

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE BLIDA 1**

**FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE**



**Mémoire de Fin d'Etude en vue de l'obtention du Diplôme Master académique en**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**

**Spécialité : Système de Production Agro-Ecologique**

**Thème**

**Etude phytochimique du fenouil (*Deverra scoparia* Coss. et Dur.) récolté**  
**de la région de Tamanrasset**

Présenté par :

**Haloui Chaima**

**Driouech Imene**

Devant le jury :

<b>M<sup>r</sup> ABBAD M.</b>	MCB	Université Blida	Président
<b>M<sup>me</sup> MOUAS Y.</b>	MCB	Université Blida 1	Examinatrice
<b>M<sup>me</sup> BENREBIHA F.Z.</b>	Professeur	Université Blida 1	Promotrice
<b>M<sup>me</sup> MELIANI A.</b>	Attachée de recherche	Université Blida 1	Co-Promotrice

**Blida : 30 Juin 2019.**

## REMERCIEMENTS

Avant tout nous remercions Dieu « ALLAH » le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous tenons à faire part de notre reconnaissance particulière et de notre respect profond aux membres de jury :

Notre promotrice Madame BENREBIHA F.Z. professeur à l'Université Blida 1 de nous avoir proposé ce sujet de recherche, pour sa présence, son dévouement, sa rigueur, ses précieux conseils, ses encouragements et sa persévérance dans le suivi.

Notre Co-promotrice Mademoiselle MELIANI A. Attachée de recherche à l'Université Blida 1 pour tout l'effort fourni, sa patience, ses orientations et ses conseils judicieux qui nous en éclairé, qui n'a pas hésité de nous venir humblement en aide et de nous avoir jamais privé de son savoir.

Monsieur ABBAD M. MCB à l' Université Blida 1 qui m'a fait l'honneur d'assurer la présidence du jury.

Madame MOUAS Y. MCB à l' Université Blida 1 d'avoir acceptée d'examiner ce mémoire.

Nous exprimons nos vives gratitude à la directrice de la filiale antibiotical SAIDAL de Médéa, madame BAKHTI, monsieur CHERIF et monsieur LAIDI ainsi qu'à tout le personnel du laboratoire de microbiologie et de physico-chimie.

Nos vives reconnaissances envers tout le personnel du laboratoire de la police scientifique à Ben-Aknoun.

Nous tenons à remercier mademoiselle FLITA K. Ingénieure du laboratoire de physiologie végétale pour son aide, sa disponibilité et son soutien moral.

Nos remerciements sont adressés à tous nos enseignants qui nous ont donné les bases de la science.

Notre gratitude est exprimée en particulier envers madame LAKHEL S.

## DEDICACE

### Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents, qui ont tout sacrifié pour moi dans toute ma vie et qui seront très fiers et heureux de me voir réussir. Tous les mots ne suffiront pour vous remercier, je vous remercie pour votre soutien et votre amour. A travers ce travail je vous témoigne mon amour et ma gratitude.

A mon frère *Toufik*, ma grande sœur *Khaoula* le grand cœur et son époux *Riadh*, *Aicha* ma sœur et ma meilleure amie et ma petite *Noussaiba* qui m'ont toujours soutenues et encouragée même dans les périodes les plus difficiles, merci pour votre soutien.

A ma grande mère pour et ses supplications continues, que dieu la garde et la protège.

Je dédie mon fiancé *HICHEM* pour sa précieuse aide, sa générosité et son agréable compagnie ainsi que son soutien moral tout au long de la réalisation de ce travail. Merci pour tout. Mais, tu le sais, le plus beau est à venir pour nous.

À mes beaux parents, ma belle sœur *Souhila* et mon beau frère en témoignage de mon affection et ma reconnaissance pour leurs encouragements.

À toute ma grande famille *HALOUI* et *LARACHI*, mes cousins et mes cousines *Asma*, *Kaouthar*, *Amina*, *Maroua* et spécialement à ma tante *Samia* pour ses encouragements.

À vous *Ahlem* ma sœur et notre amie proche de la famille merci pour tous les conseils et les efforts que vous m'avez donné.

À mes amies qui m'ont permis d'oublier les moments de stress et de découragement *Nesrine*, *Amel*, *Selma*, *Asmaa* et spécialement *Anfel* ma sœur et meilleure amie d'enfance et son époux *Ramy*, *Anfel* et son fils *Mounib Soulaïman*.

Ma binôme *Imene* ainsi à toute sa famille.

Spéciale dédicace pour *Assia* de m'avoir motivé pour poursuivre mes études.

***Chaima.***

## DEDICACE

*C'est avec mon énorme plaisir, un cœur ouvert et une joie immense, que je dédie ce modeste travail tout d'abord à **mes Parents** pour leurs amour, leurs sacrifices et leurs encouragements qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*A ma sœur **Nassima** et son mari **Rabeh**.*

*A ma sœur **Khadidja** et son mari **Billel**.*

*A mon neveu **Mohamed**.*

*A ma petite sœur **Marwa**.*

*A mes nièces **Farah, Maram** et **Sirine**.*

*A toute la famille **Driouech**.*

*A la femme qui m'a encouragé vraiment **Driouech Saida**.*

*A mes collègues **Kbairia Zoulikha, Kaybouch Hayet, Dib Naçira, Elayadi Ibrahim** et son frère **Youssef**.*

*A mes adorables amies : **Ziouen Asma, Haddar Lamia, Izem Imene** et **Elkeir Nadjwa**.*

*A tous ceux qui me connaissent.*

***Imene.***

## RESUME

Le travail effectué constitue une contribution à la valorisation d'une plante aromatique médicinale du Sahara méridional algérien. Il a permis la mise en évidence de l'activité biologique de l'huile essentielle de plante médicinale récoltée de la région de Tamanrasset : *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Apiaceae).

L'extraction de l'huile essentielle de la partie aérienne du fenouil (*Deverra scoparia* Coss. & Dur.) de la région de Tamanrasset, par hydrodistillation de type Clevenger, a donné un rendement de  $0,8 \pm 0,17\%$ . L'identification par CPG/MS a permis de déterminer les composants majoritaire de l'huile essentielle du fenouil à savoir : l' $\alpha$ -bornyl acétate (28,12%), l' $\alpha$ -pinène (19,50%), le  $\gamma$ -cadinène (6,12%) et l'ermophilène (5,15%). L'effet antimicrobien a été étudié vis-à-vis de huit souches microbiennes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella thyphimurium*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae* qui se sont toutes révélées sensibles à l'huile essentielle étudiée à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* qui se sont montrées résistantes. Les résultats de l'effet antioxydant mesuré en utilisant le test de piégeage du radical libre diphénylpicrylhydrazyl (DPPH) montrent que l'huile essentielle testée a un effet antioxydant modéré, relativement faible comparé à l'antioxydant de référence.

**Mots clés :** *Deverra scoparia* Coss. & Dur., hydrodistillation, huile essentielle, effet antimicrobien, effet antioxydant.

## ABSTRACT

The study presented is a contribution to evaluation of some medicinal plants of the southern Algerian Sahara. It allowed the identification of the biological activity of extracts from three medicinal plants harvested in the region of Tamanrasset: *Deverra scorparia* Coss. & Dur. (Apiaceae)

The extraction of essential oil from fennel (*Deverra scorparia* Coss. & Dur.) From Tamanrasset by hydrodistillation, Clevenger type, gave a yield of  $0,8 \pm 0,17\%$ . The identification by GC/MS was used to determine the major components of the fennel essential oil such as :  $\alpha$ -bornyl acetate (28,12%),  $\alpha$ -pinene (19,50%),  $\gamma$ -cadinene (6,12%) and eremophilene (5,15%). The antimicrobial effect was studied against eight microbial strains : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella thyphimuriem*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* and *Saccharomyces cerevisiae*, all of them were sensitive to the essential oil studied except *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* they were resistant. The results of the antioxidant effect measured using the scavenging test diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) show that essential oil tested have moderate antioxidant effect, relatively low compared to the antioxidant reference.

**Key words :** *Deverra scorparia* Coss. & Dur., Hydrodistillation, essential oil, antimicrobial effect, antioxidant effect.

## ملخص

العمل المنجز هو مساهمة في تبيين بعض النباتات الطبية من جنوب الصحراء الجزائرية. و قد سمح بتحديد النشاط البيولوجي المستخلص من النبات الطبي حصد من منطقة تمنراست: *Deverra scorparia* Coss. & Dur. (Apiaceae)

استخراج الزيت الاساسي لنبته القزاح ( *Deverra scorparia* Coss. & Dur. ) من منطقة تمنراست , بتقنية التقطير بالبخار , باستعمال جهاز Clevenger , اعطى مردودا قيمته  $0,8 \pm 0,17\%$ . المعاينة بواسطة جهاز CPG/MS سمحت باستخراج المكونات الرئيسية الغالبة في زيت نبتة القزاح :  $l'\alpha$ -bornyl (28,12%) ،  $l'\alpha$ -pinène (19,50%) ،  $\gamma$ -cadinène (6,12%) و  $l'$ eremophilène (5,15%). تمت دراسة النشاط المضاد للميكروبات على ثمانية كائنات مجهرية وهي : *Escherichia coli* ، *Pseudomonas aeruginosa* ، *Staphylococcus aureus* ، *Staphylococcus epidermidis* ، *Salmonella thyphimurium* ، *Candida albicans* ، *Bacillus subtilis* ، و *Saccharomyces cerevisiae* حيث تبينت كلها حساسة للزيت الاساسي باستثناء *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* اللتان اثبتتا قدرتهما على المقاومة. أظهرت نتائج تقييم النشاط المضاد للأكسدة عن طريق اختبار محاصرة الراديكال (DPPH)  $diphénylpicrylhydrazyl$  ان الزيت الاساسي له نشاط مضاد للأكسدة متوسط، نسبيا ضعيف مقارنة بمضاد الاكسدة المرجعي المعمول به.

الكلمات المفتاحية : القزاح, التقطير بالبخار ، الزيت الاساسي، التأثير المضاد للميكروبات، التأثير المضاد للأكسدة.

## LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

<b>Figure 1.1 :</b> <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	6
<b>Figure 1.2 :</b> Dispositif expérimental de l'hydrodistillation type Clevenger.	9
<b>Figure 1.3 :</b> Exemples de structures des monoterpènes.	12
<b>Figure 1.4 :</b> Exemples de structures des sesquiterpènes.	12
<b>Figure 1.5 :</b> Exemples de structures de composés dérivés du phényle propane.	13
<b>Figure 1.6 :</b> Structure chimique de l'aldéhyde cinnamique.	13
<b>Figure 2.1 :</b> Vue générale d'une touffe de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	19
<b>Figure 2.2 :</b> Localisation géographique de la zone d'étude région de Tamanrasset.	21
<b>Figure 2.3 :</b> Montage de l'hydrodistillation type Clevenger.	23
<b>Figure 2.4 :</b> Aromatogramme.	27
<b>Figure 2.5 :</b> La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH•	30
<b>Figure 3.1 :</b> Taux d'humidité des tiges séchées de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	32
<b>Figure 3.2 :</b> Rendements en huile essentielle.	33
<b>Figure 3.3 :</b> Huile essentielle de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	34
<b>Figure 3.4 :</b> Résultats de l'effet antimicrobien de l'huile essentielle étudiée.	38
<b>Figure 3.5 :</b> Résultats de la concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle testée.	41
<b>Figure 3.6 :</b> Virage de la couleur en présence de DPPH.	43
<b>Figure 3.7 :</b> Pourcentage d'inhibition de DPPH par la Vit C.	44
<b>Figure 3.8 :</b> Pourcentage d'inhibition de DPPH par l'huile essentielle testée.	44
<b>Figure 3.9 :</b> Détermination graphique d'EC <sub>50</sub> .	45

**Figure 3.10** : EC<sub>50</sub> de l'antioxydant standard.

**46**

**Figure 3.11** : EC<sub>50</sub> de l'huile essentielle étudiée.

**46**

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 2.1</b> : Souches microbiennes testées.	<b>20</b>
<b>Tableau 3.1</b> : Taux d'humidité des tiges séchées.	<b>31</b>
<b>Tableau 3.2</b> : Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	<b>34</b>
<b>Tableau 3.3</b> : Propriétés physico-chimiques d'huile essentielle étudiée.	<b>35</b>
<b>Tableau 3.4</b> : Identification des principaux composants chimiques de l'huile essentielle de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	<b>36</b>
<b>Tableau 3.5</b> : Zone d'inhibition du développement des souches microbiennes testées.	<b>39</b>
<b>Tableau 3.6</b> : Concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle étudiée.	<b>42</b>

## LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

**Abs** : Absorbance.

**ABTS** : Acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**ATCC** : Américan Type Culture Collection.

**CAB** : Cétrimide agar base.

**CG/MS** : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la Spectrométrie de masse.

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice.

**d** : densité.

**DMSO** : diméthylsulfoxyde.

**DPPH** : 2,2- diphenyl -1-picrylhydrazyle.

**EC<sub>50</sub>** : Concentration requise pour démunie la concentration du DPPH de 50%.

**ev** : électro volt.

**HE** : Huile essentielle.

**IA** : Indice d'acide.

**I%** : pourcentage d'inhibition.

**RDT** : Rendement.

**β** : Béta.

**t** : temps.

**TN** : Témoin.

**α** : Alpha.

$\gamma$  : Gama.

$\mu\text{l}$  : microlitre.

$\mu\text{m}$  : micromètre.

**TR** : Temps de rétention.

**IK** : Indice de Kovacs.

**Vit C** : Vitamine C

## GLOSSAIRE

**Allergisant** : Qui peut provoquer des allergies.

**Antibiotique** : Qui détruit ou bloque la croissance des bactéries.

**Anti-inflammatoire** : Qui combat les inflammations.

**Antimicrobienne** : Inhibe et détruit les microbes.

**Antioxydant** : qui ralentit ou empêche l'oxydation d'autre substance chimique à leur contact.

**Antiparasitaire** : Qui détruit les parasites.

**Antispasmodique** : Fait baisser la tension et soulage les spasmes musculaires.

**Antivirale** : Qui perturbe le cycle de réplication d'un ou de plusieurs virus, permettant ainsi de ralentir mais rarement d'arrêter une infection virale.

