.777	camphene	4,39
4	11.222	γ -terpinène	0,30
5	11.371	β -pinène	1,07
6	12.411	β -myrcène	2,41
7	14.571	benzène	0,57
8	14.988	1,8-cinéole	6,32
9	16.240	1,3,6-octatriene, 3,7-diméthyl-, Z)-	0,65
10	17.611	moslène	0,24
11	18.645	camphènilone	0,12
12	20.177	cis-ocimène	2,11
13	21.708	aniline	0,52
14	23.206	camphre	19,62
15	24.257	butanedinitrile	0,13
16	25.080	bornéol	19,14
17	25.554	3-carène	1,20
18	26.537	camphène	1,13
19	26.697	benzènepropanenitrile	0,34
20	26.909	trans-caryophyllène	0,29
21	27.703	chrysanthone	0,39
22	28.749	isobornyl alcohol	0,56
23	32.771	bornyl acetate	1,12
24	37.040	3,5-dimethylbenzenemethanol	0,33
25	38.474	α -copaène	0,98
26	39.023	1-butyl-1H-pyrrole	0,86
27	39.429	2,6-xylidine, 4-allyl-	0,22
28	39.606	pipérylène	0,36
29	40.663	β -gurjunène	4,16
30	41.240	β -caryophyllène	2,53
31	43.292	trans-ocimène	0,18
32	43.743	β -bisabolène	1,02
33	45.166	germacrène D	5,71
34	45.480	α -humulène	0,38
35	45.675	phenethylamine hydrochloride	0,15
36	45.983	α -bergamotène	0,73
37	46.480	2-pyridineethanol	0,17
38	46.857	cyclopropane, methylmethylène-	0,12
39	47.063	α -amorphène	0,30
40	47.663	Δ -cadinène	1,20
41	48.446	benzeneacetaldehyde	0,10
42	49.337	butylethylacetylene	0,35
43	49.943	β -bourbonène	0,17
44	50.200	7-methylocta-1,3(Z),5(Z)-triene	0,60
45	50.972	1,7-octadiene, 3,6-diméthylène-	1,58
46	51.138	caryophyllène oxide	2,34
47	51.669	α -farnesene	0,53
48	52.275	bicyclopentadiene dioxide	0,52
49	52.623	5-(1-Méthylethylidène)-1,3-cyclopentadiene	0,18
50	52.978	α -cubebène	0,48

Suite Tab. 14

N°	TR ^a	Composé ^b	% ^c
51	54.983	6-hepten-3-yn-1-ol	0,63
52	55.280	torreyol	0,84
53	56.355	5,6,7-trinitro-1,4-benzodioxane	0,19
54	56.955	trans- β -ocimène	1,10
55	102.641	bis(2-ethylhexyl) phthalate	0,71
Total identifié (%)			99,03
Rendement (g/100 g de poids sec)			0,15

^a Temps de rétention (TR) ; ^b Les composants sont répertoriés en fonction de leur élution à partir d'une colonne HP-5MS ; ^c Pourcentage relatif de surface de pic.

Plusieurs travaux de l'huile essentielle de *T. ciliatus* ont révélé un polymorphisme chimique notable (Benjilali *et al.*, 1987 ; Giordani *et al.*, 2008 ; Bousmaha *et al.*, 2007). Le profil chimique observé dans notre étude diffère de celui rapporté dans certaines recherches sur la même espèce (Tableau 15).

Tableau 15: Principaux constituants de l'HE de *T. ciliatus* selon la littérature

Pays	Partie utilisée	Composés majeurs (%)	Références
Maroc	P. aérienne	thymol (29,3), carvacrol (21,7), acétate d' α -terpényle (42,9), acétate de géranyle (21,7), butyrate de géranyle (26,7), camphre (-28,4) et bornéol (31,6)	Benjilali <i>et al.</i> , 1987
Algérie		carvacrol (72,4-80,3) thymol (60,52)	Bousmaha <i>et al.</i> , 2007 Giordani <i>et al.</i> , 2008

Pour *T. ciliatus* (Tableau 16), l'analyse chromatographique de huile essentielle a permis d'identifier 52 composés, représentant environ 76,37% de la composition totale. Les constituants majoritaires de cette HE sont : eucalyptol (16,64%), camphre (16,32%), α -pinène (6,51%) et bornéol (5,00%) ; ils sont accompagnés de constituants mineurs: α -terpinolène (4,75%), camphène (3,80%), 1,4-cyclohexadiène, 1-méthyl- (3,44%), caryophyllène oxide (3,16%), bornéol acetate (2,97%), Δ -3-carène (2,14%) et β -trans-ocimène (2,04%).

Vu le manque d'étude phytochimique sur l'espèce *T. hirtus* dans la littérature, une comparaison du profil chimique de notre espèce à été faite avec une sous-espèce voisine de la notre qu'est *T. hirtus* ssp. *algeriensis*. Le premier constat montre que *T. hirtus* présente la présence du composé Eucalyptol (16,64%) et le bornéol (5%) et on signale le partage du même composé α -pinène avec un taux de 9,36% contre 7,41-13,94% celui trouvé par Zouari *et al.* (2011). La composition chimique de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* trouvée par Ben Hadj Ahmed *et al.* (2011) dont les principaux composés étaient le linalol (17,62%), le camphre (13,82%), le terpinen-4-ol (6,80%), l' α -terpinéol (6,41%) et l'acétate d' α -terpényle (6,27%), cependant, ces composés sont absents dans la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *T. hirtus* étudiée dans notre travail, et de

même cités par Zouari *et al.* (2011) ou le profil chimique montre une richesse en composés actives à savoir le 1,8-cinéole (22,07%), l'hydrate de cis-sabinène (12,95%), le camphre (19,93%), le 4-terpinéol (11,86%), l'acétate de terpényle (14,92%) et le viridiflorol (11,49%). Cependant, ces composés sont absents dans la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *T. hirtus* étudiée dans notre travail.

Tableau 16: Principaux constituants de l'HE de *T. hirtus* de Boutaleb

N°	TR ^a	Composé ^b	% ^c
1	8.334	3-carène	0,17
2	8.625	β-phellandrène	0,16
3	9.065	α-pinène	9,36
4	9.802	camphène	3,80
5	10.094	verbenène	0,25
6	11.248	o-cymène	0,65
7	11.420	Δ-3-carène	2,14
8	12.402	tricyclène	1,06
9	14.002	α-terpinène	0,19
10	14.608	<i>p</i> -cymène	0,21
11	15.225	eucalyptol	16,64
12	16.271	β-ocimène	0,35
13	16.894	γ-terpinène	0,43
14	17.625	moslène	0,64
15	17.974	trans-linalool oxide	0,18
16	18.648	camphenilone	0,29
17	19.968	cis-ocimène	0,04
18	20.277	β-trans-ocimène	2,04
19	21.723	α-campholène aldehyde	1,30
20	23.037	camphre	16,32
21	23.505	1,5,8- <i>p</i> -menthatriène	0,04
22	23.614	1,4-cyclohexadiène, 1-methyl-	3,44
23	24.340	d-pinocarvone	0,35
24	24.894	bornéol	5,00
25	25.574	<i>p</i> -mentha-1,4-diène	1,69
26	26.431	1-(2,3-dimethylphenyl) ethanol	0,09
27	26.723	2,5-norbornadièn-7-ol	0,63
28	26.997	myrtenol	0,72
29	27.791	verbenone	1,19
30	28.637	cyclohexanol, 2-methylen-5-isoprop enyl-	0,47
31	28.763	pyridine N-oxide	0,18
32	30.163	quinhydrone	0,07
33	32.877	bornéol acetate	2,97
34	37.231	α-terpinolène	4,75
35	41.232	Trans-caryophyllène	1,30
36	43.740	calarène	0,40
37	45.026	germacrène D	0,09
38	45.980	santolinatriène	0,42
39	47.672	γ-cadinène	0,64
40	49.163	hexane, 1-bromo-6-chloro-	0,63
48	54.523	α-amorphène	0,21
49	54.592	α-muuroène	0,22

Suite Tab. 16

N°	TR ^a	Composé ^b	% ^c
50	55.020	(+)-aromadendrène	0,69
51	57.278	isoledène	1,61
52	102.713	bis(2-ethylhexyl) phthalate	1,40
Total identifié (%)			76,37
Rendement (g/100 g de poids sec)			0,83

^a Temps de rétention (TR) ; ^b Les composants sont répertoriés en fonction de leur élution à partir d'une colonne HP-5MS ; ^c Pourcentage relatif de surface de pic.

4.3.2. Évaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydant des extraits méthanoliques, aqueux et huiles essentielles de *T. hirtus* et *T. ciliatus* étudiées a été évaluée *in vitro* à l'aide de deux méthodes : le piégeage du radical DPPH et la méthode d'ABTS.

4.3.2.1 Test du piégeage de radical libre DPPH

L'évaluation de la capacité des différents extraits et des huiles essentielles à piéger le radical libre DPPH a été réalisée en utilisant la méthode décrite par Kelen et Tepe (2008). Cette méthode permet d'estimer la capacité antiradicalaire à travers la valeur IC₅₀, qui représente la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration en DPPH de 50%. Plus la valeur IC₅₀ est faible, plus l'activité antioxydante est importante (Abdelouhab *et al.*, 2019). Les résultats obtenus lors du test DPPH sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 17: Résultat du test de DPPH en termes de IC₅₀ (mg/ ml) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de *T. hirtus* et *T. ciliatus* et du BHT (* l'IC₅₀ de l'HE est en µl/ mL).

Espèce	Extrait méthanolique (E.M.)	Extrait aqueux (E.Aq.)	Huiles essentielles (HEs*)	BHT
<i>Thymus ciliatus</i>	212,04 ± 13,63 ^a	84,21 ± 0,54 ^b	13,18 ± 0,84	0,005 ± 0,00 ^c
<i>Thymus hirtus</i>	56,47 ± 13,07 ^a	48,26 ± 3,22 ^a	13,80 ± 4,10	

Les moyennes suivies par la même lettre, dans la même ligne, ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

Les résultats obtenus par le piégeage du radical libre DPPH dans le présent travail révèlent que les E.Aq. et E.M. sont plus actifs que les HEs, ainsi que les E.Aq. se sont avérés plus efficaces que les E.M. Ces conclusions importantes sont en accord avec les données antérieures, où des teneurs élevées en polyphénols avaient été enregistrées pour les extraits aqueux. Cette activité était inférieure à cela obtenu avec le BHT, utilisé comme antioxydant standard (IC₅₀= 5.92± 0,57µg/mL).

L'activité anti-radicalaire de l'E.M. de Th (IC₅₀ = 56.47 ± 13.07 µg/mL). Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par Nousari, Krimat *et al.* (2018), qui ont observé une valeur similaire à partir de l'extrait hydro-méthanolique de la même espèce, avec une concentration de 35,24 ± 0,95 µg/mL. Pour l'E.Aq. de Th notre résultat obtenue avec 48,26 ± 3,22 µg/mL est le même que celui déterminé chez la même plante récoltée à Biskra avec une valeur de 48 ± 2 µg/mL (Ziani *et al.*,

2019). Ainsi, est nettement inférieurs à la nôtre dont les extraits aqueux de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* récoltée au stade de la floraison présentaient un potentiel antioxydant plus élevé avec une valeur IC_{50} de 6.7 $\mu\text{g/ml}$ (Guesmi *et al.*, 2019).

En comparaison, l'activité antioxydante des extraits acétate d'éthyle et butanolique des flavonoïdes de la partie aérienne de *T. ciliatus* ssp. *coloratus*, rapportée par Kholkhal (2014), montre une IC_{50} variant de 0,85 à 1,5 mg/mL , ce qui est nettement inférieur aux résultats de notre étude. En effet, l'E.M. de *T. ciliatus* affiche une IC_{50} de $212,04 \pm 13,63 \mu\text{g/mL}$, tandis que l'E.Aq. de *T. ciliatus* présente une IC_{50} de $84,21 \pm 0,54 \mu\text{g/mL}$, mettant en évidence une meilleure activité antioxydante dans nos extraits.

