

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Mohamed Boudiaf - M'sila



FACULTÉ DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Numéro de série :.....
Numéro d'inscription :.....

Thèse

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT 3^{ème} cycle (LMD)

Spécialité: Sciences Biologiques

Option: Biodiversité et Ressources Naturelles

THEME

**Ethnobotanique, composition chimique et activités
biologiques des huiles essentielles de quelques
espèces de la flore du Hodna (M'sila).**

Présenté Par

Hadjer FODIL

Soutenue le :27/06/2021

Devant le jury composé de:

<u>Nom & Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Qualité</u>
REBBAS Khellaf	Pr.	Univ. de M'sila	Président
SARRI Madani	Pr.	Univ. de M'sila	Encadreur
DAHAMNA Saliha	Pr.	Univ. de Sétif1	Examineur
AKKAL Salah	Pr.	Univ. FM de Constantine1	Examineur
BENDIF Hamdi	MCA	Univ. de M'sila	Examineur
FREIDJA Mohamed Lamine	MCA	Univ. de M'sila	Examineur
HENDEL Noui	MCA	Univ. de M'sila	Invité

Année Universitaire: 2020/2021

ملخص

يساهم هذا العمل في الدراسة الإثنوبوتانية و الكيمائية النباتية و الأنشطة البيولوجية لبعض الأنواع النباتية لمنطقة الحضنة.

من وجهة نظر اثنوبوتانية، مكنت هذه الدراسة من التعرف على النباتات الطبية المستخدمة كأدوية تقليدية في منطقة الحضنة. اعتمدت التقنية المستخدمة على دراسة استقصائية اثنوبوتانية. حددت الدراسة ثلاثة وسبعين (73) نوعًا نباتيًا، اشتمل على سبعة وستين (67) جنسًا و تسعة و ثلاثين (39) عائلة نباتية أكثرها انتشارًا Lamiaceae بـ 12 نوعًا، و Apiaceae بـ 8 أنواع و Asteraceae بـ 5 أنواع. احتل الجزء الهوائي المرتبة الأولى من بين أعضاء النبات المستخدمة. يتم تحضير غالبية العلاجات بطريقة الغلي (43%)، يليها الاشراب (29%). لوحظ أن هذه النباتات تعالج مجموعة متنوعة من الأمراض. تتراوح قيم عامل التصنيف الدولي للأداء من 0.79 إلى 0.89 لفئات الاستخدامات الثمانية المحفوظ بها لهذه الدراسة.

من الناحية الكيمائية النباتية، كانت ثلاثة أنواع نباتية موضوع هذه الدراسة. استخدمت تقنية GC/MS في تحديد التركيب الكيمائي للزيوت الأساسية. يتكون الزيت العطري للأجزاء الهوائية لنبته *Anacyclus monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* من ما مجموعه 97 مركبًا، و وجد أنه غني بـ *trans-chrysanthényle* (9.8%)، و *(E)-β-farnésène* (7.4%)، و *germacrène D* (6.93%) و *myristicine* (4.8%)؛ كما يتركب الزيت الأساسي للأجزاء الهوائية لنبته *Santolina rosmarinifolia* من 82 مركبًا؛ على رأسها الـ *capillène* بـ 32.8%، و *1,8-cinéole* بـ 15.1%، و *β-myrcène* بـ 14.0%. أما الزيت العطري للأجزاء الهوائية لنبته *Helosciadium nodiflorum* فيتكون من 67 مركبًا على رأسها الـ *terpinolène* بـ 32.9% و الـ *myristicin* بـ 10.6% و الـ *myrcène* بـ 6.2% و الـ *limonène* بـ 6.0% و الـ *γ-terpinène* بـ 5.9%. لوحظ أن المستخلصات الإيثانولية للنباتات الثلاث عالية المحتوى البوليفينولي؛ بينما فقط نبته *A. monanthos* كانت عالية المحتوى الفلافونويدي.

فيما يتعلق بالنشاط البيولوجي، فإن كفاءة الـ *A. monanthos* هي الأكثر فاعلية في ارجاع الجذر الحر DPPH. من ناحية أخرى، فإن الزيوت الأساسية لها تأثير ضعيف مقارنة بالمستخلصات. بدت غالبية البكتيريا التي تم اختبارها أكثر حساسية للزيت الأساسي لنبته *A. monanthos*. أما زيت *S. rosmarinifolia* فكان فعالا للغاية و سبب تثبيطًا للفطريات المختبرة، حيث تراوح من 26 إلى 37%، مع تأثير أقصى على *P. expansum* و *Alt. alternata*. أما الفطر *P. expansum* فأظهر حساسية معنوية لزيت *A. monanthos*. من جهة أخرى تمت دراسة فعالية الزيت المضادة للحشرات على الكائن *Tetranychus urticae*

كلمات مفتاحية: الإثنوبوتانية، الزيوت الأساسية، GC/MS، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات و نشاط مضاد للحشرات، *Helosciadium nodiflorum*، *Santolina rosmarinifolia*، *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides*، Hodna.

RÉSUMÉ

Ce travail est une contribution à l'étude ethnobotanique, phytochimique et des activités biologiques de quelques espèces végétales de la région du Hodna.

Sur le plan ethnobotanique, cette étude a permis d'identifier les plantes médicinales utilisées comme pharmacopée traditionnelle dans la région du Hodna. La technique utilisée est basée sur des enquêtes ethnobotaniques. L'étude a identifié soixante-treize (73) espèces, répartis en soixante-sept (67) genres et trente-neuf (39) familles botaniques parmi lesquelles les plus dominantes sont les Lamiaceae (12 espèces), les Apiaceae (8 espèces) et les Asteraceae (5 espèces). La partie aérienne occupe la première place parmi les organes végétaux utilisés. La majorité des remèdes sont préparés par décoction (43%), suivi de l'infusion (29%). On note qu'une grande diversité de maladies sont traitées par ces plantes identifiées. Les facteurs ICF allant de 0,79 à 0,89 pour les huit catégories d'utilisations retenues pour cette étude.

Sur le plan phytochimique, trois espèces ont fait l'objet de cette étude. La technique d'identification utilisée pour l'ensemble des huiles essentielles est la CG/SM. La composition chimique de l'huile essentielle des parties aériennes d'*Anacyclus monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* a dégagé au total 97 composés, l'huile essentielle s'est avérée riche en acétate de *trans*-chrysanthényle (9,8%), (*E*)- β -farnésène (7,4 %), en germacrène D (6,93%) et en myristicine (4,8%). Pour les parties aériennes de *Santolina rosmarinifolia* ; l'analyse de l'HE a conduit à l'identification de 82 composants. Les principaux composants étaient le capillène (32,8%), le 1,8-cinéole (15,1%) et le β -myrcène (14,0%). L'HE des parties aériennes de l'*Helosciadium nodiflorum* a révélé au total 67 composés dont les composants principaux sont le terpinolène (32,9%), la myristicine (10,6%), le myrcène (6,2%), le limonène (6,0%) et le γ -terpinène (5,9%). Les teneurs en polyphénols totaux des extraits éthanoliques (EE) paraissent élevées chez les trois espèces. Celles en flavonoïdes totaux paraissent plus élevée pour l'extrait EM de l'*A. monanthos*.

Sur le plan activités biologiques, L'EE de *A. monanthos* est le plus efficace comme piègeur du radical libre DPPH. Par contre, les HEs ont un effet faible par rapport aux extraits. La majorité des bactéries testées paraissent plus sensibles à l'HE de *A. monanthos*. l'HE de *S. rosmarinifolia* est très efficace et provoque une inhibition mycélienne des moisissures testées, comprise entre 26 et 37%, avec un effet maximal sur *P. expansum* et *Alt. alternata*. Une exception est faite pour le champignon *P. expansum* qui a présenté une sensibilité importante à l'HE de *A. monanthos*. L'efficacité acaricide et ovicide des HEs des trois espèces étudiées contre *Tetranychus urticae* a été étudiée.

MOTS CLES: Ethnobotanique, huiles essentielles, GC/MS, activité antioxydante, activité antimicrobienne et insecticide, *Helosciadium nodiflorum*, *Anacyclus monanthos* bssp. *cyrtolepidioides*, *Santolina rosmarinifolia*, Hodna.

ABSTRACT

This work is a contribution to the ethnobotanical, phytochemical and biological activities study of some plant species of the Hodna region.

From an ethnobotanical point of view, this study made possible the identification of the medicinal plants used as traditional pharmacopoeia in the Hodna region. The technique used was based on ethnobotanical surveys. The study identified seventy-three (73) species, divided into sixty-seven (67) genera and thirty-nine (39) botanical families among which the most dominant are the Lamiaceae (12 species), the Apiaceae (8 species) and the Asteraceae (5 species). The aerial part occupies the first place among the plant organs used. The majority of remedies are prepared by a decoction (43%), followed by an infusion (29%). It is noted that a wide variety of diseases are treated by these identified plants. The ICF factors ranging from 0.79 to 0.89 for the eight categories of uses retained for this study.

Phytochemically, three species were the subject of this study. The identification technique used for the essential oils is the GC/MS. The chemical composition of the aerial parts essential oil of *Anacyclus monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* released a total of 97 compounds, it was found to be rich in trans-chrysanthenyl acetate (9.8%), (E)- β -farnesene (7.4%) , germacrene D (6.93%) and myristicin (4.8%). For the aerial parts of *Santolina rosmarinifolia* ; the analysis of the HE led to the identification of 82 components. The main components were capillen (32.8%), 1,8-cineole (15.1%) and β -myrcene (14.0%). The EO of the aerial parts of *Helosciadium nodiflorum* revealed a total of 67 compounds, the main components of which were terpinolene (32.9%), myristicin (10.6%), myrcene (6.2%), limonene (6.0%) and γ -terpinene (5.9%). The total polyphenol contents of the ethanolic extracts (EE) appear to be high in the three species. The total flavonoid contents appear to be higher for the EM extract of *A. monanthos*.

In terms of biological activities, the EE of *A. monanthos* is most effective as a DPPH free radical scavenger. On the other hand, HOs have a weak effect compared to extracts. The majority of bacteria tested appeared to be more sensitive to the EO of *A. monanthos*. *Santolina rosmarinifolia* EO is very effective and causes mycelial inhibition of the molds tested, ranging from 26 to 37%, with a maximum effect on *P. expansum* and *Alt. alternata*. An exception is made for the fungus *P. expansum* which showed significant susceptibility to EO from *A. monanthos*. The acaricidal and ovicidal efficacy of the EOs of the three species studied against *Tetranychus urticae* was studied.

KEY WORDS: Ethnobotany, essential oils, GC/MS, antioxidant activity, antimicrobial and insecticidal activity, *Helosciadium nodiflorum*, *Anacyclus monanthos* ssp. *cyrtolepidioides*, *Santolina rosmarinifolia*, Hodna.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je souhaite rendre grâce à Dieu, le tout puissant, de m'avoir donné la santé, le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Puis, au terme de cette aventure scientifique aussi passionnante et avant d'exposer le fruit de cinq années d'efforts, il m'est particulièrement agréable en ces quelques lignes de remercier et d'exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation.

J'exprime ma gratitude à Monsieur **Madani SARRI**, Professeur à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila et directeur de thèse pour son encadrement, ces conseils pertinents et son aide précieuse tout au long de ce travail.

Un grand Merci à Monsieur **Khellaf REBBAS**, Professeur à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, président de jury qui a accepté de consacrer son temps en examinant le manuscrit. J'en suis honorée et je lui exprime ma profonde reconnaissance.

Je remercie Madame **Saliha DAHAMNA**, Professeur à l'Université Ferhat Abbas Sétif1, d'avoir acceptée de juger ce travail et de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Je souhaite exprimer également mes remerciements à Monsieur **Salah AKKAL**, Professeur à l'Université des Frères Mentouri Constantine1, qui m'a fait le grand honneur de participer à ce travail.

J'aimerais également exprimer ma gratitude à Monsieur **Hamdi BENDIF**, Maître de Conférences à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour avoir accepté d'être parmi le jury de ce travail.

Je remercie également Monsieur **Mohamed Lamine FREIDJA**, Maître de Conférences à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour avoir accepté d'être parmi le jury de ce travail.

J'aimerais également remercier à Monsieur **Noui HENDEL**, Maître de Conférences à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, d'avoir acceptée de juger ce travail en tant qu'invité et de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

*Je tiens à remercier également Monsieur **Abdelkader CHERIEF**, Docteur à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour son aide et ses encouragements.*

Un remerciement spécial s'adresse aux différents laboratoires et leurs personnels :

- Au Professeur **Giuseppe RUBERTO**, responsable de laboratoire de l'institut de chimie biomoléculaire, Catanie, Italie.

- Au Professeur **Filippo MAGGI**, chercheur à l'école de pharmacie, Université de Camerino, Italie.

- Au Professeur **Roman PAVELA**, chercheur à l'institut de recherche sur les cultures, Prague, Tchèquie.

- A Mr. **Kamel SEGHIRI**, le chef de service des laboratoires du département des Sciences de la Nature et de la vie, je n'oublie pas de témoigner toute ma gratitude aux membres de l'équipe de laboratoire de Microbiologie et de Biochimie.

- A Mr. **Ammar SASSOUI** doctorant et collègue de promotion pour son aide pendant les manipulations de phytochimie, des activités biologiques au laboratoire de Microbiologie et de Biochimie, ses conseils et ses encouragements. Qu'il trouve ici le témoignage de mon estime et l'expression de ma profonde gratitude.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail par un soutien moral ou matériel.

DEDICACES

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, je dédie ce modeste travail,

A mes très chers parents: source de ma joie et secret de ma force, ils étaient et ils vont rester toujours le modèle, grâce à eux je suis ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leur amour, sacrifices et leur soutien tout le long de ma vie.

A mon très cher Mari Mohamed, je lui remercie pour tout le soutien et l'amour qu'il m'a accordé.

A mes très chers petits-enfants : Nidhal et Nazzim qui m'ont porté le bonheur.

A mes très chères sœurs Asma, Iman et Ikhlas.

A toute ma famille, proche ou loins et à mes amies.

A tous qui m'ont enseigné

A tous ceux qui m'aiment

SOMMAIRE

ملخص
RÉSUMÉ
ABSTRACT
REMERCIEMENTS
DEDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE D'ABREVIATION	
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE	
CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE ET APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. MILIEU D'ETUDE	03
I.1.1. Localisation géographique	03
I.1.2. La géologique	03
I.1.3. La pédologique	04
I.1.4. Le climat	04
I.1.5. Flore et végétation	04
I.2. APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE	05
I.2.1. La médecine traditionnelle	05
I.2.2. La Phytothérapie	05
I.2.3. L'aromathérapie	06
I.2.4. Les plantes médicinales	06
I.2.5. Généralités sur lethnobotanique	06
I.2.6. Intérêt de lethnobotanique	07
I.2.7. Méthodes d'évaluation utilisée en ethnopharmacologie	08
I.2.8. Les huiles essentielles	08
I.2.9. Différentes catégories des composés des huiles essentielles	09
I.2.10. Activités biologiques	10
I.2.11. La chromatographie en phase gazeuse (CPG)	12
I.2.12. La spectrométrie de masse (MS)	13
CHAPITRE II : PRESENTATION DES PLANTES ETUDIEES	
II.1. <i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) Koch.	14
II.1.1. Présentation	14
II.1.2. Description botanique	15
II.1.3. Distribution et écologie	15
II.1.4. Utilisations traditionnelles	15
II.1.5. Données bibliographiques pharmacologiques et phytochimiques	15
II.2. <i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	16
II.2.1. Présentation	17
II.2.2. Description botanique	17
II.2.3. Distribution et écologie	17
II.2.4. Utilisations traditionnelles	17
II.2.5. Données bibliographiques pharmacologiques et phytochimiques	18
II.3. <i>Anacyclus monanthos ssp cyrtolepidioides</i> (Pomel) Humphries	19

II.3.1. Présentation	19
II.3.2. Description botanique	20
II.3.3. Distribution et écologie	20
II.3.4. Utilisations traditionnelles	21
II.3.5. Données bibliographiques pharmacologiques et phytochimiques	21

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. ETHNOBOTANIQUE	22
III.2. PHYTOCHIMIE	24
III.2.1. La récolte des espèces	25
III.2.2. Extraction et calcul du rendement	26
III.2.3. Dosage des composés phénoliques	27
III.2.4. La composition chimique des huiles essentielles	28
III.3. ACTIVITES BIOLOGIQUES	30
III.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante	30
III.3.2. Evaluation de l'activité antimicrobienne	33
III.3.3. Evaluation de l'activité antibactérienne	35
III.3.4. Evaluation de l'activité antifongique	37
III.3.5. Evaluation de l'activité insecticide	39

CHAPITRE VI: RESULTATS ET DISCUSSIONS

VI.1. ETHNOBOTANIQUE	41
VI.1.1. Enquête ethnobotanique	41
IV.1.2. Analyse des données	41
IV.1.3. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés	42
IV.1.4. Analyse floristique des plantes médicinales utilisées dans cette étude	43
IV.1.5. Utilisation des plantes médicinales et indications thérapeutiques	46
IV.1.5.1. Organe des plantes médicinales utilisées dans cette étude	50
IV.1.5.2. Mode de préparation de plantes médicinales utilisées dans cette étude	51
IV.1.5.3. Citation des plantes médicinales utilisées dans cette étude	52
IV.1.5.4. Indication thérapeutiques de plantes médicinales utilisées	52
IV.2. PHYTOCHIMIE	53
IV.2.1 Rendement en huiles essentielles	53
IV.2.2 Rendement en extraits	54
IV.2.3 Dosage des composés des plantes étudiées	55
IV.2.4. Etude de la composition chimique des huiles essentielles	56
IV.2.4.1 Composition chimique de l'huile essentielle d' <i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) Koch	56
IV.2.4.2 Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	60
IV.2.4.3 Composition chimique de l'huile essentielle d' <i>Anacyclus monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidioides</i> (Pomel) Humphries	64
IV.3. ACTIVITES BIOLOGIQUES	68
IV.3.1 Evaluation de l'activite antioxydante	68
IV.3.2 Evaluation de l'activite activite antibacterienne	70
IV.3.3 Evaluation de l'activite a ctivite antifongique	73
IV.3.4 Evaluation de l'activite insecticide	76

CONCLUSION	78
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	81
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1: Caractéristiques de la récolte des espèces étudiées.	25
Tableau III.2: Influence des doses sublétales d'huiles essentielles sur l'inhibition de la ponte et de l'éclosion des œufs <i>T. urticae</i> .	40
Tableau IV.1: Profil général des informateurs (N=95 personnes).	42
Tableau IV.2: Liste et morphologie des espèces inventoriées dans cette étude.	43
Tableau IV.3: Plantes à usage traditionnel dans la zone d'investigation	46
Tableau IV.4: Fréquence de plantes médicinales selon la partie utilisée et le mode de préparation.	51
Tableau IV.5: Maladies citées par les informateurs et classées en catégories	52
Tableau IV.6: Rendement des trois espèces étudiées.	53
Tableau IV.7: Caractères organoleptiques et le rendement en extraits organiques.	54
Tableau IV.8: Composition chimique de l'huile essentielle des parties aériennes de <i>H. nodiflorum</i> .	57
Tableau IV.9: Principaux constituants volatils (%) dans les huiles essentielles de certaines espèces de <i>H. nodiflorum</i> et son synonyme <i>A. nodiflorum</i> .	59
Tableau IV.10: Composition chimique de l'huile essentielle des parties aériennes de <i>S. rosmarinifolia</i> L.	61
Tableau IV.11: Principaux constituants volatils (%) des huiles essentielles de certaines espèces de <i>S. rosmarinifolia</i> L. et <i>S. rosmarinifolia</i> L. ssp <i>rosmarinifolia</i> .	64
Tableau IV.12: Composition chimique de l'huile essentielle d' <i>Anacyclus cyrtolepidoides</i> .	66
Tableau IV.13: les valeurs IC ₅₀ (mg/ml) de l'EE et de l'HE des plantes étudiées et du standard BHT dans le test de DPPH (*les valeurs IC ₅₀ de l'HE sont en µl/ml).	69
Tableau IV.14: les valeurs IC ₅₀ (mg/ml) de l'EE et de l'HE des plantes étudiées et du standard BHT dans le test du blanchiment de β-carotène (*les valeurs IC ₅₀ de l'HE sont en µl/ml).	70
Tableau IV.15: Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustarnt l'activité antibactérienne de l'HE (15µl/disque) des plantes étudiées.	71
Tableau IV.16: Concentration minimales inhibitrices (CMI) des HEs des plantes étudiées.	71
Tableau IV.17: Concentration minimales bactéricides (CMB) et levuricide des HEs des plantes étudiées.	72

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : (a) Carte de l'Algérie montrant l'emplacement de la wilaya de M'sila et (b) Carte de la wilaya de M'sila.	03
Figure I.2 : Les paysages géologiques de la zone d'études.	04
Figure I.3: Recensement des usages traditionnels des plantes médicinales auprès des populations.	08
Figure II.1: <i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) Koch.	14
Figure II.2: <i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	16
Figure II.3: <i>Anacyclus monanthos</i> sous espèce <i>cyrtolepidioides</i> (Pomel) Humphries.	19
Figure III.1: Localisation de la zone d'étude.	23
Figure III.2 : Fiche questionnaire.	24
Figure IV.1: Nombre de plantes médicinales par famille botanique.	45
Figure IV.2: Types morphologiques de plantes médicinales utilisées.	45
Figure IV.3 : a,b,c les teneurs en TPT et en TFT des extraits EM, EE, HE des trois espèces étudiées.	56
Figure IV.4: Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des moisissures <i>A. flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>Alt. alternata</i> , <i>P. expansum</i> , provoqué par l'HE des plantes étudiées.	74
Figure IV.5 : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des moisissures <i>A. flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>Alt. Alternata</i> , <i>P. expansum</i> , provoqué par l'HE des plantes étudiées. (AmEE : EE d' <i>A. monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidoides</i> ; HnEE : EE de <i>H. nodiflorum</i> ; HnEM : EM de <i>H. nodiflorum</i> ; SrEE: EE de <i>S. rosmarinifolia</i> ; SrEM: EM de <i>S. rosmarinifolia</i>).	75

LISTE D'ABREVIATION

A.F.N.O.R.: Association Française de NORmalisation

AA : Acide ascorbique

AAI : Activité antiradicalaire

AmEE: *Anacyclus monanthos* Extrait Ethalonique

ATCC: American Type Culture Collection

BHT: Hydroxytoluène Buthylé

CMB : Concentration Bactéricide Minimale

CMI : Concentration minimale inhibitrices

CPG: Chromatographie en Phase Gazeuse

DMSO : Diméthyl sulfoxyde.

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

EES: Extraits ethaloniques

EMs: Extraits méthanoliques

FC: Folin-ciocalteu

FID: Détecteur par Ionisation de Flamme

GN : gélose nutritive

HEs: Huiles essentielles

HnEE: *H. nodiflorum* Extrait Ethalonique

HnEM: *H. nodiflorum* Extrait Methanolique

MH: Mueller Hinton

MHA: Mueller-Hinton Agar

MS: Spectrométrie de Masse

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PDA: Potato Dextrose Agar

SrEE : *S. rosmarinifolia* Extrait Ethalonique

SrEM : *S. rosmarinifolia* Extrait Methanolique

TFT: Teneurs en Flavonoïdes Totaux

TPT: Teneurs en Polyphénols Totaux

UICN: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, les plantes ont formé la base des systèmes de médecine traditionnelle qui existent depuis des milliers d'années et continuent de fournir à l'humanité de nouveaux remèdes (Ameenah, 2006). Les espèces végétales ont été toujours indispensables tant pour l'alimentation et les soins de santé. L'ensemble des services rendus par la biodiversité végétale en font un élément essentiel pour l'humanité. Cela est particulièrement vrai pour les plantes médicinales qui sont largement utilisées par les humains, elles constituent ainsi une richesse culturelle et naturelle propre à chacune des communautés et aux territoires qu'elles occupent (Ghourri *et al.*, 2012).

Les plantes médicinales sont à la fois produit fini destiné à la consommation et une matière première pour l'obtention de substances actives. Elles représentent une source de revenu non négligeable pour de nombreuses populations (Bouزيد *et al.*, 2011). L'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques est rapportée dans les littérateurs antiques arabe, chinoise, égyptienne, hindou, grecque, romaine, en Afrique, le pouvoir thérapeutique des plantes a été connu par nos ancêtres et nos parents de façon empirique (Koffi *et al.*, 2009). En outre, les ressources naturelles constituent la source principale de remèdes pour soigner différentes maladies et infections, et demeure jusqu'à présent la source principale pour l'obtention des nouvelles molécules actives dans le domaine pharmaceutique (Kamasi *et al.*, 2014).

La flore algérienne présente une vaste diversité de 3510 espèces dont 450 espèces sont répertoriées dans les hauts plateaux et le grand sud du pays (Médail et Quézel, 1999). Avec ses milliers d'hectares de forêt et de pâturage, riches en plantes condimentaires et médicinales qui sont encore méconnues et exploitées de façon partisane. En effet, l'utilisation des plantes médicinales et aromatiques pour l'industrie cosmétique et pharmaceutique, ainsi que pour la production alimentaire, reste un domaine vierge en Algérie (Miara *et al.*, 2013).

La valorisation de ces ressources naturelles peut avoir des retombées économiques considérables pour notre pays, en effet, différentes plantes contiennent des huiles essentielles composées de molécules ayant une activité olfactive et à fortes valeurs à ajouter (Fellah *et al.*, 2006). Les huiles

essentielles sont des extraits de plantes aromatiques, elles sont des liquides concentrés en substances et molécules issues du métabolisme végétal. Ces huiles sont hydrophobes et 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.*, 2010).

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation de la zone d'étude selon deux aspects, le premier est l'étude ethnobotanique de quelques localités de la wilaya de M'sila, le second est d'étudier trois espèces de différents biotopes de la région du Hodna comme *Santolina rosmarinifolia*, *Helosciadium nodiflorum* (syn. *Apium nodiflorum*) et *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides*. Cette étude est axée sur la caractérisation des huiles essentielles et les extraits et leurs activités biologiques.

Le présent manuscrit est présenté en deux parties : la première partie enferme deux chapitres, le premier traite le cadre physique et un aperçu bibliographique, le second chapitre présente une monographie des trois espèces retenues pour cette étude. Pour la seconde partie, est subdivisée en deux chapitres dont le premier traite la méthodologie et le second chapitre renferme les 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.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I

CADRE PHYSIQUE

ET

APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE ET APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. MILIEU D'ETUDE

I.1.1. Localisation géographique

La wilaya de M'sila, capitale du Hodna, est située dans la partie centrale du Nord de l'Algérie (Figure I.1). Fondée en 1974 sur le lieu-dit le Hodna (basin versant du Hodna), elle se trouve à 240 Km d'Alger. M'sila s'étend sur une superficie de 18718 km². Elle est limitée au Nord par les wilayas de Sétif, Bordj Bou Arreridj et Bouira, au Sud-est par la wilaya de Biskra, au Sud par la wilaya de Djelfa, à l'Est par la wilaya de Batna et à l'Ouest par la wilaya de Médéa (SOWM, 2020).

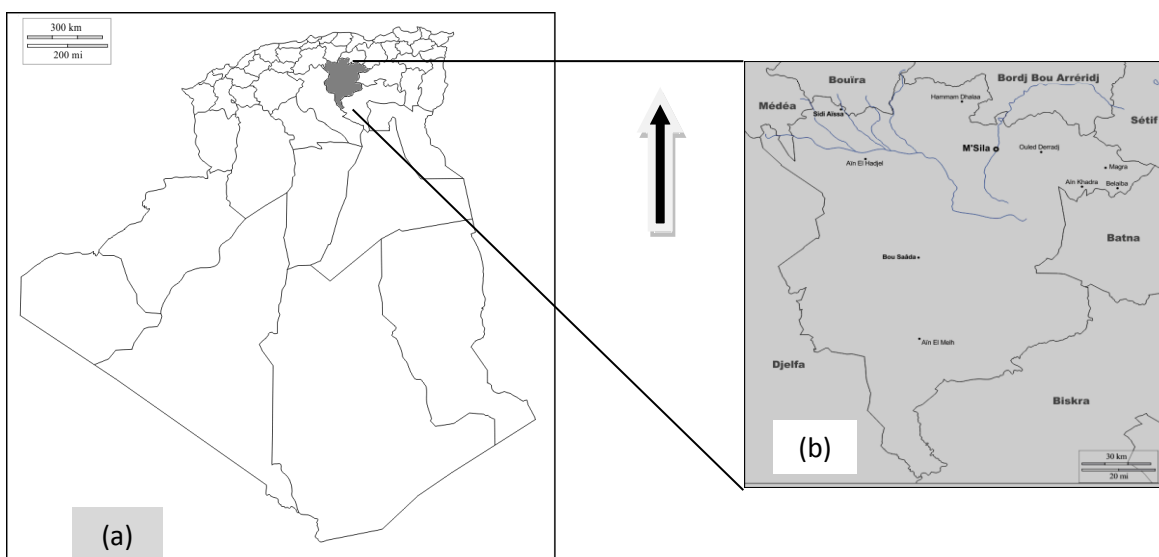


Figure I.1 : (a) Carte de l'Algérie et (b) Carte de la wilaya de M'sila (Adapté de D-maps.com, 2007-2021 et Wikipedia, 2020).

I.1.2. La géologie

La wilaya de M'sila connue sous le nom du Hodna est une plaine creusée au cœur d'une enceinte de montagnes de moyenne ou basse altitude. Une vaste plaine, limoneuse au nord et sablonneuse au sud, occupée dans sa partie la plus basse par la Sebkhia. En général, les paysages qui caractérisent la wilaya sont : Le chott El Hodna qui est une dépression salée de 1000 km² au total et constitue une dépendance où la végétation est quasiment absente. La plaine du Hodna située dans la dépression Hodnénne à une altitude moyenne de 410 mètres, au nord les cultures se font par épandages de crue, au sud moins fertile et les dunes couvrent une bonne partie. Les hautes plaines se trouvent à partir de 500 mètres d'altitude

occupent près de 65% de la surface totale. Au nord, elle est constituée de vaste étendue et au sud sont imbriquées entre les montagnes et en fin les montagnes de l'atlas saharien et atlas tellien (Figure I.2).

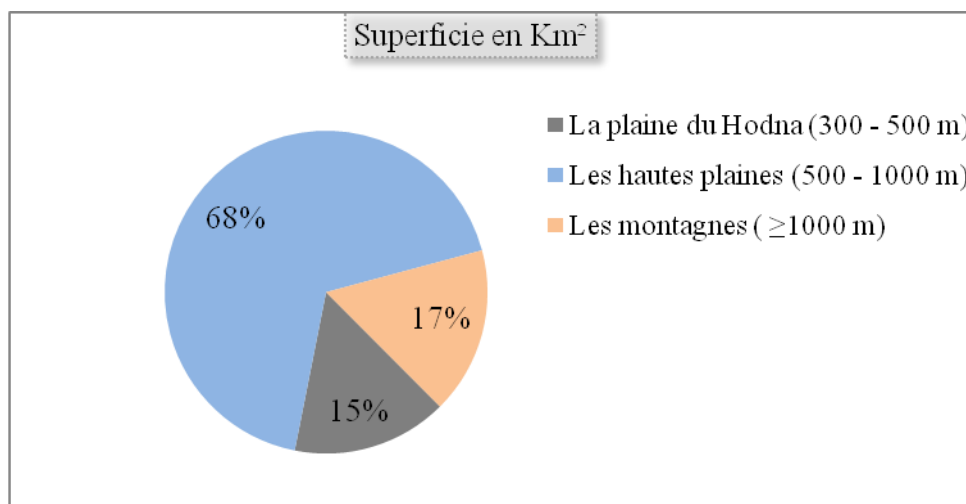


Figure I.2 : Les paysages géologiques de la zone d'étude

I.1.3. La pédologie

Le sol est la couche qui recouvre la roche mère et qui résulte de son altération sous l'effet combiné des agents atmosphériques et biologiques (Ozenda, 1982). Dans la wilaya de M'sila, nous distinguons les différents types de classes qui sont : les sols minéraux bruts, les sols peu évolués (modaux-steppisés) vertique-halomorphe, les sols calcimagnésiques, les sols halomorphes, les sols hydromorphes et les sols iso-humiques.

I.1.4. Le climat

D'une façon générale, le climat de la wilaya est du type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été est très chaud et sec, tandis que l'hiver est froid, avec des précipitations faibles et irrégulières. Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord ; elle reçoit plus de 480 mm par an (Djebel Ech Chouk – région d'Ouanougha) ; quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême-sud de la wilaya et reçoit moins de 200 mm/an.

I.1.5. Flore et végétation

La région d'étude a un aspect écologique unifié représenté par la prédominance de la steppe psamophile et halophile appartenant sur le plan biogéographique au secteur saharien septentrional (Quézel et Santa, 1962). Cette

steppe se localise dans le chott el Hodna qui occupe une superficie de 362.000 hectares dont on recense sur le plan floristique de nombreuses espèces endémiques telles que *Saccocalyx satureioides*, *Arnebia decumbens* et *Linaria laxiflora* et d'autres endémiques Nord africains telles que : *Muricaria prostrata*, *Loncophora capiomontiana* et *Rhanterium suaveolens*. La végétation arbustive et arborée trouve dans la wilaya de M'sila une place très marquante (état abondant, dégradée et moins abondante) surtout dans les zones forestières comme Maadid, Ouanougha, Hamam Dalaa et Djebel Messaad dont on recense les espèces suivantes : le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le genévrier de Phénicie (*Juniperus communis*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le chêne vert (*Quercus ilex*) et le pistachier (*Pistacia lentiscus*). En outre, les surfaces utilisées pour l'agriculture représentent 20% de la surface totale consacrée principalement aux céréales, à l'arboriculture et au maraîchage (FAO, 1966).

I.2. APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.1. La médecine traditionnelle

Les scientifiques définissent la médecine traditionnelle en tant que combinaison globale de connaissances et de pratiques, explicables ou non, utilisés pour diagnostiques, prévenir ou éliminer une maladie physique, mentale ou sociale, et pouvant se baser exclusivement sur l'expérience et l'observation anciennes (Sofowara, 2010).

I.2.2. La phytothérapie

Du grec, « plante », et therapeuein, "soigner", la phytothérapie, c'est l'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques. Ces plantes peuvent être utilisées fraîches ou volontairement séchées (Vaudrauil, 2012).

I.2.2.1. Tradipraticien ou guérisseur

Le tradipraticien ou le guérisseur est une personne qui est reconnue comme compétence par la collectivité dans laquelle elle vit pour dispenser des soins de santé grâce aux substances végétales, animales et minérales, et d'autres méthodes basées sur les connaissances, comportements et croyances liées au bien-être physique, mental et social ainsi qu'à l'étiologie des maladies et des invalidités prévalent dans la collectivité (OMS, 2002).

I.2.2.2. Herboriste

Un herboriste est un professionnel qui vend des plantes médicinales et des préparations à partir de plantes médicinales et ingrédients naturels utilisées comme médicaments. Il fabrique des produits à la demande ou commercialise ses préparations en tant qu'indépendant. Avec une connaissance approfondie dans divers domaines des thérapies naturelles, il peut agir comme consultant en santé et bien-être (Wikipédia, 2020).

I.2.3. L'aromathérapie

L'aromathérapie se définit comme une thérapeutique naturelle utilisant les extraits de plantes aromatiques pour soigner ou prévenir les maladies ; elle s'intègre dans le cadre de la phytothérapie qui, elle, fait appel à toutes les plantes dotées de vertus médicinales, c'est à dire que l'aromathérapie a un double rôle, préventif et curatif (Lardry et Haberkorn, 2007).

I.2.4. Les plantes médicinales

Selon Sofowara (2010), les plantes médicinales sont toutes les plantes qui contiennent une ou plusieurs substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles. Le groupe de l'OMS qui a formulé cette définition affirme également qu'une telle description permet de distinguer les plantes médicinales dont les propriétés thérapeutiques et les composants ont été établis scientifiquement des plantes considérées comme médicinales.

I.2.5. Généralités sur l'ethnobotanique

I.2.5.1. Définitions

Ni inféodée à la botanique, ni tout à fait auxiliaire de l'ethnologie, l'ethnobotanique apporte un regard nouveau sur l'étude de l'une et l'autre des disciplines. Le terme ethnobotany est né sous la plume du professeur américain J.W. Harshberger, botaniste et agro-botaniste, dans un article publié par le Philadelphia Evening telegram le 5 décembre 1886.

Discipline scientifique et paratique, l'ethnobotanique engage des histoires et des enjeux multiples. Tantôt pratique taxinomique consistant à lister des plantes utiles, tantôt recueil de colporteurs, l'ethnobotanique est une science à

part « *la science étudiant les relations réciproques existant entre les hommes et les plantes* ».

L'ethnobotanique est synonyme de l'étude des plantes utilisées par des populations ancestrales, à savoir leur distribution et les voies de cheminement des produits confectionnés avec ces plantes. Elle étudie aussi spécifiquement les aspects culturels des rapports entre divers groupes humains et la flore (Ramade, 1993).