**Aromathérapie** : Est l'utilisation des composés aromatiques extrait de plantes, les huiles essentielles, à des fins médicales.

**Cicatrisation** : Un phénomène de régénération.

**Digestive** : Remède concourant à la digestion.

**Pathogène** : Qui peut causer une maladie.

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 : LES PLANTES AROMATIQUES ET MEDECINALES</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Généralités sur les plantes médicinales et aromatiques</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Famille des Apiaceae</b>	<b>4</b>
<b>1.3. <i>Deverra scoparia</i> Coss. &amp; Dur.</b>	<b>5</b>
1.3.1. Origine et étymologie	5
1.3.2. Systématique	5
1.3.3. Synonymes botaniques	5
1.3.4. Noms vernaculaires	6
1.3.5. Description botanique	6
1.3.6. Distribution géographique et culture	7
1.3.7. Utilisations	7
<b>1.4. Huiles essentielles</b>	<b>7</b>
1.4.1. Définition	7
1.4.2. Localisation	8
1.4.3. Rôle dans la plante	8
1.4.4. Extraction	9
1.4.5. Conservation	11
1.4.6. Biosynthèse et composition chimique	11
1.4.7. Notion de chémotype	14
1.4.8. Caractéristiques physico-chimiques	14
1.4.9. Les propriétés de l'huile essentielle	14
<b>CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Matériels utilisés</b>	<b>18</b>
2.2.1. Matériel végétal	18
2.1.2. Micro- organismes	19
<b>2.2. La région étudiée</b>	<b>19</b>
2.2.1. Localisation géographique	19

<b>2.3. Méthodes d'étude</b>	<b>20</b>
2.3.1. Taux d'humidité	20
2.3.2. Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation	21
2.3.3. Rendement en huile essentielle	22
2.3.4. Caractéristiques physico-chimiques	23
2.3.5. Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par CPG/MS	25
2.3.6. Effet antimicrobien	26
2.3.7. Effet antioxydant	28
2.3.8. Analyses statistiques	30
<b>CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>31</b>
3.1. Taux d'humidité	31
3.2. Rendement en huile essentielle	32
3.3. Caractéristiques organoleptiques	34
3.4. Caractéristiques physico- chimiques	35
3.5. Identification de l'huile essentielle par CPG/MS	36
3.6. Effet antimicrobien	38
3.7. Effet antioxydant	43
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>50</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXE</b>	<b>69</b>

## INTRODUCTION

Le monde végétal est connu depuis l'antiquité chez l'être humain qui a essayé de chercher dans son environnement végétal des plantes pour satisfaire ses besoins quotidiens que ce soit alimentation, parfum ou hygiène et notamment comment traiter ses blessures et soulager ses maux (**SEVENET & TORTORA, 1994**). Ces plantes représentent une source impérissable en composés bioactifs. Elles sont devenues des usines chimiques d'une extraordinaire complexité et efficacité (**BRAZIER, 2010**).

Les plantes renferment un nombre très élevé de composés chimiques tels que : les huiles essentielles, flavonoïdes, vitamines, saponines, caroténoïde, terpènes, polyphénols, alcaloïdes, qui ont des propriétés physico-chimiques très variées et des activités biologiques différentes (antimicrobienne, antioxydante, antivirale) (**MICHEL, 2011**). En effet, les métabolites secondaires restent l'objectif de nombreuses études in vivo et in vitro en particulier la recherche de nouveaux composants naturels tels que les huiles essentielles qui suscitent l'engouement des industries pharmaceutiques et agroalimentaires (**KRIFA et al., 2011; NEFFATI et al., 2009**).

L'usage des huiles essentielles en médecine ne fut jamais abandonné malgré la découverte de processus de synthèse organique et la naissance de l'industrie pharmaceutique. Elles sont considérées comme un véritable réservoir de molécules de base qui sont irremplaçables (**OURAÏNI et al., 2007; BOUGHENDJIOUA, 2015**).

De nos jours, les huiles essentielles sont utilisées par plusieurs chimistes, biologistes et même médecins dans le traitement de certaines maladies infectieuses pour lesquelles les antibiotiques de synthèse deviennent de plus en plus inactifs ou dans la préservation des aliments contre l'oxydation comme alternatives aux produits chimiques de synthèse (**OUIS, 2015**).

L'Algérie, la porte de l'Afrique, par son climat très varié (la mer méditerranéenne au Nord et le Sahara dans le sud) et sa situation géographique particulière bénéficie d'une flore très riche et diversifiée répartie sur tout le territoire algérien. Elle présente une large gamme des espèces endémiques adaptées au climat de la zone et appartiennent aux différentes familles entre autre : les *Lamiaceae*, les *Asteraceae*, les *Apiaceae* (**QUEZEL & SANTA, 1963**). Ces plantes endémiques constituent un important réservoir de substances actives ce qui peut

conduire à la découverte de nouveaux agents antimicrobiens ou molécules d'intérêts scientifiques (ZENASNI, 2014).

Dans le cadre de valoriser le pouvoir antimicrobien et antioxydant des plantes médicinales et aromatiques algériennes par notre laboratoire ainsi que la recherche de nouvelles molécules bioactives, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'huile essentielle du fenouil spontané (*Deverra scoparia* Coss. & Dur.), appartenant à la famille des *Apiaceae*, plante endémique provenant de la région de Tamanrasset.

Notre étude est portée sur trois parties :

- La partie bibliographique consiste en une étude descriptive et caractéristique de la plante et l'huile essentielle.
- La partie expérimentale est basée sur les techniques et les méthodes utilisées dans notre étude.
- La partie résultats et discussion.

Une conclusion générale sur l'ensemble de cette recherche.

## CHAPITRE 1

### LES PLANTES AROMATIQUES ET MEDECINALES

#### 1.1. Généralités sur les plantes aromatiques et médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées depuis au moins 7 000 ans, elles représentent la base de la phytothérapie (TARDIVON & CHADOULI, 2012). Elles regroupent à la fois les plantes spontanées dites «de cueillette» et les plantes cultivées. Les premières sont difficiles ou impossibles de cultiver. Elles représentent d'après certaines firmes importatrices 60 à 70 % des drogues du marché Européen. Leur valeur médicinale se montre très inégale puisqu'elle varie selon l'origine, le terrain et les conditions de croissance. Les secondes assurent une matière première en quantité suffisante, homogène au double point de vue aspect et composition chimique. Elles peuvent être intensifiées ou non suivant les besoins médicaux (BENAKCHA, 2001).

Ces drogues d'origine végétale renferment des composés à propriétés médicamenteuses (FARNSWORTH *et al.*, 1986) et des vertus curatives et parfois même toxiques selon les doses (HAMOUDI, 2008).

Les vertus thérapeutiques des essences aromatiques sont connues depuis l'antiquité ; cependant l'intérêt accordé à l'étude scientifique du pouvoir des plantes aromatiques et médicinales n'a augmenté que durant ces dernières années dans le but de rechercher des alternatives aux substances chimiques qui présentent des risques pour la santé humaine et pour l'environnement (ZHANG *et al.*, 2010).

Les plantes aromatiques et médicinales renferment des composés chimiques qui se répartissent en deux groupes. Le premier correspond aux protides, glucides, lipides et acides nucléiques, sont les constituants du métabolisme primaire ; ils existent en permanence au sein de la plante Le second correspond aux pigments, tanins, polymères, hormones et essences végétales dites huiles essentielles, proviennent du métabolisme secondaire et ne sont pas toujours présents chez les végétaux (BOUAMER *et al.*, 2004).

La valorisation de la filière des plantes aromatiques et médicinales est devenue indispensable dans un pays regorgeant d'une richesse très importante en flore. Selon les statistiques de 2003 de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80% de la population

mondiale a recours aux médecines traditionnelles pour satisfaire des besoins en soins de santé primaire. D'ailleurs la pharmacopée humaine est riche d'un répertoire de pas moins de 20000 espèces dont 50% est utilisée en industrie pharmaceutique (OMS, 2011).

## 1.2. Famille des *Apiaceae*

Les *Apiaceae* (*Apiacées*) anciennement appelées Ombellifères, comprennent environ 3000 espèces réparties en 469 genres sont distribués dans toutes les régions tempérées mais surtout dans l'hémisphère Nord. En Algérie 55 genres regroupant 117 espèces, dont 24 endémiques, sont répertoriés (QUEZEL & SANTA, 1963). Les *Apiaceae* sahariennes sont différentes les unes des autres et leur détermination n'offre pas de grandes difficultés sauf la distinction entre les espèces du genre *Pituranthos*. Pour toute identification il est très important de cueillir des échantillons portant des fruits mûrs (OZENDA, 1983).

C'est une famille très homogène facile à reconnaître grâce à son inflorescence en ombelles composées. Les plantes de la famille des *Apiaceae* sont essentiellement des plantes herbacées annuelles, bisannuelles, ou le plus souvent vivaces. L'appareil végétatif souterrain est très varié : racine pivotante, rhizome ou tubercule.

Les feuilles sont alternes, souvent très découpées, sans stipules, généralement engainantes. Elles sont le plus souvent composées, pennées, palmées ou ternées, plus rarement entières (chez les buplèvres par exemple) ou phyllodiales.

Les fleurs sont généralement blanches et plus rarement jaunâtres, verdâtres ou rosées. Leur simplicité et leur régularité caractérisent les *Apiaceae* (DEYSSON, 1979).

Les racines, tiges et feuilles sont parcourues par des canaux sécréteurs qui contiennent un mélange d'essences et de résines, ce qui explique l'odeur forte qui se dégage des *Apiaceae* lorsqu'on les écrase (OZENDA, 1983).

Le potentiel floristique algérien de ce genre comporte les espèces suivantes : *Deverra scoparia* Coss. & Dur. ou *Pituranthos scoparius* Benth. & Hook. ; *Deverra chlorantha* Coss. & Dur. ou *Pituranthos chloranthus* Benth. & Hook. ; *Pituranthos battandrieri* Maire (OZENDA, 1977).

### 1.3. *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

#### 1.3.1. Origine et étymologie

*Deverra* vient du mot latin *Deverro* : déesse de l'accouchement (IUCN, 2005) et *scoparia* du latin *scopa* : brosse, balai, le terme *scoparia* s'applique à l'aspect des rameaux, sec et nus durant la majeure partie de l'année (BENISTON, 1984).

#### 1.3.2. Systématique

D'après, Quézel et Santa (1963), *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est classé comme suit :

Règne	<i>Plantae</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Angiosperme</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Apiales</i>
Famille	<i>Apiacées</i>
Genre	<i>Deverra</i>
Espèce	<i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.
Nom botanique	<i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.

#### 1.3.3. Synonymes botaniques

*Pituranthos scoparius* Benth. et Hook. (OZENDA, 1983).

#### 1.3.4. Noms vernaculaires

- Français : Fenouil sauvage.
- Arabe : Guezzah, Ghezzaha.
- Tamahaq : Tattayet (OZENDA, 1983).

### 1.3.5. Description botanique

*Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Figure 1.1) est une plante vivace, à tige jaunâtre, longues de 40-80 cm, en touffes ramifiées dans le haut seulement, simples et parallèles entre elles dans leur moitié inférieure avec des fleurs blanches à ombelles latérales et pédoncule court (1-3 cm). Ses fruits sont plus longs que larges, hérissés de poils dressés, pétales blancs à nervures étroites. C'est une plante à souche Ligneuse ramifiée émettant de nombreuses rosettes de feuilles triséquées 1-2 fois. La floraison a lieu de Février à Octobre (**OZENDA, 1983 ; QUEZEL & SANTA, 1963**).



**Figure 1.1** : *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (**IUCN, 2005**).

### 1.3.6. Distribution géographique

Cette *Apiaceae* est endémique au nord-africain, commune dans la partie nord du Sahara est réputée rare plus au sud. On l'observe pourtant très fréquemment sur le plateau du Tassili des Ajjers et dans le Hoggar, surtout dans les lis d'oueds caillouteux (**LEHOUEIROU, 1995 ; SAHKI & SAHKI, 2004 ; BENCHELAH et al., 2011**).

### 1.3.7. Utilisations

Plante à l'odeur de fenouil très agréable. On tresse des claies avec ses tiges pour y égoutter le fromage, elle parfume également le beurre de chèvre. Les animaux la broutent mais ne semblent pas l'apprécier particulièrement. Cette plante est bonne pour les douleurs de dos. On fait cuire la viande avec quelques branches de la plante, puis on boit le jus. Les tiges sèches entrent dans la préparation de poudres contre les morsures de reptiles. Lorsqu'elle est prise en infusion, elle facilite la digestion (**SAHKI & SAHKI, 2004 ; BENCHELAH et al., 2011**).

En médecine traditionnelle les tiges et les feuilles de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. sont utilisées pour le traitement de la rougeole, l'asthme, l'ictère, les troubles digestifs, les spasmes et les douleurs. Le décocté et l'infusion des feuilles et les fleurs sont utilisés dans le traitement d'hépatite, diabète, l'indigestion, maux d'estomac et bas ventre, ainsi que pour les infections urinaires. Certains recommandent l'application locale de la poudre des feuilles en cataplasme, pour soulager les douleurs rhumatismales (**DIDI & ZABEIROU, 2003 ; HAMMICHE & MAIZA, 2006 ; BOUDJELAL et al., 2013**).

*Deverra scoparia* Coss. & Dur. est une plante toxique évitée par les moutons pendant la floraison et dont la toxicité a été liée à la présence présumée d'alcaloïdes (**HABA et al., 2004**).

## 1.4. Huiles essentielles

Les huiles volatiles peuvent être considérées comme des résidus du métabolisme végétal. Suite à la photosynthèse au niveau des chloroplastes, l'énergie produite sous forme de glucides, NADPH et d'ATP contribue au développement de la plante et indirectement à la biosynthèse de multiples composés secondaires parmi elles les huiles essentielles (**NARISHETTY et al., 2004**).

### 1.4.1. Définition

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges complexes de substances odorantes et volatiles (**CATIER & ROUX, 2007**). Il s'agit de mélanges de composés lipophiles, volatils et souvent liquides, synthétisés et stockés dans certains tissus végétaux spécialisés (poches, canaux, poils). Extraites de la plante grâce à des procédés

physiques, les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante (TEUSCHER & ANTON, 2005).