D'autre part, l'HEs de nos deux espèces présentent une activité antioxydante faible ($IC_{50} = 13,80 \pm 4,10 \mu\text{L/mL}$ et $IC_{50} = 13,18 \pm 0,84 \mu\text{L/mL}$) par rapport au BHT et aux extraits méthanoliques et aqueux.

Des études antérieures ont mis en évidence une variation significative de l'activité antioxydante des huiles essentielles de *T. hirtus*. Ainsi, les travaux de Gherairia (2020), ont été effectuée au niveau de deux différents stations de la wilaya de Souk Ahras (Ain Seynour et Boukabech) ont révélé une activité antioxydante plus faible avec un IC_{50} de 889,42 $\mu\text{g/mL}$ et 513,77 $\mu\text{g/mL}$ respectivement. En revanche, l'étude menée par Guesmi *et al.* (2014) sur *T. hirtus* ssp. *algeriensis* récoltée en trois localités différentes en Tunisie a révélé un fort pouvoir d'inhibition du radical DPPH avec des taux respectifs de $85 \pm 0,57\%$; $82 \pm 0,52\%$ et $83 \pm 0,1\%$. Cette activité antioxydante pourrait être attribuée à la présence de composés majeurs tels que le camphre et le 1,8-cinéole, connus pour leurs propriétés antioxydantes potentielles (Insawang *et al.*, 2019). Ces composés pourraient jouer un rôle clé dans l'efficacité globale de l'huile essentielle. Par ailleurs, les variations observées dans les résultats pourraient être liées non seulement aux tests utilisés pour évaluer l'activité antioxydante, mais également aux différences géographiques et environnementales propres aux régions d'origine des plantes.

Plusieurs études sur l'huile essentielle de Tc ont révélé des variations dans son activité antioxydante. Par exemple, Amarti *et al.* (2011) ont rapporté une activité antioxydante significativement supérieure à celle observée dans notre étude, avec une valeur d' IC_{50} de 74,025 $\mu\text{g/mL}$. En revanche, les travaux de Souadia (2022) sur la même espèce provenant de la région d'Azrou (Moyen Atlas, Maroc) ont montré une activité antioxydante beaucoup plus faible, avec des valeurs respectives de $3,45 \pm 0,001 \text{ mg/mL}$ et $4,10 \pm 0,001 \text{ mg/mL}$. Cette faible capacité antioxydante pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la faible aptitude des huiles essentielles à céder un atome d'hydrogène ou un électron singulier, ainsi que par la faible solubilité de leurs constituants dans le milieu réactionnel, comme l'ont suggéré Nouredine *et al.* (2019).

4.3.2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS•+

L'évaluation de la capacité des différents extraits à piéger le radical ABTS•+ a été réalisée selon la méthode décrite par Re *et al.* (1999). Les résultats obtenus pour les extraits de *T. hirtus* et *T. ciliatus*, ainsi que pour le standard TROLOX, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : : Résultat du test de l'ABTS en termes de IC₅₀ (mg/ mL) de l'E.M., l'E.Aq. et de l'HE de *T. hirtus* et *T. ciliatus* et du TROLOX (* l'IC₅₀ de l'HE est en µl/ mL).

Espèce	Extrait méthanolique (E.M.)	Extrait aqueux (E. Aq.)	TROLOX
<i>Thymus ciliatus</i>	206,75 ± 6,64 ^a	219,92 ± 7,10 ^a	125,86 ± 0,77 ^b
<i>Thymus hirtus</i>	136,96 ± 24,84 ^b	314,48 ± 6,98 ^a	

Les moyennes suivies par la même lettre, dans la même ligne, ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'extrait méthanolique de *T. hirtus* s'est révélé le plus actif avec une IC₅₀ de 136,96 ± 24,84 µg/mL, suivi de l'E.M. de *T. ciliatus* avec une IC₅₀ de 206,75 ± 6,64 µg/mL. Cette activité antioxydante reste légèrement inférieure à celle du standard TROLOX, utilisé comme référence, dont l'IC₅₀ est de 125,86 ± 0,77 µg/mL. Par ailleurs, une étude menée dans trois régions distinctes de Tunisie sur l'extrait méthanolique de *T. hirtus* ssp. *algeriensis* a mis en évidence une forte capacité de neutralisation du radical ABTS, avec des taux d'inhibition de 75 ± 0,72%, 50 ± 0,96%, et 22 ± 0,9%, respectivement (Guesmi *et al.*, 2014).

4.3.3. Évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des HEs et des extraits méthanoliques et aqueux des deux espèces étudiées est évaluée *in vitro* à l'aide de la méthode des disques et des puits de diffusion. Les tests sont réalisés en utilisant six souches bactériennes différentes et une levure : *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*. L'ensemble des résultats (Tableau 19) obtenus révèle que les HEs et les extraits étudiés sont doués d'un large spectre d'action. Agissant aussi bien sur les bactéries à Gram (+) ainsi sur les bactéries à Gram-. Signalons que l'efficacité de ces HEs et extraits diffère d'une bactérie à une autre.

Tableau 19: Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de l'HE (20µl/disque) et l'E.M. et l'E.Aq. (30µl/puit) de *T. hirtus* et *T. ciliatus*)

Bactéries / levure	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)					
	<i>Thymus ciliatus</i>			<i>Thymus hirtus</i>		
	HE	E.M.	E.Aq.	HE	E.M.	E.Aq.
<i>L. monocytogenes</i>	25,00 ± 0,00 ^a	9,00 ± 1,00	–	21,33 ± 0,58	10,67 ± 0,58 ^a	18,00 ± 1,00
<i>E. coli</i>	12,00 ± 0,00	11,33 ± 0,58 ^a	8,67 ± 0,58 ^a	31,67 ± 1,53	–	13,00 ± 1,00 ^a
<i>B. subtilis</i>	13,00 ± 0,00 ^a	22,00 ± 1,00	–	12,67 ± 0,58	14,33 ± 0,58 ^b	–
<i>S. aureus</i>	17,67 ± 0,58	–	9,67 ± 0,58 ^a	16,67 ± 0,58 ^a	17,67 ± 0,58	–
<i>S. typhimurium</i>	15,00 ± 0,00	14,00 ± 1,00	9,67 ± 0,58 ^a	16,00 ± 1,00 ^a	15,00 ± 1,00 ^b	9,33 ± 0,58
<i>P. aeruginosa</i>	–	10,67 ± 0,58 ^a	13,00 ± 0,00 ^b	–	13,67 ± 0,58 ^b	12,67 ± 0,58 ^a
<i>C. albicans</i>	12,00 ± 0,00 ^a	–	12,33 ± 0,58 ^b	11,00 ± 0,00	9,67 ± 0,58 ^a	–

– : Pas d'inhibition

* : Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes (P<0.05) selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

Les résultats révèlent que les huiles essentielles et les extraits méthanoliques exercent un effet antibactérien considérable sur les 7 souches. Cet effet est plus important que celui des extraits aqueux. Pour les deux HEs, les zones d'inhibition mesurent 11 à 31,67 mm, ce qui implique que les levures les bactéries et testées sont sensibles aux deux HEs. L'HE de Tc et de Th étudiées ont révélé une très forte activité inhibitrice vis-à-vis *L. monocytogenes* (D.I. > 20 mm). En plus, des zones d'inhibition de 25 mm à 21 mm sont observées, ce résultats concordent avec certains travaux cités da la littérature (Heni *et al.*, 2015a). En outre, une activité antibactérienne fortement inhibitrice a été notée contre *E. coli*, *S. aureus* et *S. typhimurium*, les diamètres d'inhibition calculés allant de 15 à 31,67 mm. Selon l'échelle citée précédemment, les HEs testées ont montré une activité antibactérienne modérément à faiblement inhibitrice contre *C. albicans*, les diamètres d'inhibition calculés allant de 11 à 12 mm. La même constatation a été observée sur l'HE de *T. algeriensis* qui a présenté la plus faible activité antifongique contre *C. albicans* (Giordani *et al.*, 2008). Contrairement à *P. aeruginosa*, aucune inhibition a été enregistré, cette souche est montrée résistante, ce résultat est en accord avec la nature de cette souche reconnue comme multirésistante à de nombreux antibiotiques et agents biocides (Bnina *et al.*, 2009).

La forte sensibilité de *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli* et *S. typhimurium* ainsi que la résistance de *P. aeruginosa* aux HEs de *T. hirtus* et de *T. ciliatus* a été signalée dans certaines recherches (Guesmi *et al.*, 2014 ; Gherairia, 2020). La pertinence de l'activité antimicrobienne chez le genre *Thymus* est attribuée à sa concentration élevée en composés phénoliques (Touhami *et al.*, 2016). De plus, les résultats montrent que ces HEs ont exercé un effet inhibiteur sur les bactéries Gram-positives, telles que *S. aureus*, *B. subtilis* et *L. monocytogenes*, qui semblaient plus sensibles que les bactéries Gram-négatives, notamment *E. coli* et *P. aeruginosa*. Il est essentiel de souligner que cette observation est en accord avec les résultats d'études antérieures portant sur les HEs d'autres espèces de thym (Sokovic *et al.*, 2008; Guesmi *et al.*, 2014). En ce qui concerne les extraits de *T. hirtus* et de *T. ciliatus*, il convient de noter qu'ils ont démontré des effets antibactériens significatifs qui varient d'une manière notable. Ces effets ont été observés aussi bien sur des bactéries Gram-positives que Gram-négatives lors de l'utilisation de l'extrait méthanolique. En effet nous avons enregistré la valeur la plus élevée pour l'E.M. de Tc chez *B. subtilis* (22 mm), ainsi pour l'E.M. de Th (17,67 mm) pour les bactéries *S. aureus*. Tandis que l'extrait aqueux a enregistré des effets antibactériens faibles dont l'inhibition est comprise entre 8,67 et 13 mm, sauf contre *L. monocytogenes* ou été enregistré une activité remarquable (18 mm). Une activité faible à nulle a été observée pour les deux types d'extraits contre la levure, avec des zones d'inhibition variant de 9,67 à 12,33 mm.

Les valeurs des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et des concentrations minimales

bactéricides (CMB) obtenues à partir des HE) et des extraits méthanoliques et aqueux de *T. hirtus* et de *T. ciliatus* sont répertoriées dans le tableau 17. D’après les résultats obtenus de CMI, les valeurs les plus faibles obtenues en présence des HEs de Tc et Th sont respectivement de 1,56 µl/mL et 3,125 µl/mL, et celles déterminées en présence des E.M. de Tc et de Th sont respectivement de 18,75 mg/mL et 37,5 mg/mL à l’égard des bactéries Gram-positif. Cependant, en présence des extraits aqueux, des valeurs plus élevées ont été enregistrées variant de 75 à 300 mg/mL.

Des travaux portés sur les extraits éthanoliques et méthanoliques de *T. algeriensis* ont également montrés un potentiel antibactérien élevé avec des CMI de 165,00 µg/mL et 40,00 µg/mL, respectivement (Messaoudi *et al.*, 2019). En Tunisie, une étude récente de dépistage antibactérien de l’extrait aqueux d’une espèce tunisienne du genre *Thymus* a révélé une CMI de 83,00 µg/mL (Ghorbel *et al.*, 2021).

Au terme de cette analyse, nos résultats montrent clairement que les huiles essentielles des deux espèces *T. ciliatus* et *T. hirtus* présentent une activité plus marquée que les extraits méthanoliques et aqueux, tant au niveau antifongique que bactérien. Le tableau 20 révèle que les bactéries Gram-négatif, notamment *E. coli* et *S. typhimurium*, sont moins sensibles aux HEs, et ces souches ont montré une résistance aux deux types d’extraits. En revanche, *P. aeruginosa* a montré une plus grande sensibilité, ce qui suggère que cette souche est plus susceptible aux composés volatils présents dans les huiles essentielles.