L'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie partagent, avec quelques autres sciences, le rare privilège d'avoir réussi le pari difficile de la pluridisciplinarité. Produits féconds du mariage des sciences naturelles et des sciences humaines, ces deux disciplines renouent, d'une certaine façon, avec la tradition encyclopédiste du siècle des lumières et réintroduisent les civilisations du monde au coeur de la connaissance scientifique. En créant des passerelles avec les savoirs populaires, elles contribuent aussi à la réhabilitation de certains pans essentiels des cultures traditionnelles trop longtemps assimilés à des folklores. De plus, en raison de leur dimension sociétale, elles prennent aujourd'hui une part de plus en plus grande dans les programmes de développement durable, à la faveur du renouveau de l'écologie scientifique et politique (Bellakhdar, 2008).

I.2.6. Interêt de l'ethnobotanique

La plante reste pour l'homme un agent moteur des plus importants dans l'édification des civilisations. Selon Okafor (1998), l'étude ethnobotanique permet l'évaluation du savoir des populations locales et leurs relations avec les plantes, elle fournit des éléments qui permettent de mieux comprendre comment les sociétés anciennes ont inséré le savoir médicinal par les plantes dans leur milieu naturel. Pour Bellakhdar (2008), le but de l'ethnobotanique est d'éviter la perte des savoirs traditionnels. C'est grâce au contexte international marqué par le sommet de RIO, et les recommandations, surtout de l'UICN (2001) et l'OMS, que des stratégies de conservation des plantes médicinales sont en cours d'élaboration par l'ensemble des pays d'Afrique du Nord, dans lesquels diverses actions ont été déjà initiées :

- L'inventaire des plantes médicinales de la flore de chaque pays;
- Le renforcement du réseau des aires protégées;

- La création de jardins botanique jouant un rôle de conservation et d'éducation environnementale en matière des plantes médicinales;
- La mise en place de banques nationales de gènes avec une composante plantes médicinales;
- La valorisation de savoir-faire de la population locale et compléter les informations manquantes;
- La restauration du savoir traditionnel et sa protection de tout risque de perte;
- L'établissement de bases de données propres aux plantes médicinales.

I.2.7. Méthodes d'évaluation utilisées en ethnopharmacologie

Il existe deux méthodes pour l'évaluation qui sont les méthodes de terrain basées sur les enquêtes ethnobotaniques et les méthodes d'évaluation en laboratoire basées sur l'étude toxicologique (toxicité végétale et évaluation) et une deuxième étude pharmacologique (choix des techniques *in vivo* / *in vitro* (Figure I.3) (Serge, 2006).

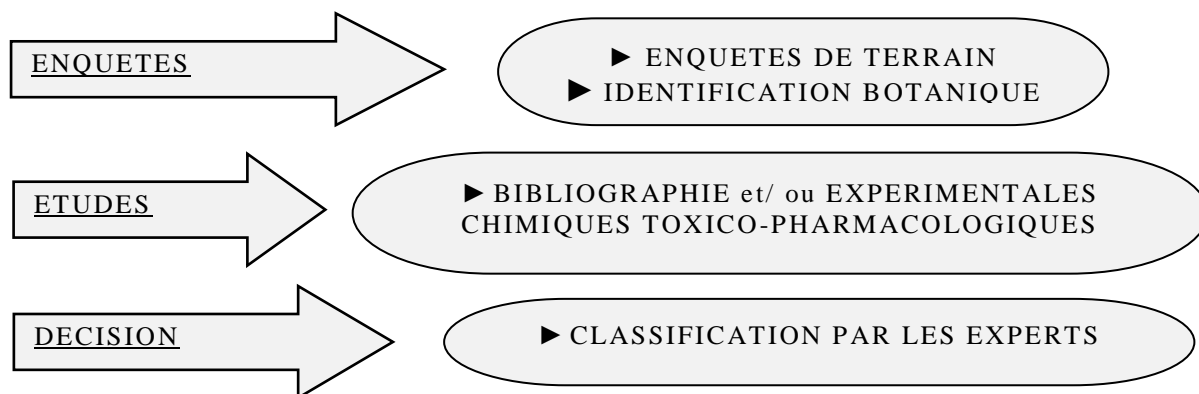


Figure I.3: Recensement des usages traditionnels des plantes médicinales auprès des populations

I.2.8. Les huiles essentielles

I.2.8.1. Définitions

Une huile essentielle selon la pharmacopée est un produit de composition complexe renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux. Selon l'AFNOR, elle désigne un produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés

mécaniques à partir de l'épicarpe des plantes contenant des citrals, soit par distillation sèche (AFNOR, 2010)

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés volatils produits par des organismes vivants et sont isolées souvent par des méthodes physiques (pression et distillation) (Franz et Novak, 2010). Elles sont stockées dans des cellules spéciales (glandes, poils) et peuvent être contenues dans n'importe quelle partie d'une plante (Pengelly, 2004). Etant extraits par distillation, les composants des huiles essentielles doivent être volatils, de poids moléculaire inférieur à 300 Daltons et légèrement hydrophobes (Sell, 2010).

I.2.8.2. Les propriétés des activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été largement utilisées pour leurs propriétés antibactérienne, antifongique et insecticide. Leurs utilisations pharmaceutique et alimentaires sont de plus en plus appréciées comme des alternatives des produits chimiques de synthèse, afin de protéger l'équilibre écologique (Bakkali *et al.*, 2008).

I.2.9. Différentes catégories des composés des huiles essentielles

I.2.9.1. Les terpènes

Les terpènes représentent la famille biochimique la plus répandue des huiles essentielles. Elles sont l'exemple parfait de molécules odorantes non aromatiques. Elles ne sont composées que de carbones et d'hydrogènes.

Constitués à partir d'unités d'isoprènes liées entre elles d'une façon tête queue. Ils sont synthétisés par la voie d'acétate (d'acide mévalonique) (Pengelly, 2004; Bowles, 2003). Les plus répandus sont les monoterpènes, $C_{10}H_{16}$, et leurs dérivés oxygénés tel que les cétones, les aldéhydes, les alcools, les oxydes, ainsi que les hydrocarbures simples (Pengelly, 2004). Les terpènes peuvent, aussi, être présents sous forme de diterpènes, triterpènes et tetraterpènes (C_{20} , C_{30} , et C_{40}), ainsi que sous forme d'hemiterpènes (C_5) et sesquiterpènes (C_{15}); quand les terpènes contiennent des groupements fonctionnels, généralement oxygénés, ils sont appelés "Terpénoïdes" (Cowan, 1999).

I.2.9.2. Les composés aromatiques

I.2.9.2.1. Les phénols

Ce sont des composés chimiques aromatiques avec une fonction hydroxyle. Les phénols sont les molécules aromatiques avec le plus grand coefficient antibactérien et le plus large spectre. Il y a de nombreux composés phénoliques dans les huiles essentielles. Les principaux sont le thymol, le carvacrol et l'eugénol. En outre, Les phénols possèdent une action anti-infectieuse puissante à large spectre d'action avec en particulier une activité antibactérienne, antifongique, antivirale, et antiparasitaire. Ils sont également des stimulants immunitaires, et des antioxydants (Mayer, 2012).

I.2.9.3. Les composés minoritaires

I.2.9.3.1. Les composés hétérocycliques

Constitués par des atomes de carbone arrangés en un cycle, avec soit un atome d'azote ou d'oxygène inclus comme partie du cycle. Ces molécules sont rares dans les huiles essentielles; sont principalement présents dans les huiles essentielles de fleurs comme le Jasmin et le Néroli (Bowles, 2003).

I.2.9.3.2. Les composés soufrés

Ce sont des molécules linéaires contenant des atomes de soufre. Ils ne sont pas des dérivés de terpènes et ils possèdent des odeurs très âcres (Pengelly, 2004; Clarke, 2008).

I.2.10. Activités biologiques

I.2.10.1. Activité antioxydante

Un antioxydant est une molécule qui ralentit ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques à leur contact. L'oxydation fait partie d'une réaction d'oxydoréduction qui transfère des électrons d'une substance vers un agent oxydant (Wikipédia, 2020).

I.2.10.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles sont relativement peu nombreuses et font intervenir en général la coloration ou la décoloration d'un réactif spécifique en présence d'agent antioxydant (huile essentielle). Selon la bibliographie (Oyaizu, 1986 ; Iqbal *et al.*, 2005 ; Hubert, 2006 ; Hussain *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010), les méthodes

les plus utilisées sont celles de la réduction du 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl (DPPH•), de l'inhibition de la peroxydation de l'acide linoléique, de la chélation des métaux et de blanchiment du β -carotène dans l'acide linoléique.

I.2.10.3. Activité antimicrobienne

Un antimicrobien est une famille de substances qui tuent ou ralentissent la croissance des microbes tels les bactéries, les mycètes, les virus, ou les parasites (Wikipédia, 2020).

I.2.10.3.1. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne

Les différents protocoles peuvent être classés selon le milieu dans lequel se fait la diffusion de l'huile essentielle et selon la nature du contact de l'huile essentielle avec le germe. La majorité de chercheurs ont employé une des trois analyses suivantes : diffusion sur disque, dilution d'agar et dilution de bouillon (Burt, 2004). Ces méthodes sont relativement rapides, peu coûteuses et n'exigent pas l'équipement de laboratoire sophistiqué ; cependant, elles ne sont pas sans inconvénients (Wilkinson, 2006).

I.2.10.4. Activité insecticide

Les insecticides sont des substances actives ou des préparations phytosanitaires ayant la propriété de tuer les insectes, leurs larves et/ou leurs œufs. Ils font partie de la famille des pesticides, eux-mêmes inclus dans la famille des biocides (Wikipédia, 2020).

I.2.10.4.1. Méthodes d'évaluation de l'activité insecticide

Les insectes sont le premier modèle biologique qui a été retenu pour l'évaluation. Ils existent plusieurs espèces de plantes utilisées pour ce type de protocole comme : le bruché du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), le pois chiche (*Cicer arietinum*) et la fève (*Vicia faba*). Plusieurs études ont présidé aux *Acanthoscelides obtectus* Say, Bruchidae, Coleoptera. Ce choix, est généralement sur l'insecte cosmopolite, potentiellement ubiquitaire, pouvant infester sa plante hôte (espèces citées auparavant mais beaucoup plus le haricot). Les travaux qui ont été consacrés à son développement physiologique (Labeyrie, 1962), permettent de cerner avec précision les étapes du cycle de reproduction qui sont affectées par les substances toxiques. C'est également un insecte peu fragile et présentant une grande résistance aux insecticides classiques.

I.2.11. La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

▪ Protocol de fonctionnement

La Chromatographie en Phase Gazeuse (C.P.G.) est une méthode d'analyse basée sur l'injection d'un mélange gazeux dans une colonne qui comprend une phase solide stationnaire et un gaz vecteur (phase mobile), généralement de l'hydrogène ou de l'hélium. Ce mélange gazeux est transporté par le gaz vecteur à travers la phase stationnaire. La phase solide permet la séparation des différents constituants du mélange gazeux en fonction des affinités entre la phase stationnaire et ces derniers. La sortie, de la colonne chromatographique, de ces constituants se fera l'un après l'autre avec un certain écart de temps entre eux. La colonne est placée dans un four régulé thermiquement. Cette colonne contient des petits grains d'un solide inerte qui constitue la phase stationnaire.

▪ Gaz vecteur

Le gaz vecteur (phase mobile) c'est un gaz qui circule à l'intérieur du chromatographe et qui joue le rôle de support transporteur du mélange à analyser. Ce gaz vecteur entre au niveau de l'injecteur et va jusqu'à la sortie de la colonne où se trouve un détecteur. Ce dernier peut être de l'hélium, de l'azote, de l'argon ou de l'hydrogène. Son débit est de l'ordre de quelque microlitre par minute.

▪ La colonne

Il existe deux types de colonnes

• **Lacolonne remplie ou à garnissage** : Elle est remplie de granules de support inerte, généralement de la silice. Cette colonne est un tube d'acier inoxydable inerte et bon conducteur de chaleur. Elle a une longueur de l'ordre du mètre (0,5 à 3 mètres) et un diamètre interne de quelques millimètres (3,2 mm ou 6,4 mm).

• **La colonne capillaire** : C'est, généralement, un simple tube d'acier inoxydable, de verre ou de silice fondu inerte. Le diamètre intérieur est faible et compris entre 0,1 et 0,5 mm, mais la longueur est relativement grande. Elle peut aller jusqu'à 100 m. La surface interne de cette colonne est recouverte d'un film de 0,1 à 5 μm d'épaisseur. Ce dernier est mis en place par greffage et est

souvent préféré en raison de sa stabilité thermique. C'est ce film qui joue le rôle de phase stationnaire.

I.2.12. La chromatographie en phase gazeuse (MS)

La spectrométrie de masse est un outil analytique ayant connu un essor important ces quinze dernières années. Il permet de déterminer la masse d'une molécule ou d'une association de molécules. Grâce à sa sélectivité, sa sensibilité et la possibilité de faire des analyses quantitatives rapides et robustes, la spectrométrie de masse joue un rôle important dans plusieurs domaines, tels que la métabolomique et la toxicologie.

Les spectrométries de masse sont de plus en plus performantes, elles offrent de très hautes résolutions et des précisions en masse de plus en plus grandes. La possibilité de couplage avec des méthodes séparatives, telle la chromatographie en phase liquide ou gazeuse, augmente l'efficacité de la spectrométrie de masse (Ducancel et Schneider, 2021).

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE II

PRESENTATION DES PLANTES ETUDIEES

CHAPITRE II : PRESENTATION DES PLANTES ETUDIEES

II.1. *Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch. (Famille : Apiaceae)

- **Synonymie** : *Apium nodiflorum* L.



Figure II.1: *Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch.
(sur terrain : Oued Ksob – M'sila, cliché H. Fodil, juin 2018)

- **Nom vernaculaire** : *Ziyata*

II.1.1. Présentation

L'*Helosciadium nodiflorum* appartient au genre de la famille des Apiaceae. L'*Helosciadium* syn. d'*Apium*, englobe principalement des plantes aromatiques, bisannuelles et pérennes qui poussent jusqu'à un mètre de hauteur dans les zones marécageuses des régions subtropicales et tempérées. Il existe entre 20 à 25 espèces réparties dans les deux hémisphères nord et sud (Dupont et Guignard, 2015). Dans l'hémisphère nord, l'Europe est un centre de diversité, avec quelques espèces se répandant vers l'est en Asie occidentale, et vers le sud en Afrique du Nord et de l'Est. Le genre a une histoire taxonomique complexe, de nombreuses espèces ayant été enlevées au fil des années pour être remplacé plus tard par plusieurs auteurs. L'une des révisions les plus importantes a été adopté par Koch en 1824, qui a transféré toutes les espèces européennes d'*Apium* autre que le type, *A. graveolens*, dans son nouveau décrit le genre *Helosciadium* (Ronse *et al.*, 2010).

II.1.2. Description botanique

Plante vivace de 30 cm à 1 mètre (Figure II.1), glabre, à tiges ascendantes ou couchées, radicales aux nœuds inférieurs, robustes, creuses, striées, rameuses. Feuilles pennatiséquées, à segments ovales lancéolés, inégalement dentés, dépassant les ombelles. Fleurs d'un blanc un peu verdâtre ; ombelles sessiles ou à pédoncules plus courts que les rayons, opposées aux feuilles, à 4-12 rayons ; involucre nul, rarement à 1-2 folioles caduques ; involucre à folioles scarieuses-blanchâtres aux bords, persistantes ; styles étalés, plus longs que le stylopode. Fruit ovoïde varie à tiges grêles de 10-20 cm, ombelles à 3-6 rayons : var. *ochreatum* DC. (Tela Botanica, 2020).

II.1.3. Distribution et écologie

Le genre *Helosciadium* syn. d'*Apium* est largement distribué dans le monde. Il est présent dans toute l'Algérie, poussant au niveau des canaux, des rivières et des lacs (Quézel et Santa, 1963).

II.1.4. Utilisations traditionnelles

L'espèce *Helosciadium nodiflorum* n'est pas mentionnée en médecine traditionnelle algérienne. Dans d'autres pays est bien connu en médecine traditionnelle, est considérée comme tonique (Atzei, 2003), laxative (Viegi *et al.*, 2001), comme un remède contre l'arthrite (El Beyrouthy *et al.*, 2008), un remède contre les dysfonctionnements des voies gastro-intestinales, respiratoires, dépuratif pour le traitement de la toux et de l'inflammation (Vlyssides *et al.*, 2005). En médecine vétérinaire traditionnelle, la plante était utilisée pour éradiquer les parasites (Viegi *et al.*, 2001) et les troubles post-partum (Vlyssides *et al.*, 2005).

II.1.5. Données bibliographiques pharmacologiques et phytochimiques

A notre connaissance, *Helosciadium nodiflorum* n'a pas été étudié auparavant d'un point de vue phytochimique et pharmacologique en Algérie. En revanche, plusieurs travaux sur l'espèce avec la nomenclature *H. nodiflorum* ou *Apium nodiflorum* présentent divers activités biologiques, les huiles essentielles ont une activité antifongique contre les dermatophytes (Maxia *et al.*, 2012) et importent des effets inhibiteurs sur *Helicobacter pylori* (Menghini *et al.*, 2010). Afshar *et al.* (2017) suggèrent que les huiles essentielles de *H. nodiflorum* sont

un larvicide naturel potentiel. Le constituant majeur des huiles essentielles de *H. nodiflorum*, à savoir la myristicine, s'est révélé cytotoxique contre la leucémie humaine K562 et les lignées cellulaires de neuroblastome humain SK-N-SH induisant l'apoptosis (Martins *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2005). En outre, l'huile essentielle d'*A. nodiflorum* est considérée comme anti-*Candida albicans* (Maxia *et al.*, 2012 ; Maggi *et al.*, 2019).

Par ailleurs, une grande diversité de composés chimiques (composés majeur seulement) a été décrite pour *H. nodiflorum* syn. *A. nodiflorum* à savoir : limonène (27,7%), p-cymène (23,06%) et myristicine (18,5%) (Menghini *et al.*, 2010), dillapiol (70,8%), myristicine (29,1%) (Maxia *et al.*, 2012) et phénylpropanoïdes (31,8 à 63,4%), myristicine (24,3 à 63,4%), limonène (7,8 à 42,4%), (Z)- β -ocimène (2,6 à 19,0%), terpinolène (1,5 à 9,9%) et β -pinène (1,0 à 9,6%) (Maggi *et al.*, 2019).

II.2. *Santolina rosmarinifolia* L. (Famille : Asteraceae)

■ Synonymie :/



Figure II.2: *Santolina rosmarinifolia* L.

(sur terrain : Kef Laassel- Hammam Dalaa – M'sila, cliché H. Fodil, avril 2017)

■ Nom vernaculaire : Qeissoum and Jaeda (Quézel et Santa, 1963 ; Baba Aissa, 1999).

II.2.1. Présentation

Le genre *Santolina*, appartenant à la famille des Asteraceae, tribu Anthemideae. Il renferme des sous-arbrisseaux de petite taille, ligneux et rustiques. Il est originaire des terres du bassin méditerranéen occidental. Six principaux taxons et plusieurs sous-espèces et cultivars ont été distingués (Bajaj, 2013). Habituellement, les plantes du genre *Santolina* sont cultivées en Europe du Sud et en Afrique du Nord (Bel Hadj *et al.*, 2017). En zone méditerranéenne, il a été constaté que le genre *Santolina* est caractérisé plus de 10 espèces largement distribuées (Ferrari *et al.*, 2000). Il est constitué par un groupe taxonomiquement complexe dont la classification est périodiquement révisée. Certains espèces du genre *Santolina* sont largement utilisés en médecine populaire (Ferrari *et al.*, 2000).

II.2.2. Description botanique

Espèce dite à feuilles de Romarin. Petit arbrisseau rameux densément feuillé formant des touffes atteignant environ 60 cm de haut. Feuilles alternes, étroitement linéaires, à bords comportant des lobes parfois peu marqués. Fleurs toutes tubuleuses, odorantes, réunies en capitules terminaux, solitaires, hémisphériques, et mesurant environ 1,5 cm de diamètre. Involucre à bractées imbriquées membraneuses. Corolle dentée d'un jaune vif. Cinq étamines, à anthères jaunes formant un tube auteur du style. Fruits akéniens (Beniston et Beniston, 1984).

II.2.3. Distribution et écologie

En Algérie cette espèce n'a pas de sous espèce. L'espèce se localise dans les forêts, des pâturages et les régions montagneuses (Quézel et Santa, 1963).

II.2.4. Utilisations traditionnelles

En Algérie, *S. rosmarinifolia* est largement utilisée en médecine traditionnelle. Elle possède des propriétés stomachique, stimulante, vulnéraire, antispasmodique, tonique et surtout vermifuge contre ascaris et oxyures (Baba Aissa, 1991 ; Baba Aissa, 1999). Au Portugal, les capitules sont préconisées comme antipyrétique, antihypertenseur, hépatoprotecteur et anti-inflammatoire (Sanz *et al.*, 1991). En Espagne, l'infusion des fleurs fraîches ou sèches est

prescrite comme hépatoprotectrice, hypotensive, intestinale, anti-inflammatoire et appétissante (Novais *et al.*, 2004).

II.2.5. Données bibliographiques pharmacologiques et phytochimiques

Il existe une grande diversité dans le genre *Santolina*, aussi bien en termes de composition chimique que d'activités biologiques. Différentes activités biologiques ont été rapportées pour plusieurs espèces du genre *Santolina* : anti-inflammatoire (Sala *et al.*, 2000 ; Cottiglia *et al.*, 2005), antimicrobienne (Macchioni *et al.*, 1999 ; Djeddi *et al.*, 2012) , antivirale (De Logu *et al.*, 2000 ; Valenti *et al.*, 2001), cytotoxique (Bremner *et al.*, 2009) et hépatoprotecteur (El Sharkawy, 2014).

De plus, une grande diversité de composés des huiles essentielles a été caractérisée dans le genre *Santolina*. En Algérie, les principaux composés HE de *S. africana* sont : acénaphthane, calarène, ocimène (Flamini *et al.*, 2007), β -pinène, 1,8-cinéol, myrcène, curcumène, spathuléol (Derouiche *et al.*, 2013) et pour *S. chamaecyparissus* ont enregistré camphre, cubéol, p-cymène, sabinène (Djeddi *et al.*, 2012). En Italie, *S. corsica* se caractérise par les composés majeurs suivants : camphre, bornéol, aromadendrène, muurolène (Poli *et al.*, 1997), myrcène, santolinatriène, β -phellandrène, β -pinène, isolyratol (Liu *et al.*, 2007) et artemisia cétone, β -phellandrène, myrcène, santolinatriène (Rossi *et al.*, 2007). En Roumanie, *S. rosmarinifolia* se caractérise par β -eudesmol, 1,8-cinéole, camphre, bornéol, ar-curcumène (Ioannou *et al.*, 2007) et en fin en Espagne, *S. rosmarinifolia subsp. rosmarinifolia* se caractérise aussi par les composés majeurs suivants : β -phellandrène, β -pinène, limonène, myrcène (Palá-Paúl *et al.*, 2001).

Bien que les études phytochimiques et biologiques sur les espèces de *Santolina* aient suscité un intérêt considérable, certaines lacunes sont encore à noter. Premièrement, la plupart des études visent à évaluer les constituants non polaires des espèces *Santolina* et non à caractériser les composés polaires, tels que les flavonoïdes, identifiés chez *S. insularis* et *S. pinnata*. Deuxièmement, les études se sont principalement concentrées sur quatre espèces de *Santolina*, *S. chamaecyparissus*, *S. insularis*, *S. corsica* et *S. oblongifolia* (Tundis et Loizzo, 2018).

II.3. *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

(Famille : Asteraceae)

■ **Synonymie** : Six synonymes ont été signalés pour *Anacyclus monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* : *Anacyclus alexandrinus* var. *cyrtolepidioides* (Pomel) Durand & Baratte, *Anacyclus alexandrinus* var. *mauritanicus* (Pomel) Batt., *Anacyclus cyrtolepidioides* Pomel, *Anacyclus cyrtolepidioides* var. *cyrtolepidioides*, *Anacyclus cyrtolepidioides* var. *mauritanicus* (Pomel) Batt. ex. Jahand. & Maire et *Anacyclus mauritanicus* Pomel (ThePlant List, 2013).



Figure II.3: *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries (sur terrain : Chott el Hodna – M'sila, cliché H. Fodil, juin 2018)

■ **Noms vernaculaires** : Djerf et Rebina (Quézel et Santa, 1963).

II.3.1. Présentation

L'*Anacyclus* est un genre méditerranéen d'herbes principalement annuelles, appartient à la famille des Asteraceae, comprenant environ 12 espèces réparties principalement dans le Nord Ouest de l'Afrique, mais également présentes dans la région méditerranéenne et particulièrement bien représentée dans les pays du Maghreb (Houicher *et al.*, 2018). Les principaux problèmes taxonomiques du genre sont dus principalement au fait que non seulement plusieurs des espèces sont des mauvaises herbes annuelles extrêmement variables et étroitement liées avec des distributions sympatriques, mais les relations génériques ne sont pas du tout bien connues (Humphries, 1979).

Anacyclus monanthos ssp. *cyrtolepidioides*, est endémique en Afrique du Nord, et représente l'une des six espèces indiquées du genre *Anacyclus* largement réparties en Algérie. *A. monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* est une espèce variable composée de deux sous-espèces, ssp. *monanthos* et ssp. *cyrtolepidioides*, qui semblent très différents les uns des autres, mais sont des taxons frères vicariants se produisant comme un cline en escalier allant de l'Égypte au centre et au sud de l'Algérie (Humphries, 1979).

II.3.2. Description botanique

C'est une plante annuelle (Figure II.3), avec des tiges pratiquement absentes, réduites à une protusion courte, dressée ou rampante sur une racine pivotante élancée. Les Feuilles sont hétéromorphes, en rosette, lorsqu'elles sont présentes pétiolées, avec des segments ultimes minces à parfois larges, charnus, acuminés ; lobes primaires en 4-7 paires opposées ou sous-opposées ; rachis plat, cunéiforme à la base, à nervures proéminentes ; feuilles pédonculées sessiles à pétiolées, bi- ou plus rarement tripinnatisectes, 0-5-4-2 x 0-2-1 -2 cm, lobes primaires en 2-8 paires subopposées. L'inflorescence en cyme, contractée à pédoncules rayonnants rampants ou ascendants, émergeant alternativement, d'une tige centrale réduite; pédoncules parfois contractés pour former une synflorescence centrale de 2-6 capitules ou un seul syncephalum, avec 1-9 branches et 3-6 (-12) capitules terminaux, clairsemés à densément villeux, souvent gonflés et parfois fasciés et tumescents. Les bractées involucrées sur 3 rangées, généralement densément villeuse, généralement verte à brune et effrayante dessus, un peu charnue et épaisse en dessous, avec un sommet acuminé et de fines marges laciniées (Humphries, 1979).

II.3.3. Distribution et écologie

L'*A. monanthos* ssp. *cyrtolepidioides* est endémique en Afrique du Nord. En Algérie, il pousse sur des sols sableux de régions caractérisées par un climat semi-aride ; il est assez fréquent, notamment dans le sous-secteur des hauts plateaux algériens et oranais, les hauts plateaux de Constantin et les régions orientales du Sahara septentrional (Quézel et Santa, 1963). Une nouvelle station a été récemment suggérée dans la région de Hodna (Hd) (Sarri *et al.*, 2018).

II.3.4. Utilisations traditionnelles

A notre connaissance, aucune utilisation traditionnelle particulière de cette plante n'est signalée dans la littérature disponible. Les espèces appartenant au genre *Anacyclus* telles que : *A. pyrethrum*, *A. radiatus*, *A. valentinus*, *A. cyrtolepodioides* et *A. clavatus* sont utilisées en médecine traditionnelle, ont fourni de nombreuses propriétés thérapeutiques tels que la régulation du système immunitaire, l'effet antibactérien, anti-inflammatoire et tonique pour le système nerveux (Usmani *et al.*, 2016). En Tunisie, certaines études montrent que l'huile essentielle de capitules d'*A. cyrtolepodioides* a des activités insecticides et antimicrobiennes (Hammami *et al.*, 2011).

II.3.5. Données bibliographiques, pharmacologiques et phytochimiques

De nombreuses espèces du genre *Anacyclus* tel que *A. pyrethrum*, *A. radiatus*, *A. valentinus*, *A. cyrtolepodioides* et *A. Clavatus*, a fait l'objet de quelques investigations chimiques, signalant la présence de nombreux types de métabolites secondaires à savoir flavonoïdes et de terpénoïdes (Usmani *et al.*, 2016 ; Salles *et al.*, 2013). Parmi les compositions chimiques isolés a partir la parties aérienne de *A. pyrethrum* sont les sesquiterpènes oxygénés et hydrocarbonés (El mokhtari *et al.*, 2020 ; Salles *et al.*, 2013) ; le monoterpénoïdes oxygénés parmi les classes chimiques isole a partir *Anacyclus clavatus* (Aliboudhar et Tigrine-Kordjani, 2014 ; Hammami *et al.*, 2013).

Récemment, un certain nombre d'études se sont concentrées sur les propriétés biologiques de divers extraits du genre tels que les activités antibactériennes (Prokopios *et al.*, 2002 ; Bektes *et al.*, 2004), antivirales (Sínico *et al.*, 2005), antifongiques (Soylu *et al.*, 2005), insecticides (Pascual-Villalobos *et al.*, 1998 ; Soon *et al.*, 2003).

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODE

Dans le but de valoriser la flore de la région du Hodna une stratégie est adoptée pour réaliser ce doctorat. Notre choix est axé sur trois volets à savoir des études sur : l'ethnobotanique, la phytochimie (huiles essentielles et extraits) et les activités biologiques (antioxydante, antimicrobienne et insecticide).

III.1 : ETHNOBOTANIQUE

Pour réaliser des enquêtes ethnobotaniques variées d'une zone à une autre dans la région d'étude, nous avons mené deux types de relevés : un relevé d'enquête ethnobotanique et un relevé floristique. De ce fait, les informations sont obtenues d'une façon générale par la méthode d'échantillonnage subjectif (Sari *et al.*, 2013) en posant des questions directes aux informateurs interviewés (guérisseurs, herboristes et connaisseurs). Les enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées à l'aide de 266 fiches questionnaires durant la période 2016-2017 au niveaux des régions suivantes (Figure III.1) : M'sila ville, Maadid, M'Cif, Ouanougha, Hammam Dalaa, Bou Saada, Ouled Mansour, Mtarfa, Berhoum, Sidi Aissa, Ain El Hadjel, Souamaa, Ouled Madhi, El Hamel et Chellal couvrant un territoire d'une superficie totale de 4194 km². Les informations fournies, ont été notées régulièrement sur des fiches d'enquêtes (Figure III.2), ces dernières regroupent deux ensembles d'informations concernant l'informant et la végétation. La collecte des informations, nous a permis d'avoir des renseignements sur la partie utilisée et le mode de préparation des plantes médicinales utilisées, les noms vernaculaires, les types de maladies traités dans la région. La détermination des espèces végétales récoltés sur le terrain ou achetés auprès des herboristes, a été faite au laboratoire de botanique du département des sciences de la nature et de la vie, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, à l'aide des herbiers, des catalogues et des flores disponibles tels : Quézel et Santa (1962 et 1963), Ozenda (1980).

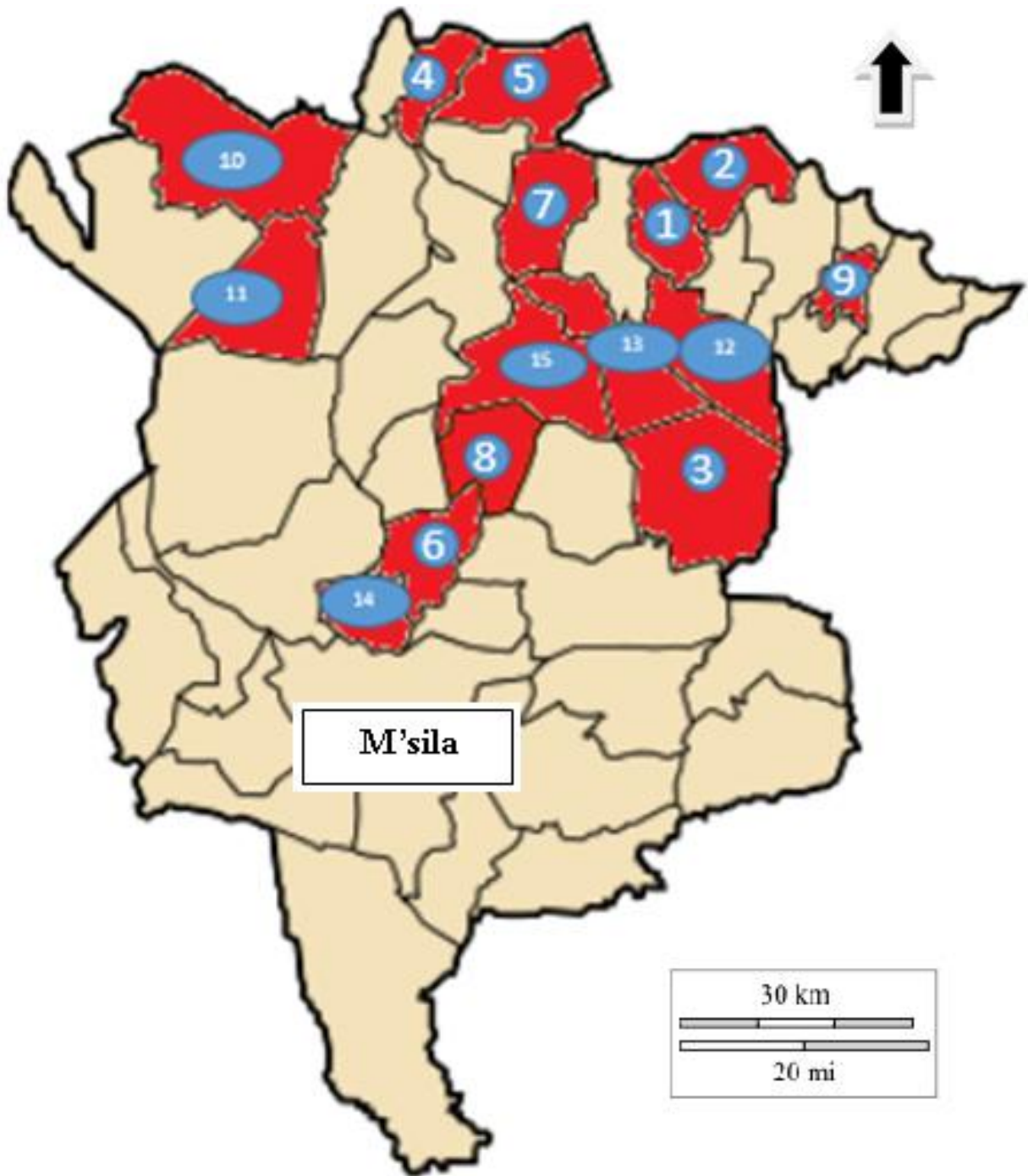


Figure III.1: Localisation de la zone d'étude à travers la wilaya de M'sila (en rouge les sites d'enquêtes ethnobotaniques contenant chacun le nombre de fiches questionnaires)

FICHE QUESTIONNAIRE N° : ...

SECTION A

Date	Lieu	Sexe		Niveau d'instruction					Informateurs		
		M	F	Analphabète	I ^{aire}	Moyen	II ^{aire}	Universitaire	Herboriste	Guérisseur	Connaisseur

SECTION B

	Nom Botanique	Nom commun					Noms : Arabe / Berbère / Targui ou autre			
Utilisation (type de maladie 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
Plante associées			
Utilisation (type de maladie = thérapeutique) NB : Recettes (mode, période, quantité, nature)			

Figure III.2 : Fiche questionnaire (Sari *et al.*, 2008)

III.2 : PHYTOCHIMIE

Dans ce travail, nous avons étudié trois espèces : *Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch. = *Apium nodiflorum* (L.) Lag., *Santolina rosmarinifolia* L. et *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries qui poussent spontanément dans la région du Hodna, pour une analyse phytochimique (caractérisations des huiles essentielles et des extraits).

III.2.1 : La récolte des espèces

Les espèces sélectionnées pour cette étude ont été récoltées dans trois différents biotopes de la région du Hodna (Tableau III.1), elles ont été nettoyées et séchées à l'abri de la lumière. Après le séchage, les échantillons ont été récupérés et conservés dans des sacs en papier jusqu'au moment d'extraction. L'identification botanique des trois espèces a été faite par le Dr. Djamel SARRI enseignant chercheur au département des Sciences de la Nature et de la Vie.

- ***Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch.**

La plante entière a été récoltée dans un milieu aquatique "Oued Ksob", situé à 10 Km au nord de la ville de M'sila, durant la période d'avril 2017 jusqu'au juin 2018.

- ***Santolina rosmarinifolia* L.**

La partie aérienne a été récoltée dans les montagnes de la région de Hammam Dalaa, située au nord-est de la wilaya de M'sila (29 Km du chef-lieu) durant la période d'avril 2017 jusqu'au juin 2018.