Plus récemment, la norme AFNOR NF T 75-006 (octobre 1987) a donné la définition suivante d'une huile essentielle : «Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur (MARIE-ELISABETH et al., 2004), soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation à sec» (BRUNETON, 1993).

Les huiles essentielles sont des liquides huileux aromatiques très concentrés renfermant des mélanges complexes des substances volatiles constituées de plusieurs dizaines de composés (Raul & OCHOA, 2005 ; BOURREL, 1993 ; TIGRINE-KORDJANI et al., 2006).

### 1.4.2. Localisation

Elles peuvent être localisées dans tous les organes végétaux : les feuilles (*Torilis arvensis*) (SAAD et al., 1995), les racines (*Heracleum persicum*) (MOJAB & NICKAVAR, 2003), le bois (*Santalum album*) (HOWES et al., 2004), les rhizomes (*Zingiber officinale*) (GEIGER, 2005), les écorces (*Cinnamomum verum*) (JHAM et al., 2005), les fruits (*Daucus carota*) (GLISIC et al., 2007), les graines (*Daucus carota*) (ÖZCAN & CHALCHAT, 2007) ou les fleurs (*Ferulago angulata*) (AKHLAGHI, 2008).

Il n'existe pas de règle générale concernant les lieux d'accumulation des métabolites secondaires comme les huiles essentielles dans l'organisme végétal (GUIGNARD et al., 1985), mais dans la plus part des cas, les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles (*Lauraceae* ou *Zingiberaceae*), dans des trichomes glandulaires sécréteurs (*Lamiaceae*), dans des cavités sécrétrices (*Myrtaceae* ou *Rutaceae*) ou dans des canaux sécréteurs (*Apiaceae* ou *Asteraceae*) (BRUNETON, 1999 ; BAKKALI et al., 2008).

### 1.4.3. Rôle dans la plante

Les huiles essentielles ont certainement un rôle dans la plante, il s'agit d'une sécrétion qui induit une augmentation de la production de certains composants pour inhiber la germination en hiver, protéger la plante contre les parasites, les insectes et les herbivores et favoriser la fécondation en attirant certains insectes (MILPIED, 2008).

### 1.4.4. Extraction

L'extraction des huiles essentielles est une opération capitale qui doit permettre d'obtenir des produits volatils, particulièrement fragiles, sans altérer la qualité (ROUX, 2008).

Il existe plusieurs méthodes qui permettent d'extraire les huiles essentielles, les plus utilisées sont l'extraction par hydrodistillation, l'expression à froid, l'extraction par solvants et plus récemment extraction assistée par micro-ondes.

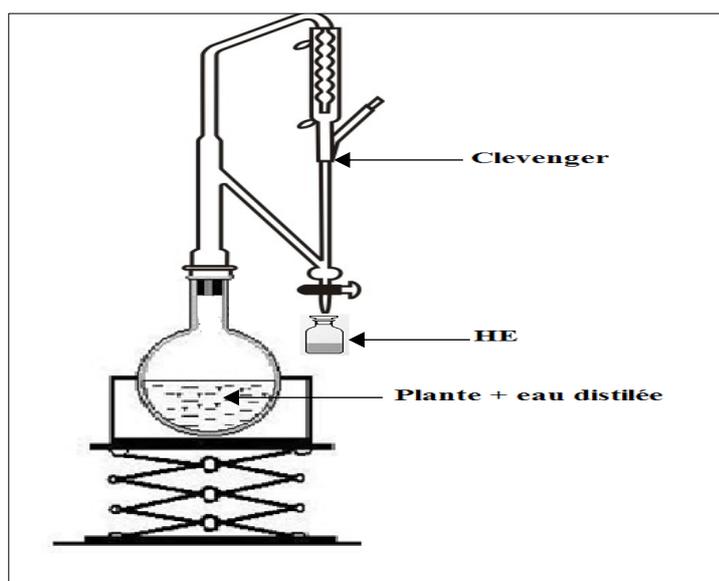
#### 1.4.4.1. Distillation

Il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : L'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydro diffusion (PIOCHON, 2008).

##### ➤ Hydro-distillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et, de ce fait la plus anciennement utilisée. La matière végétale est immergée directement dans un alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolysât par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysât (Figure 1.2).

En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (LUCCHESI, 2005).



**Figure 1.2 :** Dispositif expérimental de l'hydrodistillation type Clevenger (BRUNETON, 2009).

➤ **Extraction par entraînement à la vapeur d'eau**

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles des plantes aromatiques. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter (IUCITA, 2006). La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique (l'huile essentielle).

L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (LUCCHESI, 2005).

➤ **Hydro diffusion**

Cette technique est relativement récente. Elle consiste à faire passer du haut vers le bas et à pression réduite la vapeur d'eau au travers la matière végétale. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide et n'altère pas les composés volatils (ROUX, 2008).

**1.4.4.2. L'extraction à froid**

Elle constitue le plus simple des procédés mais ne s'applique qu'aux agrumes dont l'écorce des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le produit ainsi obtenu est appelé essence, car il n'a subi aucune modification chimique (ROUX, 2008).

**1.4.4.3. Extraction par les solvants et les graisses**

Il s'agit d'extrait de plantes obtenu au moyen de solvants non aqueux (hexane et éther de pétrole) mais aussi de graisses et des huiles (absorption des composés volatils lipophiles par les corps gras). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également des composés non volatils tels que des cires, des pigments et des acides gras, un lavage à l'éthanol permet l'élimination de ces composés.

Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé « absolu » et sa composition se rapproche de celle d'une huile essentielle. L'extraction à l'aide des solvants organiques pose le problème de toxicité et de solvants résiduels (**HERNANDEZ-OCHOA, 2005**).

#### **1.4.4.4. Extraction assistée par micro-ondes**

Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Ce procédé livre un produit souvent de qualité supérieure par rapport à celui obtenu par hydrodistillation (**MENGEL et al., 1993**).

Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation. L'extraction par micro-ondes fait aujourd'hui l'objet de beaucoup d'études et ne cesse d'être améliorée (**LUCCHESI et al., 2007**).

#### **1.4.5. Conservation**

Les huiles essentielles doivent être protégées de la lumière, de la chaleur, de l'air, de l'humidité et des écarts de température dans des flacons en verre teinté, en position verticale et dans un lieu sec et frais (**MORO, 2008**).

#### **1.4.6. Biosynthèse et composition chimique**

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phényle-propane, beaucoup moins fréquents, d'autre part (**BRUNETON, 1999**).

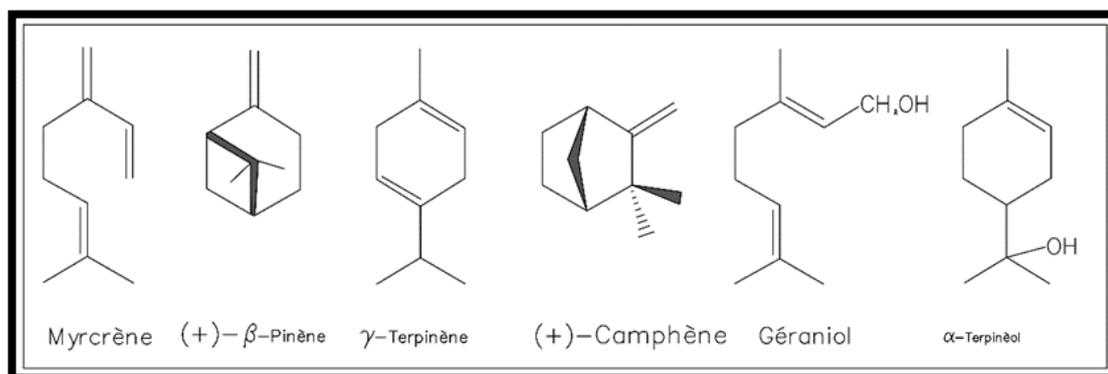
##### **➤ Les terpènes**

Ils sont très répandus dans la nature surtout dans les plantes comme constituant des huiles essentielles. Ce sont des composés, de formules brute  $C_{10}H_{16}$  de forme cyclique et volatils, ces hydrocarbures sont responsable en partie, de l'odeur dégagée par les plantes et les fleurs. Ces composés sont d'une structure chimique variée, ils peuvent être acyclique, monocycliques ou même tricyclique.

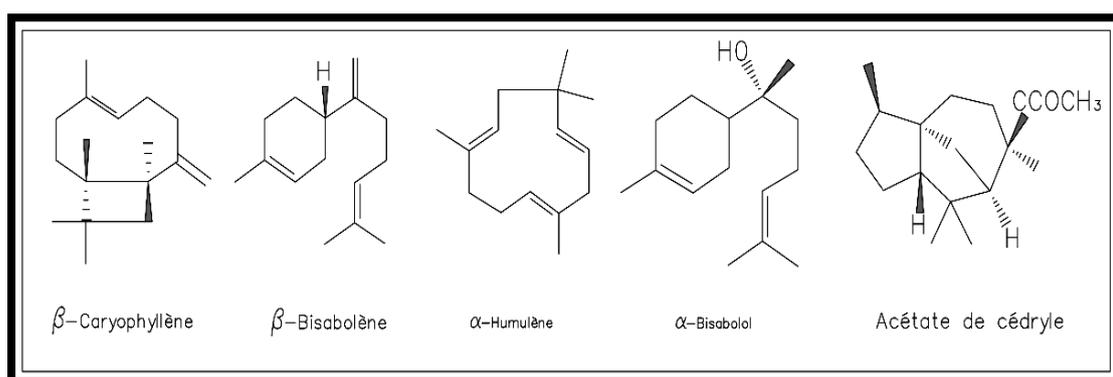
La nomenclature utilisée a pour base une unité terpénique en C<sub>10</sub>; les différents terpénoïdes sont obtenus par l'addition de nouvelles molécules C<sub>5</sub> (Figure 1.3 & 1.4) (**BRUNETON, 1999**).

D'après **BELLAKHDAR (1997)**, les monoterpènes sont des composés plus volatiles, ils sont les principaux composés rencontrés dans les huiles essentielles. Ils sont composés essentiellement de l' $\alpha$ -pinène, o-terpinène, camphène,  $\alpha$ -phéllandrène, P-phéllandrène, limonène et myrcène.

Les sesquiterpènes sont des composés caractéristiques des arômes produits par les plantes et donnent à celles-ci leur goût amer. Ce sont des composés d'hydrocarbures notamment l'aromadendrène, allo-aromadendrène et  $\alpha$ -gurjunène (**AZOUDJ, 1999**).



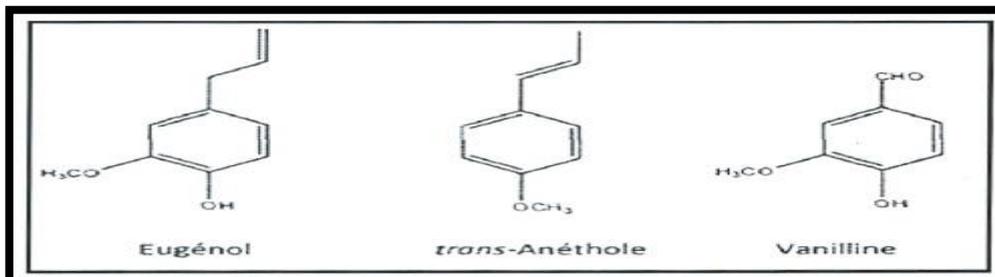
**Figure 1.3** : Exemples de structures des monoterpènes (**BRUNETON, 1999**).



**Figure 1.4** : Exemples de structures des sesquiterpènes (**BRUNETON, 1999**).

➤ **Dérivés de phényle-propane**

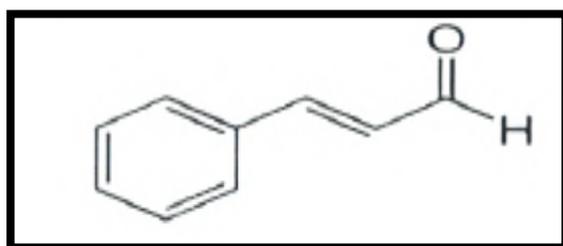
Les dérivés du phényle-propane ( $C_3$ ,  $C_6$ ) sont beaucoup moins fréquents que les terpènes (**BRUNETON, 1993**), leur formation suit une voie biosynthétique dite de l'acide shikimique conduisant essentiellement à la synthèse de la lignine (Figure 1.5) (**RIBERNEAU & GAYON, 1981**).



**Figure 1.5** : Exemples de structures de composés dérivés du phényle propane (**BRUNETON, 1993**).

Les dérivés du phényle propane sont important aussi bien quantitativement que qualitativement par exemple:

- La trans-anéthol est la molécule responsable de l'arôme d'anis et constitue environ 80% de l'huile essentielle de badiane de chine (**BRUNETON, 1993**).
- L'aldéhyde cinnamique (Figure 1.6) responsable du parfum de la cannelle, représente 60-70% de l'essence de son écorce (**RIBERNEAU & GAYON, 1981**).



**Figure 1.6** : Structure chimique de l'aldéhyde cinnamique (**RIBERNEAU & GAYON, 1981**).

➤ **Les molécules diversement fonctionnalisées**

En plus de la diversité terpénique et du phényle-propane, il existe d'autres molécules odorantes qui peuvent intervenir dans la constitution de certaines huiles essentielles, telles que l'alcool cinnamique, benzaldéhyde, les coumarines volatils et les flavonoïdes (**BRUNETON, 1999**).

### **1.4.7. Notion de chémotype**

Le chémotype d'une huile essentielle est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif présent dans l'huile essentielle. C'est l'élément qui permet de distinguer une huile essentielle extraite d'une même variété botanique mais d'une composition biochimique différente. Cette classification capitale permet de sélectionner les huiles essentielles pour une utilisation plus précise, plus sûre et plus efficace (MANUNTA, 1985 ; FALCHI DELITALA & SOCCOLINI, 1980).

### **1.4.8. Caractéristiques physico-chimiques**

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles se résument en leurs indices, pouvoir rotatoire, viscosité, densité, solubilité dans l'alcool, point d'ébullition et congélation.

Les huiles essentielles sont généralement incolores ou jaune pâle, liquides à température ambiante, liposolubles ainsi elles sont peu solubles dans l'eau mais le sont dans les solvants organiques apolaires, les huiles grasses et les alcools. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau à l'exception des huiles essentielles de sassafras, de girofle et de cannelle. Elles ont aussi un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée (BRUNETON, 2009).