Tableau 20: Les CMI et les CMB des extraits E.M. et E.Aq. et des l’HEs et de *T. hirtus* et *T. ciliatus*

Bactéries/levure	CMI (ul/ml)		CMI (mg/ml)				CMB (ul/ml)		CMB (mg/ml)			
	HE		E.M.		E.Aq.		HE		E.M.		E.Aq.	
	Tc	Th	Tc	Th	Tc	Th	Tc	Th	Tc	Th	Tc	Th
<i>L. monocytogenes</i>	1,56	12,5	300	75	300	75	6,25	50	>300	>300	>300	>300
<i>E. coli</i>	3,125	3,125	150	37,5	150	300	12	25	>300	>300	>300	>300
<i>B. subtilis</i>	6,25	-	18,75	75	300	-	12	-	150	75	>300	-
<i>S. aureus</i>	1,56	6,25	300	75	300	-	3,125	6,25	>300	300	>300	-
<i>S. typhimurium</i>	50	25	150	150	-	-	>50	25	300	300	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	150	150	150	300	-	-	>300	>300	>300	300
<i>C. albicans</i>	25	6,25	75	300	300	-	50	50	300	300	>300	-

- : Pas d’inhibition

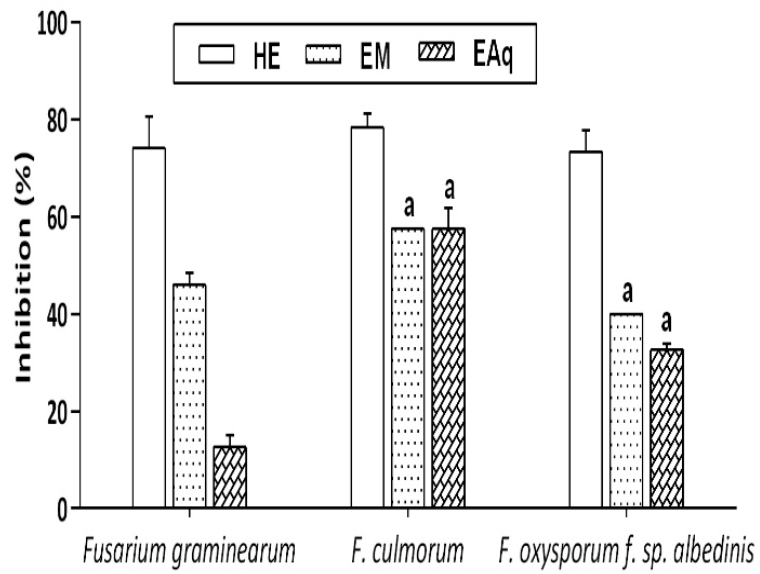
D’après les résultats obtenus des CMB des HEs de Tc et de Th paraissent très efficaces et tuent *S. aureus* à la concentration de 3,0125 et 6.25µl/mL respectivement ; les bactéries gram positives *L. monocytogenes* et *B. subtilis* à la concentration 6,25 µl/ml et 12 µl/mL respectivement pour l’HE de Tc. Les autres bactéries demandent 25µl/mL ou davantage pour être détruites. La levure a nécessité une concentration de 50 µl/mL des HEs des deux espèces de thym pour une action bactéricide. Par ailleurs, il est important de noter que les valeurs des CMB obtenues à partir

des extraits méthanoliques sont équivalentes à celles des extraits aqueux, toutes étant égales ou supérieures à 300 mg/mL.

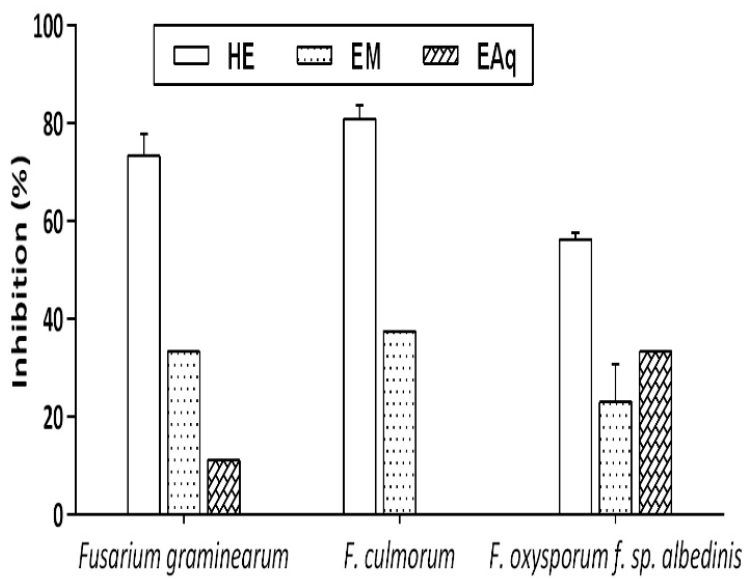
4.3.4. Résultats de l'activité antifongique

La figure 26 illustre les résultats obtenus de l'effet des HEs, ainsi que des extraits méthanoliques et aqueux de *T. ciliatus* et de *T. hirtus* sur trois souches de champignons : *Fusarium graminearum* (Fg), *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) et *F. culmorum* (Fc). Les tests ont été réalisés par application de la technique des disques pour l'HE et la technique des puits pour les extraits. Les résultats des tests d'activité antifongique obtenus pour les deux méthodes étudiées montrent que les huiles essentielles (HEs) ainsi que les extraits méthanoliques (E.M.) et aqueux (E.Aq.) ont significativement réduit la croissance de toutes les souches de champignons testées. Il a été constaté que les HEs de *T. ciliatus* et de *T. hirtus* ont provoqué une inhibition très significative de la croissance des souches de moisissures testées. Les pourcentages d'inhibition enregistrés sont particulièrement élevés, avec une efficacité maximale observée sur *Fusarium culmorum* (Fc), atteignant respectivement 80,83 % pour *T. ciliatus* et 78,33 % pour *T. hirtus*. L'efficacité du *Thymus* dans l'inhibition des souches de *Fusarium* a été confirmée également par Elhouiti *et al.* (2022). La croissance fongique des trois souches de *Fusarium* a été fortement inhibée par l'HE de *T. vulgaris*, tandis que l'HE de *T. algeriensis* ont exercé une activité inhibitrice modérée sur les souches de *F. culmorum* et *F. graminearum*. De plus, il est noté dans une autre étude que les HEs de *T. vulgaris* ont un pouvoir antifongique particulièrement contre le champignon *Fusarium oxysporum* (Lee *et al.*, 2007).

À notre connaissance, et d'après la bibliographie, aucune étude n'a été réalisée spécifiquement sur l'activité antifongique des huiles essentielles et des extraits de *T. ciliatus* et *T. hirtus* contre *Fusarium*. Toutefois, une étude antérieure menée par El Ajjouri *et al.* (2010) a révélé que l'huile essentielle de *T. ciliatus* présente une forte activité inhibitrice vis-à-vis de quatre champignons responsables de la pourriture du bois : *Gloeophyllum trabeum*, *Poria placenta*, *Coniophora puteana* et *Coriolus versicolor*. En conclusion, bien que les extraits méthanoliques et aqueux de *T. hirtus* et *T. ciliatus* aient montré une activité inhibitrice modérée, voire nulle, face aux champignons testés, les huiles essentielles ont présenté une activité antifongique significativement plus forte. Cette différence suggère que les HEs, riches en composés volatils et bioactifs, possèdent un potentiel plus élevé pour inhiber la croissance fongique, par rapport aux extraits non volatils. Cependant, les pourcentages d'inhibition obtenus pour les extraits méthanoliques sont supérieurs à ceux des extraits aqueux, variant entre 37,50% et 57,50% vis-à-vis des trois souches testées.



T. ciliatus



T. hirtus

Figure 26 : Inhibition du développement mycélien du champignon *Fusarium*; *Fusarium graminearum* (Fg), *F. oxysporum f. sp. albedinis* (Foa), *F. culmorum* (Fc). sur chaque champignon les mêmes lettres indiquent pas de différences significatives (Tukey's multiple comparisons test, $p < 0,05$; les valeurs sont des moyennes ($n = 3$) \pm SD).

Conclusion

Conclusion

Ce travail visait à recenser les usages traditionnels des plantes dans le massif de Boutaleb (incluant Boutaleb, Hamma, Rasfa, Salah Bey et Ain Azel, situés dans la wilaya de Sétif) et d'analyser les principaux composés de *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze, *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. et *Thymus hirtus* Willd. Les analyses portaient sur la teneur en composés phénoliques, le rendement en huiles essentielles, ainsi qu'en extraits éthanoliques et aqueux. Par ailleurs, cette étude a également évalué les activités biologiques de ces plantes, en particulier leurs propriétés antioxydantes, antibactériennes et antifongiques.

L'étude ethnobotanique menée dans le massif de Boutaleb durant la période 2021-2022, ciblant 5 communes de la région, s'est appuyée sur 400 questionnaires auprès de 124 informateurs (dont 112 connaisseurs, 7 herboristes et 5 guérisseurs). Cette enquête a révélé que les plantes utilisées par la population locale présentent une grande diversité d'usages.

Au cours de cette étude, il a été observé que les informateurs avaient un âge compris entre 18 et 86 ans, avec une moyenne de 61 ans. Un total de 78 espèces a été inventorié, réparties en 77 genres et 40 familles. Les familles les plus représentées sont les Asteraceae (15 espèces), les Lamiaceae (10 espèces), les Apiaceae (7 espèces) et les Fabaceae (6 espèces). Les feuilles se sont révélées être les parties les plus utilisées (33,61%), suivies des graines (11,47%), tandis que les autres organes (fleurs, fruits, racines, etc.) représentaient moins de 10%. Les principaux modes de préparation identifiés sont la décoction (37,41%), l'infusion (10,79%), ainsi que la poudre et le cataplasme (10,07% chacun). Par ailleurs, la majorité des traitements traditionnels (61,87%) sont administrés par voie orale, contre 38,13% par voie externe. Par ailleurs, quatorze catégories de maladies sont traitées traditionnellement par la population locale. Les catégories les plus prédominantes sont la gastro-hépto-entérologie et la proctologie, avec un FCI (Facteur de Consensus des Informateurs) de 0,81, suivies par la dermatologie, avec un FCI de 0,75. Une variabilité de fréquence est observée pour les autres catégories de maladies, où le FCI reste supérieur à 0,50%. Concernant la FRC (Fréquence de Citation Relative) des espèces inventoriées, elle varie entre 0,01 et 0,19, avec la valeur la plus élevée enregistrée pour *Rosmarinus officinalis* L. (0,19).

Les rendements en huiles essentielles des plantes étudiées se sont révélés faibles. Cependant, l'ordre de grandeur des rendements s'établit comme suit : *Hertia cheirifolia* > *Thymus hirtus* > *Thymus ciliatus*. Au total, 56 composants volatils ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Hertia cheirifolia*, représentant 98,41% de l'ensemble des composés. Les principaux constituants étaient l' α -pinène (33,07%), le 1-[1-méthyl-1-(4-méthyl-cyclohex-3-ényl)-éthyl]-1H-pyrrole (28,08 %), le germacrène D (19,59 %) et le 2,3,4,9-tétrahydro-6-méthoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one (3,74 %).

Le rendement moyen en huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche de la partie aérienne des plantes. L'échantillon de *Thymus ciliatus* a présenté un faible rendement de 0,15 %, tandis que *Thymus hirtus* a montré un rendement plus élevé, atteignant 0,83%. Pour *Thymus ciliatus*, 55 composés ont été identifiés, représentant 99,03% de l'huile totale. Les principaux constituants de cette huile essentielle sont le camphor (19,62%), le bornéol (19,14%), l' α -pinène (6,51%), le 1,8-cinéole (6,32%) et le germacrène D (5,71%). En ce qui concerne l'huile essentielle de *Thymus hirtus*, 52 composés volatils ont été identifiés, représentant 76,37% de la composition totale. Les principaux constituants sont l'eucalyptol (16,64%), le camphor (16,32%), l' α -pinène (6,51%) et le bornéol (5,00%).