- ***Anacyclus monanthos ssp cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries**

La partie aérienne a été récoltée dans la région de Chott El Hodna, située au sud de la wilaya de M'sila (80 Km de chef-lieu), durant la période du mois de mars 2017 jusqu'au mois de juin 2018.

Tableau III.1 : Caractéristiques de la récolte des espèces étudiées

Espèces	Station	Altitude (m)	Latitude (N)	Longitude (N)	Etage bioclimatique
<i>Helosciadium nodiflorum</i>	Oued Ksob	599	35° 50' 24"	4° 34' 14"	Semi aride
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	Hammam Dalaa	772	35° 55' 41"	4° 22' 28"	Semi aride
<i>Anacyclus monanthos ssp cyrtolepidioides</i>	Chot El Hodna	394	35° 18' 00"	4° 40' 00"	Semi aride

III.2.2: Extraction des HEs et les extraits

L'huile essentielle a été extraite par procédé d'hydrodistillation (appareil de type Clevenger), au niveau du laboratoire de Biochimie du département de Microbiologie et Biochimie, faculté des Sciences et de l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila. Pour cela, 100g des organes ciblés (partie aérienne, plante entière, feuille) des trois espèces étudiées préalablement séchées à l'ombre ont été broyées puis mises dans un ballon avec une quantité d'eau distillée, le ballon a été par la suite porté à ébullition sur un chauffe ballon de 2 litre pendant 3h. Les huiles essentielles entraînées par la vapeur se dirigent vers un réfrigérant ou elles subissent une condensation donnant naissance à deux phases; une phase organique et une phase aqueuse. L'huile essentielle obtenue a été déshydratée par le sulfate de sodium anhydre puis gardée au réfrigérateur à 4°C et à l'obscurité (Willem, 2002).

Différents extraits ont été préparés à partir de trois plantes séchées par l'emploi des solvants organiques de polarité déférente (l'éthanol et le méthanol). L'extrait méthanolique et éthanolique de chaque espèce végétale a été procédée selon la méthode décrite par (Motamed et Naghibi, 2010). Une quantité de 30g de la partie aérienne de la plante est mise à macérer dans 300 ml de solvant organique (méthanol / éthanol) sous agitation pendant 24 heures, à l'abri de la lumière et à températures ambiante, le mélange obtenu est ensuite filtré sur papier filtre (Wattman N°1). L'extrait récupéré par la filtration est soumis à une évaporation du méthanol et éthanol sous pression réduite à 45°C dans un rota vapeur. La solution obtenue est séchée pour obtenir une poudre brune foncée à 40°C dans l'étuve. Enfin l'extrait sec a été récupéré, pesé, étiqueté et conservé à 4°C jusqu' à son utilisation.

III.2.2.1 : Calcul des rendements des huiles essentielles et les extarits

- Calcul du rendement des huiles essentielles (HEs)

Le rendement est définit comme étant le rapport entre la quantité d'huile essentielle récupérée et la quantité de la matière végétale sèche traitée (AFNOR, 1986), il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$R = P_b / P_a \times 100$$

Sachant que :

- **R** : rendement de l'huile essentielle
- **P_b**: poids de l'huile essentielle récupérée en gramme
- **P_a**: poids de la matière végétale sèche en gramme

- Calcul de rendement (extraits)

Le rendement d'extraction exprimé en pourcentage (%), est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait est la masse de la plante sèche en poudre, il est calculé par la formule suivante (Mahmoudi *et al.*, 2013) :

$$R = M_{\text{extrait}} / M_{\text{échantillon}} \times 100$$

Sachant que :

- **R en (%)** : rendement en pourcentage
- **M_{extrait}** : Masse en gramme d'extrait sec après l'évaporation du solvant
- **M_{échantillon}** : Masse en gramme du matériel végétal utilisé

III.2.3: Dosage des composés phénoliques

• Polyphénol totaux

Le protocole utilisé par notre laboratoire est inspiré de celui de Tajini *et al.* (2020), avec quelques modifications. Le Folin-ciocalteu (FC) est une solution d'acide contenant des ions complexes polymériques issus d'un mélange de l'acide phosphotungstate ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide dephosphomolybdate ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Ce dosage est une estimation rapide de la teneur en polyphénols totaux. Le caractère réducteur des composés phénoliques et leur complication possible avec les métaux lourds contenus dans l'agent oxydant et qui conduisent à la formation d'un complexe bleu à une longueur d'onde de $\lambda = 760$ nm.

La détermination de la teneur en polyphénols totaux des HEs, des EMs et des EEs, se fait par spectrophotométrie (Atere *et al.* 2018) ; dans des tubes à essais un volume de 0,1 ml (1 mg/ml), de chaque échantillon en solution, a été introduit avec un volume de 0,9 ml de l'eau distillée et 0,2 ml de réactif FC, le mélange résultant a été vortexé et incubé. Après 5 minutes de repos, 1ml d'une solution de carbonate de sodium à (7% poids / poids) a ensuite été ajouté et la solution résultante qui a été complétée à 2,5 ml avec de l'eau distillée. Le mélange obtenu a été incubé pendant 90 minutes à une température ambiante. La lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 750 nm contre un

blanc, à l'aide d'un spectrophotomètre. La courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle pour le standard (acide gallique) en gardant les mêmes conditions opératoires (El-haci *et al.*, 2012). Les résultats obtenus sont exprimés en µg équivalent d'acide gallique par mg d'extrait (µg EAG/mg d'extrait).

• **Flavonoïdes totaux**

Pour ce dosage, nous avons utilisé le protocole de Meda *et al.* (2005) avec quelques modifications. La teneur en flavonoïdes totaux des HEs, des EMs et des EEs pour les plantes d'étude a été déterminée en utilisant le réactif de trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Celui-ci forme un complexe stable de couleur jaune avec les groupements hydroxyles des flavonoïdes et absorbe à une longueur d'onde maximale de 415 nm.

En Bref, on introduit dans un tube à essai un volume de 0,6 ml de AlCl₃ à 2% dans du méthanol. Ce volume est mélangé avec le même volume d'échantillon 0,6 ml (à différentes concentrations). Après agitation, le mélange est incubé à température ambiante pendant 10 min et la lecture est effectuée à une longueur d'onde de 415 nm contre un blanc composé d'une solution AlCl₃ et de 0,6 ml avec 0,6 ml de méthanol. La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée en utilisant une courbe standard réalisée avec de la quercétine (0-50 mg/l) comme standard. Les résultats sont exprimés en µg équivalent de quercétine par mg de d'extrait (µgEQ/mg d'extrait)

III.2.4: La composition chimique des huiles essentielles

L'analyse et l'identification des huiles essentielles ont été procédées par chromatographie en phase gazeuse à ionisation de flamme, et couplée à la spectrométrie de masse au niveau des laboratoires de : l'institut de chimie biomoléculaire de Catane (Italie) pour *Santolina rosmarinifolia* et l'école de pharmacie, Université de Camerino (Italie) pour *Helosciadium nodiflorum* et *Anacyclus monanthos ssp cyrtolepidioides*.

• **Cas de *Santolina rosmarinifolia* L.**

- Analyse et identification par CG-MS

La séparation et l'analyse des composants des huiles essentielles de *Santolina rosmarinifolia* L. ont été réalisées sur un chromatographe en phase

gazeuse Hewlett-Packard modèle 5890, équipé d'un détecteur à ionisation de flamme, une analyse par chromatographie en phase gazeuse (CG) a été réalisée (FID). Des analyses de CG-FID ont été effectuées dans les conditions analytiques suivantes: colonne capillaire ZB-5 (30 m x 0,25 mm d.i. x 0,25 µm d'épaisseur de film); l'hélium comme gaz vecteur; injection en mode divisé (1:50); 250 et 280°C comme températures d'injecteur et de détecteur, respectivement. Une température de four programmée (40°C à 300 à 2°C / min) a été appliquée. Sur le même chromatographe en phase gazeuse, la chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (CG-MS) a été réalisée en relation avec un spectromètre de masse Hewlett-Packard (modèle 5971A), énergie d'ionisation 70eV, température de la source d'ions 180 ° C, les données de spectre de masse ont été collectées sur le mode de balayage dans la plage m/z 40-400. Les constituants volatils individuels ont été identifiés par comparaison de leurs indices de rétention identiques avec ceux des composés connus d'après les données de la littérature (Adams, 2007). En outre, l'identification chimique a été confirmée par correspondance informatique des données spectrales MS avec celles stockées dans la bibliothèque Wiley 275 et la comparaison des modèles de fragmentation avec ceux rapportés dans la littérature.

•**Cas de *Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch. et *Anacyclus monanthos* sous espèce *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries**

-Analyse et identification par CG-MS

La séparation et l'analyse des composants des huiles essentielles *Helosciadium nodiflorum* et *Anacyclus monanthos* sous espèce *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries ont été réalisées sur un chromatographe en phase gazeuse Agilent 6890N couplé à un spectromètre de masse 5973N et équipé d'un HP-5 MS (5% phénylméthylpolysiloxane, 30 m, 0,25 mm id, épaisseur de film de 0,1 µm; colonne capillaire J & W Scientific, Folsom). Le programme de température utilisé était le suivant: 5 min à 60°C puis 4°C / min jusqu'à 220°C, puis 11°C min⁻¹ jusqu'à 280° C, maintenu pendant 15 min. Températures de l'injecteur et du détecteur: 280°C; gaz vecteur: He; débit: 1 ml/min; rapport de division: 1:50; plage de masse d'acquisition: 29 - 400 m/z; mode: impact d'électrons (EI, 70

eV). L'huile essentielle a été diluée à 1: 100 dans du n-hexane, puis 2 µl de la solution ont été injectés dans le système CG-MS. Pour l'identification des composants des huiles essentielles, une co-injection avec les normes ci-dessus a été utilisée, ainsi que la correspondance des indices de rétention et des spectres de masse par rapport à ceux se produisant dans les bibliothèques ADAMS, NIST 08 et FFNSC2 (Adams, 2007, NIST 08, 2008, FFNSC2, 2012). La semi-quantification des composants des huiles essentielles a été réalisée par normalisation de la zone de pic en considérant le même facteur de réponse pour tous les composants volatils. Les pourcentages étaient la moyenne de trois analyses chromatographiques.

III.3 : ACTIVITES BIOLOGIQUES

III.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante

Les différentes méthodes utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante existante dans la littérature basée sur la mesure de l'activité de piégeage des radicaux des composés antioxydants souffrent des difficultés rencontrées dans la formation et la stabilité des radicaux colorés (Apak *et al.*, 2005). Dans notre étude, L'activité antioxydante *in vitro* des huiles essentielles des espèces retenues et des extraits (EM et EE) a été évaluée par deux méthodes chlorométriques complémentaires à savoir : le piégeage du radical libre DPPH et blanchissement de β-carotène et les résultats sont comparés aux étalons de référence hydroxytanie BHT.

a- Test du piégeage de radical libre DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl)

Le test DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl), l'un des méthodes les plus utilisées dans le monde entier dans la quantification de l'activité de piégeage des radicaux libres. La réaction de ce réactif est reposée sur la diminution de la couleur qui se produit lorsque l'électron impair de l'atome d'azote dans DPPH "est réduit en recevant un atome d'hydrogène provenant de composés antioxydants. Le DPPH est un radical libre stable, il est très sensible à la lumière, à l'oxygène, au pH et au type de solvant utilisé (Scherer et Godoy, 2009). Dans ce test les antioxydants réduisent le DPPH ayant une couleur violette en un composé jaune, dont l'intensité de la couleur est inversement

proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Talbi *et al.*, 2015; Hendel *et al.*, 2016).

Afin d'évaluer l'activité anti-radicalaire des HEs, des EMs et des EEs de trois plantes d'étude nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) stable comme réactif et qui a été réalisé selon le protocole cité par (Kelen et Tepe, 2008). Un volume de 50µl de différentes concentrations des solutions méthanoliques des HEs, des EMs et des EEs est mélangé avec 5 ml d'une solution de méthanol à 0,004% de DPPH. Après une période de 30 minutes d'incubation à température ambiante à l'abri de la lumière, La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à une longueur d'onde 517nm. L'inhibition des radicaux libres DPPH en pourcentage (I%) a été calculée de la manière suivante :

$$I(\%) = \frac{(A_{\text{contrôle}} - A_{\text{échantillon}})}{A_{\text{contrôle}}} \times 100$$

Où :

I(%) : le pourcentage d'inhibition
A_{contrôle} : l'absorption de contrôle négatif
A_(échantillon) : l'absorbance du composé d'essai d'huile ou d'extrait

Les valeurs des concentrations des échantillons fournissant pour inhiber ou réduire 50% (IC₅₀) ont été calculées à partir de l'algorithme de régression linéaire du pourcentage d'inhibition tracé par graphique en fonction de la concentration des HEs, des EMs et des EEs. Pour le calcul de ces valeurs, un logiciel Microsoft Excel a été utilisé, les tests ont été réalisés en triple exemplaire. Les valeurs sont présentées sous forme de moyennes ± et de trois mesures parallèles.

L'activité antioxydante a été exprimée par l'indice d'activité antioxydante (AAI), calculée comme suit :

$$AAI = \frac{\text{Concentration finale de DPPH } (\mu\text{g.ml}^{-1})}{IC_{50} (\mu\text{g.ml}^{-1})}$$

Ainsi, l'AAI a été calculé en considérant la masse de DPPH et la masse du composé testé dans la réaction, résultant en une constante pour chaque composé, indépendante de la concentration de DPPH et de l'échantillon utilisé. Dans ce travail, nous avons considéré que les extraits de plantes montrent :

Une faible activité antioxydante : lorsque l'AAI est $< 0,5$,

Une activité antioxydante modérée : lorsque $0,5 < \text{AAI} < 1,0$,

Une forte activité antioxydante : lorsque $1,0 < \text{AAI} < 2,0$

Une très forte activité : lorsque $\text{AAI} > 2$ (Scherer et Godoy, 2009).

b- Test de blanchissement de β -carotène

L'activité antioxydante a été évaluée par le test de blanchissement de β -carotène, ce test qui repose sur la mesure indirecte de l'inhibition des composés organiques volatils et des hydroperoxydes conjugués diène résultant de l'oxydation d'acide linoléique (Meroune *et al*, 2014). Cette méthode consiste à mesurer la décoloration du β -carotène résultant de son oxydation par les produits de décomposition de l'acide linoléique. La dispersion de l'acide linoléique et du β -carotène dans la phase aqueuse est assurée par du tween. L'oxydation de l'acide linoléique est catalysée par la chaleur (50°C) (El haci *et al*, 2012).

L'étude de l'activité antioxydante par la méthode de décoloration du β -carotène a été réalisée par le protocole expérimentale décrit par (Kelen et Tepe, 2008 ; Barros *et al.*, 2007). Ce protocole dépend de la préparation d'une solution mère qui comprend un mélange de β -carotène et l'acide linoléique, ce mélange a été préparé comme suit : une solution de β -carotène a été préparée en dissolvant 0,5 mg de β -carotène dans 1 ml de chloroforme (qualité HPLC), 25 μl d'acide linoléique et 200 μl de tween 40 ont été ajoutés au ballon à fond rond de 100 ml. A l'aide d'un évaporateur on a éliminé complètement le chloroforme de solution. Ensuite, on a ajouté au ballon un volume de 100 ml de l'eau distillée saturée d'oxygène pendant 30 min (100 ml/min) sous agitation vigoureuse. 1350 μl de cette émulsion réactionnelle ont été transférées dans de différents tubes à essai contenant 150 μl de différentes concentrations de l'huile et d'extrait préparée à des concentrations de 2mg/ml.

Ces tubes ont été fermés, secoués et incubés à 50°C dans un bain-marie. Dès que l'émulsion a été ajoutée à chaque tube, l'absorbance à temps zéro a été

mesurée à 470 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La même procédure a été répétée avec un antioxydant synthétique, de l'hydroxytoluènebutylé (BHT), un contrôle et un blanc. Après cette période d'incubation, Les lectures d'absorbance ont ensuite été enregistrées à des intervalles de 2h. Les capacités antioxydantes des huiles et des extraits ont été comparées à celles du BHT et du blanc (contient de l'MeOH). Les valeurs sont présentées comme des moyennes \pm et ont été effectuées en triple. L'activité antioxydante a été calculée par la relation suivante :

$$\text{Activité antioxydante} = \frac{\text{teneur en } \beta\text{-carotène après 2 h de dosage}}{\text{teneur initiale en } \beta\text{-carotène}} \times 100$$

Le calcul de la concentration d'extrait fournissant 50% d'activité antioxydante (IC₅₀) a été assuré à partir du graphique du pourcentage d'activité antioxydant par rapport à la concentration d'extrait.

III.3.2 Evaluation de l'activité antimicrobienne

- Les microorganismes testés

Pour mettre en évidence la capacité antibactérienne des HEs et des extraits des trois plantes étudiées, 08 souches bactériennes de référence de type ATCC (American Type Culture Collection) ont été utilisées dans ce travail (elles ont été fournies par le laboratoire de microbiologie du département de microbiologie et biochimie, université de M'sila). Les bactéries à Gram négatif sont : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Salmonella enterica* ATCC 43972. Les bactéries à Gram positif sont : *Bacillus subtilis* ATCC9372, *Proteus mirabilis* ATCC 35659, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

D'autre part, des souches fongiques ont été utilisées dans notre travail afin d'évaluer *in vitro* le potentiel antimicrobien des huiles essentielles et des extraits pour les plantes d'étude. Ces souches fongiques renferment les

moisissures *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum* et la levure *Candida albicans* ATCC 10231.

- Les milieux de culture

Les milieux de culture utilisés pour la réalisation des tests antimicrobiens sont les suivants:

- La gélose nutritive GN : pour l'isolement et l'entretien des souches bactériennes.
- La gélose Mueller Hinton MH : pour étudier la sensibilité des bactéries aux huiles essentielles et aux extraits de notre plante d'études.
- Potato Dextrose Agar (PDA) : pour étudier la sensibilité des mycètes aux huiles essentielles et aux extraits de notre plante d'études.

- Conservation des souches

Les souches bactériennes sont entretenues par repiquage sur le milieu gélose nutritive(GN), et incubées pendant 24h à 37°C, ensuite elles sont conservées à 5°C dans des tubes contenant de la gélose nutritive incliné. Les champignons isolés et purifiés sont repiqués et maintenus sur le milieu PDA dans des tubes inclinés puis stockés à 4°C jusqu'à utilisation.

- Préparation de l'inoculum bactérien

La préparation de l'inoculum bactérien dépend de l'utilisation d'un bouillon adapté à la croissance de la bactérie utilisée, où il faut que le prélèvement de l'inoculum pendant la phase stationnaire de croissance et l'incubation est effectué effectuée à une température optimale de croissance (Branger *et al.*, 2007). Les souches bactériennes isolées ont été repiquées sur les milieux Mueller Hinton par la méthode de stries et incubés à 37°C pendant 24 h, afin d'obtenir des colonies jaunes et bien isolées. Deux colonies bactériennes bien isolées de chaque souche ont été prélevées et émulsionnées à l'aide de une anse de platine dans un tube contenant 9mL de l'eau physiologique (NaCl à 0,09%) puis agitées, afin d'obtenir une suspension bactérienne. l'inoculum bactérien était ajusté jusqu'à trouver une turbidité voisine à 0.5 de Mc Ferland et d'une concentration de (10^7 UFC/ml) (Lango-Yaya *et al.*, 2020).

Remarque : afin de tester l'activité antimicrobienne *in vitro* des HEs, des EMs et des EEs des plantes d'étude nous avons utilisé deux méthodes : une méthode

de diffusion des disques sur un milieu gélosé et une méthode des puits de diffusion.

III.3.3 Evaluation de l'activité antibacterienne

- Méthode des disques de diffusion sur milieu gélosé

La méthode d'antibiogramme (aromatogramme), ou méthode des disques de diffusion sur un milieu gélosé, est inspiré de l'antibiogramme visant à tester la sensibilité des souches bactériennes par diffusion de l'HE en milieu solide. La méthode décrite par Mouas *et al.*, 2017 et Bekhechi *et al.*, 2008 a été appliquée avec une légère modification. Les milieux gélosés de MH stériles sont coulés à raison de 15 ml par boîte puis laissée se solidifier. A l'aide des écouvillons stériles imprégnés dans la suspension bactérienne de 10^8 germes/ml, les boîtes de Pétri sontensemencées sur la totalité de la surface de MH de haut en bas en stries serrées. Dans chaque boîte de Pétri, des disques de papier Whatman n°1 de 6 mm stériles 3 disques sont imprégnés d'une quantité d'HE (15µl) et un disque imprégné de DMSO (15µl) pour le contrôle négatif, ont été déposés à la surface des boîtes de pétriensemencées de souches à tester. Ces boîtes sont ensuite fermées par le parafilm et laissées pour diffuser l'HE à une température de 4°C pendant 2 h, et après sont mises à l'étuve à une température de 37°C pendant 24 heures. La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque, en mm. Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peuvent être symbolisés par des signes désignant la sensibilité des souches vis-à-vis de l'huile essentielle.

La sensibilité aux différentes huiles et extraits a été ordonnée par le diamètre des halos d'inhibition comme : non sensible (-) pour les diamètres inférieurs à 8 mm; sensible (+) pour les diamètres de 9 à 14 mm; très sensible (++) pour les diamètres de 15 à 19 mm et extrêmement sensible (+++) pour les diamètres supérieurs à 20 mm (Ponce *et al.*, 2003).

- Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est définie comme étant la plus faible concentration à laquelle le microorganisme ne montre pas une croissance visible ; la croissance des microorganismes a été indiquée par la turbidité (Haddouchi *et al.*, 2016). Pour

les bactéries, les valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) étant sensibles à l'HE contre les souches bactériennes par la méthode de micro-dilution sur les microplaques. Les suspensions bactériennes ont été préparées à partir de la culture jeune de 18 h sur une gélose nutritive et elles ont ensuite été ajustées par rapport une turbidité standard de 0,5 Mc Farland, les HE ont premièrement été dissous dans du diméthyl sulfoxyde (DMSO).

En bref, les microplaques à 96 puits ont été préparées en répartissant dans chaque puits 95µl de bouillon nutritif et 5 µl d'inoculum. Dans les premiers puits, on a ajouté des aliquotes de 100 µl à partir des solutions mères de HE initialement préparés à la concentration de 50 µl/ml. Puis, 100 µl de dilutions en série ont été transférés dans sept puits successifs. Le dernier puits contient 195µl de bouillon nutritif sans échantillon et 5µl de l'inoculum sur chaque série a été utilisé comme control négatif. Le volume final de chaque puits était de 200 µl et les concentrations finales dans le bouillon nutritif étaient de 25 à 0.391 µl/ml. Les microplaques ont été recouvertes d'un puis incubées à des 37°C pendant 24 h, la croissance des microorganismes a été indiquée par la turbidité (Sokomen *et al.*, 2004).

- Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

La concentration bactéricide minimale CMB c'est la concentration la plus faible de bactéricide à laquelle 99% des bactéries sont tuées, exprimée en mg/l. la CMB indique à quelle concentration la préparation présente une activité bactéricide (Lambertus *et al.*, 2020).

A partir de la CMI, les puits n'ayant montré aucune croissance microbienne visible à l'œil nu sont ré-isolés sur la gélose Muller-Hinton Agar. L'incubation est faite à 37°C pendant 24h. La plus faible concentration pour laquelle on n'observe aucune colonie microbienne (99,99% de destruction) est la concentration minimale bactéricide CMB, de l'extrait sur la souche testée (Mamadou *et al.*, 2014).

III.3.4 Evaluation de l'activité antifongique

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

- Méthode des disques de diffusion

L'activité antifongique *in vitro* des huiles essentielles sur la croissance des mycéliums a été testé par la méthode des disques de diffusion décrite par (Sharma *et al.*, 2016) avec certaine modification.

Le milieu PDA (20 ml) a été coulé dans des boîtes de Pétri stérilisées (90 mm de diamètre), un disque fongique (7 mm de diamètre) de mycélium, découpé à la périphérie d'une culture de sept jours à l'aide d'un emporte-pièce stérile, qui a été inoculé de manière aseptique au centre de chaque boîte de Pétri. Des aliquotes (10µl) d'HE provenant de la solution mère dans du DMSO à 10% ont été déposées sur des disques de papier Wattman stériles (6mm de diamètre) placés sur le milieu PDA a trois points équidistants du centre et des bords de la boîte de pétri, et pour le contrôle en utilisant des quantités égales de DMSO à 10% à la place de l'huile. Les boîtes de pétri ont été scellées avec un film de polyéthylène et incubées à une température de 25°C pour set jours. Le pourcentage d'inhibition de croissance était calculé par la relation suivante (Mazari *et al.*, 2010):

$$I\% = \frac{D_c - D_T}{D_c} \times 100$$

Où

D_c : Diamètre de la colonie fongique du témoin (mm)

D_T : Diamètre de la colonie fongique traité par l'extrait (mm)

I% : Taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage

La capacité de croissance et de reproduction de chaque culture dépend de sa sensibilité à l'huile essentielle étudiée. Ainsi, si l'effet existe, une zone transparente claire s'est formée autour des disques de papier indiquant qu'il n'y a pas de croissance de micro-organismes (Stanojevic *et al.*, 2017). Les observations sont faites au 7^{ème} jours après l'incubation et portent sur la

croissance mycélienne moyenne mesurée selon deux diamètres de la boîte de Pétri (Tiendrebeogo *et al.*, 2017).

- Méthode des puits de diffusion

L'activité antifongique *in vitro* des EMs et des EEs des trois plantes sur la croissance des mycéliums a été évaluée par la méthode des puits de diffusion (Tepe *et al.*, 2005 ; Sharma *et al.*, 2016).

Dans cette méthode tous les EMs et les EEs des trois plantes ont été pesés et dissous dans le DMSO pour avoir une concentration finale de 600 mg/ml. Trois puits équidistants du centre et des marges (8 mm) ont été découpés à l'aide d'une porte-pièce dans le PDA solide, qui est déjà coulé dans des boîtes de Pétri stérilisées (90 mm). Un volume de 15µl de l'EM et l'EE de chaque extrait de plante est appliqué à chaque puits et le contrôle a été préparé en utilisant des quantités égales de DMSO à 10% à la place des EM et des EE. Un disque fongique (7 mm) de mycélium, découpé à la périphérie d'une culture de sept jours à l'aide d'un emporte-pièce, a été inoculé de manière aseptique au centre de chaque boîte de Pétri, les boîtes de pétri ont été scellées avec du parafilm et incubées à une température de 25° C pour 7 jours. Le pourcentage d'inhibition de croissance était calculé par la relation suivante (Mazari *et al.*, 2010):

$$I\% = \frac{D_C - D_T}{D_C} \times 100$$

- Où
- **D_C** : Diamètre de la colonie fongique du témoin (mm)
- **D_T** : Diamètre de la colonie fongique traité par l'extrait (mm)
- **I%** : Taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage

La capacité de croissance et de reproduction de chaque culture dépend de sa sensibilité à l'huile essentielle étudiée. Ainsi, si l'effet existe, une zone transparente claire se forme autour des disques de papier indiquant qu'il n'y a pas de croissance de microorganismes (Stanojevic *et al.*, 2017). Les observations sont faites au 7^{ème} jours après l'incubation et portent sur la croissance mycélienne moyenne mesurée selon deux diamètres de la boîte de Pétri (Tiendrebeogo *et al.*, 2017).

III.3.5 Evaluation de l'activité insecticide

- Test de toxicité du tarse

Les femelles adultes de tétranyque à deux points (*Tetranychus urticae* Koch.) âgées de 1 à 2 jours ont été obtenues à partir d'un élevage à l'Institut de recherche sur les cultures (République tchèque). La toxicité des huiles essentielles, mesurée en mortalité après 24 et 96 h d'exposition, a été déterminée par application tarsienne sur des adultes de *T. urticae* (Pavela, 2015). L'expérience a été réalisée sur des disques de feuilles d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) de taille 2 cm². Les HE ont été dissous dans de l'acétone, et en utilisant une pipette automatique, des aliquotes (20 µl/disque) des solutions d'acétone, contenant une quantité définie d'HE, ont été appliquées uniformément sur les disques de feuilles. De cette manière, une série de concentrations équivalente à des doses d'extrait de 100, 50, 25, 12,5, 6,3 et 3,2 mg.cm⁻². Après application, les disques ont été placés dans des boîtes de Pétri (5 cm) avec une couche d'agar de 0,5 cm d'épaisseur sur le fond. Pour les disques témoins, seule l'acétone a été utilisée.

Après évaporation du solvant (environ 5 minutes), une brosse fine a été utilisée pour transférer 10 femelles de *T. urticae* sur chacune des faces traitées des disques de feuilles. Les disques de Pétri ont été placés dans une chambre de croissance (L16: D8, 25°C). Chaque expérience a été répétée 4 fois. Les disques de feuilles coupées ont ensuite été vérifiés après 24 et 96 h de l'application, déterminant le nombre d'adultes morts. La mort a été enregistrée lorsque les adultes ne répondaient pas aux incitations avec des forceps. Des tests expérimentaux ont démontré que plus de 20% de la mortalité contrôlée était évacuée et répétée. La mortalité a été corrigée à l'aide de la formule d'Abbott (Abbott, 1925) et les doses létales (DL₃₀, DL₅₀ et DL₉₀) pendant 24 et 96 h après l'application; y compris des limites de confiance de 95% pour les niveaux de confiance supérieur et inférieur, ont été calculés à l'aide d'une analyse probit (Finney, 1971).

- Effet des doses sublétales sur la fertilité de *T. urticae*

Cette expérience a été réalisée par la même méthode décrite dans la section «Test de toxicité du tarse» avec la modification suivante. Les doses sublétales

(LC₃₀) estimées par analyse probit pour les HEs individuels ont été appliquées aux disques de feuilles. Les doses utilisées sont énumérées dans le Tableau III.2. Les 96 heures après l'exposition, le nombre d'œufs pondus par les femelles sur le disque de feuille a été déterminé. Le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles par jour a été déterminé. Par la suite, les femelles ont été retirées des disques de feuilles et les œufs ont été transférés dans un incubateur pendant 5 jours (25°C) et le pourcentage de nymphes écloses a été détecté. Toutes les données ont été analysées par la variance d'analyse (ANOVA) pour un plan de bloc complet randomisé. Les moyennes ont été séparées en utilisant le test de comparaisons multiples de différence hautement significative (DHS) de Tukey ($p < 0,05$). Les données en pourcentage ont été soumises à une transformation de racine carrée arcsine avant analyse. Les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel BioStat v5.0.

Tableau III.2 Influence des doses sublétales d'huiles essentielles sur l'inhibition de la ponte et de l'éclosion des œufs de *T. urticae*

Huiles essentielles	Dose utilisée (LC ₃₀) en mg.cm ⁻²	Nombre moyen d'œufs par femelle (96 heures après l'application)	Pourcentage d'éclosibilité des œufs	Nombre moyen de nymphes écloses par femelle et par jour	Réduction de la fertilité par rapport au contrôle (%)
<i>A.monanthossp cyrtolepidioides</i>	2,8	2,5±0,8	59,2±9,1	1,5±0,6	72,2±8,9
<i>S.rosmarinifolia</i>	35,3	0,4±0,1	26,5±11,7	0,1±0,1	98,1±3,4
<i>H. nodiflorum</i>	11,9	0,3±0,1	0,0±0,0	0,0±0,0	100,0±0,0
Contrôle	0,0	5,9±0,4	91,9±2,7	5,4±0,2	-
ANOVA* (Df, F-value, P-level)	-	6,21 ; 873,6 ; 0,000	6,21 ; 410,7 ; 0,000	6,21 ; 1285,5 ; 0,000	5,18 ; 274,9 ; 0,000

A. : *Anacyclus* ; S. : *rosmarinifolia* et H. : *Helosciadium*

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1: ETHNOBOTANIQUE

IV.1.1. Enquête ethnobotanique

Une série d'enquêtes ethnobotaniques a été réalisée au cours de l'année 2016-2017, à l'aide de 266 fiches questionnaires auprès des informateurs (78 connaisseurs, 11 herboristes, 06 guérisseurs) de la région du Hodna, basées sur les interrogations directes en utilisant une fiche questionnaire (Figure III.2). L'entretien s'est déroulé en arabe ou en français, selon le cas. Toutes les enquêtes décrivent les informations suivantes :

- numéro de la fiche questionnaire ;
- date;
- zone d'étude (commune, daïra);
- informateur (nom, âge, sexe, niveau d'éducation);
- caractéristique botanique de la plante (nom scientifique, nom vernaculaire);
- caractéristique ethnobotanique de la plante, partie utilisée de la plante;
- mode d'utilisation de la plante (infusion, décoction, etc.);
- les maladies traitées, les informations sur le contrôle et la prévention de ces maladies.

IV.1.2. Analyse des données

La fréquence de citation (FC) de chaque plante citée par les informateurs a été calculée selon la formule de Fah *et al.* (2013):

$$F_c = \frac{\text{Nombre de citation de la plante considérée}}{\text{Nombre total de citation pour toute les plantes}} \times 100$$

L'indice du facteur de consensus de l'informateur (IFC) a été calculé selon la formule d'Heinrich *et al.* (1998):

$$\text{IFC} = \frac{n_{ur} - n_t}{n_{ur} - 1}$$

Où n_{ur} est le nombre de citations pour l'utilisation de chaque catégorie de maladies et n_t le nombre total de plantes utilisées. L'IFC varie entre 0 et 1.

IV.1.3. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés

L'analyse générale des questionnaires nous a permis de confirmer l'importance de la dépendance de la population locale aux plantes médicinales pour traiter diverses maladies. Sur un total de 95 informateurs couvrant 15/47 communes de la région d'investigation (connaisseurs, guérisseurs et herboristes), les résultats obtenus ont montré que la catégorie des femmes est plus dominante pour l'utilisation des plantes médicinales que la catégorie des hommes avec un pourcentage de 55,8% et 44,2% respectivement. Ces valeurs confirment les résultats obtenus dans d'autres études sur l'utilisation des plantes médicinales (Hendel *et al.*, 2012; Bouallala *et al.*, 2014 ; Rebbas *et al.*, 2014; Sarri *et al.*, 2015; El Hilah *et al.*, 2015).

Nous avons remarqué que les informateurs avaient un âge compris entre 20 et 87 ans. Les personnes de plus de 50 ans ont une fréquence d'utilisation des plantes médicinales de 40%, suivies par les groupes d'âge (40 à 49), (30 à 39) et (20 à 29) avec respectivement 22,1%, 20% et 17,9% (Tableau IV.1). Les résultats indiquent que les personnes âgées ont plus de connaissances en phytothérapie par expérience personnelle, ce qui constitue en effet une base de données locale. Le niveau d'éducation montre qu'un pourcentage de 15,8 des personnes interrogées était de la catégorie analphabète et les autres catégories avec des niveaux différents savent lire et écrire (Tableau IV.1). Les résultats actuels coïncident avec ceux de Boudjelal *et al.* (2013) et Sarri *et al.* (2014).

Tableau IV.1: Profil général des informateurs (N=95 personnes)

Caractéristiques	Nombre d'informateurs		Pourcentage (%)
	Hommes	Femmes	
Sexe			
Hommes	42	-	44,2
Femmes	-	53	55,8
Classe d'âge			
[20-29]	7	10	17,9
[30-39]	10	9	20,0
[40-49]	8	13	22,1
> 50	17	21	40,0
Niveau d'éducation			
Analphabète	7	8	15,8
Primaire	3	1	4,2
Moyen	13	14	28,4
Secondaire	6	16	23,2
Universitaire	13	14	28,4

IV.1.4. Analyse floristique des plantes médicinales utilisées dans cette étude

Les soixante-treize espèces inventoriées sont regroupées en deux embranchements, les gymnospermes à trois espèces et les angiospermes à soixante-dix espèces réparties en deux classes, les monocotylédones (6 espèces) et les dicotylédones (64 espèces). Toutes les espèces sont réparties en soixante-sept genres et trente-neuf familles ont été dénombrées (Tableau IV.2 et Figure IV.1) parmi les familles les plus dominantes sont les Lamiaceae (12 espèces), les Apiaceae (8 espèces) et les Asteraceae avec 5 espèces. Plusieurs études (Tahri *et al.*, 2012 ; Sarri *et al.*, 2015 ; El Hilah *et al.*, 2015) affirment une similitude avec notre étude et dans les autres pays méditerranéens et montrent que les trois familles sont les familles botaniques les plus distinguées dans le domaine ethnobotanique. Alors que la famille des Myrtacées ne contient que trois espèces (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Syzygium aromaticum*). Les autres familles sont représentées par deux espèces (10 familles) et par une espèce (25 familles) chacune.