### **1.4.9. Propriétés et utilisations de l'huile essentielle**

#### **➤ Propriétés antivirales**

Les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques contenues dans les huiles essentielles, ce qui confère à ces dernières la capacité de combattre certaines pathologies virales. Les huiles essentielles arrêtent le développement des virus et facilitent l'élimination du mucus tout en stimulant le système immunitaire.

#### **➤ Propriétés anti-inflammatoires**

Les aldéhydes contenus dans un grand nombre d'huiles essentielles ont la propriété de combattre les inflammations. Un cas exemplaire est celui de l'huile essentielle de clou de girofle qui calme les douleurs dentaires.

➤ **Propriétés cicatrisantes**

Les huiles essentielles présentent des propriétés cicatrisantes reconnues depuis l'antiquité et utilisées en temps de guerre pour soigner les blessés. En effet, elles ont le pouvoir de régénérer les tissus qui ont été abimés et de favoriser la cicatrisation des blessures.

➤ **Propriétés circulatoires**

Un grand nombre d'huiles essentielles sont de puissants soutiens pour notre système circulatoire. Elles ont la capacité d'activer la circulation sanguine, de réduire les hémorroïdes et de soulager les jambes lourdes. Parmi les huiles essentielles qui ont une action circulatoire, nous retrouvons : les huiles de citron, de genièvre, de menthe poivrée et sauge.

➤ **Propriétés digestives**

Les huiles essentielles ont une action manifeste sur le système digestif. Elles sont efficaces contre la formation de gaz au niveau abdominal (huiles essentielles de basilic, d'anis) et elles favorisent la formation des sucs gastriques nécessaires à une bonne digestion (huiles essentielles de cumin, d'estragon, de menthe poivrée).

➤ **Propriétés antiparasitaires**

Les huiles essentielles de quelques plantes aromatiques comme le géranium, la citronnelle, la menthe et la lavande sont efficaces pour protéger des attaques des insectes, en particulier des moustiques.

➤ **Propriétés de régulation métabolique**

Les huiles essentielles ont la capacité de réguler l'action de nos glandes. Les mécanismes subtils et délicats mis en jeu par ces dernières étant véritablement complexes, il vaut toujours mieux demander les conseils d'un expert en aromathérapie.

➤ **Propriétés antispasmodiques**

Les huiles essentielles de marjolaine, de lavande peuvent arrêter les spasmes, c'est-à-dire les contractions qui se manifestent de façons involontaires dans le corps, aussi bien au niveau rénal qu'au niveau des viscères.

➤ **Propriétés désodorisantes et purifiantes**

A la maison, les huiles essentielles diffusées régulièrement dans l'atmosphère parfument et assainissent l'air que nous respirons (SCIMECA, 2006 ; GARRETA, 2007).

➤ **Propriétés antimicrobiennes**

Les huiles sont d'intérêt croissant pour les industries et la recherche scientifique en raison, de leurs activités antioxydantes, antibactériennes et antifongiques (**BENDAHOU et al., 2007**).

Certaines espèces microbiennes pathogènes sont de moins en moins sensibles aux antibiotiques et développent des résistances multiples est à l'ordre du jour. L'usage des huiles essentielles, grâce à leur forte action antimicrobienne développée depuis plus d'une vingtaine d'années, constitue un sérieux substitue au traitement par Les antibiotiques dans les pathologies infectieuses (**PIBIRI, 2006**). Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques disponibles ainsi que les effets secondaires négatifs infligés par les drogues modernes a mené les chercheurs à étudier l'activité antimicrobienne des plantes médicinales (**GARNERO, 1996**).

Les composés des huiles essentielles sont actifs contre une large gamme de bactéries, levures et champignons. Parmi les huiles essentielles les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes appartiennent aux *Apiaceae* (Origan, thym, sauge, romarin, clou de girofle) sont d'autant des plantes aromatiques à huiles essentielles riches en composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés ont un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium spp.* et *Helicobacter pylori*. (**PAULI A., 2001**).

**BOUAMER et al., (2004)** ont démontré que les huiles essentielles des citrus sont efficaces contre les bactéries pathogènes, les spores bactériennes, mais également sur certaines bactéries responsables de toxi-infections alimentaires telles que : *Mycobacterium jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella thyphimurium* et *Acrobacter butzleri*.

Le pouvoir antifongique des huiles essentielles des plantes aromatiques a été mis en évidence par de nombreux auteurs contre les moisissures allergisantes (**OURAINI et al., 2005**) et contre les dermatophytes et les champignons pathogènes et opportunistes tels que *Candida albicans* (levure), *Cryptococcus neoformans* et *Aspergillus fumigatus* (**TEIXEIRA et al., 2005**).

Les travaux de **BOUTAGHANE et al. (2004)** ont montré que l'huile essentielle de *Deverra scoparia* présente une activité antibactérienne vis-à-vis des souches pathogènes de référence.

➤ **Propriétés antioxydantes**

Les antioxydants sont des molécules qui, lorsqu'elles sont présentes à faible concentration par rapport au substrat oxydable, retardent ou stoppent le processus d'oxydation et ainsi régulent l'équilibre redox cellulaire.

Les antioxydants les plus connus sont le  $\beta$ -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxy phénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH•) et superoxydes (O<sub>2</sub>•) (ARUOMA, 1995).

Les travaux de HAMMOUDI *et al.* (2015) ont prouvé que l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a un pouvoir antioxydant.

## CHAPITRE 2

### MATERIEL ET METHODES

#### 2.1. Matériels utilisés

##### 2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié dans ce travail est constitué de la partie aérienne de la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Figure 2.1).

La plante a été récoltée de la région de Tamanrasset le mois de mars 2019 (Figure Annexe 1).

L'identification botanique de la plante a été faite par les botanistes de l'Institut National de Recherche Forestière - INRF- Station de recherche pour la protection des zones arides, Tamanrasset (Algérie).

La plante a été récupérée dans un sac en tissu épais propre, l'échantillon a été séché pendant une semaine dans un endroit sec, à température ambiante pour éviter le développement des micro-organismes et à l'abri de la lumière afin de garder l'aspect biochimique des molécules.

Après la détermination du taux d'humidité, les tiges de la plante ont été découpées, à l'aide d'un ciseau, en petits morceaux et conservées soigneusement dans des bocaux bruns et hermétiquement fermés. Les échantillons sont placés dans un endroit sec jusqu'à analyses.



**Figure 2.1 :** Vue générale d'une touffe de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Source personnel).

### 2.1.2. Micro- organismes

L'activité antimicrobienne de l'huile essentielle étudiée a été effectuée au niveau de la filiale ANTIBIOTICAL de l'entreprise de fabrication des produits pharmaceutiques du groupe SAIDAL à Médéa, sur huit microorganismes référenciés par la norme internationale de la pharmacopée européenne (**PHARMACOPEE EUROPEENNE, 2005**).

**Tableau 2.1** : Souches microbiennes testées.

Type des souches	Espèces	Références de type
Bactérie à Gram négative	<i>Esherichia coli</i>	ATCC8739
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC9027
	<i>Salmonella typhimurum</i>	ATCC14028
Bactérie à Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC6538
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	ATCC12228
	<i>Bacillus subtilis</i>	ATCC6633
Levure	<i>Candida albicans</i>	ATCC10231
Champignon	<i>Saccharomyces cervisiae</i>	ATCC9763

## 2.2. La région étudiée

### 2.2.1. Localisation géographique

Tamanrasset, une vaste terre aride, au milieu du Sahara algérien, elle est la capitale du Hoggar, elle reste la destination préférée du tourisme européen et surtout allemand. Sa superficie est de 619360 km<sup>2</sup>. La ville de Tamanrasset est un axe incontournable des nomades et des touaregs qui arpentent les dunes, les regs du Sahara, du Mali au Niger passant par le Tchad et la Libye (**ANDI, 2013**).

Concernant son relief, au nord, elle est couverte de sable et son climat est rude, alors qu'au sud elle est caractérisée par un massif montagneux. Sa pluviométrie est de 32 mm/an en moyenne. On y rencontre les températures les plus élevées du monde (In Salah et In Guezzam), comme le pic le plus élevé d'Algérie, le Tahat à 3003 m. Promue au rang de wilaya en 1974, la

wilaya de Tamanrasset compte actuellement 10 communes et 07 Daïras. Ces communes sont réparties comme suit :

- 03 communes situées au niveau de la zone du TIDIKELT.
- 05 communes situées au niveau de la zone de l'AHAGAR.
- 02 communes situées sur la bande frontalière (**GURIB-FAKIM, 2006**).



**Figure 2.2 :** Localisation géographique de la zone d'étude région de Tamanrasset (ANDI, 2013).

## 2.3. Méthodes d'étude

### 2.3.1. Taux d'humidité

Le taux d'humidité consiste à une perte de poids par dessiccation (**LAZOUNI et al., 2007**). Il est déterminé selon la méthode d'**AOAC (2000)** et **DJABALI & BARKAT (2012)**.

Pour cela, 5 g de tiges séchées est pesée dans des capsules puis placée à l'étuve à  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  pendant 24 heures. A la sortie de l'étuve, les capsules sont refroidies dans un dessiccateur et pesées chaque 3 heures. L'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à

l'obtention d'un poids constant. La différence de poids observée représente le taux d'humidité. Il est calculé par la formule suivante :

$$H = \frac{(P_i - P)}{P_i} \times 100$$

**H** : Taux d'humidité en %.

**P<sub>i</sub>** : Masse de l'échantillon avant séchage en étuve (g).

**P** : Masse de l'échantillon après séchage en étuve (g).

### 2.3.2. Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation

L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée au niveau du laboratoire d'amélioration des plantes, Université Blida 1, Faculté de science de la nature et de la vie.

L'hydrodistillation a été réalisée par un appareil type Clevenger (Figure 2.4) (**CLEVENGER, 1928**) selon la méthode d'extraction de la pharmacopée européenne (**PHARMACOPEE EUROPEENNE, 2008**).

Une quantité de 100 g du matériel végétal est introduite dans un ballon de 1L rempli d'eau distillée environ 500ml. Le mélange est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs, entraînant avec elle l'huile essentielle, se condensent en traversant le réfrigérant puis elles sont récupérées dans une ampoule à décanter qui permet la séparation de l'huile essentielle par sa déférent densité. Après 3 heures d'extraction, l'huile essentielle a été recueillie et traitée par un déshydratant MgSO<sub>4</sub> (sulfate de magnésium anhydre) pour éliminer les traces d'eau.

L'huile essentielle obtenue est mesurée et conservée à 4°C dans des flacons en verre teintés emballés avec du papier aluminium pour éviter sa dégradation.



**Figure 2.3 :** Montage de l'hydrodistillation type Clevenger.

### 2.3.3. Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids des parties de la plante utilisées (CAREE, 1953. Cité par MOHAMMEDI, 2006). Le rendement d'extraction de l'huile essentielle est déterminé par mesure de la quantité obtenue de l'huile essentielle durant l'hydrodistillation par unité de masse de matière traitée.

Le rendement, exprimé en pourcentage, est calculé par la formule suivante :

$$R_{HE}\% = P_1 / P_2 \times 100$$

**R<sub>HEs</sub>%** : rendement de l'huile essentielle en pourcentage ;

**P<sub>1</sub>** : poids de l'huile essentielle en g ;

**P<sub>2</sub>** : poids des parties utilisées de la plante en g.

### 2.3.4. Caractéristiques physico-chimiques

Selon les pharmacopées européenne et française et la norme ISO, le contrôle physico-chimique des huiles essentielles est nécessaire pour évaluer leur qualité à savoir : L'indice de réfraction, l'indice d'acide, la densité et le pouvoir rotatoire.

#### 2.3.4.1. Mesure de l'indice de réfraction

❖ **Principe :** L'indice de réfraction d'un milieu est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide et de la vitesse de la lumière dans ce milieu. Il détermine les propriétés optiques d'une substance et se mesure à l'aide d'un réfractomètre (**MCQUARRIE & ROCK, 2003 ; SMITH et al., 2004**).

#### ❖ Mode opératoire

Selon la **PHARMACOPEE EUROPEENNE (2005)**

- Etalonner le réfractomètre avec de l'eau distillée.
- Mettre quelques gouttes d'huile essentielle dans l'appareil.
- Régler le réfractomètre jusqu'à ce qu'il se stabilise.
- L'appareil donne des lectures exactes au minimum à la troisième décimale près.

#### 2.3.4.2. Mesure de l'indice d'acide

❖ **Principe :** L'indice d'acide ( $I_A$ ) est la masse en mg d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans un gramme de substance (**FRENOT & VIERLING, 2001**).

#### ❖ Mode opératoire

Selon la **PHARMACOPEE EUROPEENNE (2005)**

- Mettre un gramme d'huile essentielle dans un bécher, ajouter 5 ml d'un mélange à volume égal d'éthanol et d'éther avec quelques gouttes de phénolphtaléine.
- Neutraliser par l'hydroxyde de potassium 0.1 M contenu dans la burette.
- La neutralisation est terminée lorsque la couleur rose persiste pendant 15 secondes au moins.
- L'indice d'acide est calculé selon la formule suivante :

$$I_A = 5,61.n / m$$

**I<sub>A</sub>** : Indice d'acide.

**n** : volume de KOH 0.1M consommé au cour de titrage.

**m** : masse en gramme de l'huile essentielle.

#### 2.3.4.3. Mesure de la densité relative

Selon la **PHARMACOPEE EUROPEENNE (2005)**

❖ **Principe** : La densité relative d'une substance est le rapport entre la masse d'un certain volume de cette substance à 20°C et la masse d'un volume égal d'eau à la même température.