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante indiquent que l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique des deux *Thymus* sont plus actifs que leurs huiles essentielles. Parmi ces extraits, l'extrait aqueux a montré une efficacité supérieure à celle de l'extrait méthanolique. Les tests de DPPH et ABTS pour les deux *Thymus* ont révélé une activité antioxydante relativement faible. Concernant *Hertia cheirifolia*, l'extrait méthanolique s'est avéré le plus efficace, avec une valeur d'IC₅₀ de $0,39 \pm 0,04$ mg/mL, contre $3,15 \pm 0,06$ mg/mL pour l'extrait aqueux. Cependant, cette activité reste inférieure à celle du BHT, utilisé comme antioxydant standard, qui a présenté une IC₅₀ de $0,005 \pm 0,57$ μ g/mL.

L'évaluation de l'activité antibactérienne a révélé que les diamètres des zones d'inhibition varient entre 11 et 31,67 mm, indiquant que les bactéries et levures testées sont sensibles aux huiles essentielles (HEs) des trois plantes étudiées. Toutefois, il a été noté qu'aucune inhibition n'a été observée contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* pour l'espèce *Hertia cheirifolia*, ces souches s'étant montrées résistantes. De plus, l'HE de *Hertia cheirifolia* a provoqué une inhibition marquée de toutes les moisissures testées, avec une inhibition particulièrement élevée contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), atteignant 65,19%. Concernant l'activité antifongique, les résultats ont montré que les HEs et les deux extraits ont significativement réduit la croissance de tous les champignons testés. En particulier, les HEs de *Thymus ciliatus* et *Thymus hirtus* ont entraîné une inhibition très significative de la croissance de toutes les souches de moisissures, avec des pourcentages d'inhibition élevés. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées contre *Fusarium culmorum* (Fc) et *Fusarium oxysporum* (Foa), avec des inhibitions respectives de 80,83% et 78,33%.

À l'issue de ce travail, nous espérons avoir contribué à l'enrichissement de la pharmacopée traditionnelle locale et nationale, en étudiant la phytochimie et les activités biologiques des huiles essentielles et des extraits des trois espèces retenues pour cette étude. Cela pourrait également ouvrir la voie à une valorisation des composés bioactifs du massif de Boutaleb. Toutefois, les résultats obtenus constituent seulement une première étape, mais suffisamment solide pour servir de

base scientifique dans le domaine de la recherche phytochimique. Les perspectives futures incluent l'étude de la toxicité et des travaux sur des modèles animaux (*in vivo*) afin de déterminer les doses thérapeutiques des remèdes traditionnels de cette région. De plus, il serait pertinent de tester d'autres activités biologiques, telles que l'activité antidiabétique, anti-inflammatoire et immunomodulatrice, afin de confirmer les usages traditionnels des plantes étudiées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1-Abdelouhab, K., Aouachria, S., Guemmez, T., Charef, N., Baghiani, A., H. Louaileche, Amarowicz, R., Arrar, L. (2019). Comparative study of the polyphenol content related-antioxidant and anti-inflammatory activities of methanolic extracts from different parts of *Hertia cheirifolia*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 11(4):209-215.
- 2-Abdelouhab, K. (2021). Activités anti-inflammatoires et antiarthritiques d'extraits de *Hertia cherifolia* chez la souris et le rat avec arthrite rhumatoïde expérimentale. Thèse de Doctoart es Sciences. Sciences biologiques : Biochimie. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif, 166 p.
- 3-Adams, R.P. (éd. 1989). Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academie Press, NewYork, 2-12.
- 4-Adomako-Bonsu, A.G., Chan, S.L., Pratten, M., Fry J.R. (2017). Antioxidant activity of rosmarinic acid and its principal metabolites in chemical and cellular systems: Importance of physico-chemical characteristics. *Toxicol In Vitro*, 40: 248-255.
- 5-Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS) (2008). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
- 6-Akhgar, M., Shariatifar, M., Akhgar, A., Moradalizadeh, M., Faghihi-Zarandi A. (2012). Chemical composition and antibacterial activity of the leaf essential oil from *Hertia intermedia*. *Chemistry of Natural Compounds*, 48:329-331.
- 7-Amarti, F., Satrani, B., Ghanmi, M., Farah, A., Aafi, A., Aarab, L., Chaouch, A.J.B. (2010). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. *Biotechnol Agron Soc Environ*, 14(1):141-148.
- 8-Amarti, F., Satrani, B., Ghanmi, M., Aafi, A., Farah, A., Aarab, L., El Ajjouri, M., A. Guedira and Chaouch, A. (2011). Activité antioxydante et composition chimique des huiles essentielles de quatre espèces de thym du Maroc. *Acta Botanica Gallica*, 158(4): 513-523
- 9-Ammar, S.; Edziri, H.; Mahjoub, M.A.; Chatter, R.; Bouraoui, A.; Mighri, Z. (2009). Spasmolytic and anti-inflammatory effects of constituents from *Hertia cheirifolia*. *Phytomedicine*, 16(12):1156-1161
- 10-Amrouni, S., Touati, M., HadeF, Y., Djahoudi, A. (2014). Effect of essential oil of *Origanum vulgare* and *Thymus ciliatus* against *Pseudomonas aeruginosa* VIM-2 carbapenemase. *Phytothérapie*, 12:309-313
- 11-Aribi, I. (2013). Etude ethnobotanique de plantes médicinales de la région du Jijel: étude anatomique, phytochimique, et recherche d'activités biologiques de deux espèces. Thèse de Magiste, Jijel. Université Mohammed Seddik Benyahia de Jijel, 120 p.
- 12-Association française de normalisation « AFNOR », éd. (2000). Monographies relatives aux huiles essentielles : Recueil normes, Paris, la Défense, Tome 2.
- 13-Atere, T.G., Akinloye, O.A., Ugbaja, R.N., Ojo, D.A., Dealtry, G. (2018). *In vitro* antioxidant capacity and free radical scavenging evaluation of standardized extract of *Costus afer* Leaf, *Food Science and Human Wellness*, 7:266-272.
- 14-Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S. and Khebri, S. (2010). Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, 11:69-81.
- 15-Attia, S., Grissa, K.L., Mailleux, A.C., Heuskin, S., Lognay, G., Hance, T. (2012). Acaricidal activities of *Santolina africana* and *Hertia cheirifolia* essential oils against the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Pest Manag Sci*, 68(7):1069-76

- 16-**Baba Aissa, F.** (1991). Les plantes médicinales en Algérie. Co-éd Bouchéne et Ad Diwan, Alger, 181 p.
- 17-**Babar, M.A., Hahn, E.J., Paek, K.Y.** (2007). Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. *Molecules*, 12:607-621.
- 18-**Babulka, P.** (2007). Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales: de la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne, *Phytothérapie*, 5(3):137-145.
- 19-**Bakli, S.** (2021). Activité antimicrobienne, antioxydante et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales. Biologie : Microbiologie. Sétif : Université Ferhat Abbas de Sétif, 173 p.
- 20-**Bammou, M., Bouhali, E.D.T., Sellam, K., Ibijbijen, J., El Rhaffari, L., Nassiri, L.** (2016). Liquid and vapour-phase bioactivity of *Hertia maroccana* (Batt.) Maire essential oil: an endemic Asteraceae from Morocco. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(3):131-136.
- 21-**Belhacini, F., Anteur, D., Zohra, R.** (2024). Ethnobotanical study of the therapeutic plants of the Beni Haoua region in the wilaya of Chlef (Algeria). *Ethnobotany Research and Applications*, 29:1-15.
- 22-**Belhaj, S., Dahmani, J., Belahbib, N., Benkhnigue, O, El Ibaoui, H, Zidane, L.** (2021). Ethnopharmacological and ethnobotanical investigation of medicinal plants used for the treatment of respiratory tract infections in high Atlas Central Morocco. *Plant Arches*, 21:130-136.
- 23-**Bellakhdar, J.** éd. (2008). Hommes et plantes au Maghreb: éléments pour une méthode en ethnobotanique, Lulu.com., Amazon France, 386 p.
- 24-**Ben Bnina, E., Hammami, S., Daami-Remadi, M., Cheraif, I., Hajjlaoui, H., Ben Jannet, H., Ben Said, M., Mighri, Z.** (2009). Composition and antimicrobial activities of essential oils from the aerial parts and flowers of *Thymus hirtus* W. growing in Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 21(6), 567-572.
- 25-**Ben Hadj Ahmed, S., Sghaier, R.M., Guesmi, F., Kaabi, B., Mejri, M., Attia, H., Laouini, D., Smaali, I.** (2011). Evaluation of anti-leishmanial, cytotoxic and antioxidant activities of essential oils extracted from plants issued from the *leishmaniasis* endemic region of Sned (Tunisia). *Natural Product Research.*, 25:1195-1201.
- 26-**Ben salama, A.** (2012). Les activités anti-oxydantes et inhibitrices de l'enzyme oxydé de Xantine de l'extrait des feuilles de *Hertia cheirifolia*. Thèse de Magister. Univ Ferhat Abbas Sétif-1
- 27-**Beniston, N.T., Beniston, W.S.,** (1984). Fleurs d'Algérie. Entreprise Nationale du Livre (ENL), Alger (Algérie), 359 p.
- 28-**Benjilali, B., Hammouni, M., Richard, H.** (1987). Polymorphisme chimique des huiles essentielles de *thym* du Maroc: caractérisation des composants. *Sci. Aliments*, 7:77-91.
- 29-**Benkiki, N.** (2006). Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes: *Ruta montana*, *Matricaria pubescens* et *Hypericum perforatum*. Thèse de Doctorat. Chimie. Batna. Université El-Hadj Lakhdar de Batna, 198 p.
- 30-**Bezanger-Beauquesne, M., Pinkas, Torck, M., Trotin, F.** (1990). Plantes médicinales des régions tempérées. 2^e éd., Maloine Publishers, Paris, 395 p.