Tableau IV.2 : Liste et morphologie des espèces inventoriées dans cette étude

Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie	Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie
<i>Coriandrum sativum</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All. Asteraceae	Herbe
<i>Cuminum cyminum</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter Asteraceae	Herbe
<i>Ferula assa-foetida</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Lepidium sativum</i> L. Brassicaceae	Herbe
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. Apiaceae	Herbe	<i>Nasturtium officinale</i> Brassicaceae	Herbe
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss. / Apiaceae	Herbe	<i>Boswellia carteri</i> Birdw. Burseraceae	Arbuste
<i>Pimpinella anisum</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Commiphora myrrha</i> (Nees) Engl. / Burseraceae	Arbre
<i>Thapsia garganica</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. F. Aloeaceae	Herbe
<i>Thapsia villosa</i> L. Apiaceae	Herbe	<i>Atriplex halimus</i> L. Chenopodiaceae	Arbuste
<i>Phoenix dactylifera</i> L. Arecaceae	Arbre	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad. / Cucurbitaceae	Herbe
<i>Artemisia campestris</i> L. Asteraceae	Sous-arbuste	<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A. Rich. / Cucurbitaceae	Herbe
<i>Artemisia herba alba</i> Asso. Asteraceae	Sous-arbuste	<i>Juniperus phoenicea</i> L. Cupressaceae	Arbuste
<i>Asteriscus graveolens</i> (Forssk.) Less. / Asteraceae	Herbe	<i>Ricinus communis</i> L. Euphorbiaceae	Arbuste

Suite Tab. IV.2

Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie	Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L. / Fabaceae	Herbe	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. Myrtaceae	Arbre
<i>Quercus ilex</i> L. / Fagaceae	Arbre	<i>Myrtus communis</i> L. Myrtaceae	Arbuste
<i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce Gentianaceae	Herbe	<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L.M. Perry. Myrtaceae	Arbre
<i>Globularia alypum</i> L. Globulariaceae	Sous-arbuste	<i>Olea europaea</i> L. / Oleaceae	Arbre
<i>Illicium verum</i> Hook. F. Illiciaceae	Arbre	<i>Pinus pinea</i> L. / Pinaceae	Arbre
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb. Lamiaceae	Herbe	<i>Pinus halepensis</i> L. Pinaceae	Arbre
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. Lamiaceae	Sous-arbuste	<i>Stipa tenacissima</i> L. Poaceae	Herbe
<i>Marrubium vulgare</i> L. Lamiaceae	Herbe	<i>Punica granatum</i> L. Punicaceae	Arbre
<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds. Lamiaceae	Herbe	<i>Nigella sativa</i> L. Ranunculaceae	Herbe
<i>Mentha pulegium</i> L. Lamiaceae	Herbe	<i>Rhamnus alaternus</i> L. Rhamnaceae	Arbuste
<i>Ocimum basilicum</i> L. Lamiaceae	Herbe	<i>Zizyphus lotus</i> L. Rhamnaceae	Arbuste
<i>Origanum majorana</i> L. Lamiaceae	Herbe	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. Rosaceae	Arbuste
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. Lamiaceae	Arbuste	<i>Prunus mahaleb</i> L. Rosaceae	Arbuste
<i>Salvia officinalis</i> L. Lamiaceae	Sous-arbuste	<i>Rubus idaeus</i> L. / Rosaceae	Arbuste
<i>Salvia divinorum</i> Epling & Játiva / Lamiaceae	Herbe	<i>Rubia peregrina</i> L. Rubiaceae	Herbe
<i>Thymus serpyllum</i> L. Lamiaceae	Sous-arbuste	<i>Ruta graveolens</i> L. Rutaceae	Sous-arbuste
<i>Thymus vulgaris</i> L. Lamiaceae	Sous-arbuste	<i>Salvadora persica</i> L. Salvadoraceae	Arbuste
<i>Cinnamomum cassia</i> J. Presl Lauraceae	Arbre	<i>Tamarix africana</i> Webb. Tamaricaceae	Arbuste
<i>Laurus nobilis</i> L. Lauraceae	Arbuste	<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl. Thymelaeaceae	Arbuste
<i>Allium sativum</i> L. Liliaceae	Herbe	<i>Parietaria officinalis</i> L. Urticaceae	Herbe
<i>Malva parviflora</i> L. Malvaceae	Herbe	<i>Ulmus campestris</i> L. Ulmaceae	Arbre

Suite Tab. IV.2

Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie	Nom scientifique / Famille botanique	Morphologie
<i>Verbena officinalis</i> L. Verbenaceae	Herbe	<i>Alpinia purpurata</i> (Vieill.) K. Schum. / Zingiberaceae	Herbe
<i>Vitex agnus-castus</i> L. Verbenaceae	Arbuste	<i>Curcuma longa</i> L. Zingiberaceae	Herbe
<i>Vitis vinifera</i> L. Vitaceae	Arbuste	<i>Peganum harmala</i> L. Zygophyllaceae	Herbe
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe Zingiberaceae	Herbe	-	

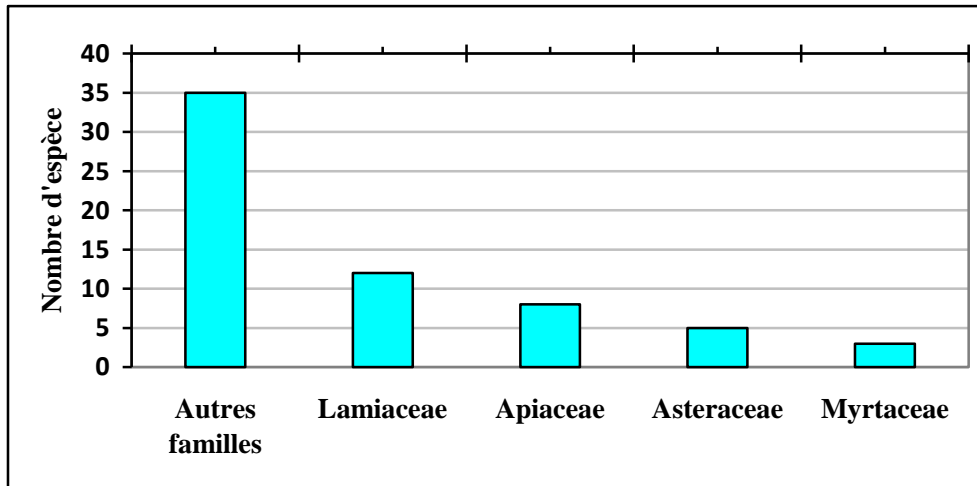


Figure IV.1 : Nombre de plantes médicinales par famille botanique

La plupart des plantes médicinales identifiées sont les herbes (49,3%) suivies par les arbustes (23,3%), les arbres (16,4%) et les sous-arbustes avec 11% (Figure IV.2).

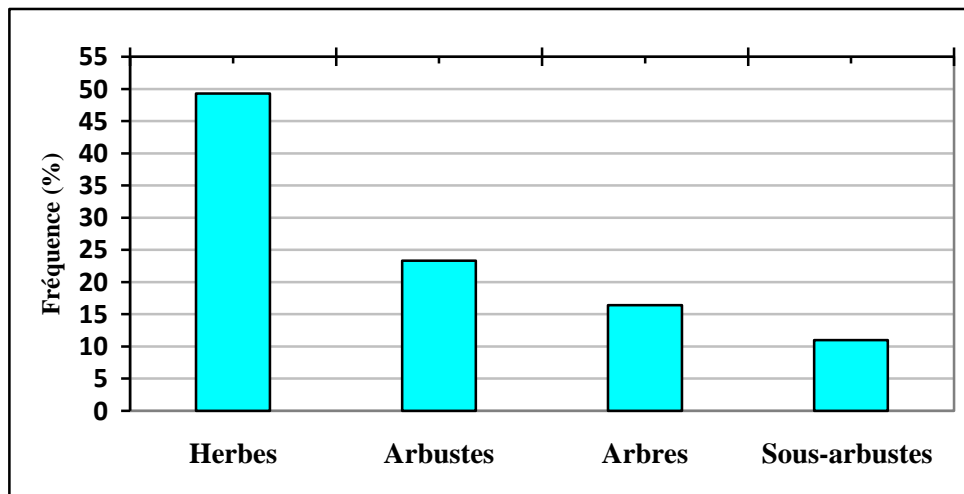


Figure IV.2: Types morphologiques de plantes médicinales utilisées

IV.1.5. Utilisation des plantes médicinales et indications thérapeutiques

Les utilisations traditionnelles recommandées pour traiter les différentes maladies connues dans cette région varient en fonction de l'importance relative des parties de plantes, du mode de préparation et d'administration. Le tableau IV.3 résume en général toutes les informations fournies sur l'utilisation traditionnelle des espèces médicinales dans notre zone d'étude telles que les familles botaniques, le nom scientifique, le nom vernaculaire, la partie utilisée, le traitement, le mode d'utilisation et le numéro de citation. L'espèce a été déterminée par le guide de la nouvelle flore de l'Algérie dans le désert méridional (Quézel et Santa, 1962-1963).

Tableau IV.3 : Plantes à usage traditionnel dans la zone d'investigation

Nom scientifique	Nom local	Partie utilisée	Mode de préparation	Usage thérapeutique
<i>Ajuga iva</i>	Chendguoura Djeaïda	Feuilles, sommets fleuries, partie aérienne, fleur	Bain, plâtre, décoction, infusion	Hypoglycémie, maux de tête, fièvre, estomac, collons, diarrhée, plaies de suture
<i>Allium sativum</i>	Toum	Fruit	Infusion	Hypotension
<i>Aloe vera</i>	Sabar	Feuilles (gel)	Décoction	Plaies de suture
<i>Alpinia purpurata</i>	Khoudenjal	Fleur	Décoction	Grippe, hypotension
<i>Artemisia campestris</i>	Touguéfet	Plante entière, partie aérienne, feuille, racine	Décoction, infusion	Diarrhée, intoxication, système nerveux, douleurs de l'estomac, hypotension
<i>Artemisia herba alba</i>	Chih	Partie aérienne	Infusion, macération, décoction	Estomac, carminatif, épilepsie, insectifuge, vomissements, diarrhée, hypoglycémie, problème cardiaque
<i>Asteriscus graveolens</i>	Al Neghed	Plante entière, fleur	Infusion, décoction	Estomac
<i>Atriplex halimus</i>	Ghetaff	Feuille, partie aérienne	Décoction, infusion	Kystes, infertilité féminine
<i>Boswellia carteri</i>	Loubanne	Gomme	Poudre	Reins
<i>Centaurium pulchellum</i>	Moraret al henech	Partie aérienne	Infusion	Fièvre

Suite Tab. IV.3

Nom scientifique	Nom local	Partie utilisée	Mode de préparation	Usage thérapeutique
<i>Chamaemelum nobile</i>	Babounje	Fleur, feuille	Infusion, bain, décoction	Inflammation vaginale, spasme, perte de cheveux, peau, rhinite allergique, maux de tête, calculs rénaux
<i>Cinnamomum cassia</i>	Qarfa	Ecorce	Infusion, Décoction	Accouchement, coagulation sanguine, rate
<i>Citrullus colocynthis</i>	Handel, Haj	Fruit	Poudre, infusion	Rhumatisme, carminatif, digestif, hypotension
<i>Commiphora myrrha</i>	Al Mor	Fruit, graine	Infusion, poudre	Lactogène
<i>Coriandrum sativum</i>	Kasbour	Ecorce	Décoction	Hypotension, urétrite
<i>Crataegus monogyna</i>	Zaaroura	Feuille	Bain	Calculs rénaux
<i>Cuminum cyminum</i>	Kamoun	Ecorce	Poudre	Minceur
<i>Curcuma longa</i>	Kourkom	Fruit	Poudre	Ulcère de l'estomac
<i>Dittrichia viscosa</i>	Mekerman	Feuille	Poudre, Décoction	Eczéma, intoxication
<i>Ecballium elaterium</i>	Fe gosse el hemir	Fruit	Décoction	Jaunisse, hémorroïdes
<i>Eucalyptus globulus</i>	Kalitous	Feuille, partie aérienne	Fumigation, Infusion, poudre	Grippe, système respiratoire, asthme
<i>Ferula assa-foetida</i>	Heltitte	Ecorce	Infusion	Apaiser la douleur
<i>Foeniculum vulgare</i>	Bessebas	Graine, racine	Infusion, décoction, macération	Aérocologie, carminative
<i>Globularia alypum</i>	Taselgha	Feuille	Infusion, poudre	Système nerveux
<i>Illicium verum</i>	Nejmet al beher	Fruit	Décoction	Hypotension
<i>Juniperus phoenicea</i>	El'ar'ar	Partie aérienne, fruit, feuille	Infusion, macération, décoction, poudre	Estomac, diarrhée, rhumatismes, gale, inflammation des voies urinaires
<i>Laurus nobilis</i>	Rand	Feuille	Plâtre, infusion, décoction	Système nerveux, piqûres d'abeille, cholestérol, hypotension
<i>Lavandula angustifolia</i>	Khezama	Partie aérienne, feuille	Infusion, décoction	Grossesse, carie dentaire, inflammation intestinale
<i>Lepidium sativum</i>	Habb erchad	Graine, sommités fleuries, partie aérienne	Poudre, bain, pommade, infusion	Plaies, toux, douleurs thoraciques, carminatives, appétissantes

Suite Tab. IV.3

Nom scientifique	Nom local	Partie utilisée	Mode de préparation	Usage thérapeutique
<i>Malva parviflora</i>	Kobiza	Feuille	Macération, bain, infusion	Système respiratoire, carminatif, diarrhée
<i>Marrubium vulgare</i>	Meriout	Partie aérienne, feuille	Infusion, décoction, fumigation	Fièvre, allergie, hypoglycémie, estomac
<i>Mentha longifolia</i>	Naanaa	Partie aérienne, feuille	Infusion, décoction, bain	Hypotension, grippe, maux de tête, carminatif, saignement de nez, fièvre
<i>Mentha pulegium</i>	Fliyo	Partie aérienne, feuille	Macération, décoction, poudre, infusion	Hypotenseur, carminatif, orthopédie, spasmes
<i>Myrtus communis</i>	Rihan	Feuille, partie aérienne	Décoction, infusion	Carminatif, système respiratoire, rein
<i>Nasturtium officinale</i>	Hab rchad	Graine	Poudre	Blessures et fractures
<i>Nigella sativa</i>	Haba Asawda	Graine	Infusion, décoction, poudre	Appétissant, cholestérol, facilite l'accouchement, systèmes nerveux et respiratoire, saignements de nez, chute des cheveux
<i>Ocimum basilicum</i>	Hebak	Feuille, graine	Plâtre, infusion, poudre, décoction	Tumeurs, carminatif, stimulant, lactogène, peau mince, système digestif
<i>Olea europaea</i>	Zitoun	Feuille	Décoction, plâtre	Hypoglycémie, hypotension, gencive
<i>Origanum majorana</i>	Berdghouch-	Feuille, fleur	Décoction	Belly pain
<i>Parietaria officinalis</i>	Fattat al Hajer	Partie aérienne, fleur	Décoction, infusion	Voies urinaires, calculs rénaux, estomac
<i>Peganum harmala</i>	L'harmel	Feuille, partie aérienne, graine, racine	Décoction, poudre, infusion	Estomac, rhumatisme, maux de dos, douleurs articulaires, kystes ovariens, épilepsie, toux
<i>Petroselinum crispum</i>	Maâdnous	Partie aérienne	Décoction	Cholestérol
<i>Phoenix dactylifera</i>	Nekhil	Graine	Poudre	Stérilité

Suite Tab. IV.3

Nom scientifique	Nom local	Partie utilisée	Mode de préparation	Usage thérapeutique
<i>Pimpinella anisum</i>	Habat hlawa	Graine	Poudre, infusion, décoction	Améliorer la lactation, carminatif
<i>Pinus halepensis</i>	Esnoubar	Ecorce, partie aérienne	Infusion, poudre	Estomac, système respiratoire, toux
<i>Pinus pinea</i>	Debagha	Ecorce	Poudre, décoction, infusion	Inflammation cutanée, toux, estomac
<i>Prunus mahaleb</i>	Al Mayaa	Feuille	Plâtre	Plaies purulentes
<i>Punica granatum</i>	Rouman	Ecorces de fruits, fruit	Décoction, plâtre	Diarrhée, estomac, gencive, carminatif
<i>Quercus ilex</i>	L'arna	Ecorce	Bain	Gencives
<i>Rhamnus alaternus</i>	Melilez	Partie aérienne, feuille	Infusion, poudre	Jaunisse, estomac
<i>Ricinus communis</i>	Kharewaa	Ecorce, graine	Macération, poudre	Goutte, chute de cheveux
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Aklil djabel	Partie aérienne, feuille	Infusion, Décoction	Grippe, hépatique, diurétique, constipation, carminatif, chute de cheveux, estomac
<i>Rubia peregrina</i>	Fouaa	Racine	Bain	Nerf sciatique
<i>Rubus idaeus</i>	Aligue	Fruit	Décoction	Cancer
<i>Ruta graveolens</i>	L'figel	Partie aérienne, Feuille, racine	Décoction, infusion, poudre, fumigation	Douleurs carminatives, abdominales, auriculaires, utérines, gingivales, hypnotiques, digestives, inflammation des voies urinaires, hypotension
<i>Salvadora persica</i>	Siwek nebi	Partie aérienne	Décoction	Inflammation buccale
<i>Salvia divinorum</i>	Khiyatta	Partie aérienne, feuille	Macération, décoction, poudre, plâtre, pommade	Blessures, estomac, plaies, hémorroïdes
<i>Salvia officinalis</i>	Miramiya	Partie aérienne, feuille	Infusion, décoction	Utérus, facilite l'accouchement, le cycle menstruel, l'hypoglycémie, l'inflammation de l'estomac
<i>Stipa tenacissima</i>	Halfa	Partie aérienne	Infusion, décoction	Diabète, hypotension, cancer
<i>Syzygium aromaticum</i>	Coronffel	Ecorce	Décoction	Pulsations cardiaques
<i>Tamarix africana</i>	Tarfa	Partie aérienne	Bain	Utérus, infections vaginales

Suite Tab. IV.3

Nom scientifique	Nom local	Partie utilisée	Mode de préparation	Usage thérapeutique
<i>Thapsia garganica</i>	Bounafea	Partie aérienne, racine	Poudre, pommade, plâtre	Rhumatisme, maux de dos, fractures
<i>Thapsia villosa</i>	Teffalet	Partie aérienne	Infusion, bain	Utérus
<i>Thymelaea hirsuta</i>	Methnan	Partie aérienne	Décoction	Chute de cheveux, maladies respiratoires
<i>Thymus serpyllum</i>	Zeaaitra	Partie aérienne	Décoction	Estomac
<i>Thymus vulgaris</i>	Zaa'tar	Partie aérienne, feuille	Infusion, décoction, macération	Grippe, rhume, facilite l'accouchement
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	L'halba	Graine, fleur	Poudre, décoction, bain	Purification du sang, appétissant, peau, minceur, diabète, obésité, infection vaginale, constipation
<i>Ulmus campestris</i>	Nechem	Partie aérienne	Infusion	Apaisant
<i>Verbena officinalis</i>	Tizana	Feuille	Infusion	Carminatif, digestion
<i>Vitex agnus-castus</i>	Achbet Meriem	Feuille	Décoction, poudre	Infertilité, diabète, tension artérielle
<i>Vitis vinifera</i>	Aneba	Feuille	Infusion	Fièvre
<i>Zingiber officinale</i>	Skenjbîr	Partie aérienne, racine, plante entière, fruit	Infusion, décoction, poudre	Fièvre, cancer, grippe, rein, augmente la mémoire
<i>Zizyphus lotus</i>	Sedra	Partie aérienne, Feuille	Infusion, poudre	chute de cheveux

IV.1.5.1. Organe des plantes médicinales utilisées dans cette étude

Les parties aériennes sont les parties les plus utilisées avec 31,4%, ce résultat est similaire à celui obtenu par Carrió et Vallès (2012) pour les parties aériennes (30%), suivi des feuilles, graines, fruits, racines, fleurs, écorces, sommités fleuries et les gommes avec respectivement 29,5%, 10,5%, 8,6%, 4,8%, 3,8%, 2,9%, 1,9% et 0,9% (Tableau IV.4). Pour certaines plantes, toutes les parties (racines, tiges feuillues, feuilles et graines) à 5,7% sont utilisées pour traiter, par exemple, la diarrhée et les intoxications (*Artemisia campestris*), les maux d'estomac (*Asteriscus graveolens*), la grippe et les spasmes des reins (*Zingiber officinale*).

IV.1.5.2. Mode de préparation des plantes médicinales utilisées dans cette étude

Dans cette étude, huit modes d'administration ont été trouvés (Tableau IV.4). Ce sont : l'infusion (29,9%) ; et ce résultat en particulier coïncide avec ceux obtenus par El-Yahyaoui *et al.* (2015) et Tahri *et al.* (2012) avec respectivement 29% et 28,87%; décoction (26,8%), poudre (21,3%), bain (7%), macération (6,3%), plâtre (3,9%), fumigation et pommade 2,4% chacun. En effet, plus de la moitié (63%) des traitements traditionnels sont pris par voie orale. Viennent ensuite les méthodes les plus usuelles par voie externe (poudre, bain, plâtre, fumigation et pommade soit 37% au total. On rapporte que lors de cette enquête de nombreuses difficultés ont été rencontrées sur le terrain dont la réticence de certains informateurs à donner des informations relatives à cette enquête et d'autres ont demandé à être payés pour répondre aux questions et donner de leur temps, ce qui rend le questionnaire quelque peu incomplet, ce qui montre clairement le manque de connaissances sur le traitement traditionnel de certaines maladies pour d'autres usages courants dans cette région.

Tableau IV.4: Fréquence de plantes médicinales selon la partie utilisée et le mode de préparation

	Organe et mode	Fréquence (%)
Organes utilisés	Racine	4,8
	Ecorce	2,9
	Plante entière	5,7
	Sommités fleuries	1,9
	Partie aérienne	31,4
	Feuille	29,5
	Fleur	3,8
	Fruit	8,6
	Graine	10,5
	Gomme	0,9
Mode de préparation	bain	7
	Décoction	26,8
	Plâtre	3,9
	Infusion	29,1
	Fumigation	2,4
	Macération	6,3
	Pommade	2,4
	Poudre	21,3

IV.1.5.3. Citation des plantes médicinales utilisées dans cette étude

Les espèces les plus citées par les informateurs dans cette enquête sont, par ordre décroissant de citations (12 à 6 citations) : *Ajuga iva*, *Juniperus phoenicea*, *Thymus vulgaris*, *Artemisia herba alba*, *Mentha longilolia*, *Trigonella foenum-graecum*, *Rosmarinus officinalis*, *Lepidium sativum*, *Salvia officinalis*, *Savia divinorum*, *Chamaemelum nobile*, *Marrubium vulgare*, *Nigella sativa*, *Peganum hermala*, *Punica granatum* et *Artemisia campestris*.

IV.1.5.4. Indication thérapeutiques de plantes médicinales utilisées

La recherche du degré de consensus révèle que 8 catégories de maladies largement connues dans cette région ,ont atteint des valeurs élevées de 0,71 à 0,89 (Tableau IV.5):

rhumatisme (0,89), gynéco-obstétrique et urologie (0,85), cardiovasculaire (0,82) , digestive et gastrique (0,81), dermatologique (0,80), néphrologique (0,75), respiratoire (0,79), parodontie et dentaire (0,71), cependant la fréquence d'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des maladies montre un faible pourcentage pour toutes les catégories et que la catégorie la mieu présentée est la catégorie digestive et gastrique (10,50%) et la plus basse et celle des rhumatismes et maladies des dents (1,94%) chacune.

Tableau IV.5: Maladies citées par les informateurs et classées en catégories

Catégorie de maladies	Types d'affections	Nombre de citations (*)	Nombre d'espèce	FCI	FC(*) (%)
Cardiovasculaire	Hypertension, hypotension, traitement du cholestérol.	113	21	0,82	8,17
Digestif et estomac	Maux d'estomac, diarrhée, vomissements, carminatif, aide à la digestion, constipation, inflammation de l'intestin, hémorroïdes, ulcères.	145	27	0,81	10,50
Dermatologique	Nettoyage de la peau, eczéma, plaies de suture, kystes, peau mince, morsures d'animaux, teigne.	77	16	0,80	2,33
Gynéco-obstétrique et urologie	Traitement de l'urétrite, des problèmes utérins, traitement de l'infertilité féminine, inflammation des voies urinaires, infection vaginale, contraction de l'utérus, douleur du cycle menstruel, accouchement provoqué, post-fièvre partum, kystes ovariens.	100	16	0,85	2,33

Suite Tab. IV.5

Catégorie de maladies	Types d'affections	Nombre de citations (*)	Nombre d'espèce	FCI	FC(*) (%)
Néphrologique	Calculs rénaux, douleurs et spasmes rénaux	21	6	0,75	2,33
Parodontie et dents	Traitement du tissu gingival, carie dentaire, mauvaises odeurs, inflammation de la bouche.	15	5	0,71	1,94
Respiratoire	Toux, asthme, système respiratoire, inflammation des voies respiratoires.	40	9	0,79	3,50
Rhumatisme	Rhumatisme, maux de dos, articulations.	39	5	0,89	1,94

(*) : Par catégories

IV.2:PHYTOCHIMIE

IV.2.1 Rendement en huiles essentielles

Les extractions par hydrodistillation des différentes parties aériennes (PA) des plantes étudiées (*Helosciadium nodiflorum*, *Santolina rosmarinifolia* et *Anacyclus monanthos* ssp *cyrtolepidioides*) ont fourni des huiles essentielles ayant des colorations entre jaune, jaune pâle et jaune foncé avec une odeur aromatique forte. Le rendement en huiles est exprimé en pourcentage volume/poids (v/w) par rapport à la matière végétale sèche. L'ordre de grandeur des rendements en huile essentielle, se présente comme suit : *A. monanthos* ssp *cyrtolepidioides* > *S. rosmarinifolia* > *H. nodiflorum* (Tableau ci-dessous).

Tableau IV.6: Rendement des trois espèces étudiées

Nom des espèces	caractéristiques			Rendement (%)
	Aspect	Couleur	Odeur	
<i>Helosciadium nodiflorum</i>	liquide	jaune	forte	0,04
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	liquide	jaune foncé	forte	0,15
<i>Anacyclus monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidioides</i>	liquide	jaune pâle	forte	0,18

Selon la littérature, le rendement des huiles essentielles (HEs) varie en fonction de plusieurs facteurs à savoir la localisation géographique, la période de récolte (Sid Larbi *et al.*, 2016), la méthode et les conditions de l'extraction (Khajeh *et al.*; 2005). En plus, l'âge du matériel végétal influe sur la qualité et quantité des HEs (El mokhtari *et al.*, 2020).

En général, les espèces étudiées ont donné des rendements faibles. Pour *H. nodiflorum* la teneur en HE a atteint 0,04%. La même espèce récoltée en Italie présente des rendements variant de 0,08% (Menghini *et al.*, 2010) à 1,1% (Maxia *et al.*, 2012). Par contre, celle récoltée en Portugal a enregistré un taux de 1%.

La teneur en HE de *S. rosmarinifolia* récoltée dans notre région d'étude est inférieure que celle trouvée en Espagne avec 1,94% (Palá-Paúl *et al.*, 1999) et que les capitules et les feuilles de *S. rosmarinifolia* récoltée en Roumanie ont donné un rendement de 0,96% et 1,28% respectivement.

Le rendement de la partie aérienne d'*Anacyclus monanthos* sous espèce *cyrtolepidioides* est de 0,18%. Vu le manque de recherche sur l'huile essentielle de cette dernière dans la littérature disponible (seulement sur les extraits), notre comparaison est orientée vers d'autres espèces du même genre. La teneur en HE de notre espèce est plus élevée que celle enregistrée pour l'*A. pyrethrum* récoltée au Maroc avec 0,09% (El mokhtari *et al.*, 2020) et en Algérie avec 0,019% (Selles *et al.*, 2013).

IV.2.2 Rendement en extraits

Les caractères organoleptiques et le rendement moyen des extraits organiques obtenus par macération des parties aériennes des trois plantes sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.7: Caractères organoleptiques et le rendement en extraits organiques.

Espèces	Extraits	Caractéristiques			Rendement (%)
		Aspect	Couleur	Odeur	
<i>H. nodiflorum</i>	EM	Visqueux	Vert foncé	Forte	7,05
	EE	Visqueux	Vert foncé	Forte	9,33
<i>S. rosmarinifolia</i>	EM	Visqueux	Vert foncé	Forte	4,98
	EE	Visqueux	Vert foncé	Forte	7,29
<i>A. monanthos ssp cyrtolepidioides</i>	EM	Visqueux	Marron foncé	Forte	5,66
	EE	Visqueux	Marron foncé	Forte	9,58

EM : Extrait méthanolique ; EE : Extrait éthanolique

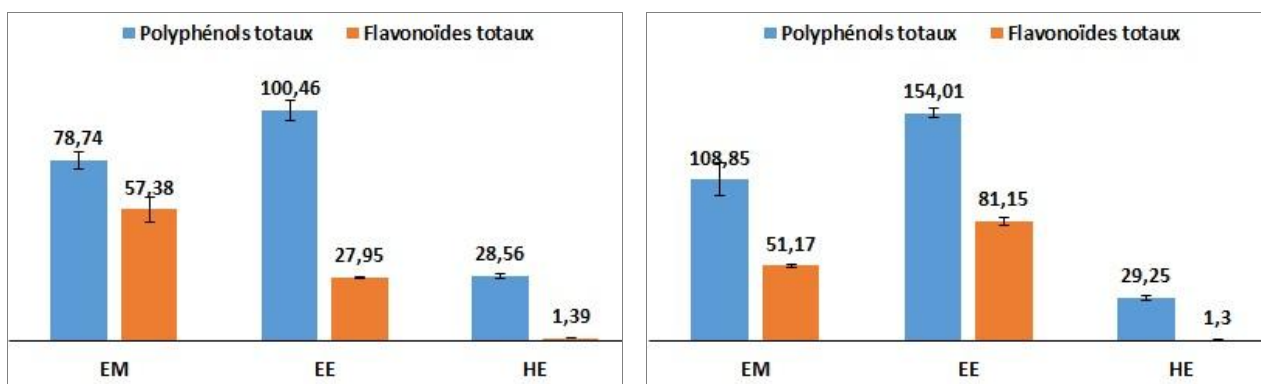
Les résultats présentés dans le tableau IV.7 montrent une variation de rendement d'extraction. On observe que le rendement en extrait éthanolique est supérieur que celui méthanolique chez les trois plantes. Le rendement en extrait

varient en fonction de plusieurs facteurs tels que la technique d'extraction utilisée (Bousbia *et al.*, 2009), le ratio volume de solvant par masse de broyat, le pourcentage en solvant, la granulométrie du broyat et la durée de macération (Koné *et al.*, 2017).

Les six extraits présentent un aspect visqueux, une couleur vert foncé ou maron foncé et une odeur forte (Tableau IV.7).

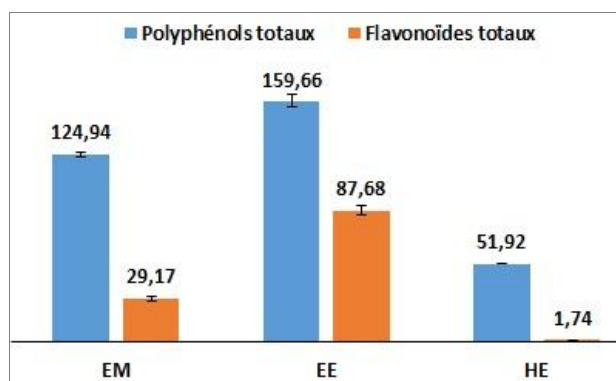
IV.2.3 Dosage des composés phénoliques des extraits étudiés

Les teneurs en polyphénols totaux (TPT) et en flavonoïdes totaux (TFT) des extraits méthanoliques (EM), éthanoliques (EE) et huiles essentielles (HEs) des plantes d'étude ont été déterminées par les méthodes colorimétriques de Folin-Ciocalteu et de trichlorure d'aluminium pour les TPT et TFT respectivement, en utilisant l'acide gallique et la quercitrine comme standards pour les TPT et TFT respectivement. Comme le montre la figure IV.3, les résultats obtenus montrent que les TPT des extraits éthanoliques (EE) sont les plus élevées chez toutes les plantes, puis arrivent en deuxième position les extraits méthanoliques (EM), et en fin les huiles essentielles (HEs). Par rapport aux plantes, *S. rosmarinifolia* renferme des quantités très élevées en polyphénols, puis *H. nodiflorum* et enfin *A. monanthos* ssp *cyrtolepidioides*; ceci est observé pour tous les extraits EM, EE et les HEs. Les TFT diffèrent d'un extrait à un autre pour la même plante, d'une part, et d'une plante à une autre d'autre part. L'extrait EM contient des TFT les plus élevées chez *A. monanthos* puis celui de *H. nodiflorum* et enfin *S. rosmarinifolia*. L'ordre des TFT pour l'extrait EE est *S. rosmarinifolia*, *H. nodiflorum* et *A. monanthos* ssp *cyrtolepidioides*. Les HEs en contiennent des quantités minimales.



a. Teneurs en TPT et en TFT des extraits EM, EE et HE de *A. monanthos ssp cyrtolepidioides*

b. Teneurs en TPT et en TFT des extraits EM, EE et HE de *H. nodiflorum*



c. Teneurs en TPT et en TFT des extraits EM, EE et HE de *S. rosmarinifolia*

Figure IV.3 : a,b et c les teneurs en TPT ($\mu\text{gEAG}/\text{mg}$) et en TFT ($\mu\text{gEQ}/\text{mg}$) des extraits EM, EE et HE des trois espèces étudiées

L'EE de notre *S. rosmarinifolia* ont présenté des teneurs en PT et en FT plus élevées que celles mentionnées par Stankovic *et al.* (2016) pour l'extrait méthanolique de la même plante (110.95 μg of EAGC et 70.71 μg of ERutine/mg, respectivement) ; de même pour l'EM par rapport aux PT.

IV.2.4 Etude de la composition chimique des huiles essentielles

IV.2.4.1 Composition chimique de l'huile essentielle d'*Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch.

Le tableau IV.8 présente la composition chimique de l'huile essentielle de *H. nodiflorum*. Au total, soixante-sept composants volatils ont été identifiés, représentant 98,7% de l'ensemble des compositions. Le chromatogramme GC/MS de l'huile a révélé la présence de monoterpènes hydrocarbonés (56,4%), de sesquiterpènes hydrocarbonés (18,9%), de phénylpropanoïdes (10,6%), de

diterpénoïdes (6,8%), de monoterpènes oxygénés (2,4%), de sesquiterpènes oxygénés (1,6%) et d'autres composés (1,9%). Les constituants élevés étaient le terpinolène (32,9%), la myristicine (10,6%), le myrcène (6,2%), le limonène (6,0%), le γ -terpinène (5,9%), le (*Z*)-caryophyllène (5,3%), le germacrène D (4,7%), néophytadiène (4,2%), germacrène B (3,3%), phytol (2,6%), β -pinène (2,4%), *p*-cymène (1,6%), γ -élémente (1,2%) et pulegone (1,0%).

Tableau IV.8: Composition chimique de l'huile essentielle des parties aériennes de *H. nodiflorum*

N°	Nom du composé ^a	RI ^b	% ^c
1	Heptanal	903	0,2
2	α -thujène	921	0,1
3	α -pinène	926	0,4
4	Camphène	939	tr
5	Sabinène	965	tr
6	β -pinène	968	2,4
7	Myrcène	989	6,2
8	α -phellandrène	1002	0,2
9	<i>n</i> -octanal	1004	0,2
10	α -terpinène	1014	0,1
11	<i>p</i> -cymène	1021	1,6
12	limonène	1025	6,0
13	(<i>Z</i>)-beta-ocimène	1037	0,4
14	benzène acétaldéhyde	1042	tr
15	(<i>E</i>)-bêta-ocimène	1047	0,1
16	γ -terpineène	1055	5,9
17	terpinolène	1086	32,9
18	2-nonanone	1095	tr
19	Linalool	1101	tr
20	Nonanal	1105	0,1
21	1,3,8- <i>p</i> -menthatriène	1108	0,1
22	(<i>E,E</i>)-2,6-diméthyl-1,3,5,7-octatétraène	1130	0,1
23	menthone	1149	0,3
24	(2 <i>E</i>)-nonen-1-al	1160	tr
25	1,8-menthadien-4-ol	1173	0,5
26	<i>p</i> -cymen-8-ol	1182	0,5
27	5-méthylène-2,3,4,4-tétraméthyl-cyclopent-2-énone	1188	tr
28	Décanal	1206	tr
29	β -cyclocitral	1216	tr
30	pulegone	1234	1,0
31	(2 <i>E</i>)-décénal	1261	tr
32	β -élémente	1330	tr
33	α -copaène	1367	0,4
34	β -cubebène	1383	0,1

Suite Tableau IV.8

N°	Nom du composé ^a	RI ^b	% ^c
35	β-élémane	1385	0,3
36	(Z)-caryophyllène	1408	5,3
37	β-copaène	1419	0,1
38	γ-élémane	1427	1,2
39	α-trans-bergamotène	1430	tr
40	α-humulène	1442	0,3
41	cis-muurola-4(14),5-diène	1453	0,4
43	phényléthylisothiocyanate	1458	0,3
44	germacrène D	1471	4,7
45	cis-muurola-4(14),5-diène	1481	0,3
46	(E)-bêta-ionone	1481	0,3
47	α-sélinène	1486	0,1
48	bicyclogermacrène	1486	0,8
49	α-zingibérène	1491	0,2
50	β-bisabolène	1504	0,3
51	(E,E)-alpha-farnésène	1507	0,7
52	myristicin	1519	10,6
53	β-sesquiphellandrène	1521	tr
54	selina-3,7(11)-diène	1530	0,1
55	germacrene B	1545	3,3
56	(E)-nérolidol	1561	0,1
57	spathulénol	1566	0,2
58	Caryophyllène oxide	1570	0,2
59	épi-alpha-cadinol	1631	0,1
60	β-eudesmol	1638	0,1
61	α-cadinol	1645	0,1
62	α-bisabolol	1679	0,6
63	mintsulfide	1720	0,5
64	néophytadiène	1838	4,2
65	hexahydrofarnesyl acétone	1843	tr
66	(Z)-falcarinol	2029	0,5
67	Phytol	2102	2,6
Monoterpènes hydrocarbonés		56,4	
Monoterpènes oxygénés		2,4	
Sesquiterpènes hydrocarbonés		18,9	
Sesquiterpènes oxygénés		1,6	
Diterpénoïdes		6,8	
Phénylpropanoïdes		10,6	
Autres		1,9	
Total identifié (%)		98,7	

^a Les composés sont répertoriés selon leur ordre d'éluion à partir d'une colonne capillaire HP-5MS ;
^b indice de rétention linéaire calculé selon la formule de Van den Doll pour le programme de gradient de température ;
^cLa valeur est la moyenne de trois déterminations ; tr : traces (< 0.1%).