##### ❖ Mode opératoire

- Remplir le pycnomètre avec de l'eau distillée, puis mesurer la masse à l'aide d'une balance hydrostatique.
- Faire la pesée du même volume d'huile essentielle.
- La densité relative est calculée selon la formule suivante :

$$d_{HE} = M_1 / M_2$$

**d<sub>HE</sub>** : densité de l'huile essentielle.

**M<sub>1</sub>** : la masse en gramme d'un volume d'huile essentielle.

**M<sub>2</sub>** : la masse en gramme du même volume d'eau distillée.

#### 2.3.4.4. Mesure du pouvoir rotatoire

❖ **Principe** : Lorsqu'une solution aqueuse est traversée par un faisceau de lumière polarisé, le plan de polarisation de la lumière est tourné d'un certain angle. La valeur de cet angle, ajustée à la concentration de la solution et à l'épaisseur de la couche liquide traversée, définit le pouvoir rotatoire spécifique ou l'activité optique de la substance, qui est positive lorsque le plan de polarisation de la lumière est tourné vers la droite (dextrogyre), et négative (lévogyre) dans le cas contraire (**DE DUVE, 2005**).

##### ❖ Mode opératoire

Selon la **PHARMACOPEE EUROPEENNE (2005)**

- Déterminer le zéro du polarimètre avec le tube fermé vide.
- Remplir le tube avec l'huile essentielle.
- Calculer le pouvoir rotatoire selon la formule suivante :

$$[\alpha]_D^{20} = \alpha / \ell \cdot p_{20}$$

$[\alpha]_D^{20}$  : pouvoir rotatoire de l'huile essentielle

$\alpha$  : angle de rotation en degrés lu à  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

$\ell$  : longueur en décimètre du tube polarimétrique.

$p_{20}$  : la densité relative de l'huile essentielle.

### 2.3.5. Identification de l'huile essentielle par CPG/MS

La détermination de la composition chimique de l'huile essentielle a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) au niveau de la police scientifique Ben Aknoun.

- **Conditions opératoires**

La chromatographie phase gazeuse est un appareil de type Perkin Elmer GCMS modèle Clarus 500, équipé d'une colonne capillaire PE, Elite série 5% phenyl dimethyl polysiloxane, de longueur : 30 m et de diamètre interne de 0,25 mm ; l'épaisseur du film de la phase stationnaire : 0,25  $\mu\text{m}$ . couplé à un spectromètre de masse (MS) avec un détecteur Scan à impact d'électron. Les conditions analytiques sont les suivantes :

Le gaz vecteur qui constitue la phase mobile est l'hélium réglé à un débit de 1 ml/mn. Programmation de la température : La température de l'injecteur est de  $250^\circ\text{C}$ , et l'injection se fait en mode Split avec un volume de 1  $\mu\text{l}$  des huiles essentielles diluées dans du méthanol (1% v/v). La température initiale de la colonne est maintenue à  $80^\circ\text{C}$  en isotherme pendant 3 mn, puis la température augmente graduellement à raison de  $4^\circ\text{C}/\text{mn}$  jusqu'à  $150^\circ\text{C}$  pendant 3 mn. Pour le spectromètre de masse la température de détection est de  $250^\circ\text{C}$ .

La fragmentation est effectuée par impact électronique sous un champ de 70 ev, en mode : Balayage 80-600  $\mu\text{ma}$ . Analyseur : quadripôle. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse. Le temps d'analyse est de 60 mn.

La combinaison de ces deux techniques d'analyse CPG/MS permet de séparer les composants de l'échantillon et d'identifier chaque composant en comparant leurs temps de rétentions relatifs et leurs spectres de masse avec les bases de données standards **NIST (1998)** et **ADAMS (2007)**.

## 2.3.6. Effet antimicrobien

### 2.3.6.1. Méthode de diffusion sur gélose

#### ❖ Principe de l'aromatogramme

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antibactérien en milieu solide dans une boîte de pétri, avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible. L'effet du produit antibactérien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition et en fonction du diamètre d'inhibition (Figure 2.5) (HELLAL, 2011).

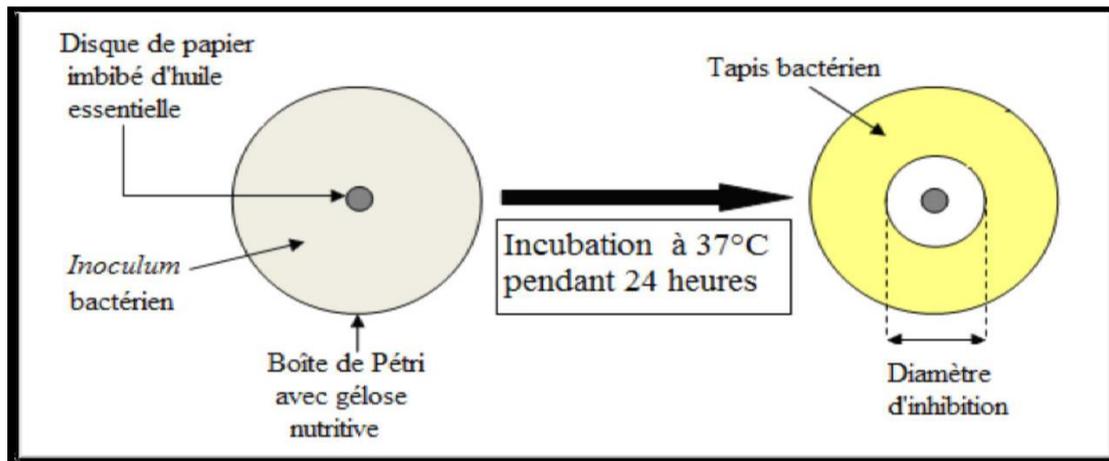


Figure 2.4 : Aromatogramme (THARIB *et al.*, 1983).

#### ❖ Mode opératoire

##### 1/- Les milieux de culture utilisés

- ✓ **Soja agar** : milieu sélectif pour *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurum*, *Staphylococcus epidermidis*
- ✓ **Cétrimide agar base (CAB)** : milieu sélectif pour *Pseudomonas aeruginosa*.
- ✓ **Milieu sabouraud** : pour *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae*.

##### 2/- Préparation de l'inoculum

A partir d'une jeune culture de 18 heures pour les souches bactériennes et de 48 heures pour les souches fongiques :

- ✓ Prélever une colonie bien isolée et identique à l'aide d'une anse de platine.
- ✓ Déposer le contenu dans 5 ml d'eau physiologique stérile pour la réalisation d'une suspension trouble.

- ✓ Homogénéiser au vortex.

### 3/- Réalisation de l'aromatogramme

La méthode utilisée dans cette étude pour évaluer l'effet antimicrobien des huiles essentielles, est celle décrite par **IMELOUANE et al. (2010)**. Les boîtes de Pétri contenant le milieu de culture gélosé sont ensemencées en strie avec 100 µl de l'inoculum. A la surface de chaque boîte, un disque de papier filtre (Wattman n°4) stérile de 9 mm de diamètre imbibé avec 20 µl de l'huile essentielle pure, est déposé. Les boîtes sont laissées une heure à température ambiante pour permettre la diffusion de l'huile essentielle, puis elles sont incubées à  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 heures pour les bactéries, 48 h pour la levure et 5 jours pour les champignons à  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ . Après incubation, le diamètre d'inhibition est mesuré en millimètres, disque inclus, à l'aide d'un pied à coulisse.

#### 2.3.6.2. Concentration Minimale inhibitrice (CMI)

La Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance microbienne ou l'apparition d'une zone d'inhibition (**DAROU-MOKADDEM, 2012**).

##### ❖ Mode opératoire

Une solution mère de chaque substance à tester, a été diluée au 1/20 (0,5ml d'huile essentielle a été diluée dans 20 ml de DMSO), puis une série de dilution a été réalisée en DMSO, à partir de la solution mère. La gamme de concentration finale ainsi obtenue correspond à : **0,03/ 0,5/ 1/ 1,5/ 2/ 2,5%**. Des disques stériles de 9mm de diamètre ont été imprégnés de 20µl des différentes dilutions de l'huile essentielle, ainsi un disque imbibé de 20 µl de diméthylsulfoxyde (DMSO) est utilisé comme un témoin négatif. Les disques ont été déposés à la surface des milieux ensemencés avec les différentes souches microbiennes. L'ensemble a été incubé à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24h pour les bactéries et  $25^\circ\text{C}$  pendant 48h pour la levure et  $25^\circ\text{C}$  pendant 3 à 4 jours pour le champignon (**SIDALI et al., 2014**).

##### ❖ Préparation du milieu

- Après la stérilisation des flacons contenant 100ml de milieu de culture, laisser refroidir de 40 à  $45^\circ\text{C}$ .
- Versez 1ml de la suspension microbienne préparée dans les flacons, bien agiter au vortex et couler dans des boites Pétri environs 10 ml dans chaque boite, laisser solidifiée.

- A l'aide d'une pince stérile, prélever un disque de papier Wattman stérile (9mm de diamètre) et imbiber avec les différentes concentrations de l'huile essentielle testée et déposer sur les boîtes de pétri.
- Laisser incuber.

### 2.3.7. Effet antioxydant

L'effet antioxydant a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales, Université Blida 1.

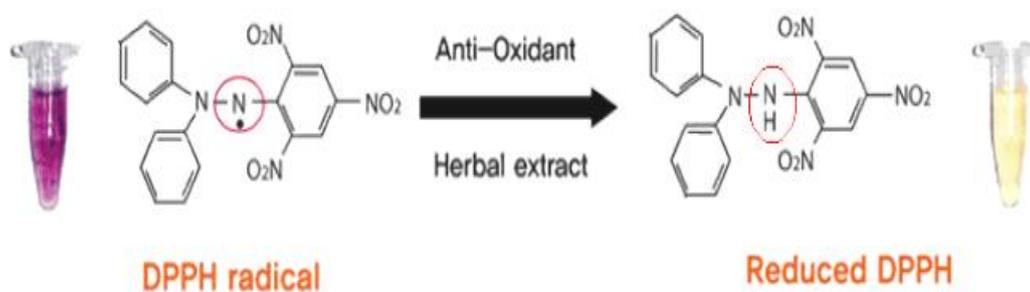
La méthode de piégeage du radical DPPH a été utilisée afin d'évaluer l'effet antioxydant de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Le radical DPPH• est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**BOZIN et al., 2008**).

Cette méthode est basée sur la réduction du radical DPPH qui possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Du fait de cette délocalisation, les molécules du radical ne forment pas des dimères et le DPPH reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire (**POPOVICI et al., 2009**). Cette délocalisation donne également lieu à la couleur violette foncée caractérisée par une absorbance dans une solution d'éthanol centrée à environ 517 nm (**SZABO et al., 2007 ; WANG & NING, 2007**).

Quand une solution de DPPH (DPPH•) est mélangée avec une substance antioxydante qui peut céder un atome d'hydrogène, cela donne lieu à la forme réduite DPPH-H (DPPH) avec perte de cette couleur violette en une adoption d'une couleur jaune pâle (**SZABO et al., 2007**).

Le virage vers cette coloration et l'intensité de cette coloration dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance anti-radicalaire (**ROLLAND, 2004**).



**Figure 2.5** : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH• (MOLYNEUX, 2004).

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence l'acide ascorbique (Vitamine C) (POPOVICI *et al.*, 2009 ; MOLYNEUX, 2004).

La méthode utilisée pour l'évaluation de l'effet antioxydant des huiles essentielles de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est celle proposée par SHARMA *et al.* (2013) avec quelques modifications.

La solution de DPPH est obtenue en dissolvant 4 mg de la poudre dans 100 ml de l'éthanol absolu (EtOH). Les échantillons des huiles essentielles ont été préparés par dissolution dans l'éthanol (EtOH) à raison de 80 mg/ml. Cette solution mère a subi ensuite des dilutions pour arriver à la concentration allant de 0,04 à 32 mg/ml. Le test s'effectue en mélangeant 1 ml de la solution précédente de DPPH (0,04%) avec 1 ml de l'huile à tester à différentes concentrations. L'antioxydant de référence ou le contrôle positif (Vit C) a été aussi préparé selon la même méthode à raison de 0,2 mg/ml. Le contrôle négatif est constitué de 1 ml de la solution DPPH et 1 ml de l'éthanol absolu (EtOH). Après une période d'incubation de 30 minutes, à une température du laboratoire ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ) et à l'abri de la lumière et de l' $\text{O}_2$  atmosphérique, la mesure de l'absorbance a été effectuée à 517 nm (SHARMA & BHAT, 2009).

Les valeurs obtenues sont transformées ensuite en pourcentages d'inhibition en utilisant la formule proposée par **MARINOVA & BATCHVAROV (2011)** :

$$I\% = 100 \times \frac{A_{blanc} - A_{\text{échantillon}}}{A_{blanc}}$$

**I%** : Activité antioxydante.

**A<sub>blanc</sub>** : Absorbance du contrôle négatif.

**A<sub>échantillon</sub>** : Absorbance du composé à tester.

Le graphique de la variation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de l'huile essentielle permet de déterminer l'EC<sub>50</sub> exprimée en mg de substrat/ml de DPPH. C'est la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du DPPH• initial de 50% (**POPOVICI et al., 2009 ; BARKAT & LAIB, 2012**). Il peut être défini aussi comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH (**ASGHAR & MASOOD, 2008 ; AMIT et al., 2010**).

L'activité antioxydante de l'huile essentielle est déduite graphiquement par la régression linéaire (**SHARIFIFAR et al., 2007 ; BOUGANDOURA & BENDIMERAD, 2013**). Cette valeur est comparée à celle trouvée par l'antioxydant standard Vit C.

### 2.3.8. Analyses statistiques

Pour chaque test effectué, trois répétitions ont été faites. Les résultats des tests sont exprimés en moyenne ± SD (l'écart type) en utilisant le logiciel Excel 2013. La détermination de l'EC<sub>50</sub> de l'activité antioxydante du standard et l'huile essentielle a été effectuée par le logiciel (Origin 8) (annexe 3).

## CHAPITRE 3

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité des tiges séchées à l'ombre, pendant une semaine, de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a révélé un taux égal à  $10 \pm 0,1\%$  (Tableau 3.1). Ce qui signifie que  $90 \pm 0,1\%$  représente le taux de matière sèche de notre échantillon ayant servi réellement à l'extraction de l'huile essentielle (Figure 3.1).

**Tableau 3.1 :** Taux d'humidité des tiges séchées.

Espèces	<i>Deverra scoparia</i>
Poids de la matière végétale avant séchage $P_i$ (g).	$5,01 \pm 00$
Poids de la matière végétale après 3h de séchage $P$ (g).	$4,5 \pm 0,1$
Le taux d'humidité de la matière végétale sèche $H$ (%).	$10 \pm 0,1$

Selon la norme **ISO (1988)**, le résultat obtenu de l'échantillon séché est nettement inférieur à 12%, cela montre que notre matière végétale a été séchée et conservée dans de bonnes conditions, ce qui rend par conséquent, les résultats de nos analyses phytochimiques fiables.