- 31-Biswas, B., Kimberly, R., Fredrick, M., Dwayne, D., Anand, Y. (2013). Antimicrobial activities of leaf extracts of Guava (*Psidium guajava* L.) on two Gram-negative and Gram-positive Bacteria, *Int J Microbiol*, <https://doi.org/10.1155/2013/746165>
- 32-Boudjedjou, L. (2020). Etude de la composition chimique et des activités biologiques des huiles essentielles de quelques espèces endémiques. Thèse de Doctoart es Sciences. Sciences biologiques : Biologie végétale. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif, 139 p.
- 33-Boudjelal, A., HENCHIRI, C., SIRACUSA, L., SARI, M., RUBERTO G. (2012). Compositional analysis and *in vivo* anti-diabetic activity of wild Algerian *Marrubium vulgare* L. infusion. *Fitoterapia*, 83(2):286-292
- 34-Boudjlel, A., HENCHIRI, C., SARI, M., SARRI, DJ., HENDEL, N. (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M'sila (North Algeria): An ethnopharmacolog survey, *Journal of ethnopharmacology*, 148(2):395-402.
- 35-Boukhatem M.N., FERHA T A., KAMELI A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature. *Revue Agrobiologia*, 9(2):1653-1659
- 36-Bouriche, H., Kada, S., Assaf, A. M., Senator, A., Gül, F., Dimertas, I. (2016). Phytochemical screening and anti-inflammatory properties of Algerian *Hertia cheirifolia* methanol extract. *Pharmaceutical Biology*, 54(11):2584-2590.
- 37-Bousmaha-Marroki, L., Atik-Bekkara, F., Tomi, F., Casanova, J. (2007). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. ssp. *eu-ciliatus* Maire from Algeria. *J. Essent. Oil. Res.*, 19(5):490-493.
- 38-Bousselsela, H., Benhouda, A., Yahia, M., Benbia, S., Ghecham, A., Zidani, A. (2012). *In vitro* evaluation of antioxidant and antibacterial activities of extracts of *Hertia cheirifolia*'s leaves. *Natural Science*, 4(11):825-831.
- 39-Branger, A., Richer, M.M., Roustel, S. (2007). Microbiochimie et alimentation. Educagri Edition, Paris, 343 p.
- 40-Brown, G.D., Denning, D.W., Gow, N.A.R., Levitz, S.M., Netea, Mihai G, White, T.C. (2021). Hidden killers: human fungal infections, *Sci. Transl. Med.*, 19,4(165):165rv13
- 41-Bruneton, J. (1993). Huiles essentielles, dans Pharmacologie: phytochimie, plantes médicinales, 2^e éd. édition: Lavoisier, Paris
- 42-Bruneton, J. éd. (2009). Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales. Maison d'édition : Tec & Doc, Paris [en ligne], 1268 p. (page consultée le 12/09/2024). <https://e.lavoisier.fr/produit/32019/9782743019044/pharmacognosie-phytochimie-plantes-medicinales-4e-ed/preview?escape=false#lg=1&slide=0>
- 43-Chermat, S., Gharzouli, R. (2015). Ethnobotanical study of medicinal flora in the North East of Algeria-an empirical knowledge in Djebel Zdimm (Setif). *J. Mater. Sci. Eng.*, 5:50-59.
- 44-Chopra, I., Hesse, L., O'Neill, A.J. (2002). Exploiting current understanding of antibiotic action for discovery of new drugs. *J. Appl. Microbiol.*, 92:4S-15S
- 45-Clevenger, J.F. (1928), *J. Am. Pharm. Assoc.*, 17:345
- 46-Constantin, E., éd. (1996). Spectrométrie de masse, principes et applications, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 280 p.
- 47-Da Silva Sousa, R., Hanazaki, N., Batista Lopes, J., Melo de Barros, R.F. (2012). Are gender and age important in understanding the distribution of local botanical knowledge in fishing communities of the Parnaíba delta environmental protection area. *Ethnobotany Research and Applications*, 10:551-559.

- 48-**Dehkordi, B.C., Esmailifallah, M., Kalantari, R., Benchimol, M., Khamesipour, F.** (2023). Induction of apoptosis by essential oil of *Dracocephalum kotschyi* on *Trichomonas vaginalis*. *Vet. Med. Sci.*, 9(2):1008-1016.
- 49-**Dev S., Narula, A.P., Yadav, S.J.** (1982). Handbook of terpenoids. Vol. 2, CRC Press, Cleveland, Ohio, 2488 p.
- 50-**Djabou, N., Lorenzi, V., Guinoiseau, E., Andreani, S., Giuliani, M.C., Desjobert, J.M., Bolla, J.M., Costa, J., Berti, L., Luciani, A., Muselli, A.** (2013). Phytochemical composition of Corsican *Teucrium* essential oils and antibacterial activity against foodborne or toxi-infectious pathogens. *Food Control.*, 30(1), 354-363.
- 51-**Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N.** (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. 97(4), *Food Chemistry*, 97(4):654-660.
- 52-**El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Amarti, F., Rahouti, M., Aafi, A., Ismaili, R., Farah, A.** (2010). Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. contre les champignons de pourriture du bois. *Acta Botanica Gallica*, 157(2): 285-294.
- 53-**El Yaagoubi, M., Mechqoq, H., El Hamdaoui, A., Mukku, V., El Mousadik, A., Msanda, F., El Aouad, N.** (2021). A review on Moroccan *Thymus* species: traditional uses, essential oils chemical composition and biological effects. *J Ethnopharmacol.*, 278:114205.
- 54-**Elhouiti, F., Benabed, K.H., Tahri, D., Ouinten, M., Yousfi, M.** (2022). Antioxidant and antifungal activities of essential oils from Algerian spontaneous plants against five strains of *Fusarium* spp. *Hellenic Plant Protection Journal*, 15(1):30-39.
- 55-**Fellah, S., Romdhane, M., Abderraba, M.** (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *J. Soc. Alger. Chim.*, 16(2):193-202.
- 56-**Fodil, H.** (2021). Ethnobotanique, composition chimique et activités biologiques des huiles essentielles de quelques espèces de la flore du Hodna (M'sila). Thèse de doctorat 3^e cycle (LMD) : Biodiversité et Ressources Naturelles. M'sila: Université MB de M'sila, 141 p.
- 57-**Figueredo, G.** (2007). Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de doctorat, Université de Blaise Pascal, France
- 58-**Garry R.Ph., Chalchat J.C., Michet, A.** (1992). Liste des substances chimiquement définies identifiées dans les huiles essentielles et extraites. Documentt A: fichier résultats et Document B. Snian, 2^e éd. Paris.
- 59-**Gherairia, N.** (2020). Etude ethnobotanique, caractérisation chimique et activités biologiques des huiles essentielles du genre *Thymus* de la région de Souk-Ahras. Thèse de Doctorat es Sciences, Université Mohamed Cherif Messaadia-Souk Ahras (Algérie), 156 p.
- 60-**Ghorbel, A., Fakhfakh, J., Briudes, V., Halabalaki, M., Fontanay, S., Duval, R.E., Mliki, K., Sayadi, S., Allouche, N.** (2021). Chemical composition, antibacterial activity using micro-broth dilution method and antioxidant activity of essential oil and water extract from aerial part of Tunisian *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(6):1349-1364.
- 61-**Giordani, R., Hadeif, Y., Kaloustian, J.J.K.** (2008). Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 2008; 79:199-203.

- 62-Gomez-Caravaca, A.M., Gomez-Romero, M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutiérrez, A. (2006). Advances in the analysis of phenolic compound in products derived from bees. *J. Phar.Biom. Anal.*, 41:1220-1234
- 63-Gourari, B., Boulaachab, N., Benia, F. (2017). Ethnobotany of massif meridional of the atlas tellian (Djebel Megriss). *Life Sciences Leaflets*, 92: 36-41.
- 64-Guesmi, F., Ben Farhat, M., Mondher, M., Landoulsi, A. (2014). *In vitro* assessment of antioxidant and antimicrobial activities of methanol extracts and essential oil of *Thymus hirtus* ssp. *algeriensis*. *Lipids Health Dis*, 13(1):1-12.
- 65-Guesmi, F., Ben Hadj, A.S., Landoulsi, A. (2017). Investigation of extracts from Tunisian ethnomedicinal plants as antioxidants, cytotoxins, and antimicrobials. *Biom. Envir. Sci.*, 30(11):811-824.
- 66-Guesmi, F., Saidi, I., Bouzenna, H., Hfaiedh N., Landoulsi, A. (2019). Phytochemical variability, antioxidant and antibacterial activities, anatomical features of glandular and aglandular hairs of *Thymus hirtus* Willd. ssp. *algeriensis* Boiss. and Reut. over developmental stages. *South African Journal of Botany*, 127:234-243.
- 67-Harrag, A. (2021). Etude ethnobotanique et pharmacognosique des plantes médicinales de la région de sétif. Biologie : Biologie végétale. Sétif : Université Ferhat Abbas de Sétif, 159 p.
- 68-Harshberger, J.W. (1896). The purposes of ethno-botany. *Botanical Gazette*, 21(3):101-184. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/327316>
- 69-Hendel, N. (2017). Etude Phytochimique et activités biologiques de *Romarinus officinalis* L. et *Thymus ciliatus* (Desf.) de la région de M'sila. Thèse de Doctoart es Sciences. Sciences biologiques : Microbiologie. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif, 115 p.
- 70-Heni, S., Bennadja, S., Djahoudi, A. (2015a). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* growing wild in North Eastern Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(12):56-60
- 71-Heni, S., A. Abdesselam, A., Kermiche, F., Bounadja, S., Djahoudi, A. (2015b). Sensibility of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* to essential oil of *Thymus ciliatus*. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 35(2):263-267.
- 72-Herborne, J.B., Baxter, H., Moss, G.P. éd. (1999). Phytochemical dictionary a hand boock of bioactive compounds from plants, Taylor & Francis, London ; Philadelphia.
- 73-Hopkins, W.G., Evrad, C.M., Rambour, S. (2003). Physiologie végétale, Collection noire, éd de boek, 514 p.
- 74-Houmani, Z., Azzoudj, S., Naxakis, G., Skoula, M. (2002). The essential oil composition of Algerian Zaâtar: *Origanum* spp. and *Thymus* spp. *Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants*, 9(4):275-280.
- 75-<https://www.chemspider.com/AdvancedSearch>
- 76-Iloki-Assanga, S.B., Lewis-Luján, L.M., Lara-Espinoza, C.L., Gil-Salido, A.A., Fernandez-Angulo, D., Rubio-Pino, J.L., Haines, D.D. (2015). Solvent effects on phytochemical constituent profiles and antioxidant activities, using four different extraction formulations for analysis of *Bucida buceras* L. and *Phoradendron californicum*. *BMC Res Notes*, 8(1):1-14.
- 77-Insawang, S., Pripdeevech, P., Tanapichatsakul, C., Khruengsai, S., Monggoot, Nakham, T., Artrod, A., D'Souza, P.E., Panuwet, P. (2019). Essential oil compositions and antibacterial and antioxidant activities of five *Lavandula stoechas* cultivars grown in Thailand. *Chem Biodivers*, 16(10):e1900371.
- 78-Irfan, A., Imran, M., Khalid, M., Sami Ullah, M., Khalid, N., Assir, M.A., Thomas, R., Muthu, S., Raza Basra, M.A., Hussein, M., Al-Sehemi, A.G., Shahzad, M.(2021).

- Phenolic and flavonoid contents in *Malva sylvestris* and exploration of active drugs as antioxidant and anti-COVID19 by quantum chemical and molecular docking studies. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(8):101-277
- 79-**Irfan, S., Ranjha, M.M.A.N., Nadeem, M., Safdar, M.N., Jabbar, S., Mahmood, S., Murtaza, M.A., Ameer, K., Ibrahim, S.A.** (2022). Antioxidant activity and phenolic content of sonication-and maceration-assisted ethanol and acetone extracts of *Cymbopogon citratus* leaves. *Separation*, 9(9):244.
- 80-**Iriti, M., Faoro, F.** (2004). Plant defense and human nutrition: the phenylpropanoids on the menu, *Curr. Top. Nutr. Res.*, 2:47-95.
- 81-**Jamali, C.A., El Bouzidi, L., Bekkouche, K., Lahcen, H., Markouk, M., Wohlmuth, H., Leach, D., A. Abbad, A.** (2012). Chemical composition and antioxidant and anticandidal activities of essential oils from different wild Moroccan *Thymus* species. *Chem Biodivers*, 9(6):1188-1197.
- 82-**Jennings, W., Shibamoto, T.** (1989). Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. Academic Press, New-York, 480 p.
- 83-**Kaabèche, M.** (2013). la flore d'Algérie. Ressource de développement durable ou source de biopiraterie. 1st International Seminar on Medicinal Plants, Health and Environment (SIPMSE' 13), University of M'sila, Faculty of Sciences, Department of Nature and life Sciences in collaboration with Arab Federation of Medicinal and Aromatic Plants. 20-21 October.
- 84-**Kabouche, A., Ghannadi, A., Kabouche, Z.** (2009). *Thymus ciliatus* - the highest thymol containing essential oil of the genus. *Nat Prod Commun*, 4(9):1251-1252
- 85-**Kada, S., Bouriche, H., Senator, A., Demirtaş, I., Özen, T., Çeken Toptancı, B., Kızıl, G., Kızıl, M.** (2017). Protective activity of *Hertia cheirifolia* extracts against DNA damage, lipid peroxidation and protein oxidation. *Pharm Biol.*, 55(1):330-337.
- 86-**Kada, S.** (2018). Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques. Thèse de Doctart es Sciences. Biologie: Biochimie. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif, 158 p.
- 87-**Kayani, S., Ahmad, M., Sultana, S., Khan, Z.** (2015). Ethnobotany of medicinal plants among the communities of Alpine and sub-alpine regions of Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 164:186-202.
- 88-**Kelen, M., Tepe, B.** (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. *Bioresource Technology*, 99(10):4096-4104.
- 89-**Kew.org** (2024). Royal Botanic Gardens, Kew (Site électronique : identification et distribution des espèces dans le monde). <https://powo.science.kew.org>
- 90-**Khadhri, A., Elmokni, R., Smiti, S.** (2013). Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu: *Atractylis gummifera*. *Revue Soc. Sci. Nat.*, 39:44-52.
- 91-**Kholkhal, F.** (2014). Etude phytochimique et activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* ssp *coloratus* et ssp *euciliatus*. Sciences biologiques: Biochimie appliquée. Constantine: Université des Frères Mentouri de Constantine, 94 p.
- 92-**Kpodekon, T.M., Kadoeito, C.B., Farougou, S., Sessou, P., Boniface, Y., Joachim, G., Duprez, J.N., Marjorie B.** (2013). Composition chimique et test d'efficacité *in vitro* des huiles essentielles extraites de feuilles fraîches du basilic commun (*Ocimum basilicum*) et du basilic tropical (*Ocimum gratissimum*) sur *Salmonella enterica* sérotype Oakland et *Salmonella enterica* sérotype Legon. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 35: 41-48