La composition de l'huile de *H. nodiflorum* a montré un profil presque identique à ceux rapportés dans la littérature (Tableau IV.9), mais il y a quelques particularités à signaler. En fait, le (Z)-caryophyllène (5,3%) et le germacrène B (3,3%) étaient pratiquement absents dans les huiles des autres profils; trois composés tels que le néophytadiène (4,2%), le myrcène (6,2%) et le terpinolène (32,9%) leurs niveaux l'emportent sur toutes les huiles, d'autre part, le β -pinène (2,4%), le limonène (6,2%), le γ -terpinène, le myristicin (10,6%) présentent des teneurs faibles et au final le taux de germacrène D (4,7%) semble identique par rapport aux huiles étudiées en Italie et au Portugal.

Tableau IV.9: Principaux constituants volatils (%) dans les huiles essentielles de certaines espèces de *H. nodiflorum* et son synonyme *A. nodiflorum*

Origine / Status / Nature	Partie utilisée	Composants principaux (%)	Références
Pescara, Abruzzes (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (6,6), limonène (27,7), cis- β -ocimène (3,7), p-cymène (23,0), trans- β -ocimène (3,1), terpinolène (3,5), germacrène D (4,2), myristicin (18,5)	Menghini <i>et al.</i> , 2010
Monte dei Sette Fratelli, Sardaigne (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (3,1), limonène (14,4), γ -terpinène (1,1), terpinolène (0,5), germacrène D (0,6), Dillapiol (70,8)	Maxia <i>et al.</i> , 2012
Penacova (Portugal) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage		β -pinène (3,6), limonène (16,7), γ -terpinène (4,0), terpinolène (7,2), germacrène D (2,9), myristicin (29,1), dillapiol (22,5)	
Badia Morronese-Fonte d'Amore (Italie) - <i>H. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (2,3), limonène (7,8), (Z)- β -ocimène (19,0), terpinolène (7,1), germacrène D (6,0), myristicin (49,1)	Benelli <i>et al.</i> , 2017a
Fluminanta (Italie) / <i>H. nodiflorum</i> / Sauvage	Plante entière	β -pinène (4,7), limonène (39,8), γ -terpinène (6,4), germacrène D (1,0), myristicin (35,3), néophytadiène (2,1).	Benelli <i>et al.</i> , 2017b
Badia Morronese - Fonte d'Amore (Sulmona, Abruzzo) (Italie) / <i>H. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (2,3), limonène (7,8), (Z)- β -ocimène (19,0), γ -terpinène (1,5), terpinolène (7,1), germacrène D (6,0), myristicin(49,1)	Heshmati Afshar <i>et al.</i> , 2017
Taverne - Colfiorito Highland (Serravalle del Chienti, Marches) (Italie) / <i>H. nodiflorum</i> / Sauvage		β -pinène (5,5), limonène (40,6), (Z)- β -ocimène (3,5), γ -terpinène (2,1), terpinolène (4,4), germacrène D (1,6), myristicin(24,3), dillapiol (9,4)	
Badia Morronese-Fonte d'Amore (Sulmona, AQ), Région des Abruzzes (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (9,6), limonène (40,6), (Z)- β -ocimène (19,0), γ -terpinène (2,1), terpinolène (9,9), germacrène D (6,0), myristicin (63,4)	Maggi <i>et al.</i> , 2019

Suite Tableau IV.9:

Origine / Status / Nature	Partie utilisée	Composants principaux (%)	Références
Fiume Pescara (Popoli, PE), Région des Abruzzes (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (9,0), limonène (34,2), (Z)- β -ocimène (5,0), γ -terpinène (1,6), terpinolène (3,2), germacrène D (4,5), myristicin (31,8)	Maggi <i>et al.</i> , 2019
Fiuminata (MC), Région des Marches (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage		β -pinène (1,0), limonène (8,9), (Z)- β -ocimène (12,4), γ -terpinène (0,7), terpinolène (1,5), germacrène D (2,1), myristicin (63,4)	
Le Rote (Pieve Torina, MC), Région des Marches (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage	Partie aérienne	β -pinène (9,6), limonène (42,4), (Z)- β -ocimène (2,6), γ -terpinène (0,9), terpinolène (4,3), germacrène D (0,5), myristicin (32,1)	Maggi <i>et al.</i> , 2019
Piano di Colfiorito (Serravalle di Chienti, MC), Région des Marches (Italie) / <i>A. nodiflorum</i> / Sauvage		β -pinène (5,5), limonène (40,6), (Z)- β -ocimène (3,5), γ -terpinène (2,1), terpinolène (4,4), germacrène D (1,6), myristicin (24,3), dillapiol (9,4)	

IV.2.4.2 Composition chimique de l'huile essentielle de *Santolina rosmarinifolia* L.

La composition et le pourcentage des composés sont résumés dans le tableau IV.10. Au total, quatre-vingt-deux composés ont été identifiés, représentant 91,84% de l'huile totale. La classe la plus abondante de l'huile essentielle de *Santolina* algérienne était celle des autres composés, qui représentait 35% avec 17 composants, les monoterpènes oxygénés étaient la deuxième classe avec environ 22% et 24 composants, la classe suivante était constituée de monoterpènes hydrocarbonés avec 13 composants et une quantité d'environ 21%, les sesquiterpènes étaient la dernière classe avec la quantité la plus faible (environ 13%) mais avec le plus grand nombre de composants (28). Les principaux constituants ont été identifiés comme le capillène (32,79%), le 1,8-cinéole (15,08%) et le β -myrcène (13,98%).

Les espèces du genre *Santolina*, en particulier *S. rosmarinifolia* et sa sous-espèce, présentent clairement une variabilité remarquable dans la composition chimique de leurs huiles essentielles (Tableau IV.11). Cette variabilité est très nette en comparant les principaux composés de *S. rosmarinifolia* récoltés dans un biotope steppique (région du Hodna) qui fait l'objet de cette étude à celui récolté dans un autre biotope forestier (région des Aurès). Ce dernier échantillon a en effet montré la présence de deux composants non individualisés dans notre

échantillon, à savoir le tricosane (10,60%) et le pentacosane (6,70%); une autre différence significative était la présence constante de germacrène-D et d' α -pinène (30,20 et 10,10%, respectivement), ainsi que l'absence de capillène (Chibani *et al.*, 2013). Une plus grande similitude avec les données de composition de notre échantillon a été rapportée pour un échantillon de *S. rosmarinifolia* ssp *rosmanifolia* (Palà-Paül *et al.*, 1991, 2001). L'analyse phytochimique de *S. rosmarinifolia* collectée au Portugal a montré que presque tous les principaux composés trouvés dans notre échantillon étaient présents mais en quantité moindre (Ioannou *et al.*, 2007). Les huiles de fleurs de *S. rosmarinifolia* collectées en Espagne présentaient certaines similitudes par rapport à notre échantillon, qui à son tour ne montrait pas la présence d'*ar*-curcumène et de β -eudesmol (Pérez-Alonso & Velasco-Negueruela, 1988). Enfin, d'autres rapports sur différentes espèces de *Santolina* ont montré la présence de certains composants tels que le 1,8-cinéole (Villar *et al.*, 1986; Giner *et al.*, 1993; Cherchi *et al.*, 2001; Flamini & Cioni, 2007 ; Tirillini *et al.*, 2007; Grosso *et al.*, 2009), le β -myrcène (Poli *et al.*, 1997; Zaiter *et al.*, 2015) et le capillène (Malti *et al.*, 2019).

Tableau IV.10: Composition chimique de l'huile essentielle des parties aériennes de *S. rosmarinifolia* L.

N ^o a	Nom du composé	RI ^b	% ^c
1	3 Hepten-1-ol acétate	773	tr
2	Hexanal	803	tr
3	2-E-hexénal	859	tr
4	α -Thujène	932	0,14
5	α -Pinène	939	1,31
6	Camphène	955	0,26
7	Thuja-2.4(10)-diène	960	tr
8	Benzaldéhyde	966	0,41
9	Sabinène	979	0,69
10	β -Pinène	983	3,46
11	β -Myrcène	997	13,98
12	Phellandrène	1009	tr
13	α -Terpinène	1021	0,43
14	<i>p</i> -Cymène	1029	0,25
15	1,8-Cinéole	1041	15,08
16	β -Z-Ocimène	1049	tr
17	Benzène acétaldéhyde	1058	tr
18	2-Octène-2-méthyl-6-méthylène	1063	0,72

Suite Tableau IV.10:

N ^o a	Nom du composé	RI ^b	% ^c
19	γ -Terpinène	1072	0,27
20	Acétophénone	1077	tr
21	<i>cis</i> -Sabinène hydrate	1089	0,17
22	Terpinolène	1093	0,10
23	Périllène	1100	0,48
24	Isopentylisovalérate	1103	tr
25	Dehydro sabina cétone	1126	0,11
26	α -Campholénal	1130	0,09
27	4-acétyl-1-méthylcyclohexane	1135	0,11
28	<i>trans</i> -pinocarvéol	1146	0,45
29	Camphre	1151	0,99
30	Karahanaenone	1164	tr
31	Sabina cétone	1166	tr
32	<i>cis</i> -chrysanthénol	1172	2,04
33	Bornéol	1175	0,06
34	<i>cis</i> -Pinocamphone	1182	tr
35	Terpinen-4-ol	1186	1,47
36	Thuj-3-en-10-al	1192	0,09
37	3,3,5-Triméthyl-1,4-hexadiène	1195	0,06
38	α -Terpinéol	1199	0,86
39	Myrténol	1205	0,35
40	<i>trans</i> -carvéol	1227	tr
41	<i>cis</i> -carvéol	1237	tr
42	<i>cis</i> -3-hexényl isovalérate	1249	0,08
43	<i>p</i> -éthylacétophénone	1262	tr
44	Géranial	1278	tr
45	<i>p</i> -menth-1-en-7-al	1283	tr
46	<i>cis</i> -vérbényl acétate	1286	tr
47	γ -terpinène-7-al	1287	tr
48	Alcool périlleux	1306	0,08
49	Acétate de myrtényle	1334	tr
50	Acide décanoïque	1377	tr
51	α -Copaène	1388	tr
52	Bourbonène	1390	tr
53	Z-Jasmone	1395	0,06
54	Méthyleugénol	1402	0,06
55	α -Gurjunène	1408	tr
56	β -Caryophyllène	1422	tr
57	β -Copaène	1431	0,08
58	<i>trans</i> - α -Bergamotène	1445	0,07
59	β -Farnésène	1464	tr
60	Sesquisabinène	1471	0,12
61	γ -Gurjunène	1484	0,06
62	γ -Muuroolène	1488	0,21

Tableau IV.11 : Principaux constituants volatils (%) des huiles essentielles de certaines espèces de *S. rosmarinifolia* L. et *S. rosmarinifolia* L. ssp *rosmarinifolia*

Origine / Status / Nature	Partie utilisée	Composants principaux (%)	Références
Batna-Aurès (Algérie) - <i>Santolina rosmarinifolia</i> L. / Sauvage	Partie aérienne fleurie	germacrène-D (30,2), β -myrcène (12,0), tricosane (10,6), β -pinène (10,1), sabinène (7,0), pentacosane (6,7).	Chibani <i>et al.</i> , 2013
Jardin botanique de Iasi (Roumanie) / <i>Santolina rosmarinifolia</i> L. / Cultivée	Capitule	β -eudesmol (13,5), 1,8-cinéole (12,9), camphre (8,0), bornéol (5,1), <i>ar</i> -curcumène (4,8), terpinen-4-ol (4,5), spathulénol (4,4)	Ioannou <i>et al.</i> , 2007
	Feuille	<i>ar</i> -curcumène (9,6), β -phellandrène (8,1), spathulénol (7,5), β -pinène (6,0), γ -muurolène (5,8), myrcène (5,2), camphre (5,2).	
Puente de Madrid (Espagne) / <i>Santolina rosmarinifolia</i> L. ssp. <i>Rosmarinifolia</i> / Sauvage	Partie aérienne (*)	Sabinène (0,3-12), β -pinène (17,0-26,5), myrcène (0,3-15,5), β -phellandrène (14,4-27,6), limonène (3,1-5,0), 1,8-cinéole (0,9-1,7), artemisia cétone (1,0-2,4), terpinen-4-ol (0,5-4,0), capillène (t-5,1), <i>ar</i> -curcumène (1,0-2,4), β -eudesmol (0,4-5,0).	Palá-Paúl <i>et al.</i> , 2001
Puerto de Nava-cerrad a Madrid (Espagne) / <i>Santolina rosmarinifolia</i> L. ssp. <i>rosmarinifolia</i> / Sauvage	Partie aérienne	capillène (35,2), β -phellandrène (14,9), myrcène (13,1), β -pinène (7,8), sabinène (5,5), <i>ar</i> -curcumène (4,3)	Palá-Paúl <i>et al.</i> , 1999
El Escorial and Puerto de Galapagar a Madrid (Espagne) / <i>Santolina rosmarinifolia</i> L. / Sauvage	Fleur	1,8-cinéole (8,9), β -pinène (8,9), myrcène (7,8), sabinène (6,6), <i>ar</i> -curcumène (5,8), β -eudesmol (13,4).	Pérez-Alonso & Velasco-Negueruela, 1988

(*) Composition en pourcentage des composants d'HE de *Santolina rosmarinifolia* L. ssp. *rosmarinifolia* pendant un an (min-max); t = traces

IV.2.4.3 Composition chimique de l'huile essentielle d'*Anacyclus monanthos* sous espèces *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

Le tableau IV.12 présente la composition chimique de l'huile essentielle d'*A. cyrtolepidioides*. Au total, 97 composants volatils, représentant 70,4% de la composition totale, ont été entièrement caractérisés et regroupés en huit classes, à savoir: aldéhydes, alcanes, monoterpènes hydrocarbonés, monoterpènes oxygénés, sesquiterpènes hydrocarbonés, sesquiterpènes oxygénés, diterpènes, phénylpropanoïdes et autres composés. L'huile essentielle était caractérisée par des sesquiterpènes hydrocarbonés (17 composés représentant 24,6% de la composition totale), des monoterpènes oxygénés (28 composés, 15,6% de la composition totale), des sesquiterpènes oxygénés (13 composés, 13,1% de la

composition totale), des phénylpropanoïdes (2 composés, 4,8% de la composition totale), monoterpènes hydrocarbonés (11 composés, 4,0% de la composition totale), diterpènes (2 composés, 2,6% de la composition totale), alcanes (8 composés, 2,2% de la composition totale) et les aldéhydes (9 composés, 1,0% de la composition totale). Les principaux constituants (par ordre décroissant) étaient l'acétate de trans-chrysanthényle (9,8%), le (E) - β -farnésène (7,4%), le germacrène D (6,9%), la myristicine (4,8%), la vulgarone B (3,6%), le spathuléol (2,8%), le β -sesquiphellandrène (2,7%) et l'isovalérate de néryle (2,0%).

Une synthèse de la littérature existante sur les huiles essentielles du genre *Anacyclus* a révélé la présence de quelques études. Le groupe des sesquiterpènes oxygénés de l'espèce marocaine *A. pyrethrum* constitue la fraction la plus abondante de l'huile (89,2-90,6%) au cours de l'étape de maturation également; ce groupe est le plus abondant dans l'espèce algérienne comme le montrent Selles *et al.* (2013). Dans cette étude, le pourcentage de sesquiterpènes oxygénés est passé de 37,1% à 58,6% avant et après la floraison, respectivement. En revanche, l'huile essentielle de l'espèce tunisienne *A. clavatus* est caractérisée par la prédominance du groupe des monoterpènes oxygénés avec 54,03% de la composition totale, les constituants majeurs de cette fraction sont l'acétate de trans-chrysanthényle (12,3%), cis-thuyone (9,8%), chrysanthénone (8,2%) et trans-thuyone (7,3%). Alors que dans celle d'une population algérienne, Aliboudhar *et al.* (2013 et 2015) ont montré que la fraction oxygénée représentait 36,1% et que les principaux composants sont le germacrène D (16,84%) et la β -thuyone (11,16%). Par comparaison, *A. cyrtolepidoides* présente une faible teneur des deux groupes (sesquiterpènes oxygénés: 13,1%; monoterpènes oxygénés: 15,6%) et des niveaux élevés d'hydrocarbures sesquiterpéniques (24,6%).

Tableau IV.12: Composition chimique de l'huile essentielle d'*Anacyclus cyrtolepidoides*

N°	Nom du composé	RIb	%c
1	santolina triène	906	0,2
2	α -pinène	926	1,2
3	camphène	939	tr
4	(2 <i>E</i>)-hepténal	951	trf
5	benzaldéhyde	954	tr
6	sabinène	966	0,1
7	β -pinène	968	0,9
8	myrcène	988	0,4
9	2-pentyl furan	989	0,4
10	δ -2-carène	996	0,6
11	yomogialcohol	1002	0,1
12	<i>n</i> -octanal	1004	0,1
13	<i>p</i> -cymène	1021	0,1
14	limonène	1025	0,5
15	1,8-cinéole	1028	0,1
16	benzène acétaldéhyde	1042	tr
17	γ -terpinène	1055	tr
18	(2 <i>E</i>)-octène-1-al	1058	tr
19	artemisia cétone	1060	0,2
20	<i>n</i> -octanol	1073	tr
21	artemisia alcohol	1083	tr
22	<i>p</i> -mentha-2,4(8)-diène	1084	tr
23	<i>p</i> -cyménène	1086	tr
24	linalool	1100	tr
25	<i>n</i> -nonanal	1104	0,4
26	<i>trans</i> - <i>p</i> -mentha-2,8-diène-1-ol	1118	0,1
27	α -campholenal	1123	0,1
28	<i>trans</i> -pinocarvéol	1132	0,4
29	<i>trans</i> -verbénol	1140	0,5
30	pinocarvone	1157	0,3
31	<i>cis</i> -chrysanthénol	1160	0,2
32	bornéol	1165	0,2
33	<i>p</i> -mentha-1,5-diène-8-ol	1166	tr
34	<i>cis</i> -pinocamphone	1168	0,1
35	terpinène-4-ol	1173	0,1
36	3,7-octadiène-2,6-diol, 2,6-diméthyl-	1184	0,5
37	α -terpinéol	1187	0,1
38	myrténal	1191	0,2
39	myrténol	1194	0,2
40	<i>n</i> -décanal	1206	0,2
41	<i>trans</i> -carvéol	1216	0,1
42	<i>cis</i> - <i>p</i> -mentha-1(7),8-diène-2-ol	1225	tr

Suite Tableau IV.12

N°	Nom du composé ^a	RI ^b	% ^c
43	<i>trans</i> -chrysanthényle acétate	1233	9,8
44	carvone	1240	0,1
45	<i>cis</i> -chrysanthényle acétate	1259	0,1
46	(2 <i>E</i>)-décénal	1261	0,1
47	(<i>E</i>)-anéthole	1282	tr
48	thymol	1294	0,10
49	carvacrol	1302	tr
50	(2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-décadiénal	1314	0,1
51	α -longipinène	1340	0,8
52	α -copaène	1367	0,3
53	<i>n</i> -tétradécane	1399	0,1
54	(<i>E</i>)-caryophyllène	1408	1,6
55	β -copaène	1419	0,1
56	γ -élémane	1427	0,2
57	α - <i>trans</i> -bergamotène	1430	tr
58	α -humulène	1442	0,2
59	(<i>E</i>)- β -farnésène	1456	7.4
60	germacrène D	1471	6.9
61	β -sélinène	1475	0,2
62	bicyclogermacrène	1485	0,7
63	α -zingibérène	1494	0,3
64	<i>n</i> -pentadécane	1499	tr
65	10,11-époxy-calamenène	1500	0,7
66	β -bisabolène	1504	0,2
67	(<i>E</i> , <i>E</i>)- α -farnésène	1507	1,8
68	myristicine	1517	4,8
69	β -sesquiphellandrène	1521	2,7
70	α -calacorène	1535	0,2
71	germacrène B	1545	1,1
72	spathuléol	1567	2,8
73	caryophyllène oxide	1570	1,6
74	nérylisovalérate	1582	2,0
75	salvial-4(14)-en-1-one	1584	0,8
76	β -oplopénone	1599	0,7
77	1,10-di- <i>epi</i> -cubenol	1618	1,1
78	<i>épi</i> - α -muurolol	1632	0,5
79	vulgarone B	1636	3,6
80	α -cadinol	1645	0,6
81	<i>cis</i> -calamenen-10-ol	1658	0,3
82	<i>épi</i> - α -bisabolol	1679	0,2
83	mintsulfide	1720	0,2
84	benzylbenzoate	1754	0,1
85	14-hydroxy- α -muurolène	1768	0,1

Suite Tableau IV.12

N°	Nom du composé ^a	RI ^b	% ^c
86	14-hydroxy- δ -cadinène	1793	0,2
87	neophytadiène	1837	1,0
88	hexahydrofarnesyl acétone	1843	0,6
89	<i>n</i> -hexadécanoïc acide	1964	0,8
90	(<i>Z</i>)-falcarinol	2029	0,2
91	<i>trans</i> -phytol	2102	1,5
92	<i>n</i> -tricosane	2297	0,9
93	<i>n</i> -tétracosane	2397	tr
94	<i>n</i> -pentacosane	2528	0,5
95	<i>n</i> -hexacosane	2597	tr
96	<i>n</i> -heptacosane	2695	0,4
97	<i>n</i> -nonacosane	2900	0,2
	Aldéhydes	9 composés	1,0
	Alcanes	8 composés	2,2
	Monoterpènes hydrocarbonés	11 composés	4,0
	Monoterpènes oxygénés	28 composés	15,6
	Sesquiterpènes hydrocarbonés	17 composés	24,6
	Sesquiterpènes oxygénés	13 composés	13,1
	Diterpènes	2 composés	2,6
	Phénylpropanoïdes	2 composés	4,89
	Autres	7 composés	2,4
	Total identifié (%)	97 composés	70,4

^aLes composés sont répertoriés dans l'ordre de leur élution à partir d'une colonne HP-5MS. ^bIndice de rétention linéaire sur colonne HP-5MS, déterminé expérimentalement en utilisant des séries homologues d'alcane C₈-C₃₀ ; ^cLes pourcentages relatifs sont des moyennes de trois déterminations ; tr : trace (teneur < 0.1%).

IV.3. ACTIVITES BIOLOGIQUES

IV.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante

a- Test du piégeage de radical libre DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl)

Le principe de ce test repose sur la capacité des extraits à réduire le radical libre DPPH de couleur violette en couleur jaune (réduction). La couleur violette est mesurable par spectrophotométrie.

Nos résultats (Tableau IV.13) ont montré que l'EE de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* est le plus efficace comme piègeur du radical libre DPPH, et même plus efficace que le BHT. Les extraits méthanoliques des 2 plantes *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia* arrivent en 2^{ème} position, puis l'extrait méthanolique de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* et enfin les extraits éthanoliques des plantes *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia*. Les huiles

essentielles ont un effet faible par rapport aux extraits méthanoliques de *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia* et comparable à celui des extraits éthanoliques de ces plantes. L'étude menée par Chibani *et al.* (2012) sur l'activité antiradicalaire de *S. rosmarinifolia* a montré que l'extrait butanolique de cette plante (BESR) a désactivé de façon remarquable le radical DPPH de 81,36% à une concentration de 500 µg/ml et que cette activité antioxydante élevée peut s'expliquer par la présence de quercétine et de ses dérivés mis au point dans cette étude. D'autre part les IC₅₀ de l'EE et l'EM enregistrées pour notre plante *A. monanthos* sont plus élevées que celle enregistrée par Aliboudhar *et al.* (2013) pour l'espèce *Anacyclus clavatus* d'où l'IC₅₀ du radical DPPH* est d'une moyenne, entre les EE des parties aériennes, de 68.06 µg/ml; et celle de L'EM est de 56.55µg/ml.

Tableau IV.13. Les valeurs IC₅₀ (µg/ml) de l'EE, l'EM et de l'HE des plantes étudiées et du standard BHT dans le test de DPPH (* les valeurs IC₅₀ de l'HE sont en µl/ml)

Extrait/HE	<i>A. monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidoides</i>	<i>H. nodiflorum</i>	<i>S. rosmarinifolia</i>	BHT
Extrait éthanolique (EE)	15,69 ± 0,2	53,96 ± 0,6	36,63 ± 0,21	19,83 ± 0,3
Extrait méthanolique (EM)	48,97 ± 0,5	22,50 ± 0,3	23,86 ± 0,14	
Huile essentielle (HE)*	17,309 ± 0,18*	4,634 ± 0,05*	1,196 ± 0,04*	

Sachant que nos extraits éthanoliques et méthanoliques renferment des taux élevés en polyphénols et flavonoïdes totaux, la forte activité de piégeage du radical libre DPPH* peut être en relation avec le nombre de groupes hydroxyles sur le noyau des flavonoïdes ou aux taux élevés des acides phénoliques et leurs dérivés, qui leur permet d'agir comme des agents réducteurs, donneurs d'hydrogène, et des désactivateurs d'oxygène singlet (Miguel, 2012).

b- Test de blanchissement de β-carotène

La technique de décoloration du β-carotène permet d'évaluer l'activité antioxydante. La présence d'antioxydant inhibe le blanchiment du β-carotène par les produits formés de l'oxydation de l'acide linoléique (Zouari *et al.*, 2011).

Nos résultats (Tableau IV.14) ont montré que les extraits éthanoliques sont les plus efficaces, en particulier celui de *S. rosmarinifolia* qui paraît comparable au BHT. Les HEs d'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* et *H. nodiflorum* arrivent

en deuxième position, puis les l'EE de *A. monanthos ssp cyrtolepidoides* et puis les EMs des trois plantes. L'HE de *S. rosmarinifolia* est la plus faible. L'étude menée par Maggi *et al.* (2019) sur *H. nodiflorum* a montré que l'HE possède une activité inhibitrice du blanchiment du β -carotène d'une IC₅₀ de 956 μ g/ml qui paraît proche de celle de notre plante *H. nodiflorum*.

Tableau VI.14. Les valeurs IC₅₀ (mg/ml) de l'EE, l'EM et de l'HE des plantes étudiées et du standard BHT dans le test du blanchiment de β -carotène (* les valeurs IC₅₀ de l'HE sont en μ l/ml)

Extraits/HE	<i>A. monanthos ssp cyrtolepidoides</i>	<i>H. nodiflorum</i>	<i>S. rosmarinifolia</i>	BHT
Extrait éthanolique (EE)	1,589± 0,07	0,251± 0,01	0,085± 0,01	0.092± 0.005
Extrait méthanolique (EM)	1,988± 0,06	1,756± 0,07	1,726± 0,19	
Huile essentielle (HE) *	0,848± 0,02*	0,880± 0,06*	2,634± 0,07*	

Les composés phénoliques des plantes étudiées peuvent être les responsables majeurs du potentiel antioxydant. Cette activité ne dépend pas seulement de la concentration en composés phénoliques mais aussi de la structure et de l'interaction entre les différents composés antioxydants (Bettaieb Rebey *et al.*, 2017).

IV.3.2 Evaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des HEs a été estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant les HEs (diluées au demi dans le DMSO) des plantes étudiées vis-à-vis de 08 souches bactériennes et une levure *Candida albicans*. Le DMSO a été utilisé comme solvant. Nos résultats montrent qu'il est approprié et ne présente aucun effet sur la croissance normale des souches microbiennes.

D'après les résultats obtenus (Tableau IV.15), les diamètres des zones d'inhibition se situent entre 9 et 14 mm ; ce qui qualifie les bactéries et les levures testées sensibles aux HEs des plantes étudiées, et ce selon Ponce *et al.* (2003).

Tableau IV.15. . Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de l'HE (15µl/disque) des plantes étudiées.

Bactéries / Levure	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)		
	<i>A. monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidoides</i>	<i>H. nodiflorum</i>	<i>S. rosmarinifolia</i>
<i>Escherichia coli</i>	11,00 ± 0,00	12,33 ± 2,08	10,67 ± 0,58
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10,33 ± 0,58	—	10,33 ± 0,58
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10,33 ± 0,58	—	11,00 ± 1,00
<i>Selmonella enterica</i>	10,00 ± 0,00	—	10,00 ± 0,00
<i>Bacillus subtilis</i>	—	14,33 ± 0,58	12,00 ± 0,00
<i>Proteus mirabilis</i>	11,33 ± 0,58	13,67 ± 0,58	10,00 ± 0,00
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	12,00 ± 0,00	10,00 ± 0,00	10,00 ± 0,00
<i>Staphylococcus aureus</i>	11,33 ± 0,58	—	12,00 ± 1,73
<i>Candida albicans</i>	10,67 ± 0,58	10,00 ± 0,00	11,00 ± 0,00

— : Pas d'inhibition

Les valeurs des CMI et CMB des HES des plantes étudiées sont représentées dans les tableaux IV.15-16-17 respectivement.

D'après le tableau des CMI, la majorité des bactéries testées paraissent plus sensibles à l'HE d'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides*; les concentrations inhibitrices sont comprises entre 3,13 et 12,5 µl/ml. Les concentrations inhibitrices de l'HE de *S. rosmarinifolia* se situent entre 6,25 et 12,25 µl/ml, alors que celles de l'HE de *H. nodiflorum* sont comprises entre 6,25 et 25 µl/ml.

Tableau IV.16.: Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des HES des plantes étudiées.

Bactéries / Levure	CMI (µl/ml)		
	<i>A. monanthos</i> ssp <i>cyrtolepidoides</i>	<i>H. nodiflorum</i>	<i>S. rosmarinifolia</i>
<i>Escherichia coli</i>	3,13	6,25	12,5
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	6,25	—	12,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12,5	—	12,5
<i>Selmonella enterica</i>	12,5	—	12,5
<i>Bacillus subtilis</i>	—	12,5	12,5
<i>Proteus mirabilis</i>	25	6,25	12,5
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3,13	25	6,25
<i>Staphylococcus aureus</i>	6,25	—	12,5
<i>Candida albicans</i>	6,25	12,5	6,25

— : Pas d'inhibition

D'après le tableau des CMB, l'HE d'*A. monanthos ssp cyrtolepidoides* paraît très efficace et tue *Escherichia coli* à la concentration de 6,25µl/ml, les bactéries gram positives *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus aureus* à la concentration 12,5µl/ml. Les autres bactéries, excepté *Staphylococcus aureus*, nécessitent 25µl/ml ou plus pour être tuées par les HEs des 2 autres plantes *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia*.

Il est à noter que les 02 bactéries gram positives *Pseudomonas aeruginosa* et *Selmonella enterica* sont résistantes aux HEs des 03 plantes et ne sont pas tuées à la concentration de 25µl/ml.

Tableau IV.17: Concentrations minimales bactéricides (CMB) et levuricide des HEs des plantes étudiées.

Bactéries / Levure	CMB (µl/ml)		
	<i>A. monanthos ssp cyrtolepidoides</i>	<i>H. nodiflorum</i>	<i>S. rosmarinifolia</i>
<i>Escherichia coli</i>	6,25	> 25	> 25
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	25	—	25
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	> 25	—	> 25
<i>Selmonella enterica</i>	> 25	—	> 25
<i>Bacillus subtilis</i>	—	> 25	25
<i>Proteus mirabilis</i>	> 25	25	25
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	12,5	25	25
<i>Staphylococcus aureus</i>	12,5	—	12,5
<i>Candida albicans</i>	12,5	25	25

— : Non testé

L'activité antibactérienne de l'HE d'*Apium nodiflorum* a été étudiée *in vitro* contre *Helicobacter pylori* (souche DSMZ 4867), résultant en une valeur CMI de 12,5 µg/mL (Menghini *et al.*, 2010). L'HE de notre plante *H. nodiflorum* a provoqué une inhibition sur les bactéries testées plus importante (zone d'inhibition de 10 à 14mm), que celle de l'HE de la même plante poussant en Italie (zone d'inhibition de 7.8 à 8.5mm) (Maggi *et al.*, 2019) ; et une inhibition plus ou moins équivalente sur *C. albicans* (zone d'inhibition de 11mm).

Des sesquiterpènes de *S. rosmarinifolia* subsp. *canescens* ont été testés pour leur activité antimicrobienne contre plusieurs bactéries à Gram-positifs (*Enterococcus faecalis* OGIX, *Bacillus subtilis* CECT 397 et *Staphylococcus aureus* ATCC 8), d'autres à Gram négatif (*Salmonella tiphymurium* LT 2,

Escherichia coli U 9 et *Proteus* sp) et des levures (*Sacharomyces cerevisiae* S 3, *Candida albicans* CECT 1394 et *Cryptococcus neoformans* CECT 1075). Seuls 02 composés parmi 09 ont montré une activité significative contre les levures (CMI = 6,25 et 12,5 mg/ml). Aucun des composés testés n'a montré d'activité significative contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives (Barrero *et al.*, 1999). L'HE de notre *S. rosmarinifolia* a montré une CMI de 12.5 µl/ml sur toutes les bactéries testées excepté sur *Staphylococcus epidermidis* et la levure *Candida albicans* où la CMI était inférieure à 6.25µl/ml.

La plupart des études sur le mécanisme d'action des composés phénoliques des HE sont basées sur leurs effets sur les membranes cellulaires modifiant leur fonction et, dans certains cas, leur structure, provoquant un gonflement et augmentant leur perméabilité. Le carvacrol et le thymol semblent les éléments efficaces et agissent en rendant la membrane bactérienne perméable et agir différemment contre les bactéries gram positives et gram négatives, dont celles gram négatives sont plus résistantes grâce à la structure et au caractère hydrophile de leur membrane externe qui bloque la pénétration des molécules hydrophobiques telles que les polyphénols (Serrano *et al.*, 2011).

IV.3.3 Evaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique des EEs, EMs et HEs des plantes *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides*, *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia* a été étudiée vis-à-vis de 05 champignons à savoir 04 moisissures et une levure. L'effet des HEs contre la levure *Candida albicans* a été évalué par la méthode de disques de diffusion comme décrit ci-dessus pour les bactéries et paraît inhibée à 6.25 µl/ml pour les huiles de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* et *S. rosmarinifolia*, et à 12.5 µl/ml pour l'HE de *H. nodiflorum*. Les CML (levuricide) sont situées entre 12.5 et 25 µl/ml.

Les résultats obtenus (Figure IV.4) ont démontré que l'HE de *S. rosmarinifolia* est très efficace et provoque une inhibition mycélienne des moisissures testées comprise entre 26 et 37%, avec un effet maximal sur *P. expansum* et *Alt. alternata*. Les HEs des 02 autres plantes sont proches sur les

moisissures *A. niger*, *Alt. Alternata* et *P. expansum*. Une exception est faite pour les champignons *P. expansum* qui a présenté une sensibilité importante à l'HE d'*A. monantho ssp cyrtolepidoides*.