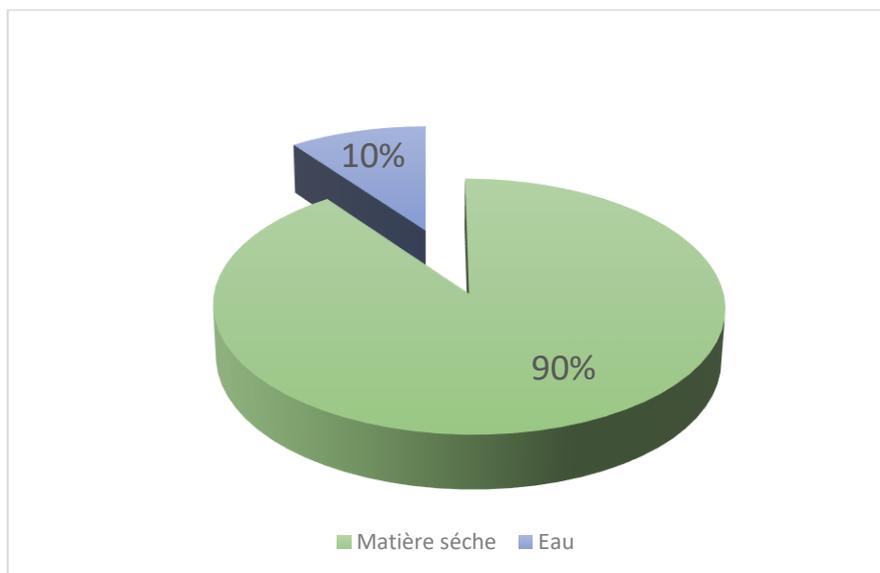
A titre de comparaison, **MERAD & TERK (2009)** ont constaté que L'analyse des trois échantillons de *Foeniculum vulgare* a révélé un taux d'humidité important égal à  $11,81\% \pm 0,47\%$ . De même, **BENLARABI & HACHEMI (2013)** ont rapporté un taux d'humidité des tiges séchées *Pituranthos tortuosus* égal à 11,4 %.

En effet, la diminution de poids observé après séchage est exprimée par la diminution de l'humidité (**MÜLLER & HEINDL, 2006**).

**TAMBUNAN et al. (2001)**, **KHORSHIDI et al. (2009)** et **SINGH (2009)** ont prouvé que le séchage réduit l'humidité à un niveau qui empêche la détérioration des huiles essentielles, permettant ainsi un stockage dans un état stable pour une utilisation ultérieure.

Or, une plante si elle n'est pas séchée dans de bonnes conditions risque de se dégrader et perdre la totalité de ses huiles essentielles (AGHFIR, 2007).

De nombreux auteurs ont montré qu'un bon séchage des plantes aromatiques est fondamental pour l'extraction des huiles essentielles en raison de son influence significative sur le rendement et la composition des huiles essentielles (KHORSHIDI et al., 2009 ; ASEKUN et al., 2007 ; FIGIEL et al., 2010).



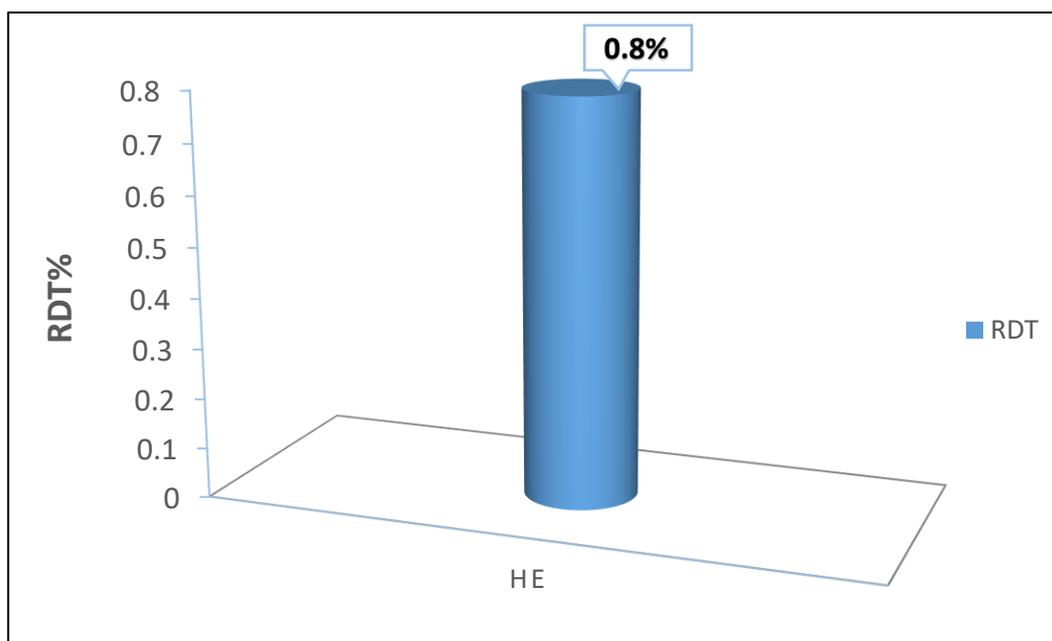
**Figure 3.1 :** Taux d'humidité des tiges séchées de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

D'après les travaux de DABIRE et al. (2011), le temps de séchage influence énormément sur le rendement en huile essentielle. Le maximum est atteint après 7 jours de séchage naturel à l'ombre. Au-delà du 14<sup>ème</sup> jour le rendement en huile essentielle est très faible et devient insignifiant. A cet effet, le séchage à l'ombre est la méthode préférée pour le séchage de matériel végétal (BIRDI et al., 2006).

Toutefois, l'augmentation de la teneur en huiles essentielles avec le séchage s'expliquerait par une activité physiologique (réactions enzymatiques) importante. La biosynthèse des huiles essentielles continue et s'accélère après la récolte du matériel végétal en réponse au stress hydrique (BOURKHISS et al., 2009).

### 3.2. Rendement en huile essentielle

Le rendement moyen en huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. exprimé en ml par rapport à 100 g de matière végétale sèche, est représenté par la Figure 3.2.



**Figure 3.2 :** Rendement en huile essentielle.

L'extraction de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a donné un rendement égal à  $0,8 \pm 0,17\%$ . Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **HAMMOUDI et al., (2015)** qui correspond à 0,55%.

De même, **LOGRADA et al., (2013)** ont observé des rendements différents des huiles essentielles de *Pituranthos scoparius* d'Algérie, issues des régions de Boussaâda (0,85%), T'Kout (0,47%), Mechouneche (1,04%) et Elkantra (2,29%).

D'après **ABDALLAH & EZZAT (2011)**, les extractions des huiles essentielles des parties aériennes de *Pituranthos tortuosus* Benth. de l'Égypte, par différentes méthodes ont donné un rendement de : 0,8%, 0,6% et 1,5%. Selon **AI-GABY & ALLAM, (2000)**, le rendement d'huile essentielle de *Pituranthos tortueux* de l'Égypte a été estimé à 0,56%.

En effet, les rendements étaient de 0,15%, 0,32% et 0,42% respectivement pour la plante *Pituranthos chlorantus* récoltée en avril, août et novembre (**NEFFATI et al., 2009**).

On a remarqué que quelque gouttelette flottait sur la phase aqueuse, au même temps qu'une mince phase huileuse en bas de la phase aqueuse. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette huile contient certains composés plus denses que l'eau et d'autres moins denses.

Des études avaient montré, d'une part, l'influence de la technique d'extraction et, d'autre part, l'influence du cycle végétatif sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle. Le temps de séchage de la plante influe également sur le rendement en huile essentielle (DEMARNE, 1985 ; BOUKHATEM et *al.*, 2010 ; MICHEL, 2011 ; ABDALLAH & EZZAT, 2011).

Selon BOUKHATEM & *al.*, (2010) et ABDALLAH & EZZAT (2011), la variabilité des rendements en huiles essentielles est attribuée aux conditions pédoclimatiques et édaphiques de la zone de croissance, le stade phénologique de la plante, la méthode d'extraction utilisée et la durée de séchage.

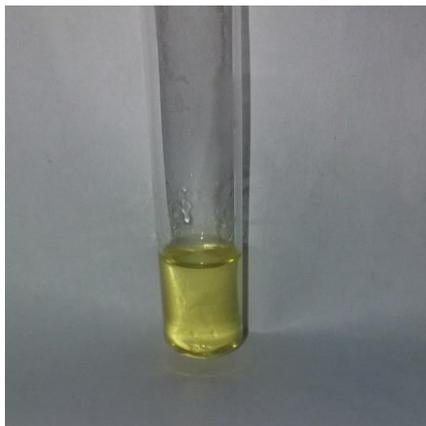
### 3.3. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. sont mentionnées dans le tableau 3.2.

**Tableau 3.2** : Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Caractéristiques	Huile essentielle analysée	HAMMOUDI et <i>al.</i>
Aspect	Liquide fluide.	Liquide fluide
Couleur	Jaune foncé.	Jaune claire.
Odeur	Caractéristique, forte, agréable.	Agréable caractéristique de la plante, aromatique

Les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Deverra soparia* Coss. & Dur. obtenue sont en accord avec ceux donnés par les travaux de HAMMOUDI et *al.* (2015).



**Figure 3.3 :** Huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

### 3.4. Caractéristiques physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques telles que le pouvoir rotatoire, l'indice de réfraction, l'indice d'acide constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'huile essentielle.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle étudiée sont présentes dans le tableau 3.3.

**Tableau 3.3 :** Propriétés physico-chimiques d'huile essentielle étudiée.

<b>Paramètre physico-chimiques</b>	<b>Huile essentielle étudiée</b>	<b>HAMMOUDI et al. (2015)</b>
<b>Densité relative</b>	0,9096	0,9670
<b>Indice de réfraction (20 °C)</b>	1,5170	1,5170
<b>[<math>\alpha</math>]<sub>D</sub><sup>25</sup> (pouvoir rotatoire)</b>	+128	+128
<b>Indice d'acide</b>	2,4041	2,5100

D'après le tableau 3.3, les propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle étudiée sont en accord avec ceux trouvées par **HAMMOUDI et al. (2015)**.

Selon **BOUKHATEM et al., (2010)**, l'indice de réfraction vari essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé.

Le faible indice de réfraction de l'huile essentielle indique sa réfraction de la lumière, ce qui pourrait favoriser leur utilisation dans les produits cosmétiques (**BOUKHATEM et al., 2010 ; KANKO et al., 2004**).

La valeur du pouvoir rotatoire de l'huile essentielle étudiée est de +128 °. Cette valeur montre leur richesse en composants qui dévient la lumière polarisée (**HAMMOUDI et al.,2015**).

L'indice d'acide de l'huile essentielle analysée a montré un taux supérieur à l'unité 1. Cet indice prouve que l'huile essentielle est peu stable. Cela peut trouver une explication dans la dégradation de l'huile essentielle (hydrolyse des esters) durant sa conservation (**HILAN et al., 2006 ; BOUKHATEM et al., 2010**).

### **3.5. Identification de l'huile essentielle par CPG/MS**

Les résultats de l'analyse par CPG/MS de la composition chimique de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. ont été identifiés par comparaison de leur spectres de masse et leur temps de rétention avec ceux de la base de données élaborée à partir de substances authentiques par le laboratoire de recherche de la police scientifique à Ben-Aknoun où les analyses ont été réalisées.

L'identification des principaux composants de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est mentionnée dans le tableau 3.4.

**Tableau 3.4 :** Identification des principaux composants chimiques de l'huile essentielle testée.

Numéros de structures	IK	TR	Composant	Pourcentage%
1	938	10,72	<b><math>\alpha</math>-pinène</b>	<b>19,50</b>
2	942	10,97	Camphène	0,86
3	989	12,17	$\beta$ -pinène	4,26
4	1008	14,69	l-phellandrène	3,78
5	1018	15,12	$\alpha$ -terpinène	0,24
6	1025	15,84	o-Cymène	1,18
7	1033	16,38	dl-Limonène	4,01
8	1058	17,15	$\gamma$ -Terpinène	2,12
9	1089	19,23	$\alpha$ -terpinolène	0,32
10	1162	20,12	Borneol	0,20
11	1290	20,92	<b>L-<math>\alpha</math>-bornyl acétate</b>	<b>28,12</b>
12	1353	22,45	carvacrol	0,17
13	1419	37,78	Trans-Caryophyllène	3,75
14	1457	39,56	$\alpha$ -Humulène	0,24
15	1486	41,38	<b>Eremophelène</b>	<b>5,15</b>
16	1518	42,85	<b><math>\gamma</math>-Cadinène</b>	<b>6,12</b>
17	1529	46,14	L-calamenène	1,05
18	1530	50,02	$\alpha$ -Muuroolène	0,48
19	1586	52,89	(-)-Caryophyllène oxyde	0,11
20	1648	55,78	Spathulenol	0,41
21	1658	57,12	$\beta$ -Eudesmol	4,25
22	1686	58,36	$\alpha$ -Bisabolol	0,32
<b>Total %</b>				<b>86,64%</b>

L'analyse chimique a fait ressortir 22 composés pour l'huile essentielle étudiée (Tableau 3.4), ce qui correspond à un pourcentage de 86,64% par rapport à l'ensemble des constituants isolés. Les composants prédominants de l'huile essentielle étudiée sont : l' $\alpha$ -bornyl acétate (28,12%), l' $\alpha$ -pinène (19,50%) le  $\gamma$ -cadinène (6,12%) et l'eremophilène (5,15%).

Ces résultats sont en accord avec ceux de **HAMMOUDI et al. (2015)** qui ont trouvé que l'huile essentielle de *Deverra scoparia* de Tamanrasset son composé dominant est l' $\alpha$ -bornyl acétate (31,99%).

D'après **KIRAM et al. (2013)**, le constituant majoritaire de l'huile essentielle de *Pituranthos scoparius* de la population de Méchoneche et d'El-kantra de Biskra est le sabinène avec un pourcentage de : 24,81% et 18,91 % respectivement.