- 93-Kriengkauykiat, Ito J.I., Dadwal, S.S. (2011). Epidemiology and treatment approaches in management of invasive fungal infections. *Clin Epidemiol*, 3:175-191.
- 94-Ksouri, R., Megdiche, W., Falleh, H., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Smaoui, A., Abdely, C. (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*, 331(11):865-873
- 95-Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G., Cadre, J.P. (1994). Biogénèse des monoterpènes. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 1994, 133:79-99.
- 96-Lee, S.O., Choi, G.J. Jang, K.S., Lim, H.K., Cho, K.Y., Kim, J.C. (2007). Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against postharvest and soilborne plant pathogenic fungi. *Plant Pathol J.*, 23(2):97-102.
- 97-Lucchesi, M.E. (2005) : Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat, Université de la Réunion, France, Faculté des Sciences et Technologies.
- 98-Madoui, A., Gehu, J.M. (1999). Etat de la végétation dans la forêt de Boualeb Mont du Hodna, Algérie. *Forêt Méditerranéenne*, 20:162-168.
- 99-Majouli, K., Besbes Hlila, M., Hamdi, A., Kénani, A. (2004). Phytochemical and Pharmacological Properties of *Hertia* L. Genus. *Chem. Biol.*, 8(3):281-286
- 100-Majouli, K., A. Hamdi, K. Msaada, A. Kenani (2016a). A bioactivity guided study on the antibacterial activity of *Hertia cheirifolia* L. extracts. *Microb Pathog*, 1106: 113-118.
- 101-Majouli, K., Hlila, M.B., Hamdi, A., Flamini, G., Jannet, H.B., Kenani, A. (2016b). Antioxidant activity and α -glucosidase inhibition by essential oils from *Hertia cheirifolia* (L.). *Industrial Crops and Products*, 82:23-28.
- 102-Majouli, K., Kenani, A. (2017). Bioactivity of essential oil from *Hertia cheirifolia* L. flowers in the control of bacteria. *Trends in Phytochemical Research*, 1(1):23-26.
- 103-Malaise, F. (2004). Ressources alimentaires non conventionnelles. *Tropicultura*, SPE: 30-36.
- 104-Mamadou, R.S., Moussa, I., Sessou, P., Yehouenou, B., Agbangnan, P.C., Illagouma, A.T. (2014). Etude phytochimique, activités antiradicalaire, antibactérienne et antifongique d'extraits de *Sebastiania chamaelea* (L.) Müll. Arg. *Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 37:10-17
- 105-Marc, F., Davin, A., Deglene-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M., Fritsch, P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments studies of several analytical methods for antioxidant potential evaluation in food. *Med Sci*, 20:458-463
- 106-María de Cortes, S.M., Javier, T. (2016). Mediterranean wild edible plants: ethnobotany and food composition tables. New York: Springer
- 107-Masada, Y. (1995). Analyse of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. Hirokawa Publishing company Inc. Tokyo, Japan, 345 p.
- 108-Matyushchenko, N.V., Stepanova T.A. (2003). Quantitative determination of the total content of flavonoids in the new phytopreparation Elima. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 37(5):261-263.
- 109-Mauric, N. (2008). *Thymus citriodorus* – Thym citron ‘Bertram Anderson’, Jardin l'Encyclopédie. http://nature.jardin.free.fr/1111/thymus_citriodorus.html
- 110-McLafferty, F.W. (2005). Wiley registry of mass spectral data 7th edition with NIST 2005 Spectral Data ISBN 13: 9780471473251
- 111-Meddour, A., Yahia, M., Benkiki N., Ayachi, A. (2013). Etude de l'activité Antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du *Capparis spinosa* L. *Lebanese Science Journal*, 14(1):49-60.

- 112-**Meddour, R., Sahar, O., Ouyessad, M.** (2020). Enquête ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc national du Djurdjura et sa zone d'influence, Algérie - Ethnobotanical survey on medicinal plants in the Djurdjura National Park and its influence area, Algeria. *Ethnobotany Research and Applications*, 46:1-25.
- 113-**Messaoudi, M., Benreguieg, M., Merah, M., Messaoudi, Z.A.** (2019). Antibacterial effects of *Thymus algeriensis* extracts on some pathogenic bacteria. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 41:e48548.
- 114-**Miguel, M.** (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5):291-312.
- 115-**Moon, J.K., Shibamoto, T.** (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *J. Agric. Food Chem.*, 57(5):1655-1666
- 116-**Mootosamy, A., Fawzi Mahomoodally, M.** (2014). Ethnomedicinal application of native remedies used against diabetes and related complications in Mauritius. *Journal of Ethnopharmacology*, 151:413-444
- 117-**Moualek, I., Iratni Aiche, G., Mestar Guechaoui, N. Lahcene, S. Houali, K.** (2016). Antioxidant and anti-inflammatory activities of *Arbutus unedo* aqueous extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(11):937-944.
- 118-**Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., Ghorbani, A.** (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran J Pharm Res.*, 4(2):e128228.
- 119-**National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)** (1999). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. NCCLS approved standard M100-S9. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne.
- 120-**Nebie, B.** (2023). Composition chimique et activités biologiques d'huiles essentielles obtenues par co- distillation de quelques plantes aromatiques du Burkina Faso. Chimie. Université Nazi Boni.
- 121-**NIST 08** (2008). Mass spectral library (NIST/EPA/NIH). Gaithersburg, USA: National Institute of Standards and Technology.
- 122-**Nouasri, A., Krimat, S., Dahmane, D., Ksouri, A., Metidji, H., Dob, T.** (2018). Biological activities and chemical analysis of phenolic and flavonoid components of *Thymus hirtus* Willd. and *Thymus lanceolatus* Desf. extracts. *Phytothérapie*, 16(6):353-364.
- 123-**Noureddine, A., Gherib, A., Bakchiche, B., Antonio, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Cano-Lamadrid, M., Noguera-Artiaga, L.** (2019). Chemical composition, mineral content and antioxidant capacity of phenolic extracts and essential oils of *Lavandula stoechas* L., *Chemical Engineering, Food Industry*, 20(3):423-437.
- 124-**Ounoughi, A., Ramdani, M., Lograda, T., Chalard, P., Gilles, Figueredo, G.** (2020). Chemical composition, antimicrobial activity and chromosome number of *Hertia cheirifolia* L. from Algeria. *Acta Scientifica Naturalis*, 7(2): 31-43.
- 125-**Pavia, L.P., Gary, M.L., George, S.K., Randall, G.E.** (2006). Introduction to organic laboratory techniques. (4th ed.) Thomson Brooks/Cole, 797-817.
- 126-**Que, F., Mao, L., Pan, X.** (2006). Antioxidant activities of five Chinese rice wines and the involvement of phenolic compounds. *Food Research. International.*, 39(5):581-587.
- 127-**Quezel, P., Santa, S.** (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Centre National de la Recherche Scientifique* éd., Paris, Tome 2, 598 p.

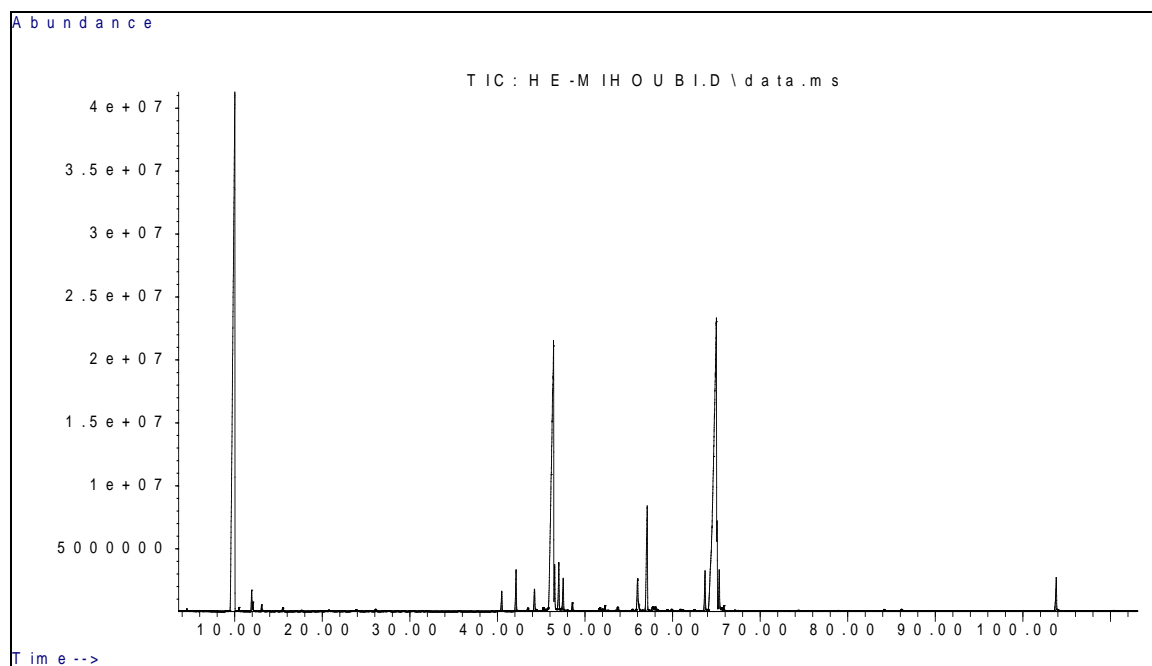
- 128-**Quezel, P., Medail, F.** (1995). La région circumméditerranéenne, centre mondial majeur de biodiversité végétale. *Institut Méditerranéen d'Ecologie et de la Paléoécologie*, France, 152-155.
- 129-**Rahali, N., Mehdi, S., Younsi, F., Boussaid M., Messaoud, M.** (2017). Antioxidant, α -amylase, and acetylcholinesterase inhibitory activities of *Hertia cheirifolia* essential oils: Influence of plant organs and seasonal variation. *International Journal of Food Properties*, 20(2): 1637-1651.
- 130-**Rahali, N., Younsi, F., Boussaid, M., Messaoud, C.** (2020). Chemical variability of *Hertia cheirifolia* (L.) Kuntze essential oils and incidence on antioxidant and anticholinesterase activities. *Journal of Essential Oil Research*, 32(1):48-58
- 131-**Rasooli, I., Bagher Rezaei, M., Allameh, A.** (2006). Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. *Food Control*, 17:359-364
- 132-**Ray, A., Mohanty, S., Jena, S., Sahoo, A., Acharya, L., Panda, P.C., Sial, P., Prasath, D., Nayak, S.** (2021). Drying methods affects physicochemical characteristics, essential oil yield and volatile composition of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 26:100357.
- 133-**Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.** (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10):1231-1237.
- 134-**Reimers, E.A.L., Fernández, E.C., Reimers, D.J.L., Chaloupkova, P., Del Valle, J.M.Z., Milella, L., Russo, D.** (2019). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Papantla, Veracruz, Mexico. *Plants*, 8(8):246.
- 135-**Réseau Africain d'Ethnobotanique** (2000). Bulletin n°2, Aout-2000, 135 p. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-05/010023752.pdf
- 136-**Riahi, L., Chograni, H., Elferchichi, M., Zaouali, Y., Zoghلامي, N., Mliki, A.** (2013). Variations in Tunisian wormwood essential oil profiles and phenolic contents between leaves and flowers and their effects on antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 46:290-296.
- 137-**Sari, M., Boudjelal, A., Hendel, N., Sarri, D.** (2008). Extraction, identification et activités biologiques des principes actifs des plantes médicinales dans la région d'El Hodna. PRFU: F05620080010.
- 138-**Sedjar, A.** (2012). Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier: cas de Djebel Boutaleb. Mémoire de Magister. Biologie végétale: Ecologie. Sétif. Université Ferhat Abbas de Sétif1, pp:3-91.
- 139-**Segueni, N., khadraoui, F., Moussaoui, F., Zellagui, A., Gherraf, N., Lahouel, M., Rhouati, S.** (2010). Volatile constituents of Algerian propolis. *Ann Biol Res*, 1(2):103-7.
- 140-**Segueni, N., Zellagui, A., Boulechfar, S., Derouiche, K., Rhouati, S.** (2017). Essential oil of *Hertia cheirifolia* leaves: chemical composition, antibacterial and antioxidant activities. *Journal of materials and Environmental Sciences*, 8(2):551-556.
- 141-**Seukep, J.A., Fankam, A.G., Djeussi, D.E., Voukeng, I.K., Tankeo, S.B., Noumdem, J.A., Kuete, A.H., Kuete, V.** (2013). Antibacterial activities of the methanol extracts of seven Cameroonian dietary plants against bacteria expressing MDR phenotypes. *SpringerPlus*, 2:363
- 142-**Sharififar, F., Dehghn-Nudeh, G., Mirtajaldini, M.** (2009). Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry*, 112(4):885-888