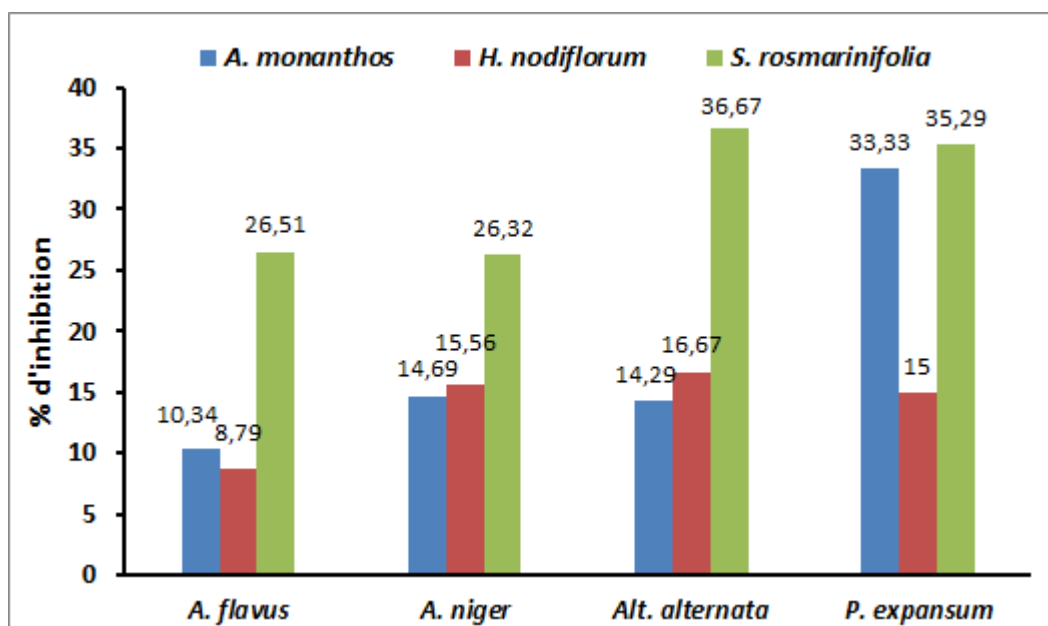


Figure IV.4. : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des moisissures *A. flavus*, *A. niger*, *Alt. alternata*, *P. expansum*, provoqué par l'HE des plantes étudiées

Les résultats de la figure IV.5 montrent l'effet des EEs et EMs des plantes étudiées sur les moisissures *A. flavus*, *A. niger*, *Alt. alternata*, *P. expansum* par l'utilisation de la méthode des puits de diffusion.

D'après ces résultats l'extrait éthanolique de *H. nodiflorum* est efficace sur les moisissures testées et inhibe les champignons *A. niger*, *Alt. alternata*, *P. expansum* à un niveau entre 27 et 32%. L'extrait EE d'*A. monanthos ssp cyrtolepidoides* était le plus faible. La moisissure *P. expansum* est la plus sensible à tous les extraits, alors que *A. flavus* est le plus résistant. L'efficacité de *H. nodiflorum* a été signalée par Yazij *et al.* (2014) qui ont étudié l'effet des extraits éthanolique, méthanolique et acétonique d'*Apium nodiflorum* sur la croissance de *Fusarium moniliforme* et ont trouvé que l'effet inhibiteur différent selon la partie utilisée de la plante, la concentration utilisée ainsi que le type de solvant. La CMI des différents extraits variait entre 0,02 et 0,1 g/ml. Pour l'huile essentielle de cette plante (*Apium nodiflorum*), des valeurs de CMI allant

de 0,04 à 0,32 $\mu\text{l/ml}$ ont été signalées pour certains dermatophytes et allant de 0,16 à 0,32 $\mu\text{l/ml}$ pour la levure *Cryptococcus neoformans*. L'HE était moins efficace contre les *Aspergillus* spp. testés (Maxia *et al.*, 2012).

L'activité antifongique des extraits bruts (acétonique et butanolique) d'*Anacyclus cyrtolepidioides* et de la rutine (flavonoïde) isolée de la même plante a été étudiée contre quatre espèces de *Candida*: *C. albicans* ATCC 90028; *C. glabrata* ATCC 90030; *C. Krusei* ATCC 6258 et *C. parapsilosis* ATCC 22019 en utilisant la méthode de diffusion sur disque. Les zones d'inhibition mesuraient de 13 à 20mm ; ce qui signifie que la rutine joue un rôle important dans l'activité anti-candida (Hammami *et al.*, 2011).

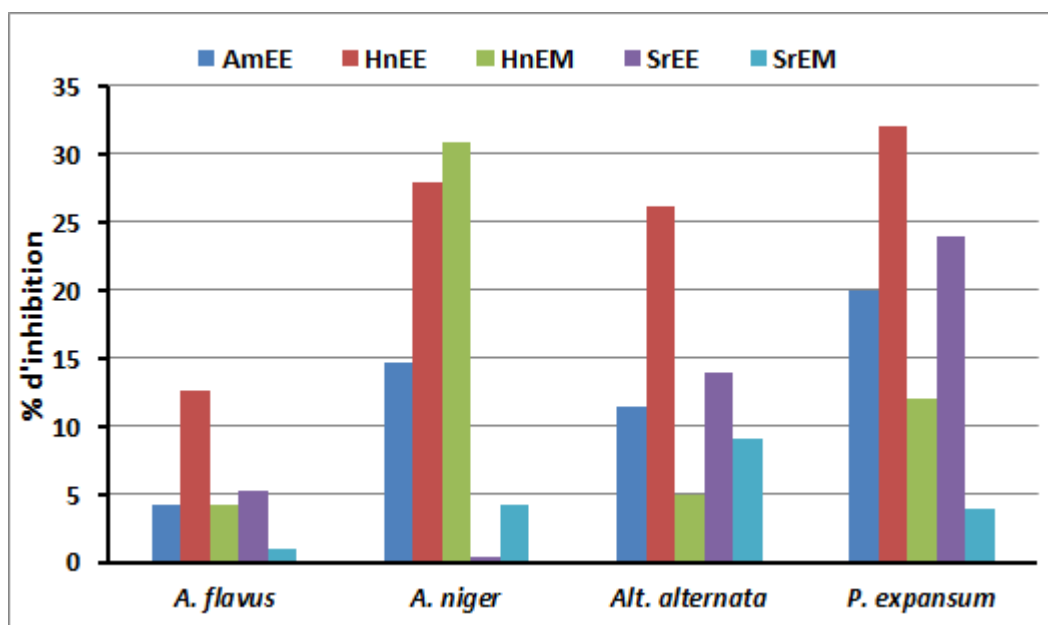


Figure IV.5 : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des moisissures *A. flavus*, *A. niger*, *Alt. alternata*, *P. expansum*, provoqué par les extraits des plantes étudiées (AmEE : EE de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* ; HnEE : EE de *H. nodiflorum* ; HnEM : EM de *H. nodiflorum* ; SrEE : EE de *S. rosmarinifolia* ; SrEM : EM de *S. rosmarinifolia*).

Les extraits et les HES des plantes ont prouvé leur action efficace *in vitro* sur une grande variété de champignons (Prakash *et al.*, 2012). Ces activités antimicrobiennes sont dues à la composition chimique des HES et des feuilles qui contiennent des composés importants à savoir α -pinène, acétate de bornyle, camphre, acide rosmarinique, 1,8 cinéol, thymol, carvacrol, γ -terpinene et *p*-cymène (Kocić-Tamackov and Dimić, 2013).

Le mode d'action des HEs sur les microorganismes n'est pas clairement déterminé et il a été montré que leur activité antimicrobienne est fonction de leur hydrophobicité et de partition dans les membranes microbiennes. En général, les HEs antimicrobiennes causent des dommages aux structures et aux fonctions des microbes en perturbant la perméabilité de la membrane et l'équilibre osmotique de la cellule. Les composés phénoliques en jouent un rôle primordial (Prakash *et al.*, 2015).

IV.4. Evaluation de l'activité insecticide

Dans cette étude, nous avons décrit l'efficacité acaricide et ovicide des huiles essentielles extraites obtenues de l'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides*, *S. rosmarinifolia* et *H. nodiflorum* obtenu à partir des feuilles d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) contre *Tetranychus urticae*. Les huiles essentielles extraites des trois espèces étaient toxiques pour l'espèce *T. urticae* testée dans cette étude. Concernant la ponte et l'éclosion des œufs de *T. urticae*, l'huile essentielle la plus efficace était celle d'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides*, avec une valeur CL₃₀ (pendant 96h) de 2,8 mg.cm⁻², significativement plus faible si on la compare aux valeurs CL₃₀ (pendant 96h) obtenues par les huiles essentielles de *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia*, qui étaient respectivement de 11,9 et 35,3 mg.cm⁻².

La persistance de l'efficacité des HEs était également très significative (Tableau III.2 § III.3.5). Les femelles adultes introduites dans les feuilles d'haricot 96 heures après l'application des HEs ont pondu significativement moins d'œufs par rapport au témoin. Un nombre significativement plus faible de nymphes et d'œufs a été trouvé sur les plantes traitées en un jour après l'application. L'efficacité la plus élevée a été observée selon le gradient suivant chez les HEs de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* (59,2±9,1 %), *S. rosmarinifolia* (26,5±11,7 %) et *H. nodiflorum* (0,0±0,0 %). Cependant, il est également probable que les doses mortelles et sublétales d'HEs ou d'extraits de plantes peuvent entraîner une diminution significative de la fertilité ou modifier le comportement des acariens dans une telle mesure (Mansour *et al.*, 1986; Attia *et al.*, 2013) que leur nombre dans la zone traitée diminue considérablement, de la

même manière que les autres espèces nuisibles (Pavela, 2007, 2013; Pavela et Vrchotova, 2013). Sur la base de nos tests, les HEs des trois espèces peuvent être considérés comme source très prometteuse pour le développement de nouveaux acaricides botaniques (Tableau III.2 § III.3.5).

CONCLUSION

CONCLUSION

Le présent travail avait pour but l'identification des usages traditionnels (ethnobotanique) dans la région du Hodna (M'sila), le dosage des principes actifs les plus importants des plantes *A. monanthos* sous espèce *cyrtolepidioides*, *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia*, à savoir la teneur en composés phénoliques, le rendement en huiles essentielles, en extrait éthanoliques et méthanoliques. Notre étude a aussi permis d'évaluer les activités biologiques de ces plantes, à savoir les activités antioxydante, antibactérienne, antifongique et insecticide.

L'ethnobotanique, réalisée dans la région du Hodna durant la période 2016-2017, précisément 15/47 communes à l'aide de 266 questionnaires auprès des informateurs (78 connaisseurs, 11 herboristes, 06 guérisseurs), a révélée que les plantes utilisées par la population de cette région d'étude sont à usage multiple et diversifié.

Au cours de cette investigation, nous avons remarqué que les informateurs avaient un âge compris entre 20 et 87 ans. Soixante-treize espèces sont inventoriées. Toutes les espèces sont réparties en soixante-sept genres et trente-neuf familles ont été dénombrées, parmi les familles les plus dominantes sont les Lamiaceae (12 espèces), les Apiaceae (8 espèces) et les Asteraceae avec 5 espèces. Il est apparu que les parties aériennes sont les parties les plus utilisées et les feuilles avec 31,4% et 29,5% respectivement. Les modes de préparation les plus utilisées sont l'infusion (29,9%), la décoction (26,8%) et la poudre (21,3). En effet, plus de la moitié (63%) des traitements traditionnels sont pris par voie orale. En outre, la recherche du degré de consensus révèle que 8 catégories de maladies largement connues dans cette région ont atteint des valeurs élevées de 0,71 à 0,89 telles que : le rhumatisme (0,89), gynéco-obstétrique et urologie (0,85), cardiovasculaire (0,82), digestive et gastrique (0,81), dermatologique (0,80), néphrologique (0,75), respiratoire (0,79), parodontie et dentaire (0,71).

Les rendements des huiles essentielles des plantes étudiées est faible, ainsi, l'ordre de grandeur des rendements en huile essentielle, se présente comme suit : *A. monanthos* sous espèce *cyrtolepidioides* > *S. rosmarinifolia* > *H. nodiflorum*.

Au total, 67 composants volatils ont été identifiés pour l'huile essentielle de *H. nodiflorum*, représentant 98,7% de l'ensemble des compositions. Les

constituants élevés étaient le terpinolène (32,9%), la myristicine (10,6%), le myrcène (6,2%), le limonène (6,0%), le γ -terpinène (5,9%), le (Z)-caryophyllène (5,3%), le germacrène D (4,7%). Pour *S. rosmarinifolia*, 82 composés ont été identifiés, représentant 91,84% de l'huile totale. Les principaux constituants ont été identifiés comme le capillène (32,79%), le 1,8-cinéole (15,08%) et le β -myrcène (13,98%). En fin, pour l'huile essentielle d'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides*, un total de 97 composants volatils, représentant 70,4% de la composition totale, ont été entièrement caractérisés et regroupés en huit classes, à savoir: aldéhydes, alcanes, monoterpènes hydrocarbonés, monoterpènes oxygénés, sesquiterpènes hydrocarbonés, sesquiterpènes oxygénés, diterpènes, phénylpropanoïdes et autres composés. Les principaux constituants (par ordre décroissant) étaient l'acétate de trans-chrysanthényle (9,8%), le (E) - β -farnésène (7,4%), le germacrène D (6,9%), la myristicine (4,8%), la vulgarone B (3,6%), le spathulénol (2,8%), le β -sesquiphellandrène (2,7%) et l'isovalérate de néryle (2,0%).

L'activité antioxydante est une propriété biologique importante pour la prévention des effets toxiques des oxydants dans les aliments. De plus, le piégeage des radicaux libres peut jouer un rôle important dans la prévention de certaines maladies telles que le dysfonctionnement cérébral, le cancer, les maladies cardiaques et le déclin du système immunitaire.

Les résultats de l'activité antioxydante montrent que l'extrait éthanolique de *A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* est le plus efficace comme piègeur du radical libre DPPH, et même plus efficace que le BHT. Les huiles essentielles ont un effet faible par rapport aux extraits méthanoliques de *H. nodiflorum* et *S. rosmarinifolia* et comparable à celui des extraits éthanoliques de ces plantes. Les tests de blanchissement de β -carotène ont montré que les extraits éthanoliques sont les plus efficaces, en particulier celui de *S. rosmarinifolia* qui paraît comparable au BHT, l'HE de *S. rosmarinifolia* a montré une activité plus faible.

L'évaluation de l'activité antibactérienne a montré que les diamètres des zones d'inhibition se situent entre 9 et 14 mm ; ce qui qualifie les bactéries et les levures testées sensibles aux HEs des plantes étudiées. Il est à noter que les deux bactéries gram positives *Pseudomonas aeruginosa* et *Salmonella enterica*

sont résistantes aux HEs des 03 plantes et ne sont pas tuées à la concentration de 25µl/ml. Concernant les résultats de l'évaluation de l'activité antifongique obtenus ont démontré que l'HE de *S. rosmarinifolia* est très efficace et provoque une inhibition mycélienne des moisissures testées comprise entre 26 et 37%, avec un effet maximal sur *P. expansum* et *Alt. alternata*. Les HEs des 02 autres plantes sont proches sur les moisissures *A. niger*, *alt. Alternata* et *P. expansum*. Une exception est faite pour le champignon *P. expansum* qui a présenté une sensibilité importante à l'HE de *A. monanthos*.

L'activité insecticide montre que l'huile essentielle d'*H. nodiflorum* est plus efficace avec une valeur LC₃₀ de 11,9 mg cm⁻² et qui est prometteuse pour le développement de plantes car le pourcentage d'éclosibilité des œufs et le nombre moyen de nymphes éclosés par femelle et par jour est égale à 0. Par contre l'huile essentielle d'*A. monanthos* ssp *cyrtolepidoides* présente une dose sub létale (LC₃₀) très importante qui est de 2,8 mg cm⁻².

Au terme de ce travail, nous espérons avoir contribué à un enrêchissement de la pharmacopée traditionnelle locale et nationale, et que l'étude de la phytochimie et les activités biologiques des huiles essentielles et des extraits des trois espèces retenues pour cette étude ont ajouté une valorisation des composés bioactifs de la région du Hodna. Toutefois, les résultats de cette étude ne constituent qu'une ébauche mais suffisante pour être une base scientifique dans le domaine de recherche phytochimique. Les perspectives à envisager est d'étudier la toxicité et faire des travaux sur le modele animale (*in vivo*) pour déterminer les doses thérapeutiques. Aussi, tester d'autres activités biologiques comme l'activité antidiabétique et anti inflammatoire, immunomodulatrices en vue de confirmer les utilisations traditionnelles des plantes utilisées.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide, *J. Econ. Entomol.*, 18: 265-267.
- Adams R.P. (2007). Identification des composants des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. 4^{ème} Ed. Carol Stream (IL): Allured Publishing Corporation.
- AFNOR (1986). Recueil des normes françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris (France), 57 p.
- AFNOR (2010). Liste des actualités : Huiles essentielles : extrait d'une norme fondamentale. <http://www.afnor.org/liste-des-actualités>
- Afshar F.H., Maggi F., Iannarelli R., Cianfaglione K., Isman M. B. (2017). Comparative toxicity of *Helosciadium nodiflorum* essential oils and combinations of their main constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera), *Ind. Crops and Prod.*, 98: 46-52.
- Aliboudhar H., Tigrine-Kordjani N., Hanifi N., Meklati B. Y. (2013). Volatiles profiling and antioxidant activity evaluation of different parts of a medicinal plant: *Anacyclus clavatus*. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 19(1) : 33-47.
- Aliboudhar H., Tigrine-Kordjani, N. (2014). Effect of extraction technique on the content and antioxidant activity of crude extract of *Anacyclus clavatus* flowers and their essential oil composition, *Natural Product Research*, 28(23): 2140-2149.
- Ameenah G. (2006). Plantes médicinales: traditions d'hier et drogues de demain, *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1): 1-93.
- Apak R., Guclu K., Ozyurek M., Esin K.S., Altun M. (2005). Total antioxidant capacity assay of human serum using copper (II) neocuproine as chromogenic oxidant: the CUPRAC method, *Free Radical Research*, 39(9): 949-961.
- 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.
- Attia S., Grissa K.L., Lognay G., Bitume E., Hance T., Mailleux A.C. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides biological approaches to control *Tetranychus urticae*, *J. Pest Sci.*, 86: 361-386.
- Atzei A.D. (2003). Le piante nella tradizione popolare della Sardegna [Traditional medicinal plants of Sardinia]. Sassari: C. Delfino.

- Baba Aissa F. (1991). Les plantes médicinales en Algérie. Coédition Bouchene et ad. Diwan, Alger (Algérie), 29p.
- Baba Aissa F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles : flore d'Algérie et du Maghreb, Librairie moderne, Rouiba (Algérie), 368p.
- Bajaj Y.P.S. (2013). Biotechnology in agriculture and forestry 28: Medicinal and aromatic plants VII. Springer - Verlag: Berlin (Allemagne), 475 p.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils – A review, *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- Barrero A. F., Herrador M. M., Quilez J. F., Alvarez-Manzaneda R., Portal D., Gavin J. A., Blaney W. M. (1999). Bioactive sesquiterpenes from *Santolina rosmarinifolia* subsp. *canescens*. A conformational analysis of the germacrane ring, *Phytochemistry*, 51(4): 529-541.
- Barros L., Ferrira M.J., Queiros B., Ferrira I.C.F.R., Baptista P. (2007). Total phénols, ascorbic acid, β -carotène and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities, *Food Chem.*, 103: 413-419.
- Bekhechi C., Atik-Bekkara, F., Abdelouahid D.E. (2008). Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. *Phytothérapie*, 6(3): 153-159.
- Bektas T., Erol D., Mehmet U., Ferda C., Dimitra D., Gülhan V.U., Moschos P., Atalay S. (2004). Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex. Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl), *Food Chem.*, 84(4): 519-525.
- Belhadj M.Z., Boudoukha A., Amroune A., Gaagai A., Ziani D. (2017). Caractérisation statistique de la qualité des eaux souterraines de la région Nord du bassin du Hodna, M'sila Sud – Est Algérien, *Larhyss Journal*, 31:177-194.
- Bellakhdar J. (2008). Hommes et plantes au Maghreb – Eléments pour une méthode en ethnobotanique. Editions Le Fennec, Casablanca (Maroc), 388p.
- Beniston N.T., Beniston W.S. (1984). Fleurs d'Algérie. Entreprise Nationale du Livre (ENL), Alger (Algérie), 359 p.
- Bettaieb Rebey, I., Bourgou, S., Saidani Tounsi, M., Fauconnier, M.-L., Ksouri, R., (2017). Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*). Journal of new sciences, *Agriculture and Biotechnology*, 39(2): 2096-2105.
- Bouallala M., Bradai L., Abid M. (2014). Diversité et utilisation des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien dans la pharmacopée

- saharienne. Cas de la région du Souf, *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, 7(2): 18-26.
- Boudjlel A., Henchiri C., Sari M., Sarri Dj., Hendel N. (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M'sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey, *Journal of ethnopharmacology*, 148(2), 395-402.
- Boukhatem M.N., Hamaidi MS., Saidi F. (2010). Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). *Nature and Technologie*, 3: 37-45.
- Bousbia N., Abert M., Ferhat M., Petitcolas E., Meklati B., Chemat F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity, *Food Chem.*, 114(0): 355-362.
- Bouزيد W., Yahia M., Abdeddaim M., Aberkane M.C., Ayachi A. (2011). Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'aubépine monogyne, *Lebanese Science Journal*, 12(1): 59-69.
- Bowles E.J. (2003). The chemistry of aromatherapeutic oils, 3^{ème} edition, Allen & Unwin, Australie, 236 p.
- Branger A., Richer M.M., Roustel S. (2007). Microbiochimie et alimentation. Educagri Edition, Paris, 343 p.
- Bremner P., Rivera D., Calzado M.A., Obón C., Inocencio C., Beckwith C., Fiebich B.L., Muñoz E., Heinrich M. (2009). Assessing medicinal plants from South-Eastern Spain for potential anti-inflammatory effects targeting nuclear factor-Kappa B and other pro-inflammatory mediators, *Journal of ethnopharmacology*, 124: 295-305.
- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review, *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253.
- Carrió E., Vallès J. (2012). Ethnobotany of medicinal plants used in eastern Mallorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea), *Journal of Ethnopharmacology*, 141(3): 1021-1040.
- Cherchi G., Deidda D., Gioannis B.D., Marongiu B., Pompei R., Porcedda S. (2001). Extraction of *Santolina insularis* essential oil by supercritical carbon dioxide: influence of some process parameters and biological activity, *Flavour and Fragrance Journal*, 16(1): 35-43.
- Chibani S., Bensouici C., Kabouche A., Kabouche Z., Al-Dabbas M. M., Aburjai T. (2012). Flavonoids and antioxidant activity of *Santolina rosmarinifolia* from Algeria, *Chemistry of Natural Compounds*, 48(5): 877-878.

- Chibani S., Labeled A., Kabouche A., Semra Z., Smati F., Aburjai T., Kabouche, Z. (2013). Antibacterial activity and chemical composition of essential oil of *Santolina rosmarinifolia* L. (Asteraceae) from Algeria, *Der Pharmacia Letter*, 5(2): 238-241.
- Clarke S. (2008). Essential chemistry for aromatherapy, 2^{ème} édition, Elsevier, 320 p.
- Cottiglia F., Casu L., Bonsignore L., Casu M., Floris C., Sosa S., Altinier G., Della Loggia R. (2005). Topical anti-inflammatory activity of flavonoids and a new xanthone from *Santolina insularis*, *Z. Naturforsch. C.*, 60: 63-66.
- Cowan M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents, *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4): 564-582.
- De Logu A., Loy G., Pellerano M.L., Bonsignore L, Schivo M.L. (2000). Inactivation of HSV1 and HSV2 and prevention of cell-to-cell virus spread by *Santolina insularis* essential oil, *Antiviral Res.*, 48: 177-185.
- Derouiche K., Zellagui A., Gherraf N., Bousetla A., Dehimat L., Rhouati S. (2013). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils of *Santolina africana* flowers, endemic in Algeria, *J. BioSci. Biotech.*, 2: 201-206.
- Djeddi S., Djebile K., Hadjbourega G., Achour Z., Argyropoulou C., Skaltsa H. (2012). In vitro antimicrobial properties and chemical composition of *Santolina chamaecyparissus* essential oil from Algeria, *Nat. Prod. Commun.*, 7: 937-940.
- D-maps.com (2007-2021). <https://d-maps.com/continent.php?numcon=1&lang=fr>
- Ducancel F., Schneider B. (2021). La révolution biotechnologique et la médecine de demain. Doin Ed John Libbey Eurotext, Paris (France), 256 p.
- Dupont F. Guignard J.L. (2015). Botanique : les familles de plante. 16^{ed} Elsevier Misson, Paris (France), 336p.
- El Beyrouthy M., Arnold N., Delelis-Dusollier A., Dupont F. (2008). Plants used as remedies antirheumatic and antineuralgic in the traditional medicine of Lebanon, *J Ethnopharmacol*, 120: 315-334.
- El Haci I.A., Atik-Bekkara F., Didi A., Gherib M., Didi M.A. (2012). Teneur en polyphénols et pouvoir antioxydant d'une plante médicinale endémique du sahara algérien. *Phytotherapie-Heidelberg*, 10: 280-285.
- El Hilah F., Ben Akka F., Dahmani J., Belahbib N., Zidane L. (2015). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des infections du système respiratoire dans le plateau central marocain, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(2): 3886-3897.

- El Mokhtari K., M'hammed E.L., Talbi M., Hajji L., El Brouzi A. (2020). Chemical composition and insecticidal activity of *Anacyclus pyrethrum* essential oil from the Bensliman area against *Culex pipiens*, *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(1): 13-21.
- El Yahyaoui O., Ouaziz N.A., Sammama A., Kerrouri S., Bouabid B., Lrhorfi L. A., Bengueddour R. (2015). Etude ethnobotanique: Plantes médicinales commercialisées à la province de Laâyoune; identification et utilisation [Ethnobotanical Study: Medicinal plants commercialized in the province of Laayoune; identification and use], *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12(3): 533.
- El Sharkawy E.R. (2014). Anticancer effect and seasonal variation in oil constituents of *Santolina chamaecyparissus*, *Chem. Materials Res.*, 6: 85-91.
- Fah L., Klotoé J.R., Dougnon V., Koudokpon H., Fanou V.B.A., Dandjesso C. & Loko F. (2013). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète chez les femmes enceintes à Cotonou et Abomey-Calavi (Bénin), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 18(1): 2647-2658.
- FAO (1966). Study agropedological, district of Constantine, Roma (Italie), 146-150
- Fellah S., Romdane M., Abderraba M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia Officinalis* L cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, *Journal de la Société Algérienne de chimie*, 16(2): 193-202.
- Ferrari B., Tomi F., Casanova J. (2000). Terpenes and acetylenes derivatives from the roots of *Santolina corsica* (Asreraceae), *Biochem. Syst. & Ecol.*, 33: 445- 449.
- FFNSC 2 (2012). Flavors and fragrances of natural and synthetic compounds. mass spectral database. Japan: Shimadzu Corps.
- Finney D.J. (1971). Probit analysis. Cambridge University Press, London (UK), 333 p.
- Flamini G., Cioni P.L. (2007). Seasonal variation of the chemical constituents of the essential oil of *Santolina etrusca* from Italy, *Chem. Biodiv.*, 4: 1008-1019
- Franz C., Novak J. (2010). Sources of essential oils in Handbook of essential oils science, technology and applications, pages 39-73, Başer K.H.C. et Buchbauer G., CRC Press. États Unis.
- Ghourri M., Zidane L., El Yacoubi H., Rochdi A., Fadli M., Douira A. (2012). Etude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville d'El

- Ouatia (Maroc Saharien). Kastamonu Univ., *Journal of Forestry Faculty*, 12(2): 218-235.
- Giner R.M., Manez S., Rios J.L. (1993). Seasonal variations in the essential oil of *Santolina chamaecyparissus* L., *Scientia Pharmaceutica*, 61: 169-173.
- Grosso C., Figueiredo A.C., Burillo J., Mainar A.M., Urieta J.S., Barroso J.G., Palavra A.M. (2009). Supercritical fluid extraction of the volatile oil from *Santolina chamaecyparissus*, *Journal of Separation Science*, 32(18): 3215-3222.
- Haddouchi F., Zerhouni K., Yekhelef A.S., Chaouche T.M. (2016). Evaluation de l'activité antimicrobienne de déffirant extraits d'*Helichrysum stoechas* subsp. rupestre, *Bulletin de la Société Royale des Science de Liège*, 85: 152-159.
- Hammami S., Bergaoui A., Bouzidi A., Ciavatta M. L., Cimino G., Abreu P. M., Mighri Z. (2011). Isolation and structure elucidation of flavonol glycosides, methyl linoleate and fatty acids from *Anacyclus cyrtolepidioïdes* (Pomel) growing in Tunisia. *Analytical Chemistry Letters*, 1(5-6): 384-392.
- Hammami S., Salem A.B., Mastouri M., Falconieri D., Gorcii M., Mrsquo M.F., Mighri Z. (2013). Essential oil composition and antimicrobial activities of aerial parts from Tunisian *Anacyclus clavatus* (Desf.), *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(2): 71-75.
- Harshberger J.W. (1896). The purposes of ethno-botany, *Botanical Gazette*, 21(3): 146-154. <https://www.jstor.org/stable/2464707>
- Heinrich M., Ankli A., Frei B., Weimann C., Sticher O. (1998). Medicinal plants in Mexico: healers consensus and cultural importance, *Soc. Sci. Med.*, 47(11): 1859-1871.
- Hendel N., Larous L., Belbey L. (2016). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its *in vitro* inhibitory effect on *Penicillium digitatum*, *International Food Research Journal*, 23(4): 1725-1732.
- Hendel N., Larous L., Sari M., Boudjelal A., Sarri, D. (2012). Place of Labiates in folk medicine of the area of M'sila (Algeria). *Glob. J. Res. Med. Plants Indig. Med.*, 1(8): 315-322.
- Hossain M.A., Ismail Z., Rahman A., Kang S.C. (2008). Chemical composition and antifungal properties of the essential oils and crude extracts of *Orthosiphon stamineus* Benth., *Industrial Crops And Products*, 2(7): 328-334.
- Houicher A., Hamdi M., Hechachna H., Özogul F. (2018). Chemical composition and antifungal activity of *Anacyclus valentinus* essential oil from Algeria, *Food Bioscience*, 25: 28-31

- Hubert J. (2006). Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja. Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines. Thèse de doctorat. No 2435. Institut National Polytechnique de Toulouse (France), 64 p.
- Humphries C.J. (1979). A revision of the genus *Anacyclus* L. (Compositae: Anthemideae), *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Bot.*, 7(3): 83-142.
- Ioannou E., Poiata A., Hancianu M., Tzakou O. (2007). Chemical composition and *in vitro* antimicrobial activity of the essential oils of flower heads and leaves of *Santolina rosmarinifolia* L. from Romania, *Nat. Prod. Res.*, 21: 18-23.
- Iqbal S., Bhangar M.I., Anwar F. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan, *Food Chemistry*, 93: 265-272.
- Kamasi A., Darem S., Cherif R., Boual Z., Sadine S E., Aggoune MS., Oueld al Hadj-khalil A., Oueld al Hadj M.D. (2014). Recherche et identification de quelque plants médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'zab (Sahara septentrional Est Algérien), *Journal of advanced Research in Science And Technology*, 1(1): 1-5.
- Kelen M., Tepe B. (2008). Chemical composition antioxydant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora, *Bioresour. Technol.*, 99: 4096-4104.
- Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F., Pirmoradei M.R. (2005). Comparison of essential oils compositions of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods, *Food Chemistry*, 91(4): 639-644.
- Kocić-Tamackov, S.D. and Dimić, G.R. (2013). Antifungal activity of essential oils in the control of food borne fungi growth and mycotoxine biosynthesis in food. In A. Méndez-Vilas (Eds). Microbial pathogens and strategies for combating them: *Science, Technology and Education*, pp. 838-849.
- Koffi N.G., Beugré K., Guédé N.Z., Dossahoua T., Laurent A.A. (2009). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisés en pays Krobou (Agboville, Coté d'Ivoire), *Sciences and Nature*, 1: 1-15.
- Koné K.P.F.O., Soro Y., Siaka S. (2017). Détermination des paramètres influençant le rendement d'extraction hydro-alcoolique des métabolites secondaires de *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae) et *Tridax procumbens* linn (Asteraceae), *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 44: 15-22.

- Labeyrie V. (1962). Les Acanthoscelides. In : Entomologie appliquée à l'agriculture. A.S. Balachowsky (Ed.), vol. 1, Masson, Paris, pp. 469-490.
- Lambertus A.M., Carmen G.B, Christian V.S. (2020). Chitin and chitosan: Properties and applications, Kindle Edition, India, 536 p.
- Lango-Yaya E., Worowounga X., Issa Madongo M., Namkona A.F., Saravolia M., Rafai D.C., Syssa Magalé J.L. (2020). Evaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne des extraits méthanoliques des écorces de racines de *Paullinia pinnata* et des feuilles de *Petactlethra macrophylla*, *Journal of Applied Biosciences*, 147: 15151-15158.
- Lardry J.M., Haberkorn V. (2007). L'aromathérapie et les huiles essentielles. Elsevier. 7(61): 7-14.
- Lee BK, Kim J.H., Jung J.W., Choi J.W., Han E.S., Lee S.H., Ko K.H., Ryu J.H. (2005). Myristicin-induced neurotoxicity in human neuroblastoma SK-N-SH cells, *Toxicol Lett*, 157: 49-56.
- Liu K., Rossi P.G., Ferrari B., Berti L., Casanova J., Tomi F. (2007). Composition, irregular terpenoids, chemical variability and antibacterial activity of the essential oil from *Santolina corsica* Jordan et Fourr, *Phytochemistry*, 68:1698-1705.
- Macchioni F., Perrucci S., Flamini G., Cioni P.L., Morelli I. (1999). Antimycotic activity against *Saprolegnia ferax* of extracts of *Artemisia verlotorum* and *Santolina etrusca*, *Phytother. Res.*, 13: 242-244.
- Maggi F., Giuliani C., Fico G., Ricciutelli M., Bramucci M., Quassinti L., Dall'Acqua S. (2019). Secondary metabolites, secretory structures and biological activity of water celery (*Apium nodiflorum* (L.) Lag.) growing in central Italy, *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(2): 325-335.
- Mahmoudi S., Khali M., Mahmoudi N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.), *Nature & Technology*, (9): 35-40.
- Malti C.E.W., Baccati C., Mariani M., Hassani F., Babali B., Atik-Bekkara F., Bekhechi C. (2019). Biological activities and chemical composition of *Santolina africana* Jord. et Fourr. aerial part essential oil from Algeria: Occurrence of polyacetylene derivatives, *Molecules*, 24(1): 204-219.
- Mamadou R.S., Moussa I., Sessou P., Yehouenou B., Agbangnan P.D.C., Illagouma A.T., Abdoulaye A., Sohounhloué D.C.K., Ikhiri K. (2014). Etude phytochimique, activités antiradicalaire, antibactérienne et antifongique d'extraits de *Sebastiania chamaelea* (L.) Müll. Arg, *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 37:10-17.

- Mansour F., Ravid U., Putievsky E. (1986). Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carminespidermite *Tetranychu scinnabarinus*, *Phytoparasitica*, 14: 137-142
- Martins J.M.C., Michel F.F., Mark W.C. (2014). Plants of the world. Royal Botanic Gardens Kew, Chikago (USA), 792 p.
- Maxia A., Falconieri D., Piras A., Porcedda S., Marongiu B., Frau M.A., Salgueiro L. (2012). Chemical composition and antifungal activity of essential oils and supercritical CO₂ extracts of *Apium nodiflorum* (L.) Lag., *Mycopathologia*, 174(1): 61-67.
- Mayer F. (2012). Utilisations therapeutiques des huiles essentielles : etude de cas en maison de retraite. Thèse de doctorat : Pharmacie, Université de Lorraine. 92 p.
- Mazari K., Bendimerad N., Bekhechi C. (2010). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L., *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(10): 959-964.
- Meda A., Lamien C.E., Romito M., Millogo J., Nacoulma O.G. (2005). Détermination of the total phénolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity, *Food chemistry*, 91: 571-577.
- Médail F., Quézel P. (1999). Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting globalconservation priorities. – *Conserv. Biol.* 13: 1510-1513. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.98467.x
- Menghini L., Leporini L., Tirillini B., Epifano F., Genovese S. (2010). Chemical composition and inhibitory activity against *Helicobacter pylori* of the essential oil of *Apium nodiflorum* (Apiaceae), *Journal of Medicinal Food*, 13(1): 228-230.
- Meroune A., Noui A., Medjahed H. (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extrait par méthode traditionnelle, *Intrenational Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4): 1865-1870.
- Miara M.D., Hammou M.A., Aoul S.H. (2013). Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie), *Phytothérapie*, 11(4): 206-218.
- Miguel MG. (2012). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants, *Flavour. Fragr.J.*, 25: 291-312.
- Motamed S.M, Naghibi F (2010). Antioxydant activity of some plants of the Turkmen Sahara region in northern Iran, *Chemistry*, 119(4): 1637-1642.