Selon **ATTIA et al. (2011)**, l'huile essentielle de *Pituranthos scoparius* de la Tunisie était riche en  $\alpha$ -pinène (31,95%).

Par contre, **BRAHIMI et al. (2018)** ont trouvé pour l'huile essentielle extraite de *Deverra reboudii de Ghardaia* le composé majoritaire était le  $\beta$ -pinène 37,64%.

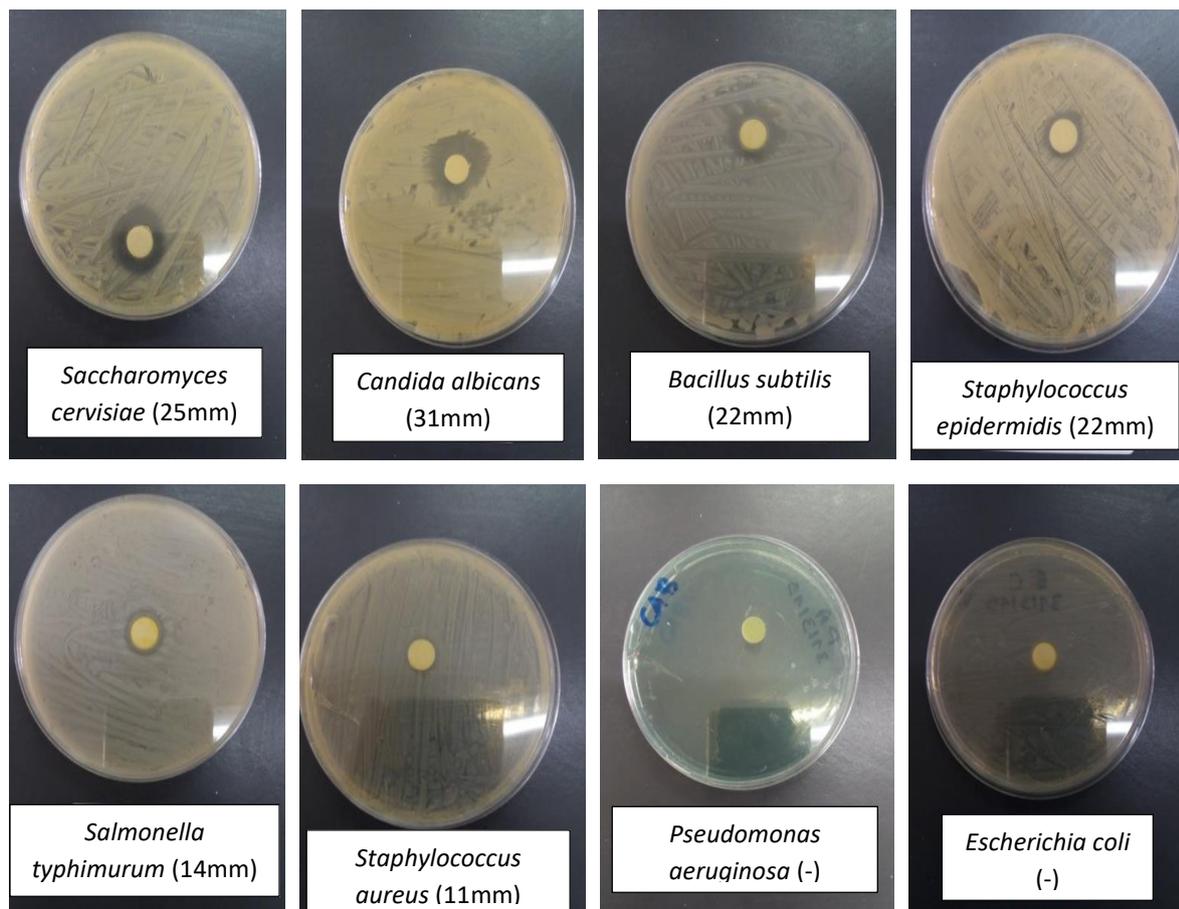
La composition chimique des huiles essentielles varient selon des facteurs abiotiques comme l'environnement, l'origine géographique, le lieu et la période de récolte, le séchage, lieu de séchage, la température et la durée de séchage, ainsi les facteurs biotiques comme la partie de la plante étudiée et l'âge de la plante (**ATIK-BEKKARA et al., 2007 ; ADAMS et al., 2006 ; MERGHACHE et al., 2009**).

### 3.6. Effet antimicrobien

L'étude de l'effet antimicrobien in vitro de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. sur les micro-organismes testés a été évaluée par la méthode de l'aromatogramme et la CMI. La sensibilité des souches se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour des disques.

#### 3.6.1. L'aromatogramme

Les résultats de l'effet antimicrobien de l'huile essentielle testée sont regroupés dans la Figure 3.4 et le tableau 3.5.



**Figure 3.4 :** Résultats de l'effet antimicrobien de l'huile essentielle étudiée.

**Tableau 3.5 :** Zone d'inhibition du développement des souches microbiennes testées.

Microorganismes	zones d'inhibitions (mm)
<i>Candida albicans</i>	31 ± 2,64
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	25 ± 3,60
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	22 ± 1
<i>Bacillus subtilis</i>	22 ± 2
<i>Salmonella typhimurum</i>	14 ± 1,73
<i>Staphylococcus aureus</i>	11 ± 1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ND
<i>Escherichia coli</i>	ND

ND : n'est pas détectée

Le diamètre des zones d'inhibitions nous permet d'estimer la résistance ou la sensibilité des différentes souches testées aux huiles essentielles en adoptant la méthode de **MOREIRA et al. (2005)** et **DJEDDI et al. (2007)** :

- Souche extrêmement sensible : Diamètre plus de 20 mm.
- Souche très sensible : Diamètre compris entre 15 et 19 mm.
- Souche sensible : Diamètre compris entre 10 et 14 mm.
- Souche non sensible : Diamètre moins de 9 mm.

L'examen des résultats révèle que l'échantillon étudié a montré un effet antimicrobien contre la plupart des souches testées à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* qui se sont montrées résistantes.

Nous remarquons que les souches bactériennes Gram (+) paraissent plus sensibles à l'huile essentielle testée par rapport aux bactéries Gram (-).

Selon **MOREIRA et al. (2005)** et **DJEDDI et al. (2007)**, les souches : *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus epidermidis* sont considérées comme des souches extrêmement sensibles. Par contre, les souches : *Salmonella typhimurum* et *Staphylococcus aureus* sont des souches sensibles à l'huile essentielle testés.

L'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a montré une activité inhibitrice plus ou moins importante sur les souches testées. Les résultats obtenus indiquent que *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae* ont été les souches les plus sensibles à l'huile essentielle testée avec une zone d'inhibition de  $31 \pm 2,64$ mm et  $25 \pm 3,60$ mm respectivement, suivie par *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus epidermidis* avec le même diamètre  $22 \pm 2$ mm. Une zone d'inhibition de diamètre de  $14 \pm 1,73$ mm a été observée pour la souche *Salmonella typhimurum*. Une faible zone d'inhibition a été observée pour *Staphylococcus aureus*  $11 \pm 1$ mm.

Nos résultats sur l'effet antimicrobien de l'huile essentielle du *Deverra scoparia* Coss. & Dur. concordent avec ceux obtenus par **BOUTAGHANE et al. (2004)**. qui ont observés que *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae* ont été les souches les plus sensibles à l'huile essentielle testée avec une zone d'inhibition de 30mm et 26mm respectivement, suivie par *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus epidermidis* avec la même zones d'inhibition de 22mm.

Une faible zone d'inhibition de diamètre de 15mm et 11mm a été observée pour la souche *Salmonella typhimurum* et *Staphylococcus aureus* respectivement.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **VERITE et al., (2004)** et **ABDELWAHED et al., (2006)**.

D'après (**KIRAM et al., 2013**) l'activité antimicrobienne des huiles essentielles brutes de *Pituranthos scoparius* de la population d'El-kantra est moyenne sur *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et avec une zone d'inhibition comprise entre 14-16mm et faible pour *Echerichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella paratyphimerium*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 à l'exception de l'espèce *Pseudomonas aerogenosa* ATCC 27853 qui a manifesté une grande résistance. Cependant, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles brutes de *Pituranthos scoparius* de la population de Méchoneche, est moyenne sur *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 et *Shigellasp* avec une zone d'inhibition comprise entre 14-16 mm, et faible sur le reste des germes microbiens à l'exception de l'espèce *Pseudomonas aerogenosa* ATCC 27853 qui a manifesté une grande résistance.

Par contre, **Benmkhabi et al. (2004)** ont signalé la forte activité antibactérienne de l'huile essentielle du *Deverra scoparia* Coss. & Dur. issue du la région de Ghardia vis-à-vis *Pseudomonas aérogenosa* ATTCC 2785, *Salmonella tiphymurium* et *Escherichia coli* ATTCC 25922 avec des zones d'inhibition de : 32mm, 30mm et 28mm respectivement.

Certaines études montrent que les bactéries Gram (-) sont plus résistantes aux huiles essentielles que les bactéries Gram (+) (**LOPEZ, 2005**).

Les bactéries Gram (+) protègent leur membrane avec une paroi épaisse, le composant majeur de la paroi est un polymère complexe de sucres et d'acides aminés, appelé le peptidoglycane. C'est un composant essentiel qui donne à la bactérie sa forme et sa rigidité que ce soit chez les bactéries Gram (+) ou chez la bactérie Gram (-) (**ESCOTT, 2006**).

La grande sensibilité des bactéries à Gram (+) à l'action des huiles essentielles, par rapport aux bactéries à Gram (-) peut être expliqué par les différences structurales de leurs membranes externes (**DIANA, 2008**). En effet, la pénétration des composés actifs présents dans les huiles essentielles est donc différente (**KHEYER et al., 2014**).

### 3.6.2. La Concentration minimale inhibitrice

Les résultats de la CMI de l'huile essentielle du *Deverra scoparia* sont représentés dans la figure 3.5 et le tableau 3.6 :

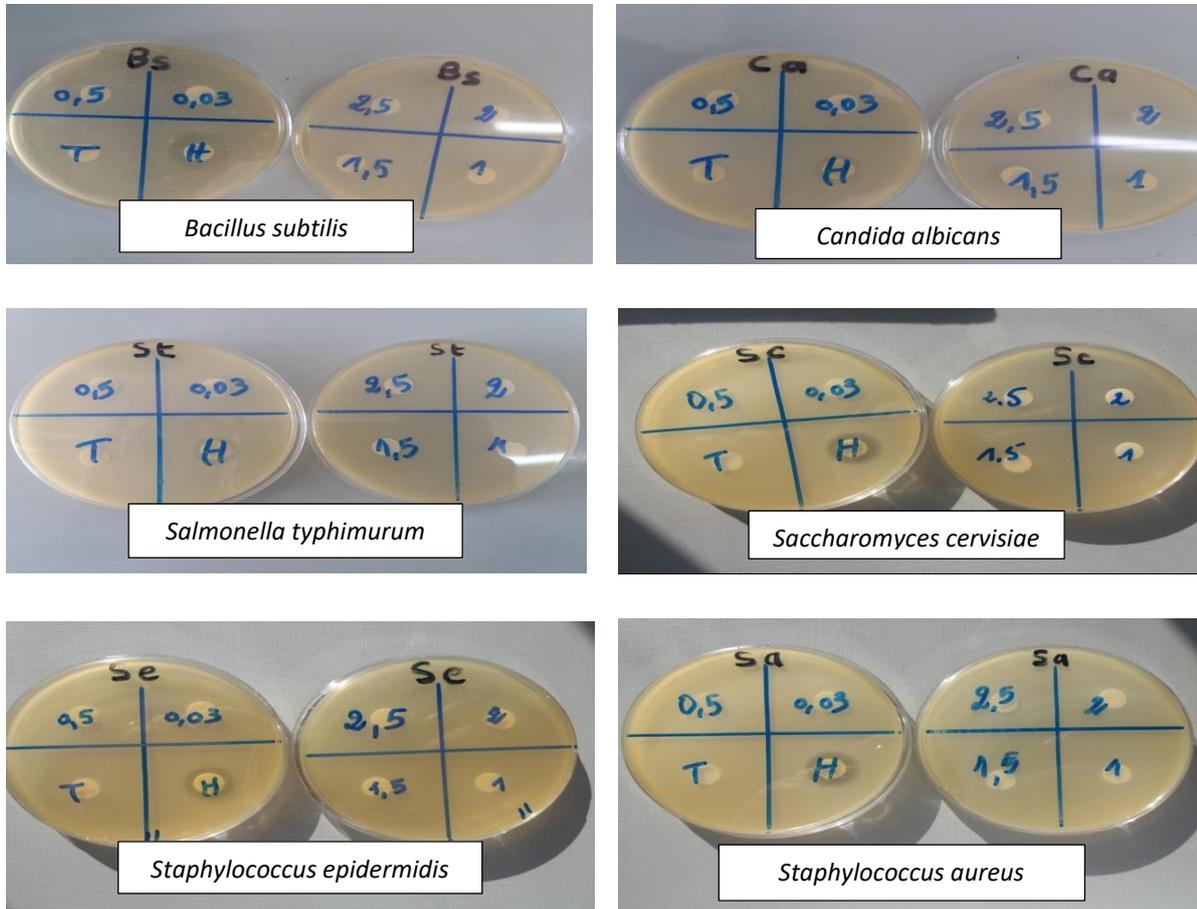


Figure 3.5 : Résultats de la concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle testée.

**Tableau 3.6** : Concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle étudiée.

Concentrations	Zones d'inhibition des souches bactériennes (mm) dans les dilutions de l'huile essentielle de <i>Deverra scoparia</i>							
	TN	HE	2,5	2	1,5	1	0,5	0,03
<i>Salmonella typhimurum</i>	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Candida albicans</i>	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	+	-	-	-	-	-	-

Les résultats rapportés dans le tableau 3.6 montrent que l'huile essentielle testée possède un important effet antimicrobien vis-à-vis des micro-organismes testés.

La plus faible concentration inhibant la croissance des souches testées correspond à : 1%, 1,5%, 2% et 2,5% pour *Candida albicans*, *Salmonella typhimurum*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* respectivement. Par contre, la concentration qui inhibe le développement de : *Staphylococcus epidermidis* et *Saccharomyces cerevisiae* était à 100%.