- 143-**Sharma, A., Rajendran, S., Srivastava, A., Sharma, S., Kundu, B.** (2017). Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. *J. Biosci. Bioeng.*, 123(3):308-313.
- 144-**Sofowora, A.** (2010). Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique, Karthala Editeur, Suisse, 384 p.
- 145-**Sokmen, A., Gulluce, M., Akpulat, H.A., Daferera, D., Tepe, B., Polissiou, M., Sokmen, M., Sahin, F.** (2004) The *in vitro* antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control.*, 15:627-634.
- 146-**Sokovic, M., Marin, P.D., Brkic, D., van Griensven, L.J.L.D.** (2008). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils against human pathogenic bacteria. *Food*, 1(2):220-226.
- 147-**Souadia, A.** (2022). Chemical composition and antioxidant activity of *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. essential oils of Algeria. *Natural Product Communications*, 17(2). <https://doi.org/10.1177/1934578X221080337>
- 148-**Soualeh, N., Soulimani, R.** (2016). Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts. *Phytothérapie*, 14(1):44-57.
- 149-**Sun, J., Jinyan, Y., Shaoxi, H., Xing, L., Jubing, W., Elena, G.G.** (2009). Antioxidant activity of polyphenol and anthocyanin extracts from fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith. *Food Chemistry*, 117(2): 276-281.
- 150-**Tefiani, C.** (2015). Les propriétés biologiques des huiles essentielles de *Curcuma longa*, *Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* ssp. *eu-ciliatus*. Sciences agronomiques: Nutrition et Santé. Mostaganem: Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 177 p.
- 151-**Tefiani, C., Riazi, A., Youcefi, F., Aazza, S., Gago, C., Faleiro, M.L., Pedro, L.G., Figueiredo, A.C., Megias, C., Cortés-Giraldo, I., Vioque, J., Miguel, M.G.** (2015). *Ammoides pusilla* (Apiaceae) and *Thymus munbyanus* (Lamiaceae) from Algeria essential oils: Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and anti proliferative activities. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2):131-139
- 152-**Tepe, B., Daferera, D., Sokmen, A., Sokmen, M., Polissiou, M.** (2005). Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae), *Food Chemistry*, 90(3):333-340.
- 153-**ThePlant List.** (2013). Version 11. Published on the internet. [accessed January 1]. <http://www.theplantlist.org/>.
- 154-**Touhami, A., Chefrou, A., Boukhari, A., Ismail, I.** (2016). Comparative study of chemical compositions and antimicrobial effect of different genius of *Thymus* harvested during two period of development. *J App Pharm Sci*, 6(08):51-56
- 155-**Touhami, A., Chefrou, A., Khellaf, N., Bukhari, A., Fadel, I.** (2017). Phytochemical characterization of the essential oils obtained from mediterranean *Thymus* spp. (Lamiacea) harvested at different stages of growth. *J Pharm Pharmacol*, 5:37-45.
- 156-**Toure, D.** (2015). Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques medicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat, Université Felix Houphoet Boigny, Côte d'Ivoire.
- 157-**Tranchant, J., Arpino, P., Prévôt, A., Serpinet, J., Vergnol, A., Witier, P.** (1955). Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse. 4^e éd. Paris ; Milan ; Barcelone : Masson.
- 158-**Treki A. Merghem, R., Dehimat L.** (2009). Etude phytochimique et evaluation de l'activite antibacterienne d'une Labiee : *Thymus hirtus*. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*. 29:25-29.

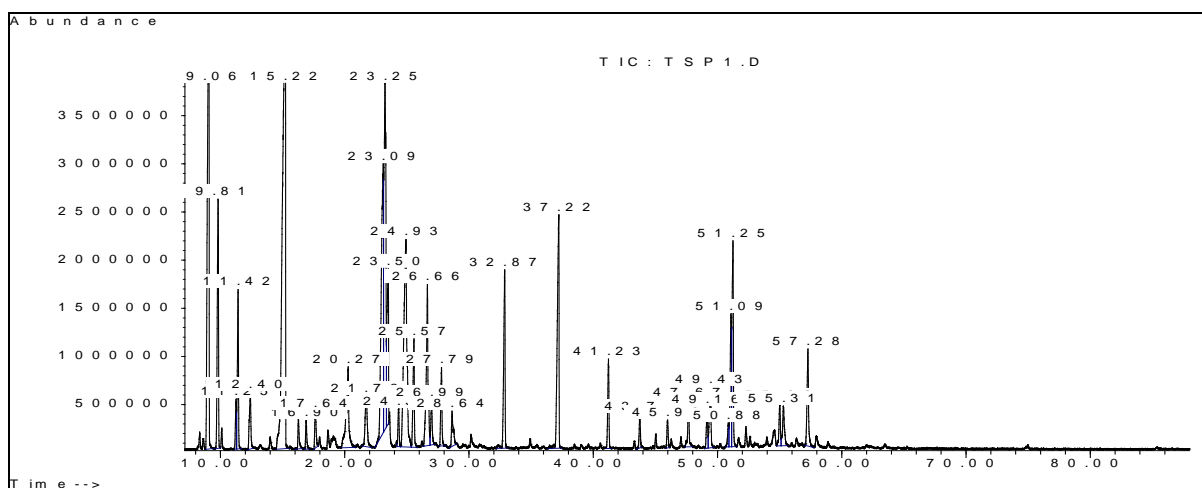
- 159-**Truong, D.H., Nguyen, D.H., Ant Ta, T.A., Bui, V., Ha Do, T., Nguyen, C.** (2019). Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro anti-inflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality*, 9 p.
- 160-**Wang, Z., Ding, L., Li T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., He H.** (2006). Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. And *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *J. Chromatogr. A*, 1102:11-17
- 161-**Waksmundzka-Hajnos, M., Sherma, J., Kowalska, T.** (2008). Thin layer chromatography in phytochemistr. CRC Press, 896 p.
- 162-**Wink, M.** (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1):3-19.
- 163-**Xiao, L., Ting, H., Xiuhuan, W., Meng, S., Xin, Y., Shusheng, F., Le, W., Xiaoping, W., Xiao, X., Hong, S., Gaimei, S.** (2019). Traditional uses, chemical constituents and biological activities of plants from the genus *Thymus*. *Chem. Biodivers.*, 16(9):e1900254
- 164-**Zellagui, A., Gherraf, N., Lahouel, M.** (2012). Drimenin-rich essential oils from *Hertia cheirifolia* growing in Algeria. *Journal of New Technology and Materials*, 2(01):38-40.
- 165-**Zerroug, K.** (2012). Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la wilaya de Sétif. Mémoire de Magister. Biologie végétale : Ecologie végétale. Sétif. Univeristé Ferhat Abbas de Sétif, 44 p.
- 166-**Zhang, Q.W., Lin, L.G., Ye, W.C.** (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: Aa comprehensive review. *Chin. Med.*, 17:13-20.
- 167-**Ziani, B.E.C., Heleno, S.A., Bachari, K., Dias, M.I., Alves, M.J., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R** (2019). Phenolic compounds characterization by LC-DAD-ESI/MSn and bioactive properties of *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. and *Ephedra alata* Decne. *Food Research International*, 116:312-319.
- 168-**Zouari, N., Fakhfakh, N., Zouari, S., Bougateg, A., Karray, A., Neffati, M., Ayadi, M.A.** (2011). Chemical composition, angiotensin I-converting enzyme inhibitory, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of Tunisian *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (Lamiaceae). *Food and Bioproducts Processing*, 89(4):257-265.

Annexes

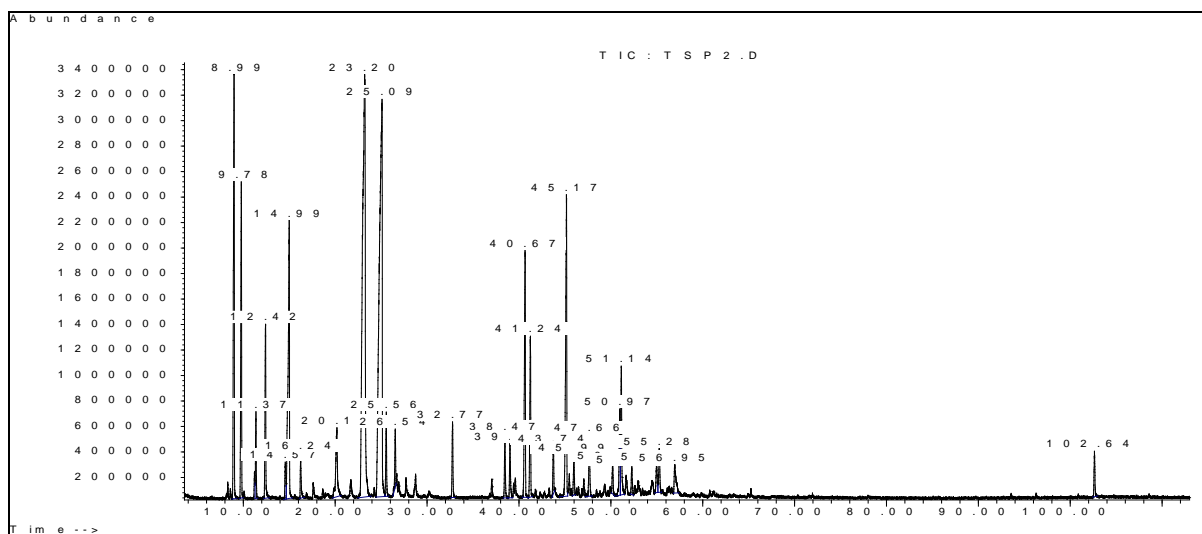
Annexe 1 : Profils chromatographiques des trois espèces



Chrommatogramme de *H. cherifolia*



Chrommatogramme de *T. hirtus*



Chrommatogramme de *T. ciliatus*

Annexe 2 : Terminologie thérapeutique, méthodes de préparation et modes d'administration

Acnés : Affection cutanée qui touche principalement les glandes sébacées, souvent localisée autour des follicules pileux. Elle se manifeste par des boutons, des comédons et parfois des kystes, affectant surtout le visage, le dos et la poitrine. Cette condition peut souvent être accompagnée d'une surinfection.