- NIST 08 (2008). Mass spectral library (NIST/EPA/NIH). Gaithersburg, USA: National Institute of Standards and Technology.
- Novais M.H., Santos I., Mendes S., Pinto-Gomes C. (2004). Studies on pharmaceutical ethnobotany in Arrabida Natural Park (Portugal), *J. Ethnopharmacol.*, 93: 183-195.
- Okafor J.C. (1998). The use of farmer knowledge in non-wood forest product research. In the non-wood forest products of central Africa. Current research issues and prospects for conservation and development. The proceedings of an international expert meeting on non-wood forest products in central Africa, 10-15 May 1998, Limbe, Cameroon.
- OMS (2002). Medicaments essentiels et politiques pharmaceutiques : Donner un soutien aux pays pour réduire le manque d'accès aux médicaments. Rapport annuel, publication générale, SEARO N°39.
- Oyaizu M. (1986). Antioxidative activities of browning products of glucosamine fractionated by organic solvent and thin layer chromatography, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 35: 771-775.
- Ozenda P. (1982). Les végétaux dans la biosphère. Revue de Géographie de Lyon, Doin éd., 432 p.
- Palá-Paúl J., Pérez-Alonso M.J., Velasco-Negueruela A., Palá-Paúl R., Sanz J., Conejero F. (2001). Seasonal variation in chemical constituents of *Santolina rosmarinifolia* L. subsp. *rosmarinifolia*, *Biochem. Syst. Ecol.*, 29: 663-672
- Palá-Paúl J., Pérez-Alonso M.J., Velasco-Negueruela A., Ramos-Vázquez P., Gómez-Contreras F., Sanz J. (1999). Essential oil of *Santolina rosmarinifolia* L. ssp. *rosmarinifolia*: first isolation of capillene, a diacetylene derivative, *Flavour and Fragrance Journal*, 14(2): 131-134.
- Pascual-Villalobos M.J., Robledo A. (1998). Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants, *Industrial Crops and Products*, 8(3): 183-194.
- Pavela R. (2007). Lethal and sublethal effects of thyme oil (*Thymus vulgaris* L.) on the house fly (*Musca domestica* Lin.), *J. Essent. Oil Bear Plants*, 10: 346-356.
- Pavela R. (2013). Efficacy of naphthoquinones as insecticides against the house fly *Musca domestica* Lin., *Ind. Crop. Prod.*, 43: 745-750.
- Pavela R., Vrchatova N. (2013). Insecticidal effect of furano coumarins from fruits of *Angelica archangelica* L. against larvae *Spodoptera littoralis* Boisid, *Ind. Crop. Prod.* 43: 33-39

- Pavela R. (2015). Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say larvae, *Parasitology Research*, 114(10): 3835-3853.
- Pengelly A. (2004). The constituents of medicinal plants an introduction to the chemistry and therapeutic of herbal medicines, Ed. Allen et Unwin, Australie, 172 p.
- Pérez-Alonso M.J., Negueruela A.V. (1988). The essential oils of four *Santolina* species, *Flavour and Fragrance Journal*, 3(1): 37-42.
- Poli F., Bonsignore L., Loy G., Sacchetti G., Ballero M. (1997). Comparison between the essential oils of *Santolina insularis* (Genn. ex Fiori) Arrigoni and *Santolina corsica* Jord. et Fourr. from the island of Sardinia (Italy), *J. Ethnopharmacol.*, 56: 201-208.
- Ponce A.G., Fritz R., Del-valle C. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swisschard, *Lwt-Food Sci. Technol.*, 36(7): 679-684.
- Prakash B., Singh P., Kedia A., Dubey, N.K. (2012). Assessment of some essential oils as food preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activities and *in vivo* efficacy in food system. *Food Res. Int.*, 49: 201-208.
- Prakash B., Kedia A., Mishra P.K., Dubey, N.K. (2015). Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agrifood commodities - Potentials and challenges. *Food Control*, 47: 381-391.
- Prokopios M., Alexios-Leandros S., Ioanna C., Serkos A.H. (2002). Chemical composition and *in vitro* antimicrobial activity of the essential oils of three Greek *Achillea* species, *Z. Naturforsch*, 57: 287-290.
- Quezel P., Santa S. (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris (France), 1-2: 1170 p.
- Ramade F. (1993). Elément d'écologie – écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Edition McGraw-Hill, Paris (France), 452p.
- Rebbas K., Bounar R. (2014). Études floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la région de M'Sila (Algérie), *Phytothérapie*, 12(5): 284-291.
- Ronse A.C., Popper Z.A., Preston J.C., Watson M.F. (2010). Taxonomic revision of European *Apium* L. sl: *Helosciadium* WDJ Koch restored, *Plant Systematics and Evolution*, 287(1): 1-17.

- Rossi P.G., Panighi J., Luciani A., de Rocca Serra D., Maury J., Gonny M., Muselli A., Bolla J.M., Berti L. (2007). Antibacterial action of essential oils from Corsica, *Jour. Essen. Oil Res.*, 19: 176-182
- Sala A., Recio M.C., Giner R.M., Máñez S., Ríos J.L. (2000). Anti-phospholipase A2 and anti-inflammatory activity of *Santolina chamaecyparissus*, *Life Sci.*, 66: 35-40.
- Sanz J.F., Garcia-Sarrion A., Alberto Marco J. (1991). Germacrane derivatives from *Santolina chamaecyparissus*, *Phytochemistry*, 30: 3339-3342.
- Sari M., Hendel N., Sarri D., Boudjelal A., Benkhaled, A. (2013). Ethnobotanical study of medicinal flora used by the people of the forest of El Haourane-M'Sila-(Algeria), *Journal of EcoAgriTourism*, 9(2): 21-25.
- Sarri M., Boudjelal A., Hendel N., Sarri Dj., Benkhaled A. (2015). Flora and ethnobotany of medicinal plants in the southeast of the capital of Hodna (Algeria), *Arab. J. Med. Aroma. Plant*, 1(1): 24-30.
- Sarri M., Sarri Dj., Hendel N., Boudjlel A., Benkhaled A. (2008). Fiche questionnaire des enquetes ethnobotaniques. Prijets de recherche CNEPRU: (F05620080010) et (F05620110004), Université MB de M'sila.
- Sarri M., Mouyet F.Z., Benziane M., Cheriet A. (2014). Traditional use of medicinal plants in a city at steppic character (M'sila, Algeria), *J. Pharm. Pharmacogn. Res.*, 2(2): 31-35.
- Sarri M., Sarri Dj., Hendel N., Fodil H. (2018). Note sur une nouvelle station d'*Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries dans la région du Chott el Hodna (M'sila, Algérie), *Acta Botanica Malacitana*, (43): 153-155.
- Scherer R., Godoy H.T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by DPPH (the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl méthode), *Food Chem.*, 112: 654-658.
- Sell C. (2010). Chemistry of essential oils, pages 121-150 in Handbook of essential oils science, technology and applications, Başer K.H.C. et Buchbauer G., CRC Press. États Unis.
- Selles C., Dib M.E.A., Djabou N., Beddou F., Muselli A., Tabti B., Hammouti, B. (2013). Antimicrobial activity and evolution of the composition of essential oil from Algerian *Anacyclus pyrethrum* L. through the vegetative cycle, *Natural Product Research*, 27(23): 2231-2234.
- Serge A.I. (2006). Les plantes médicinales traditionnelles et leur évaluation. CURARE, CIOPF, Paris (France), 21 p.
- Serrano, C., Matos, O., Teixeira, B., Ramos, C., Neng, N., Nogueira, J., Marques, A., (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of *Satureja*

- montana* L. extracts, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9): 1554-1560.
- Sharma A., Rajendran S., Srivastava A., Sharma S., Kundu B. (2016). Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* F. ssp. *lycopersici* 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil, *Jour. Bios Bioengineering*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.09.011>.
- Sid Larbi K., Meddah B., Meddah A.T., Sonnet P. (2016). The antibacterial effect of two medicinal plants *Inula viscosa*, *Anacyclus valentinus* (Asteraceae) and their synergistic interaction with antibiotic drugs, *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(2): 244-255.
- Sinico C., De Logu A., Lai F., Valenti D., Manconi M., Loy G., Fadda A.M. (2005). Liposomal incorporation of *Artemisia arborescens* L. essential oil and *in vitro* antiviral activity, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 59(1): 161-168.
- Sofowara A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. Karthala, Paris (France), 378 p.
- Sokmen A., Gulluce M., Akpulat A.H., Daferera D., Tepe B., Polissiou M., Sokmen M., Sahin F., (2004). The *in vitro* antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanolextracts of endemic *Thymus spathulifolius*, *Food Control*, 15.
- Soon K., Jung-Yeon R., Do-Hyoung K., Han-Seung L., Young-Joon A. (2003). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*, *J. Stored Products Research*, 39: 293-303.
- Soualeh N., Soulimani R. (2016). Les huiles essentielles et composition organiques volatile, rôle et intérêt. Lavoisier, 14: 44-57.
- SOWM « Site officiel de la wilaya de M'sila » (2020). M'sila, [en ligne]. (page consultée le 28.04.2020). <http://www.msila-dz.org/index.php?action=formunik&type=menu&idformunik=19>
- Soylu E.M., Yigitba H., Tok F.M., Soyly S., Kurt S., Baysal Ö., Kaya A.D. (2005). Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Artemisia annua* L. Against Foliar and Soil-Borne Fungal Pathogens, *J Plant Dis Protect*, 112(3): 229-239.
- Stankovic M., Blanco J., Vazquez F.M., Ruiz T. (2016). Comparative study of the biological activity of *Santolina oblongifolia* Boiss. and *Santolina rosmarinifolia* L. (Asteraceae) from Spanish flora. 6th International Congress of Aromatic and Medicinal Plants (CIPAM 2016), 29 May- 1 June, Coimbra, Portugal.

- Stanojevic P.L., Marjanović Balaban Z., Kalaba V.D., Stanojević J., Cakic M., Cvetkovic D., Tajini F., Bouali Y., Ouerghui A. (2020). Etude de la qualité nutritionnelle de fruit de *Phœnix dactylifera* L.: mesure des paramètres biochimiques, *Revue Nature et Technologie*, 12(2): 39-49.
- Tahri N., El Basti A., Zidane L., Rochdi A., Douira A. (2012). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la province de Settat (Maroc), *J. Forestry Fac. Kastamonu Univ.*, 12(2): 192-208.
- Tajini F., Bouali Y., Ouerghue A. (2020). Etude de la qualité nutritionnelle de fruit de *Phœnix dactylifera* L.: mesure des paramètres biochimiques, *Nature & Technology*, (23): 39-49.
- Talbi S., Romero-Puertas M.C., Hernández A., Terrón L., Ferchichi A., Sandalio, L.M. (2015). Drought tolerance in a Saharian plant *Oudneya africana*: role of antioxidant defences, *Environmental and Experimental Botany*, 111: 114-126.
- Tela Botanica, (2020). Base de données nomenclaturale de la flore de France par Benoît Bock BDNFF v4.02 [en ligne] (page consultée le: 07 mars 2020). <http://www.tela-botanica.org>
- 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.
- ThePlant List. (2013). Version 11. Published on the internet. [accessed January 1]. <http://www.theplantlist.org/>.
- Tiendrebeogo A., Ouedraogo I., Bonzi S., Kassankogno A.I. (2017). Etude de l'activité antifongique d'extraits de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stap, *Eclipta alba* L., *Lippia multiflora* M. et *Agave sisalana* P., *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(3): 1202-1211.
- Tirillini B., Ricci A., Pintore G., Chessa M., Menghini L., Pagiotti R. (2007). Essential oil composition of *Santolina etrusca* from Italy, *Chemistry of Natural Compounds*, 43(1): 44-46.
- Tundis R., Loizzo M.R. (2018). A review of the traditional uses, phytochemistry and biological activities of the Genus *Santolina*, *Planta Medica*, 84: 627-637.
- U.I.C.N. (2001). Rapports sur la connaissance, valorisation et contrainte de l'utilisation de la flore sauvage en médecine traditionnelles (plantes médicinales). Programme U.I.C.N pour l'Afrique du nord, 43 p.

- Usmani A., Khushtar M., Arif M., Siddiqui M.A., Sing S.P., Mujahid M. (2016). Pharmacognostic and phytopharmacology study of *Anacyclus pyrethrum*: An insight, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(03): 144-150.
- Valenti D., De Logu A., Loy G., Sinico C., Bonsignore L., Cottiglia F., Garau D., Fadda A.M. (2001). Liposome-incorporated *Santolina insularis* essential oil: preparation, characterization and *in vitro* antiviral activity, *J. Liposome Res.*, 11: 73-90.
- Vaudrauil C. (2012). A propos de deux registres nécessaires au bon usage des plantes médicinales de martinique : la Pharmacopée végétale martiniquaise et vadémecum de phytothérapie, Thèse de doctorat en pharmacie, Rouen, pp : 28-29
- Viegi L., Pieroni A., Guarrera P.M., Maccioni S. (2001). Plantes utilisées en Italie en médecine vétérinaire populaire, *Annales de la Faculté de médecine vétérinaire de Pise*, 54: 405-420.
- Villar A., Giner R.M., Rios J.L. (1986). Chemical composition of *Santolina chamaeyparissus* ssp. *squarrosa* essential oil, *Journal of Natural Products*, 49(6): 1143-1144.
- Vlyssides A., Barampouti E.M., Mai S. (2005). Heavy metal removal from water resources using the aquatic plant *Apium nodiflorum*, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(7-8): 1075-1081.
- Wang H.F., Yih K.H., Huang K.F. (2010). Comparative study of the antioxidant activity of forty-five commonly used essential oils and their potential active components, *Journal of Food and Drug Analysis*, 18(1): 24-33
- Wikipedia (2020). <https://fr.wikipedia.org/wiki/Alg%C3%A9rie>
- Wilkinson J.M. (2006). Methods for testing the antimicrobial activity of extracts. Chapter VIII. pp.157-165. In Ahmad I., Aqil F. and Owais M. Modern Phytomedicine: Turning Medicinal Plants into Drugs. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 405 p.
- Willem J.P. (2002). Les huiles essentielles, Médecine d'avenir. Ed., Dauphin, Paris. 311 p.
- Yazij M., Alawad D., Jreikous B. (2014). Studing the inhibitory effect of *Apium nodiflorum* extracts against of fungi *Fusarium Moniliforme*, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences* 36(3): 224-232.
- Zaiter L., Benayache F., Beghidja N., Figueredo G., Chalard P., Chalchat J.C., Benayache S. (2015). Essential oils of *Santolina africana* Jord. & Fourr.

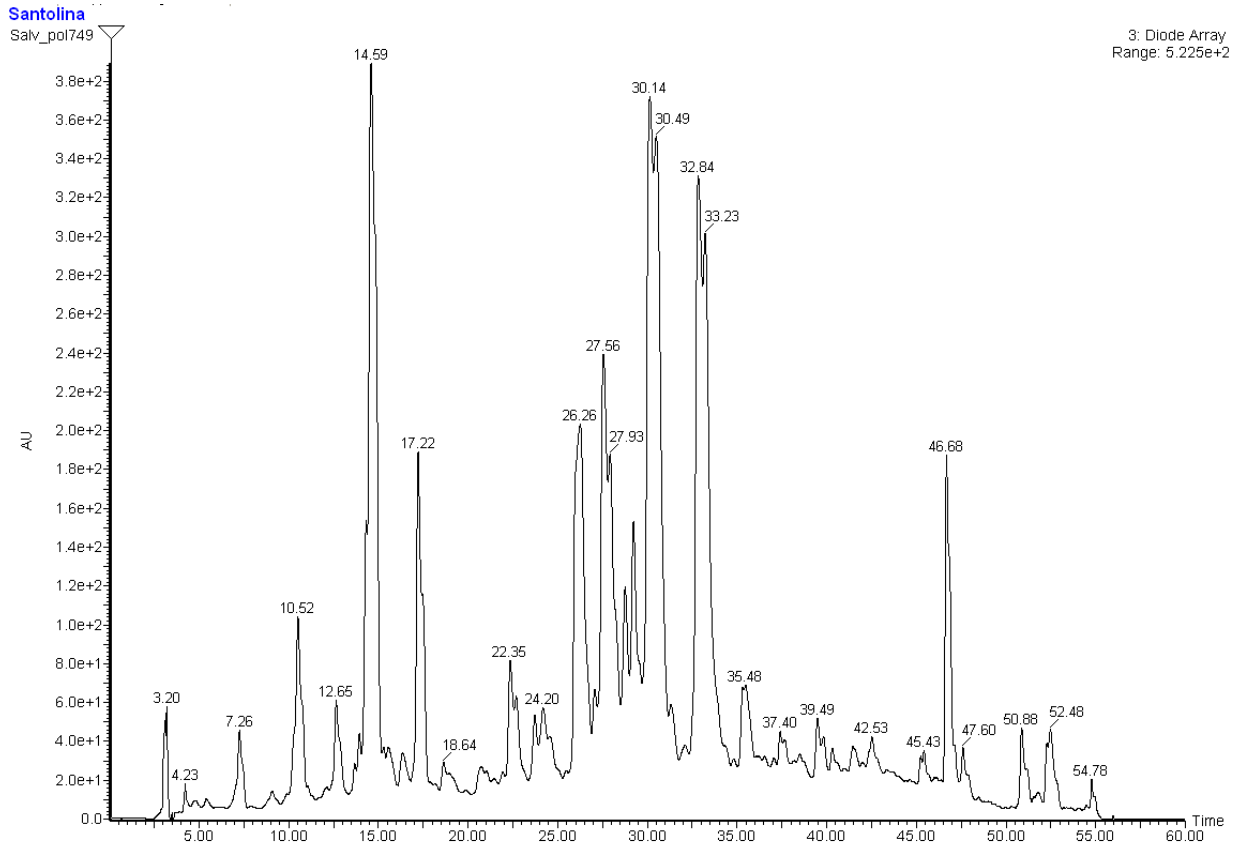
and *Santolina chamaecyparissus* L., *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(6): 1338-1342.

Zouari N., Fakhfakh N., Zouari S., Bougatef 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 Bio. Pro.*, 89(4): 257-265.

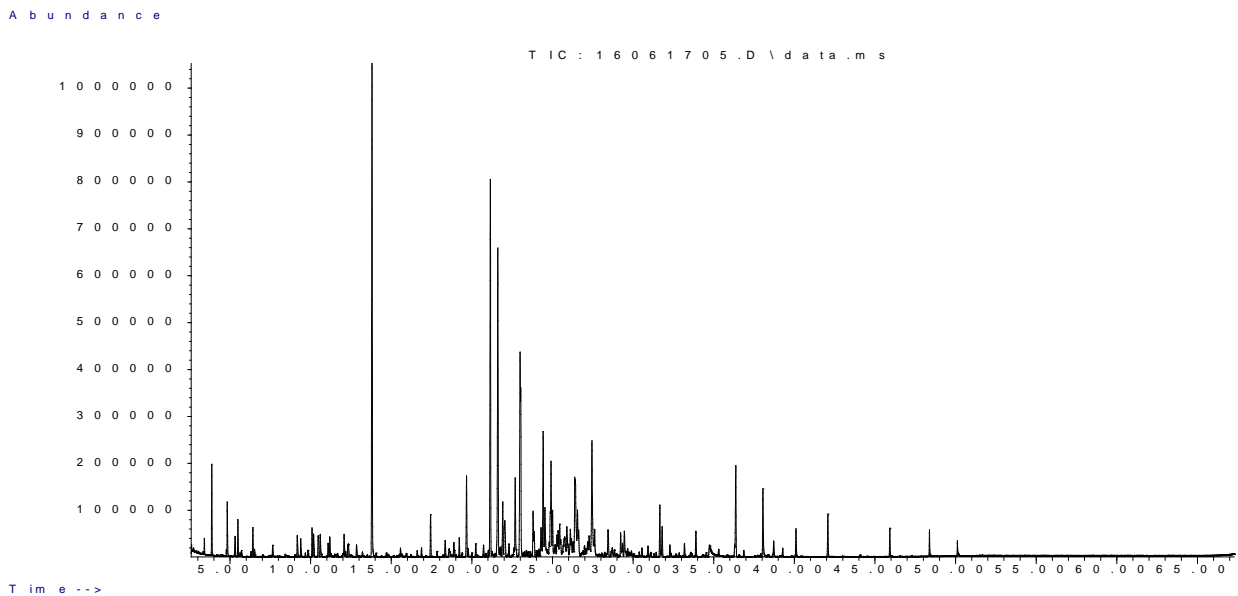
ANNEXES

Annexe n°1

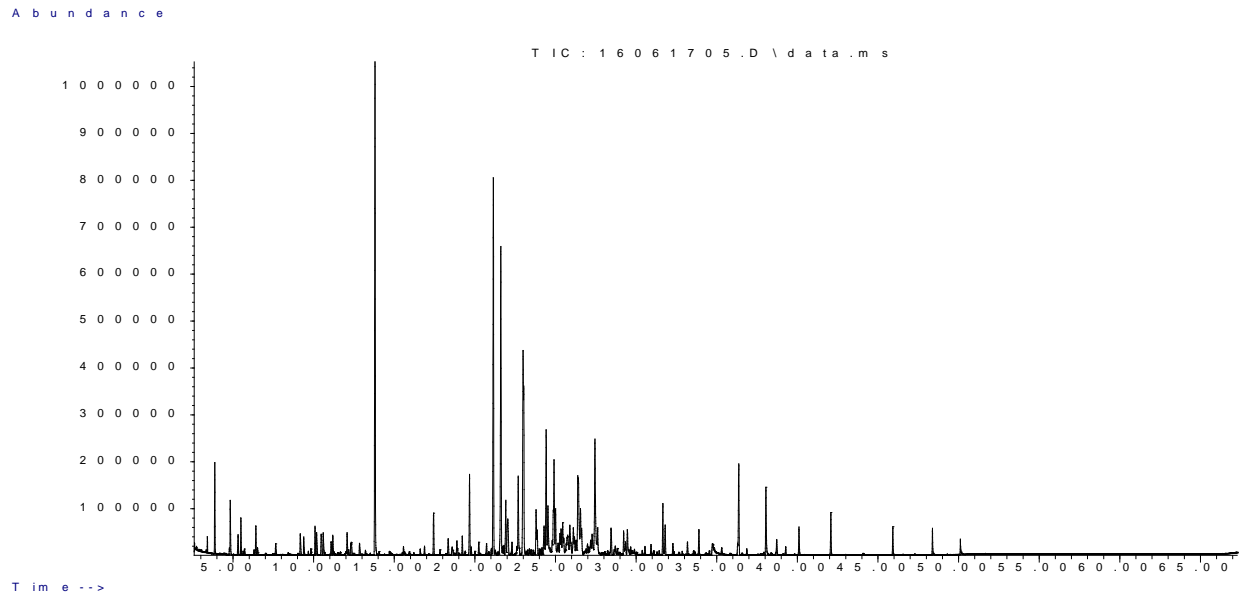
Chromatogrammes des espèces étudiées



Chromatogramme de *S. rosmarinifolia*



Chromatogramme de *H. nodiflorum*



Chrommatogramme d'*A. monanthos. ssp. cyrtolepidioides*

Annexe n°2

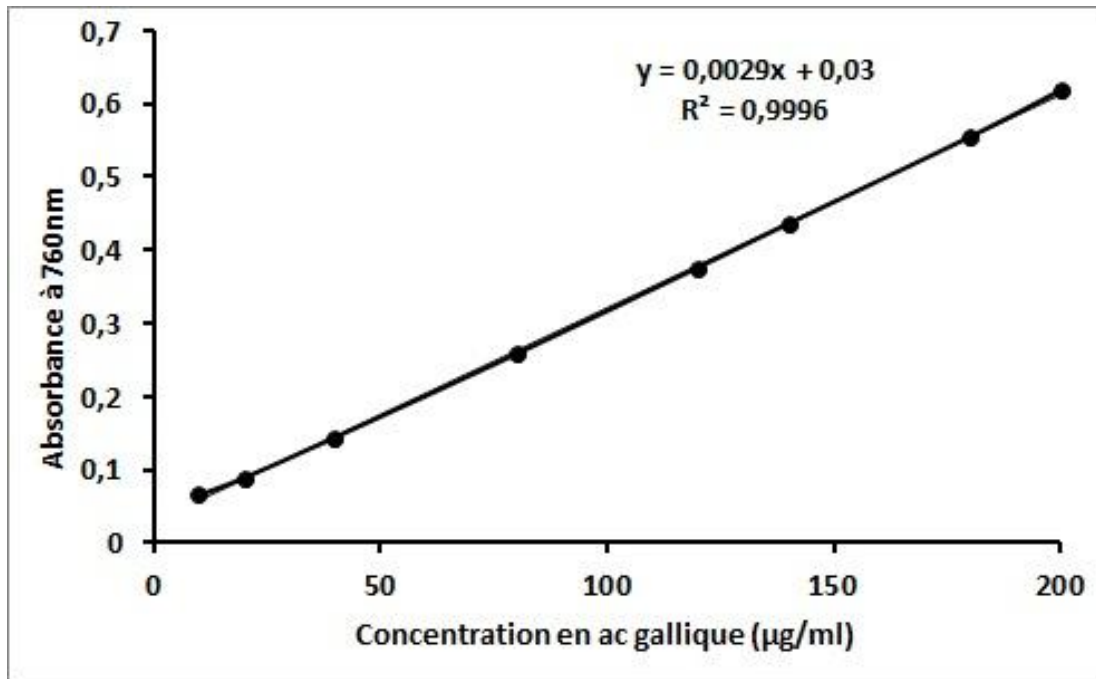


Figure 1. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

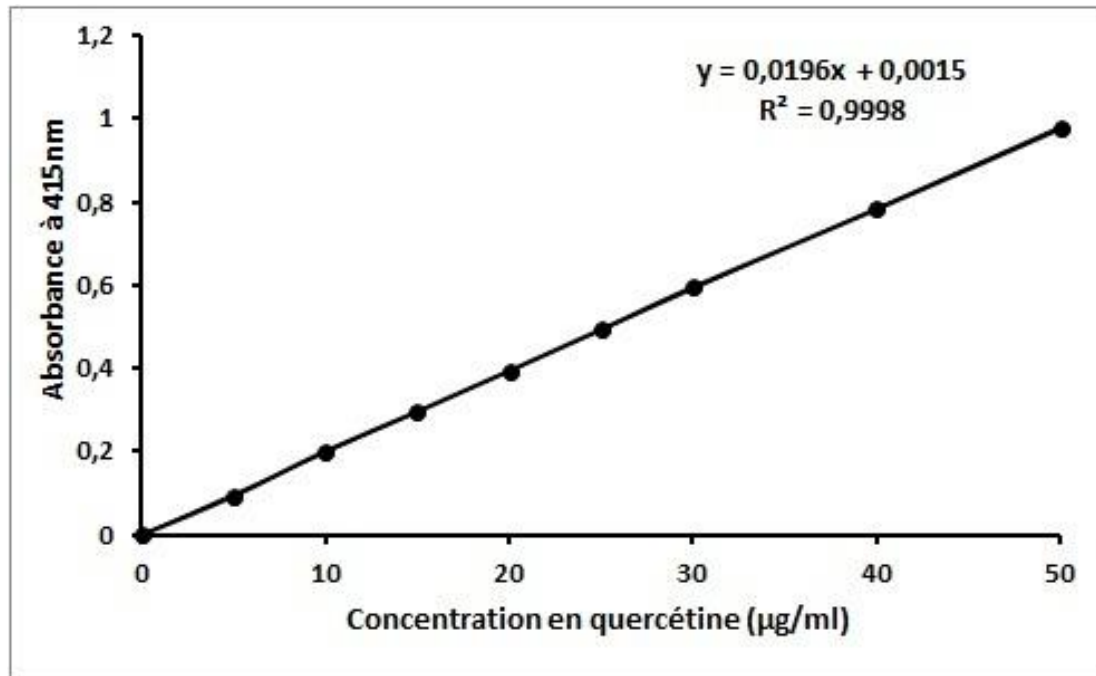


Figure 2. Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

Annexe n°3

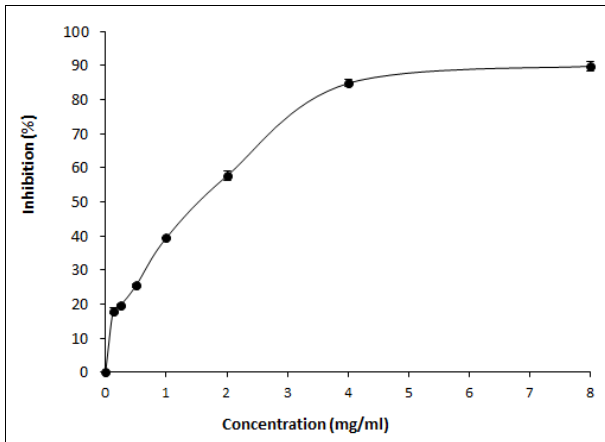


Figure 01 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EE de *A. monanthos* .

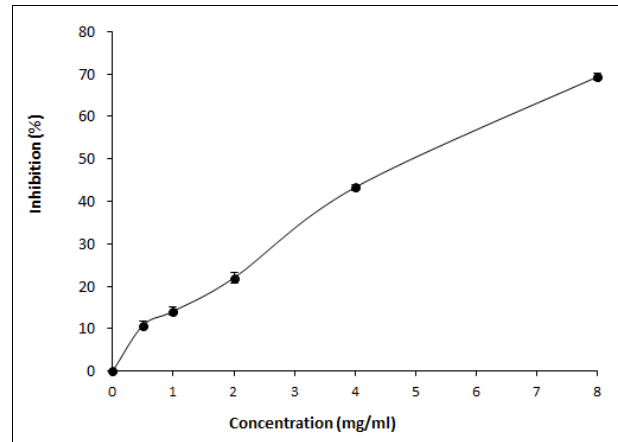


Figure 02 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EM de *A. monanthos* .

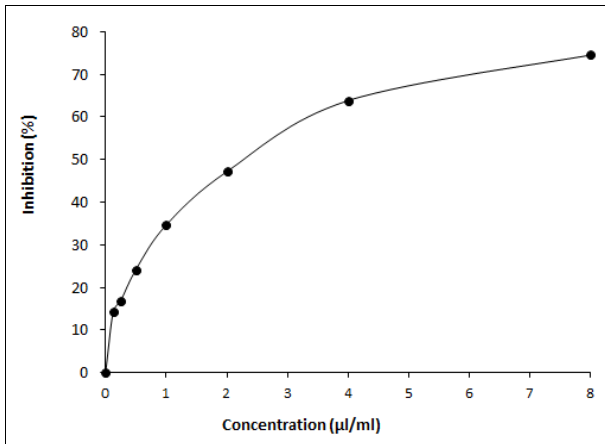


Figure 03 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'HE de *A. monanthos* .

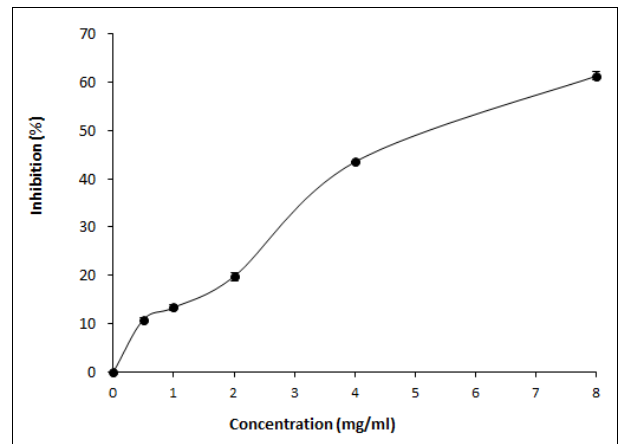


Figure 04 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EE de *H. nodiflorum* .

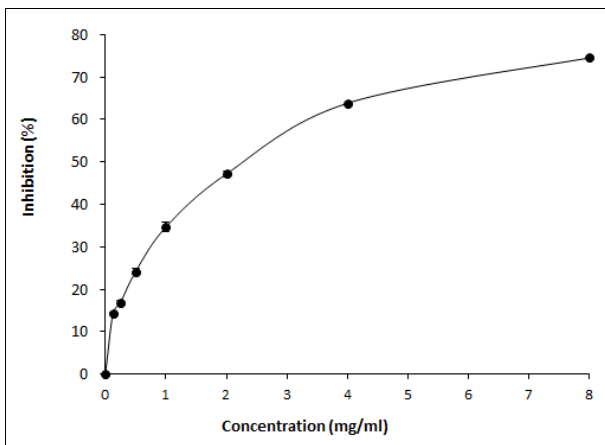


Figure 05 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EM de *H. nodiflorum* .

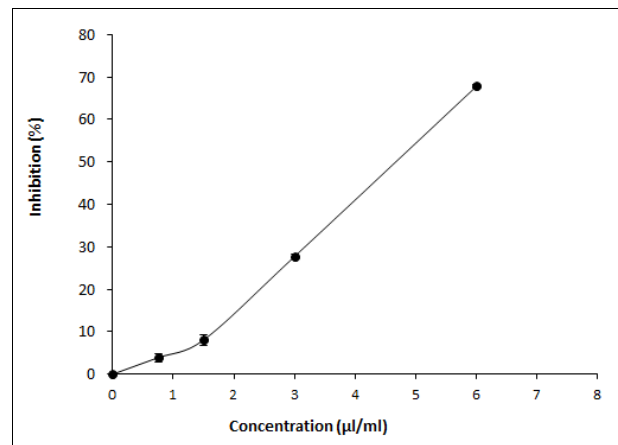


Figure 06 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'HE de *H. nodiflorum* .

Annexe n°3 (suite)

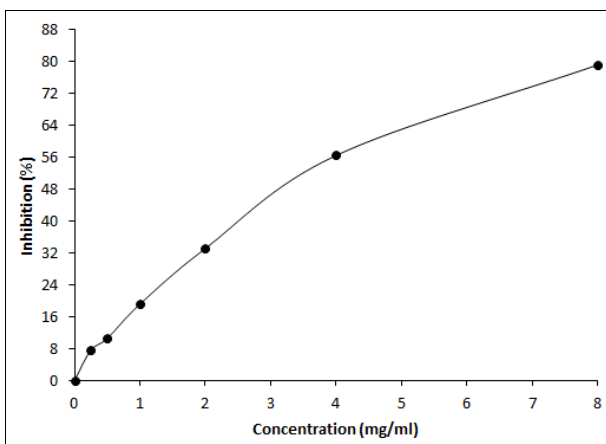


Figure 07 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EE de *S. rosmarinifolia* .

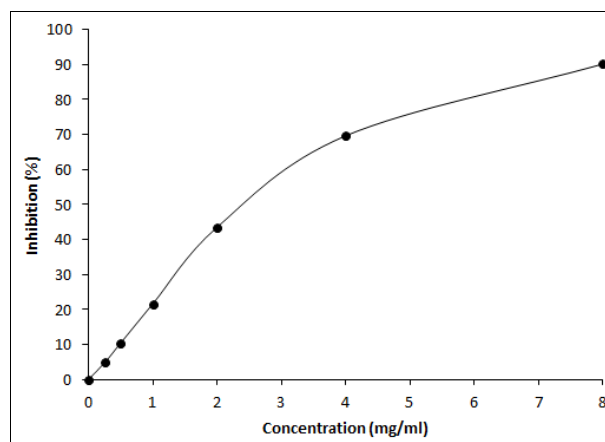


Figure 08 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'EM de *S. rosmarinifolia* .

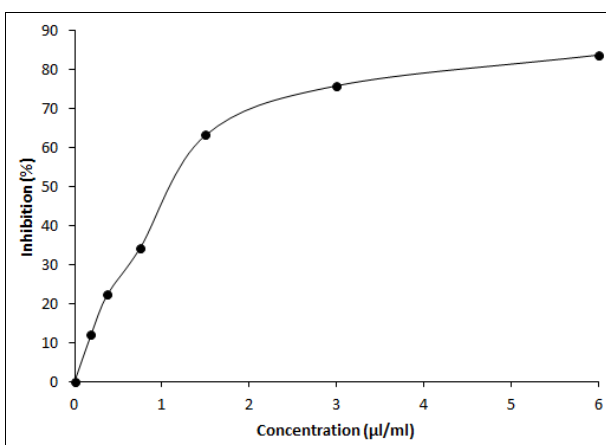


Figure 09 : Pourcentage d'inhibition du DPPH' en fonction de concentration de l'HE de *S. rosmarinifolia* .