Adoucissant : Substance qui apaise, réduit les irritations, atténue les inflammations et soulage les douleurs.

Amygdalite : Inflammation des amygdales, qui sont des formations lymphoïdes situées dans le pharynx.

Anémie : Réduction du nombre des éléments sanguins, en particulier des globules rouges. L'anémie est un symptôme pouvant résulter de diverses causes, dont certaines sont graves.

Antiarthritique : Qui agit contre l'arthrite, une inflammation aiguë ou chronique des articulations, pouvant être d'origine bactérienne ou rhumatismale.

Anti-inflammatoire : Qui lutte contre l'inflammation, en réduisant ou en supprimant les signes et symptômes de l'inflammation tels que la douleur, la rougeur, le gonflement et la chaleur.

Antiparasitaires : Qui agit contre les parasites, en les éliminant ou en inhibant leur développement.

Antirhumatismal : Qui soulage ou réduit les douleurs associées aux affections rhumatismales, telles que l'arthrite ou d'autres troubles musculo-squelettiques.

Antispasmodique : Qui aide à soulager ou prévenir les spasmes musculaires, les convulsions, les crampes ou toute autre contraction involontaire des muscles.

Asthme : Trouble respiratoire chronique caractérisé par des difficultés à respirer, notamment des crises de dyspnée expiratoire et de suffocation, souvent causées par une inflammation des voies respiratoires et une constriction des bronches.

Bain de bouche: Solution liquide utilisée pour rincer la bouche, généralement à des fins d'hygiène bucco-dentaire ou de traitement local, comme pour apaiser les inflammations des gencives, traiter les infections buccales ou rafraîchir l'haleine. Il peut être préparé à partir d'infusions, de décoctions, ou de solutions antiseptiques.

Blessures : Lésion du tissu corporel, souvent causée par un traumatisme, qui peut entraîner une plaie, une coupure, une éraflure, une ecchymose ou une fracture.

Brûlure : Lésion des tissus corporels causée par une exposition à une source de chaleur intense, telle que le feu, des liquides chauds ou des objets chauffés.

Calmant : Qui a la capacité d'apaiser, de réduire ou de supprimer la douleur, l'anxiété ou l'excitation nerveuse.

Cataplasme : Préparation pâteuse ou crémeuse, généralement à base de plantes, que l'on applique sur la peau pendant un certain temps. Selon les ingrédients utilisés, un cataplasme peut avoir diverses propriétés : cicatrisante, émolliente (adouçissante pour la peau), ou révulsive (stimulant la circulation sanguine et réduisant les douleurs).

Cholagogue : Terme désignant les substances qui favorisent l'écoulement de la bile, en stimulant la contraction de la vésicule biliaire et en facilitant son évacuation à travers les canaux biliaires. Ces substances sont utilisées pour améliorer la digestion et traiter certains troubles digestifs liés à la bile.

Cicatrisant : Substance qui favorise la guérison des plaies, des contusions et des lésions cutanées en stimulant la régénération des tissus. Ces agents sont utilisés pour accélérer la cicatrisation et réduire les risques d'infection dans les blessures.

Compresse : Pansement constitué de gaze ou de tissu appliqué sur une zone du corps afin de soigner une blessure ou une affection. La compresse est souvent imprégnée de solution médicinale, comme une infusion ou une décoction, et laissée en place pendant un certain temps pour favoriser la guérison, soulager les douleurs ou apaiser l'inflammation.

Décoction : Méthode de préparation d'une infusion qui consiste à faire bouillir des plantes ou des substances végétales dans de l'eau, généralement dans un récipient fermé, afin d'extraire leurs principes actifs. Cette technique est souvent utilisée pour les parties plus dures des plantes, comme les racines, les écorces ou les graines, qui nécessitent un temps de cuisson plus long pour libérer leurs composés.

Dermatose : Terme générique désignant toute affection ou maladie de la peau, qu'il s'agisse de troubles bénins comme des éruptions cutanées ou de maladies plus graves telles que l'eczéma, le psoriasis ou l'acné.

Diabète : Maladie caractérisée par des niveaux élevés de sucre dans le sang, se manifestant par des symptômes comme une forte soif, une augmentation de la production urinaire et parfois des démangeaisons. Il existe plusieurs types de diabète, dont le diabète sucré (type 1 et type 2), le diabète insipide et le diabète bronzé.

Diarrhée : Émission fréquente de selles liquides, souvent accompagnée de crampes abdominales et de malaise.

Digestif : Se dit des substances ou des plantes qui facilitent le processus de digestion en stimulant les sécrétions digestives, en apaisant les troubles gastro-intestinaux, ou en améliorant l'assimilation des nutriments.

Diurétique : Se dit des substances qui augmentent la production d'urine, facilitant ainsi l'élimination des liquides en excès et des déchets du corps. Elles sont souvent utilisées pour traiter des conditions telles que l'hypertension ou les troubles rénaux.

Douleurs : Sensation désagréable et pénible ressentie à différents endroits du corps, pouvant être causée par une multitude de facteurs, qu'ils soient physiques, psychologiques ou liés à une pathologie. Elles peuvent se manifester sous différentes formes, telles que aiguë, chronique, diffuse ou localisée.

Émélique : Substance ou agent qui provoque le vomissement. Utilisé parfois en médecine pour vider l'estomac en cas d'intoxication.

Emplâtre : Préparation thérapeutique semi-solide, généralement composée de graisses, de résines et parfois de cire, qui est modelée pour être appliquée sur une partie du corps. Il est utilisé pour ses propriétés médicinales, comme soulager la douleur ou favoriser la guérison d'une affection cutanée.

Fatigue : Sensation de lassitude ou d'épuisement généralisé, résultant d'un effort physique ou mental prolongé. Elle peut être temporaire ou chronique et résulter de diverses causes, telles que le stress, un manque de sommeil, des troubles de santé ou une surcharge physique. Dans les cas extrêmes, une fatigue excessive peut mener à l'épuisement, pouvant affecter gravement la santé.

Fièvre : Augmentation anormale de la température corporelle, souvent due à une infection ou à une inflammation.

Fumigation : Pratique consistant à exposer une zone ou un individu à des vapeurs ou des fumées provenant de plantes ou de substances spécifiques, dans le but de bénéficier des propriétés thérapeutiques ou purifiantes de ces vapeurs.

Galactagogue : Substance ou plante qui stimule la production de lait chez les femmes allaitantes.

Gaz : Accumulation de substances gazeuses dans l'intestin ou l'estomac, souvent causée par des processus digestifs ou une dégradation des aliments.

Grippe : Infection virale hautement contagieuse, souvent épidémique, caractérisée par une fièvre élevée, des douleurs musculaires, un catarrhe nasal ou bronchique, de la toux, et parfois des maux de gorge.

Hémorroïde : Gonflement ou dilatation des veines situées dans la région de l'anus ou du rectum, souvent causé par une pression excessive sur ces zones. Elles peuvent être internes ou externes et provoquent généralement des symptômes tels que des démangeaisons, des douleurs, des saignements ou une sensation de gêne, particulièrement lors de la défécation.

Hémostatique : Qui favorise l'arrêt des saignements en facilitant la coagulation sanguine.

Hypertension artérielle : Élève la pression du sang dans les artères au-dessus des niveaux normaux, ce qui exerce une pression excessive sur les parois des vaisseaux sanguins.

Hypoglycémiant : Substance ou agent qui aide à réduire la concentration de glucose (sucre) dans le sang.

Hypotenseur : Substance ou agent qui agit pour réduire la pression artérielle.

Ictère : Aussi connu sous le nom de jaunisse, l'ictère se manifeste par une coloration jaune de la peau et des muqueuses, principalement causée par une accumulation excessive de bilirubine dans le sang.

Infusion : Méthode de préparation consistant à verser de l'eau bouillante sur des parties végétales telles que les fleurs et les feuilles.

Inhalation : Méthode thérapeutique où le malade inhale directement les vapeurs dégagées par une plante aromatique, généralement dissoute dans de l'eau presque bouillante.

Insomnie : Trouble du sommeil caractérisé par une difficulté à s'endormir, des réveils fréquents pendant la nuit ou un sommeil de mauvaise qualité.

Laxatif : Substances qui facilitent l'évacuation des selles en stimulant le transit intestinal.

Lithiase : Formation de cristaux ou de calculs (sable, pierres) dans les voies excrétrices d'un organe ou d'une glande, comme les reins, la vessie, ou la vésicule biliaire.

Macération : Méthode de préparation consistant à placer la plante dans un liquide (eau, vin, alcool ou huile) à température ambiante, sans chauffer, et à laisser reposer pendant une période déterminée, généralement une nuit, plusieurs jours, ou même des semaines.

Migraine : Douleur intense, souvent pulsatile, localisée généralement d'un seul côté de la tête. Elle peut être accompagnée de symptômes comme des nausées, des vomissements, et une hypersensibilité à la lumière ou au bruit.

Nausée : Sensation désagréable et souvent accompagnée de malaise, qui précède généralement le vomissement. Elle peut être causée par divers facteurs, tels que des troubles digestifs, des infections, des migraines, ou même des émotions fortes.

Plaie : Lésion ou ouverture dans les tissus corporels, résultant souvent d'un traumatisme ou d'une pathologie. Elle peut être superficielle ou profonde et entraîner une perte de substance, en fonction de son ampleur et de sa gravité.

Pneumonie : Infection ou inflammation des poumons, généralement causée par des bactéries (comme le pneumocoque), des virus, ou parfois d'autres agents pathogènes.

Pommade : Préparation pharmaceutique semi-solide composée principalement de corps gras (comme de la vaseline ou de la lanoline), dans laquelle les principes actifs sont dissous ou dispersés.

Règles : Phénomène physiologique féminin qui se manifeste par des saignements mensuels, en général tous les 28 jours, bien que la durée du cycle puisse varier d'une femme à l'autre (plus long ou plus court).

Rhumatisme : Terme général désignant des affections douloureuses, aiguës ou chroniques, affectant principalement les articulations.

Rhume : Inflammation aiguë des muqueuses nasales, souvent accompagnée de congestion, d'écoulement nasal, de toux et parfois de maux de gorge.

Sédatif : Substance qui apaise l'agitation nerveuse, réduit l'anxiété, et aide à calmer l'excitation excessive du système nerveux.

Spasme : Contraction musculaire involontaire et souvent douloureuse, qui peut affecter non seulement les muscles squelettiques, mais aussi les muscles des organes internes tels que l'œsophage, l'estomac, les intestins, les bronches ou l'utérus. Ces contractions sont généralement intenses mais temporaires.

Teigne : Infection cutanée causée par des champignons, affectant principalement le cuir chevelu, et pouvant entraîner des lésions, des démangeaisons et parfois la chute des cheveux.

Toux : Expiration soudaine et bruyante, souvent accompagnée de vibrations, qui résulte généralement d'une irritation ou infection des voies respiratoires.

Ulcère : Lésion de la peau ou d'une muqueuse caractérisée par la perte de substance, souvent accompagnée de dommages plus ou moins profonds aux tissus sous-jacents.

Vermifuge : Substance ou médicament qui aide à expulser les vers parasites du système digestif, principalement de l'intestin.

Vulnéraire : Qui favorise la guérison des blessures, plaies ou contusions, en aidant à la cicatrisation des tissus endommagés.