Annexe n°4

Lexique thérapeutique

- Abcès** : Amas de pus, localisé dans une partie du corps et accompagné le plus souvent de phénomènes inflammatoires.
- Accouchement** : Ensemble des phénomènes physiologiques qui se produisent au terme de la grossesse et qui aboutissent à l'expulsion d'un ou plusieurs nouveau-nés. Le terme d'accouchement est aujourd'hui employé pour toutes les femmes.
- Acnés** : affection de la peau siégeant au niveau des glandes sébacées. Chaque élément est souvent centré par un poil. L'acné s'observe sur le visage, le dos, la poitrine et se surinfecte fréquemment.
- Adoucissant** : Qui adoucie, atténue les irritations, les inflammations et les douleurs.
- Amygdalite** : Inflammation d'une amygdale (amygdale : ensemble de formations lymphoïdes du pharynx).
- Anémie** : Diminution de tous les éléments du sang ou d'une partie d'entre eux, et notamment des globules rouges. L'anémie est un symptôme ; elle peut être due à de nombreuses causes dont certaines sont fort graves. Seule, l'anémie nutritionnelle due à des manques d'apport alimentaire (en protéines, en fer, en vitamines, etc.) peut être en partie compensée par les plantes.
- Antiarthritique** : Qui combat l'arthrite (arthrite : Inflammation aiguë ou chronique des articulations, d'origine bactérienne ou rhumatismale).
- Anticancéreux** : Se dit d'une substance ou organe végétal employé dans les traitements des cancers.
- Anticonvulsivant** : Se dit d'un produit qui agit contre les convulsions.
- Antidiabétique** : Qui agit contre le diabète.
- Anti-diarrhéique** : Qui diminue l'intensité du flux intestinal et rétablit le transit intestinal normal.
- Antiémétique** : Qui prévient ou arrête le vomissement.
- Antiépileptique** : Qui agit contre l'épilepsie (affection caractérisée par la survenue plus ou moins fréquente de crises convulsives motrices ou de troubles sensoriels, sensitifs ou psychiques. Synonyme : maladie comitiale).
- Anti-inflammatoire** : Qui combat l'inflammation.
- Anti-irritant** : Qui agit contre l'irritation (irritation : légère inflammation).
- Antimicrobien** : Qui détruit les microbes (microbe : organisme microscopique unicellulaires ; bactérie, virus, etc.).
- Antiparasitaires** : Qui détruit les parasites.
- Antirhumatismal** : Qui calme les douleurs rhumatismales.
- Antiseptique** : Qui détruit les microbes et empêche leur développement ou encore destiné à éviter la putréfaction ou qui prévient l'infection.
- Antispasmodique** : Qui agit contre les spasmes, les convulsions, les crampes, etc.
- Apéritif** : Qui ouvre, stimule l'appétit. L'action est liée à l'accroissement de la sécrétion gastrique.

Appétit : Besoin de s'alimenter. À la différence de la faim, phénomène physiologique, qui provoque rapidement une sensation douloureuse, l'appétit est un désir de nourriture.

Asthme : difficulté respiratoire, caractérisée par des accès de dyspnée expiratoire, de suffocation.

Blessures : Lésion comportant une plaie.

Brûlure : Lésion des tissus provoquée par la chaleur. Elle est superficielle ou profonde, mais sa gravité dépend beaucoup de son étendue. Les brûlures s'infectent facilement.

Calmant : Qui apaise ; atténue les douleurs et l'excitation nerveuse ou les fait disparaître.

Cardiotonique : Substance qui peut augmenter la tonicité du muscle cardiaque.

Carminatif : Qui provoque l'expulsion des gaz intestinaux ou encore qui diminue les excès de fermentation intestinal.

Catarrhe : Inflammation, aiguë ou chronique, des muqueuses, avec hypersécrétion de celles-ci.

Cholagogue : Se dit des substances facilitant l'évacuation de la bile du canal cholédoque. Contracte la vésicule biliaire.

Cicatrisant = vulnérable : activant la guérison des contusions et des plaies.

Crampe d'estomac : Douleur vive qui semble avoir son siège dans la paroi de ce viscère.

Dartre : Plaque sèche, squameuse ou durcie de la peau, dans certaines dermatoses.

Dépuratif : Qui purifie l'organisme en le débarrassant des toxines et des déchets organiques.

Dermatose : Nom général des affections de la peau.

Détersif : Qui nettoie les plaies, les ulcères et favorise la cicatrisation.

Diabète : Affection de gravité variable : diabète sucré, diabète insipide, diabète bronzé, etc. qui ont en commun, parmi d'autres signes, une augmentation de l'élimination urinaire, une soif intense et souvent un prurit. Tout diabétique doit être soigné médicalement et suivre un régime alimentaire.

Diarrhée : Évacuation fréquente de selles liquides. Symptôme de nombreuses affections, parfois très graves.

Digestif : Qui facilite la digestion.

Diurétique : Qui augmente la sécrétion urinaire ou qui favorise la production ou la sécrétion des urines.

Douleurs : Sensation pénible, pouvant siéger en différents points du corps, de cause et de caractères variables

Drastique : Se dit d'un remède très actif, voire violent, généralement d'un purgatif énergique, provoque des contractions énergiques de l'intestin avec une forte évacuation des selles.

Émétique : Vomitif.

Emménagogue : Qui provoque ou régularise les règles.

Emollient : Qui relâche, qui ramollit les tissus, calme l'inflammation.

Enflure : Gonflement d'une partie du corps ; œdème.

Expectorant : Qui aide à expectorer ou favorise l'expulsion des sécrétions (des glaires) accumulées dans les voies respiratoires supérieures.

Fatigue : État d'un organe ou de l'organisme qui donne lieu à une sensation subjective de lassitude. La fatigue peut aboutir à l'épuisement et celui-ci conduire à la mort.

Fébrifuge : Combat et la fièvre où prévient les accès ou le retour.

Fièvre : Elévation de la température centrale du corps, s'accompagne en général d'une accélération du pouls et de la respiration, d'une sécheresse de la bouche et d'une diminution des urines

Galactagogue : Qui augmente la sécrétion de lait.

Gale : Affection cutanée, très contagieuse et accompagnée d'une vive démangeaison ; elle est due à un acarien *Acarus scabiei*, qui creuse dans la peau ses sillons (lésions spécifiques).

Gaz : Substances gazeuses se formant dans l'intestin ou l'estomac et provoquant une douleur.

Grippe : Maladie très contagieuse, souvent épidémique, due à un virus ; elle est marquée par une fièvre élevée et catarrhe nasal ou bronchique. Elle peut se compliquer gravement.

Hémorroïde : Varice formée par la dilatation des veines de l'anus ou de rectum.

Hémostatique : Qui agit contre les hémorroïdes.

Hépatite : Affection inflammatoire du foie.

Hypertension artérielle : Augmentation de la pression sanguine dans les artères. Elle entraîne de nombreux troubles, et peut provoquer de graves accidents.

Hypocholestérolisant : Qui fait baisser le taux de cholestérol.

Hypoglycémiant : Qui provoque la diminution du taux de glucose dans le sang.

Hypotenseur : Qui provoque une diminution de la tension ou de la pression artérielle.

Ictère : Appelé populairement jaunisse. L'ictère caractérisé par une coloration jaune de la peau et des muqueuses, due au passage dans le sang de pigments biliaires. Ses causes sont variables ; il est dû soit à un obstacle empêchant l'évacuation normale de la bile, soit à une affection du foie.

Insomnie : Trouble du sommeil (impossibilité de s'endormir, réveil nocturne).

Jaunisse = Ictère.

Laxatif : Purgatif doux, facilite l'évacuation des selles, soit n augmentant leur volume, soit en stimulant le mouvement péristaltique de l'intestin.

Lithiase : Formation de sable ou d concrétions (calculs) dans les voies excrétrices d'une glande ou d'un organe.

Migraine : Douleurs d'origine vasomotrice n'affectant q'un seul coté de la tête, qui s'accompagne parfois de nausées et de vomissement.

Nausée : Envie de vomir.

Néuralgie : Douleur siégeant sur le trajet d'un nerf.

Œdème : Accumulation de sérosité dans les tissus, localisée ou généralisée. Au niveau de la peau, l'œdème se traduit par une bouffissure ou un gonflement parfois très accusé, d'aspect variable.

Otalgie : Douleur localisée à l'oreille.

Otite : Inflammation de l'oreille.

Panacée : Vient au bout de tous les maux.

Pectorale : Qui combat les affections du poumon : bronchite...

Plaie : Ouverture des parties molles du corps produite par un agent mécanique externe ou une cause pathologique, avec ou sans perte de substance.

Pneumonie : Inflammation du parenchyme pulmonaire, produite par une bactérie (le pneumocoque) ou par un virus.

Purgatif : Très fortement laxatif, accélérant le péristaltisme et irritant parfois la muqueuse intestinale, accélère le transit intestinal et l'évacuation des selles.

Pustule : Lésion cutanée, soulèvement circonscrit de l'épiderme contenant du pus.

Règles : Apparaissant à la puberté et revenant régulièrement tous les 28 jours – certaines femmes ont cycle plus long ou plus court – les règles disparaissent à la ménopause.

Rhumatisme : Affection douloureuse, aiguë ou chronique, se manifestant essentiellement au niveau des articulations.

Rhume : Nom usuel du catarrhe de la muqueuse nasale et des affections qui produisent la toux.

Rougeole : Maladie virale aiguë, endémique et épidémique, très contagieuse, immunisante.

Rubéfiant : Qui provoque des rougeurs et une sensation de chaleur, par application sur la peau.

Sédatif : Calmant qui diminue l'hyperactivité au système nerveux et abaisse les irritations, donc il calme et régularise l'activité nerveuse.

Spasme : Contraction musculaire involontaire, qui peut siéger aussi au niveau des viscères (œsophage, estomac, intestin, bronches, utérus), intense et passagère.

Stomachique : Stimulant de l'estomac ; qui favorise la digestion gastrique.

Tartre : Sédiment constitué de phosphate de calcium, qui se forme sur les dents.

Teigne : Dermatose du cuir chevelue due à des champignons, et pouvant entraîner la chute des cheveux.

Toux : Expiration bruyante, brusque, saccadée, habituellement réflexe, témoignant le plus souvent d'une irritation ou d'une infection des voies respiratoires et permettant de les dégager.

Ulcère : Perte de substance de la peau ou d'une muqueuse s'accompagnant de lésions plus ou moins profondes des tissus sous-jacents qui en rendent la cicatrisation difficile.

Vermifuge : Expulse les vers de l'intestin.

Vulnéraire : Guérissent les blessures, les plaies, ou contribue à la cicatrisation des plaies et à la guérison des contusions.

Annexe n°5

Mode de préparation des extraits des plantes et leurs formes d'utilisation

a- Les tisanes

a-1. Infusion : Se prépare en versant de l'eau bouillante sur les parties végétales actives (généralement les fleurs et les feuilles) 05 à 10mn. La quantité de drogues varie selon chaque espèce.

a-2. Décoction : Elle se prépare généralement en mettant les drogues dans de l'eau froide qu'on porte à ébullition dans un récipient clos et que l'on laisse bouillir quelque temps.

a-3. Macération : On met la plante dans de l'eau froide, on couvre, et on laisse reposer au frais (pas au réfrigérateur) pendant une nuit. Parfois, plusieurs jours, voire des semaines. La macération peut être prescrite dans du vin, de l'alcool ou de l'huile.

b- Les préparations

b-1. Bain : Immersion complète ou partielle du corps. On le prépare à partir d'infusion ou de décoction qu'on verse dans la baignoire. On fait aussi des bains buccaux, par exemple pour les yeux avec de l'eau de bleuet des champs.

b-2. Bouillon : Décoction dont le temps d'ébullition est imprécis. On le prépare avec les plantes entières et on le boit chaud.

b-3. Cataplasme : Préparation de consistance molle qu'on applique sur la peau quelques minutes. Certains cataplasmes sont cicatrisants, d'autres émoullients, d'autres encore révulsifs.

b-4. Compresse : Application durable d'une gaze ou de linge sur la partie du corps à soigner. La gaze a préalablement été imbibée de la préparation qu'on veut employer.

b-5. Emplâtre : Présentation semi-solide se façonne selon les contours de la partie du corps où elle est appliquée. L'emplâtre contient des graisses, de la résine, parfois de la cire.

b-6. Fumigation : Utilisation de vapeurs chargées des principes actifs de la plante.

b-7. Inhalation : Variété de fumigation dans laquelle le malade hume directement les vapeurs thérapeutiques en plaçant sa tête au-dessus du récipient où l'extrait de plante aromatique se dissout dans de l'eau presque bouillante.

b-8. Lotion : Préparation liquide dont on lave rapidement l'épiderme aux endroits irrités. On l'applique avec de l'Ouate.

b-9. Solution : Mélange liquide où les principes actifs de la plante sont dissous dans un solvant approprié (eau, éther, huile...).

b-10. Extrait : Solution qui recueille une partie des principes actifs de la plante soumise à traitement. D'abord la plante est séchée ou réduite en poudre. On lave la drogue ou sa poudre, avec un solvant (eau, alcool, éther) qui en retire les principes solubles. Ce procédé, qui s'appelle la lixiviation est classiquement utilisé pour faire du café on fait passer de la vapeur d'eau ou de l'eau bouillante au travers des graines moulues. Ensuite, on fait évaporer la solution obtenue jusqu'à la concentration désirée.

b-11. Pommade : Crème épaisse où les principes actifs sont dissous dans des corps gras pour faciliter la répartition sur l'épiderme.

Publication



Natural Product Research
Formerly Natural Product Letters

ISSN: 1478-6419 (Print) 1478-6427 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/gnpl20>

Essential oil composition of aerial parts from Algerian *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

Hadjer Fodil, Madani Sarri, Noui Hendel, Filippo Maggi & Djamel Sarri

To cite this article: Hadjer Fodil, Madani Sarri, Noui Hendel, Filippo Maggi & Djamel Sarri (2018): Essential oil composition of aerial parts from Algerian *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries, *Natural Product Research*, DOI: [10.1080/14786419.2018.1443094](https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1443094)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1443094>

 View supplementary material [↗](#)

 Published online: 02 Mar 2018.

 Submit your article to this journal [↗](#)






 View related articles [↗](#)

 View Crossmark data [↗](#)

SHORT COMMUNICATION



Essential oil composition of aerial parts from Algerian *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

Hadjer Fodil^a , Madani Sarri^a , Noui Hendel^b , Filippo Maggi^c  and Djamel Sarri^a 

^aDepartment of Nature Sciences and Life, Faculty of Sciences, M'sila University, M'sila, Algeria; ^bDepartment of Microbiological and Biochemistry, Faculty of Sciences, M'sila University, M'sila, Algeria; ^cSchool of Pharmacy, University of Camerino, Camerino, Italy

ABSTRACT

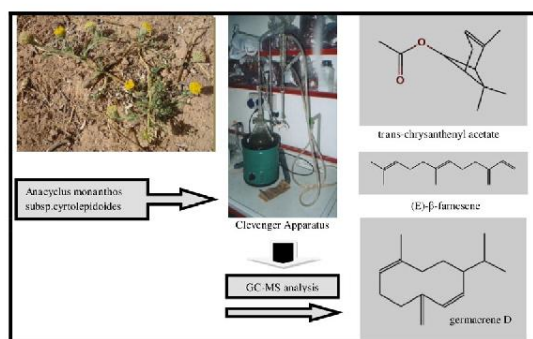
The chemical composition of the essential oil from the aerial parts of *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries (Asteraceae) growing in a semi-arid region of Algeria was investigated for the first time. The essential oil was obtained by hydrodistillation and fully characterized by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A total of 97 compounds were identified. The essential oil was found to be rich in *trans*-chrysanthenyl acetate ($9.8 \pm 2.0\%$), (*E*)- β -farnesene ($7.4 \pm 1.5\%$), germacrene D ($6.9 \pm 1.3\%$) and myristicin ($4.8 \pm 0.8\%$).

ARTICLE HISTORY

Received 3 December 2017
Accepted 17 February 2018

KEYWORDS


Anacyclus monanthos subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries; Asteraceae; essential oil composition; GC-MS; Algeria



1. Introduction

Anacyclus monanthos subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries belongs to the Asteraceae family and represents one out of six indicated species of the *Anacyclus* genus widely

CONTACT Madani Sarri  Sarri.m.dz@gmail.com, sarri.m@univ-msila.dz

 Supplemental data for this article can be accessed at <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1443094>.

© 2018 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

distributed in Algeria. Six synonyms has been reported for *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides*: *Anacyclus alexandrinus* var. *cyrtolepidioides* (Pomel) Durand & Baratte, *Anacyclus alexandrinus* var. *mauritanicus* (Pomel) Batt., *Anacyclus cyrtolepidioides* Pomel, *Anacyclus cyrtolepidioides* var. *cyrtolepidioides*, *Anacyclus cyrtolepidioides* var. *mauritanicus* (Pomel) Batt. ex. Jahand. & Maire and *Anacyclus mauritanicus* Pomel (The Plant List 2013). It is an annual, pubescent plant, ligules present or absent. Central florets usually with 2 erect teeth longer and 3 spread; devices with 5 equal teeth. Outer achenes with a \pm marked crown, discoid homogamous flower heads; with grayish leaves and flexuous stems. Leaves are 1–2 pinnatipartite, with elongated, linear segments. Flowers are grouped in capitula arranged on short terminal peduncles; they are all tubular, 5-toothed. *A. monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* is endemic to North Africa. In Algeria, it grows on sandy soils of regions characterized by semi-arid climate; it is quite common, especially in subsector of Algerian and Oranais high plateaus (H1), Constantine high plateaus (H2) and Eastern regions of the Northern Sahara (SS2). After identification of the specimen a new station of this species has been recently suggested in Hodna region (Hd). In Algeria, this species is known as vernacular: Djerf and Rebina and no particular traditional use of this plant is reported (Quezel and Santa 1963).

In Tunisia, some studies show that the essential oil from flowerheads of *A. cyrtolepidioides* has insecticidal and antimicrobial activities (Zardi-Bergaoui, Hammami et al. 2008, Zardi-Bergaoui, Harzallah-Skhiri et al. 2008). To the best of our knowledge, In Algeria, the secondary metabolites of this species have not been investigated yet. In particular, the volatile fraction is often useful to support the chemotaxonomy of the species. Therefore, in this work we reported the first investigation of the chemical composition of the essential oil obtained from the aerial parts of the *A. monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* growing in Algeria.

2. Results and discussion

Table S1 lists the chemical composition of the *A. monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* essential oil. In total, 97 volatile components, accounting for 70.4% of the total composition, were fully characterized and grouped into eight classes, namely: aldehydes, alkanes, monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpenes, sesquiterpene hydrocarbons, oxygenated sesquiterpenes, diterpenes, phenylpropanoids and others. The essential oil was characterized by sesquiterpene hydrocarbons (17 compounds accounting for 24.6% of the total composition), oxygenated monoterpenes (28 compounds, 15.6% of the total composition), oxygenated sesquiterpenes (13 compounds, 13.1% of the total composition), phenylpropanoids (2 compounds, 4.8% of the total composition), monoterpene hydrocarbons (11 compounds, 4.0% of the total composition), diterpenes (2 compounds, 2.6% of the total composition), alkanes (8 compounds, 2.2% of the total composition) and aldehydes (9 compounds, 1.0% of the total composition). The major constituents (in order of decreasing amount) were *trans*-chrysanthenyl acetate (9.8%), (*E*)- β -farnesene (7.4%), germacrene D (6.9%), myristicin (4.8%), vulgarone B (3.6%), spathulenol (2.8%), β -sesquiphellandrene (2.7%) and neryl isovalerate (2.0%).

A review of the existing literature on essential oils of the genus *Anacyclus* revealed the presence of a few studies. The group of oxygenated sesquiterpenes of the Moroccan species *A. pyrethrum* constitutes the most abundant fraction of the oil (89.2–90.6%) during the maturation stage (Elazzouzi et al. 2014) likewise; this group is the most abundant in the Algerian

species as shown by Selles et al. (2013). In this study, the percentage of oxygenated sesquiterpenes increased from 37.1 to 58.6% before and after flowering, respectively. In contrast, the essential oil of the Tunisian species *A. clavatus* is characterized by the predominance of the group of oxygenated monoterpenes with 54.03% of the total composition, the major constituents of this fraction are *trans*-chrysanthenyl acetate (12.3%), *cis*-thuyone (9.8%), chrysanthenone (8.2%) and *trans*-thuyone (7.3%) (Hammami et al. 2013). Whereas in that of an Algerian population, Aliboudhar et al. (2013, 2015) showed that the oxygenated fraction represented 36.1% and the main components are germacrene D (16.84%) and β -thujone (11.16%). By comparison, *A. cyrtolepidoïdes* shows a low content of both groups (oxygenated sesquiterpenes: 13.1%; oxygenated monoterpenes: 15.6%), and high levels of sesquiterpene hydrocarbons (24.6%).

Other chemical investigation of butanol and acetone extracts from Tunisian *Anacyclus cyrtolepidoïdes* identified new compounds: rutin 1, nicotoflorin 2, methyl linoleate 3, linoleic, palmitic and linolenic acids (Hammami et al. 2011).

We have to mention here that another extraction technique of essential oil (extracted and separated by fractions) done on the *Anacyclus cyrtolepidoïdes* shows a quite different results from ours. This technique is used by Zardi-Bergaoui, Harzallah-Skhiri et al. (2008), who identified seventy-five compounds (four fractions F₁-F₄), were identified by GC and GC-MS. α -pinene (71.4, 46.5, 80.3 and 63.7%) as the major constituent in the four fractions. Decanal (8.0%), β -cubebene (5.6%) and Compholenal (5.3%) were found at the highest value in F₂, but the compound 9-hexacosene (15.7%) was found at the highest value in F₄.

3. Experimental

See Supplementary Material.

4. Conclusion

This work is the first report on the essential oil composition of *A. monanthos* subsp. *cyrtolepidoïdes* growing in Algeria. The GC-MS analysis of the oil allowed us to identify *trans*-chrysanthenyl acetate (9.8%), (*E*)- β -farnesene (7.4%), germacrene D (6.9%) and myristicin (4.8%) as the major compounds. These results shed light into the phytochemistry of this unexplored species of the Flora of Algeria. The second step will be to evaluate the biological activities of the essential oil in order to valorize this endemic species with a special ecological character.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

Funding

This work was supported by M'sila University (CNEPRU, Comité National d'Evaluation et de Programmation de la Recherche Universitaire) [grant number D01N01UN280120150001]; University of Camerino (FAR, Fondo di Ateneo per la Ricerca) [grant number 2014/2015, FPI 000044].

ORCID

Hadjer Fodil  <http://orcid.org/0000-0003-2607-6495>
Madani Sarri  <http://orcid.org/0000-0002-7112-0400>
Noui Hendel  <http://orcid.org/0000-0002-6577-925X>
Filippo Maggi  <http://orcid.org/0000-0003-1375-4744>
Djamel Sarri  <http://orcid.org/0000-0003-3617-1162>

References

- Aliboudhar H, Tigrine-Kordjani N, Hanifi N, Meklati BY. 2013. Volatiles profiling and antioxidant activity evaluation of different parts of a medicinal plant: *Anacyclus Clavatus*. *J Herbs Spices Med Plants*. 19(1):33–47.
- Aliboudhar H, Tigrine-Kordjani N, Meklati BY. 2015. Competition of microwave-assisted hydro-distillation in highlighting volatile phytochemicals of *Anacyclus clavatus* species. *J Essent Oil Res*. 27(4):355–362.
- Elazzouzi H, Soro S, Elhilali F, Bentayeb A, Alaoui El Belghiti M, Zair T. 2014. Phytochemical study of *Anacyclus pyrethrum* (L.) of Middle Atlas (Morocco), and *in vitro* study of antibacterial activity of *A. pyrethrum*. *Adv Nat Appl Sci*. 8(8):131–140.
- Hammami S, Ben Salem A, Mastouri M, Falconieri D, Gorcii M, M'henni MF, Marongiu B, Mighri Z. 2013. Essential oil composition and antimicrobial activities of aerial parts from Tunisian *Anacyclus clavatus* (Desf.). *J Med Plant Res*. 7(2):71–75.
- Hammami S, Bergaoui A, Bouzidi A, Letizia Ciavatta M, Cimino G, Abreu PM, Mighri Z. 2011. Isolation and structure elucidation of flavonol glycosides, methyl linoleate and fatty acids from *Anacyclus cyrtolepidioides* (Pomel) growing in Tunisia. *Ana Chem Lett*. 1(5–6):384–392.
- Quezel P, Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris: Editions du centre national de la recherche scientifique; p. 978–979.
- Selles C, Dib ME, Djabou N, Beddou F, Muselli A, Tabti B, Costa J, Hammouti H. 2013. Antimicrobial activity and evolution of the composition of essential oil from Algerian *Anacyclus pyrethrum* L. through the vegetative cycle. *Nat Prod Res For Nat Prod Lett*. 27(23):2231–2234.
- The Plant List. 2013. Version 11. Published on the internet. [accessed January 1]. <http://www.theplantlist.org/>.
- Zardi-Bergaoui A, Harzallah-Skhiri F, Hammami S, Chreiaif I, Cheriaa-Issa J, Ben Jannet H, Mighri Z. 2008. Composition and antimicrobial activity of the essential oil from flowerheads of *Anacyclus cyrtolepidioides* Pomel from Tunisia. *J Essent Oil Bear Plants*. 11(6):577–585.
- Zardi-Bergaoui A, Hammami S, Ben Halima-Kamel M, Sakka-Rouis L, Boussaada O, Haouas D, Mighri Z. 2008. Insecticidal activities of flowerheads of *Anacyclus cyrtolepidioides* Pomel growing in Tunisia against *Tribolium confusum* du Val. *J Entom*. 5(4):277–283.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Essential oil composition of aerial parts from Algerian *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

Fodil Hadjer¹, Sarri Madani*¹, Hendel Noui², Filippo Maggi³, Sarri Djamel¹

¹Department of Nature Sciences and Life, Faculty of Sciences, M'sila University, 28000 M'sila, Algeria

²Department of Microbiological and Biochemistry, Faculty of Sciences, M'sila University, 28000 M'sila, Algeria

³School of Pharmacy, University of Camerino, Via Sant'Agostino 1, 62032 Camerino, Italy

*Email: [Sarri.m.dz@gmail.com](mailto: Sarri.m.dz@gmail.com)

Abstract

The chemical composition of the essential oil from the aerial parts of *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries (Asteraceae) growing in a semi-arid region of Algeria was investigated for the first time. The essential oil was obtained by hydrodistillation and fully characterized by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A total of 97 compounds were identified. The essential oil was found to be rich in *trans*-chrysanthenyl acetate (9.8±2.0%), (*E*)-β-farnesene (7.4±1.5%), germacrene D (6.9±1.3%) and myristicin (4.8±0.8%).

Keywords: *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries, Asteraceae, essential oil composition, GC-MS, Algeria

Experimental

Plant material: *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries (Fig. 2) was collected in Chott El Hodna region (altitude, 394 m), M'sila, Algeria, in April 2017. The sample was composed of the aerial parts from 25–50 plants which were representative of the geographic area of distribution of the species. A voucher specimen (QSAc 2850) was identified by Dr. Dj. Sarri and Dr. A. Zedam (Department of Nature Sciences and Life, Department of Agronomic Sciences) and deposited in the herbarium of the Department of Nature Sciences and Life, Faculty of Sciences, M'sila University, Algeria.

Analysis of the oil: Air-dried aerial parts of the plant (300 g) were subjected to hydrodistillation in a Clevenger-type apparatus until there was no significant increase in the volume of oil collected (3 h). The oil yield, estimated on a dry matter (v/w) was 0.18%. Separation and analysis of *A. monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries essential oil components were achieved on an Agilent 6890N gas chromatograph coupled to a 5973N mass spectrometer and

equipped with a HP-5 MS (5% phenylmethylpolysiloxane, 30 m, 0.25 mm i.d., 0.1 µm film thickness; J & W Scientific, Folsom) capillary column. The temperature programme used was as follows: 5 min at 60 °C then 4°C/min up to 220°C, then 11°C min⁻¹ up to 280°C, held for 15 min. Injector and detector temperatures: 280°C; carrier gas: He; flow rate: 1 ml/min; split ratio: 1:50; acquisition mass range: 29–400 m/z; mode: electron-impact (EI, 70 eV). The essential oil was diluted 1:100 in *n*-hexane, and then 2 µl of the solution were injected into the GC-MS system. For identification of essential oil components, co-injection with the above standards was used, together with correspondence of retention indices and mass spectra with respect to those occurring in ADAMS, NIST 08 and FFNSC2 libraries (Adams, 2007, NIST 08, 2008, FFNSC2, 2012). Semi-quantification of essential oil components was made by peak area normalization considering the same response factor for all volatile components. Percentages values were the mean of three chromatographic analyses.

Adams RP. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream (IL): Allured Publishing Corporation.

FFNSC 2. 2012. Flavors and fragrances of natural and synthetic compounds. Mass spectral database. Japan: Shimadzu Corps.

NIST 08. 2008. Mass spectral library (NIST/EPA/NIH). Gaithersburg, USA: National Institute of Standards and Technology.

Figure S1: *Anacyclus monanthos* subsp. *cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries
(taken by Dj. Sarri in 11.04.2017)



Table S1. Chemical composition of the essential oil from *Anacyclus monanthos* subsp.*cyrtolepidioides* (Pomel) Humphries

Group/Component ^a	RI ^b	RI LIT ^c	% ^d	ID ^e
Aldehydes			1.0±0.2	
(2 <i>E</i>)-heptenal	951	947	Tr ^f	RI,MS
benzaldehyde	954	952	Tr	RI,MS
<i>n</i> -octanal	1004	998	0.1±0.0	Std,RI,MS
benzene acetaldehyde	1042	1036	Tr	RI,MS
(2 <i>E</i>)-octen-1-al	1058	1049	Tr	RI,MS
<i>n</i> -nonanal	1104	1100	0.4±0.1	Std,RI,MS
<i>n</i> -decanal	1206	1201	0.2±0.0	Std,RI,MS
(2 <i>E</i>)-decanal	1261	1260	0.1±0.0	RI,MS
(2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-decadienal	1314	1315	0.1±0.0	RI,MS
Alkanes			2.2±0.4	
<i>n</i> -tetradecane	1399	1400	0.1±0.0	Std,RI,MS
<i>n</i> -pentadecane	1499	1500	Tr	Std,RI,MS
<i>n</i> -tricosane	2297	2300	0.9±0.2	Std,RI,MS
<i>n</i> -tetracosane	2397	2400	Tr	Std,RI,MS
<i>n</i> -pentacosane	2528	2500	0.5±0.1	Std,RI,MS
<i>n</i> -hexacosane	2597	2600	Tr	Std,RI,MS
<i>n</i> -heptacosane	2695	2700	0.4±0.1	Std,RI,MS
<i>n</i> -nonacosane	2900	2900	0.2±0.0	Std,RI,MS
Monoterpene hydrocarbons			4.0±0.9	
santolina triene	906	906	0.2±0.0	RI,MS
α -pinene	926	932	1.2±0.4	Std,RI,MS
camphene	939	946	Tr	Std,RI,MS
sabinene	966	975	0.1±0.0	Std,RI,MS
β -pinene	968	974	0.9±0.2	Std,RI,MS
myrcene	989	988	0.4±0.1	Std,RI,MS
δ -2-carene	996	1001	0.6±0.2	RI,MS
<i>p</i> -cymene	1021	1020	0.1±0.0	Std,RI,MS
limonene	1025	1024	0.5±0.1	Std,RI,MS
γ -terpinene	1055	1054	Tr	Std,RI,MS
<i>p</i> -cymenene	1086	1089	Tr	RI,MS
Oxygenated monoterpenes			15.6±3.2	
yomogialcohol	1002	999	0.1±0.0	RI,MS
1,8-cineole	1028	1026	0.1±0.0	Std,RI,MS

artemisia ketone	1060	1056	0.2±0.0	RI,MS
artemisia alcohol	1083	1080	Tr	RI,MS
<i>p</i> -mentha-2,4(8)-diene	1084	1085	Tr	RI,MS
linalool	1100	1095	Tr	Std,RI,MS
<i>trans-p</i> -mentha-2,8-dien-1-ol	1118	1119	0.1±0.0	RI,MS
α -campholenal	1123	1122	0.1±0.0	RI,MS
<i>trans</i> -pinocarveol	1132	1135	0.4±0.1	Std,RI,MS
<i>trans</i> -verbenol	1140	1140	0.5±0.1	RI,MS
pinocarvone	1157	1160	0.3±0.1	RI,MS
<i>cis</i> -chrysanthenol	1160	1160	0.2±0.0	RI,MS
borneol	1160	1165	0.2±0.0	Std,RI,MS
<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	1165	1166	Tr	RI,MS
<i>cis</i> -pinocamphone	1168	1172	0.1±0.0	RI,MS
terpinen-4-ol	1173	1174	0.1±0.0	Std,RI,MS
3,7-octadiene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-	1184	1186	0.5±0.1	RI,MS
α -terpineol	1187	1186	0.1±0.0	Std,RI,MS
myrtenal	1191	1195	0.2±0.0	Std,RI,MS
myrtenol	1191	1194	0.2±0.0	Std,RI,MS
<i>trans</i> -carveol	1216	1218	0.1±0.0	RI,MS
<i>cis-p</i> -mentha-1(7),8-dien-2-ol	1225	1227	Tr	RI,MS
<i>trans</i>-chrysanthenyl acetate	1233	1235	9.8±2.0	RI,MS
carvone	1240	1239	0.1±0.0	Std,RI,MS
<i>cis</i> -chrysanthenyl acetate	1259	1261	0.1±0.0	RI,MS
thymol	1294	1289	0.1±0.0	Std,RI,MS
carvacrol	1302	1298	Tr	Std,RI,MS
nerylisovalerate	1584	1582	2.0±0.4	RI,MS
<i>Sesquiterpene hydrocarbons</i>			24.6±4.8	
α -longipinene	1340	1350	0.8±0.2	RI,MS
α -copaene	1367	1374	0.3±0.0	Std,RI,MS
(<i>E</i>)-caryophyllene	1408	1417	1.6±0.4	Std,RI,MS
β -copaene	1419	1430	0.1±0.0	RI,MS
γ -elemene	1427	1434	0.2±0.0	RI,MS
α - <i>trans</i> -bergamotene	1430	1432	Tr	RI,MS
α -humulene	1442	1452	0.2±0.0	Std,RI,MS
(<i>E</i>)- β -farnesene	1456	1454	7.4±1.5	Std,RI,MS
germacrene D	1471	1484	6.9±1.3	RI,MS

β -selinene	1475	1489	0.2 \pm 0.0	RI,MS
bicyclogermacrene	1485	1500	0.7 \pm 0.2	RI,MS
α -zingiberene	1494	1493	0.3 \pm 0.1	RI,MS
β -bisabolene	1504	1505	0.2 \pm 0.0	RI,MS
(<i>E,E</i>)- α -farnesene	1507	1505	1.8 \pm 0.4	Std,RI,MS
β-sesquiphellandrene	1517	1521	2.7\pm0.5	RI,MS
α -calacorene	1535	1544	0.2 \pm 0.0	RI,MS
germacrene B	1545	1559	1.1 \pm 0.2	RI,MS
<i>Oxygenates sesquiterpenes</i>			13.1\pm2.5	
10,11-epoxy-calamenene	1485	1500	0.7 \pm 0.1	RI,MS
spathulenol	1567	1577	2.8\pm0.4	RI,MS
caryophylleneoxide	1570	1582	1.6 \pm 0.3	Std,RI,MS
salvial-4(14)-en-1-one	1584	1594	0.8 \pm 0.1	RI,MS
β -oplophenone	1599	1607	0.7 \pm 0.1	RI,MS
1,10- <i>di-epi</i> -cubenol	1618	1618	1.1 \pm 0.2	RI,MS
<i>epi</i> - α -muurolol	1632	1640	0.5 \pm 0.1	RI,MS
vulgarone B	1636	1649	3.6\pm0.7	RI,MS
α -cadinol	1645	1652	0.6 \pm 0.2	RI,MS
<i>cis</i> -calamenen-10-ol	1658	1660	0.3 \pm 0.1	RI,MS
<i>epi</i> - α -bisabolol	1679	1683	0.2 \pm 0.0	RI,MS
14-hydroxy- α -muurolene	1768	1779	0.1 \pm 0.0	RI,MS
14-hydroxy- δ -cadinene	1793	1803	0.2 \pm 0.0	RI,MS
<i>Diterpenes</i>			2.6 \pm 0.6	
neophytadiene	1837	1838*	1.0 \pm 0.2	RI,MS
<i>trans</i> -phytol	2102	2104	1.5 \pm 0.3	Std,RI,MS
<i>Phenylpropanoids</i>			4.8\pm0.9	
(<i>E</i>)-anethole	1282	1282	Tr	Std,RI,MS
myristicin	1517	1517	4.8\pm0.8	Std,RI,MS
<i>Others</i>			2.4 \pm 0.5	RI,MS
2-pentyl furan	989	984	0.4 \pm 0.1	RI,MS
<i>n</i> -octanol	1073	1063	Tr	RI,MS
mintsulfide	1720	1740	0.2 \pm 0.0	RI,MS
benzylbenzoate	1754	1759	0.1 \pm 0.0	RI,MS
hexahydrofarnesyl acetone	1843	1845	0.6 \pm 0.1	RI,MS
<i>n</i> -hexadecanoic acid	1964	1959	0.8 \pm 0.2	Std,RI,MS
(<i>Z</i>)-falcarinol	2029	2035	0.2 \pm 0.0	RI,MS
Total identified (%)			70.4 \pm 3.1	

^a Compounds are listed in order of their elution from a HP-5MS column. ^b Linear retention index on HP-5MS column, experimentally determined using homologous series of C₈-C₃₀ alkanes. ^c Linear retention index taken from Adams (2007) or NIST 08 (2008) and literature (for neophytadiene). ^d Relative percentage values are means of three determinations ± SD. ^e Identification methods: Std, based on comparison with authentic compounds; MS, based on comparison with WILEY, ADAMS, FFNSC2 and NIST 08 MS databases; RI, based on comparison of calculated RI with those reported in ADAMS, FFNSC 2 and NIST 08. ^f Tr., % below 0.1%.