Selon **BRAHILI et al. (2018)**, la concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* pour les souches : *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* correspond à 12,5 %.

D'après **BOUTAGHANE et al. (2004)**, les CMI des huiles essentielles des tiges varient entre 1 et 256 mg/ml vis-à-vis des différentes souches.

**OKOH et al. (2010)** et **HOSNI et al. (2013)** ont constaté que la méthode utilisée pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne influe aussi sur les résultats obtenus.

Du fait de la variabilité quantitative et qualitative des composants des huiles essentielles, il est probable que leur activité antimicrobienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire (SANTOYO *et al.*, 2005).

### 3.7. Effet antioxydant

L'effet antioxydant exprime la capacité de réduction des radicaux libres. Le DPPH présente une coloration violette sombre mais lorsqu'il est piégé par des substances antioxydantes sa couleur vire vers le jaune pâle (Figure 3.6), le virage vers cette coloration et l'intensité de la coloration de la couleur de la forme libre en solution dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance antiradicalaire (ROLLAND., 2004).

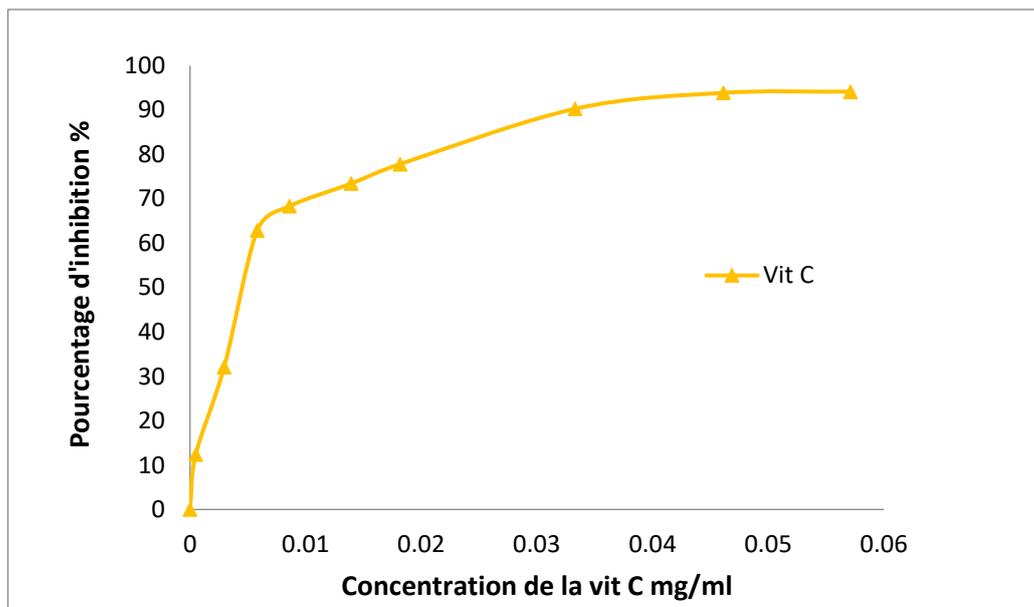


**Figure 3.6 :** Virage de la couleur en présence de DPPH.

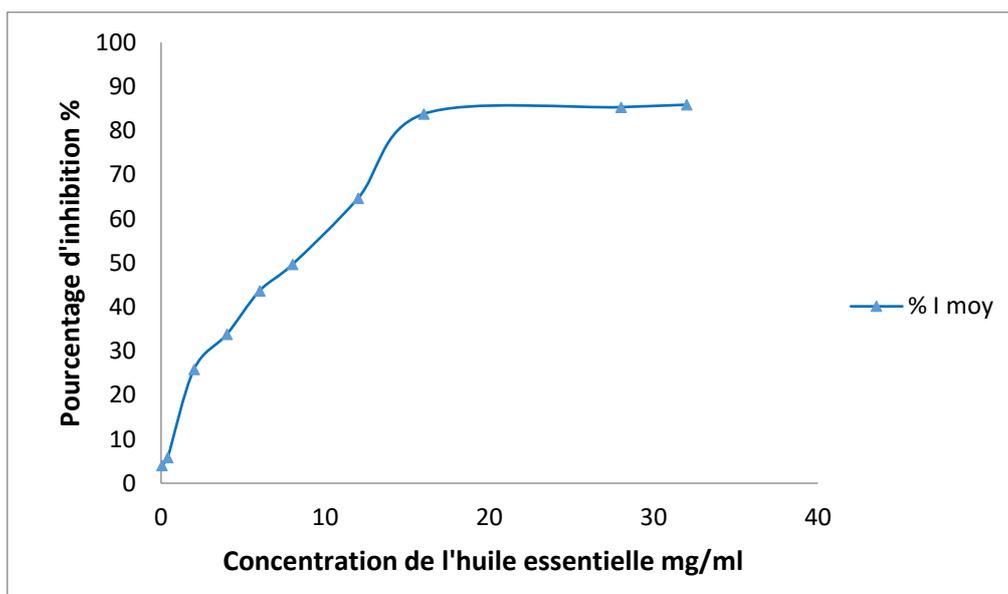
- **Pourcentage d'inhibition**

Les valeurs obtenues ont permis de tracer une courbe ayant une allure exponentielle avec présence d'une phase stationnaire qui signifie la réduction presque totale du DPPH· en sa forme non radicalaire.

La détermination de pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations utilisées (Figures 3.7 et 3.8) ainsi la valeur d' $EC_{50}$  de l'échantillon est obtenue à partir de cette courbe.



**Figure 3.7 :** Pourcentage d'inhibition de DPPH par la Vit C.



**Figure 3.8 :** Pourcentage d'inhibition de DPPH par l'huile essentielle testée.

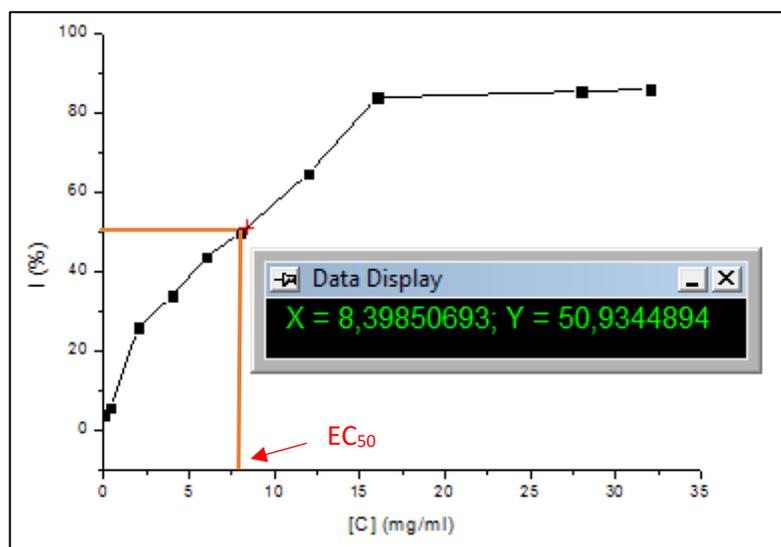
D'après les résultats obtenus, l'évolution de l'activité antiradicalaire est dose-dépendante, car elle augmente avec l'augmentation des concentrations de l'huile essentielle dans le milieu réactionnel.

Le pourcentage d'inhibition augmente graduellement ou progressivement avec la concentration jusqu'à arriver à un plateau qui correspond à l'enrayement presque total du DPPH• présent dans le milieu.

- **Détermination de la valeur EC<sub>50</sub>**

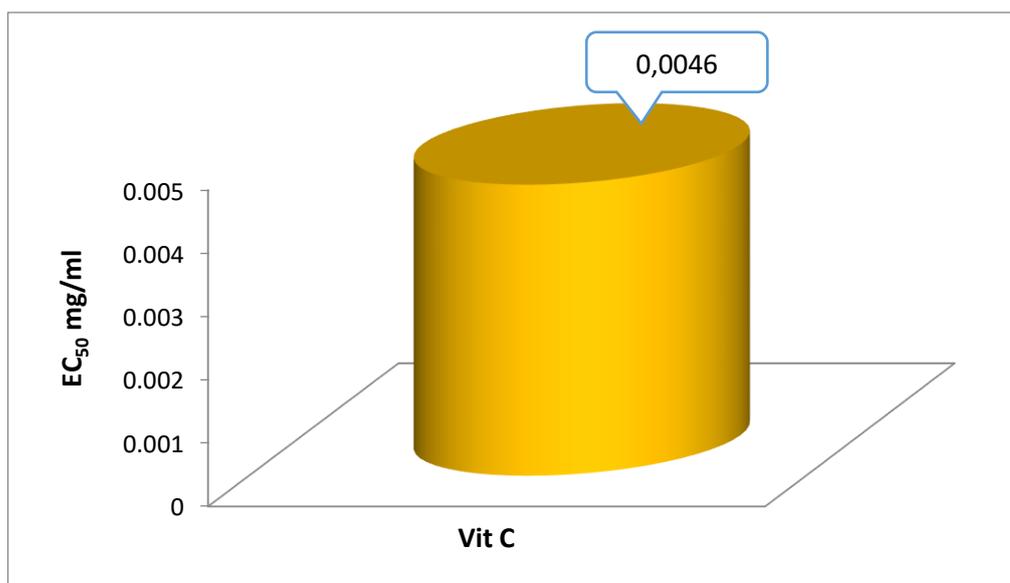
L'EC<sub>50</sub> est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%.

Les valeurs d'EC<sub>50</sub> sont déterminées graphiquement, un exemple de calcul est schématisé dans la figure 3.9.

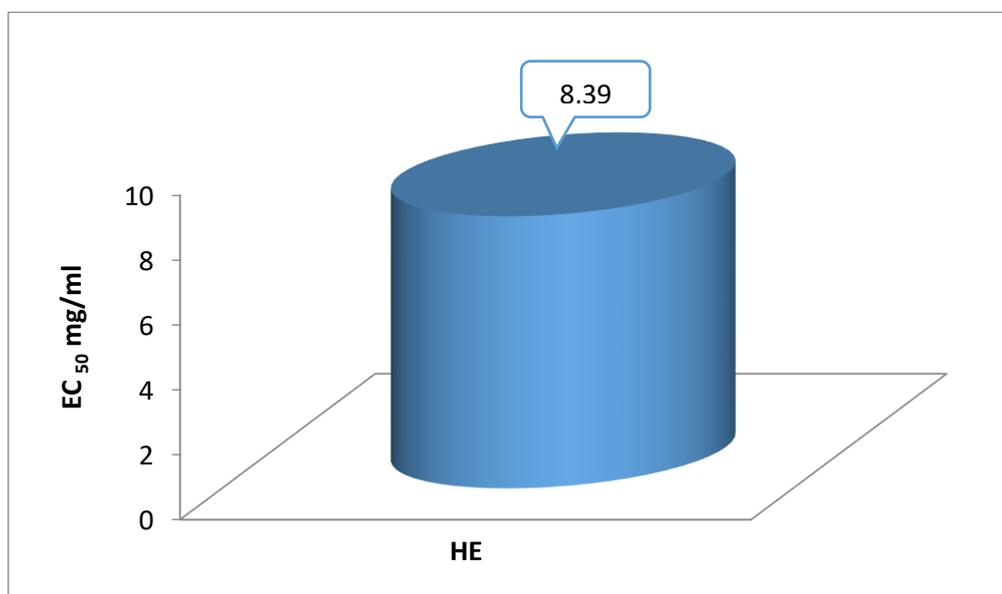


**Figure 3.9 :** Détermination graphique d'EC<sub>50</sub>.

Les valeurs des EC<sub>50</sub> trouvées pour l'antioxydant de référence (vitamine C) et l'échantillon testé sont représentées dans les Figures 3.10 et 3.11.



**Figure 3.10** : EC<sub>50</sub> de l'antioxydant standard.



**Figure 3.11** : EC<sub>50</sub> de l'huile essentielle étudiée.

D'après les résultats, le potentiel antiradicalaire de l'huile essentielle testée est inférieur à celui de l'antioxydant standard utilisé Vit C.

Un fort pouvoir antiradicalaire est noté pour la Vit C avec une EC<sub>50</sub> assez basse égale à  $0,0046 \pm 0,0007$  mg/ml. En comparaison avec la Vit C, l'huile essentielle de *Deverra scoparia* est moins active avec une EC<sub>50</sub> égale à  $8,39 \pm 0,02$  mg/ml.

Plus la valeur de l'EC<sub>50</sub> est faible, plus l'activité antioxydante d'un composé est appréciable.

D'après **HAMMOUDI et al. (2015)**, les résultats obtenus en utilisant le test de DPPH ont montré que l'huile essentielle des tiges de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est dotée d'un pouvoir antioxydant plus important que celui de l'acide ascorbique dont l'EC<sub>50</sub> est en moyenne de  $2,99 \pm 0,09$  µg/ml, alors qu'avec l'acide ascorbique, une activité de l'ordre de  $42,95 \pm 0,001$  µg/ml a été enregistrée. Concernant le test de l'ABTS, les EC<sub>50</sub> de la capacité antioxydante de l'huile essentielle et du Trolox sont  $1,12 \pm 0,06$  µg/ml et  $25 \pm 0,001$  µg/ml respectivement.

Les tests au DPPH• fournis dans la littérature sont basés sur le même principe que celui décrit par **BRAND & al. (BRAND et al., 1995)**, mais les protocoles analytiques diffèrent dans plusieurs paramètres (**MARINOVA & BATCHVAROV, 2011 ; POPOVICI et al., 2009**). Toutefois il est important de noter que l'utilisation de différents protocoles de mesure et de différents indices d'évaluation de l'activité antioxydante réduit la fiabilité d'une comparaison des valeurs (**POPOVICI et al., 2009**).

**SHARIFIFAR et al. (2007)** et **AKROUT et al. (2010)** ont attribué cette différence dans les valeurs de l'EC<sub>50</sub> à plusieurs facteurs :

- La composition chimique de l'huile essentielle.
- Le protocole expérimental utilisé comprenait :
  - ✓ Le rapport entre la quantité de l'huile essentielle et la quantité de la solution DPPH utilisée dans le mélange,
  - ✓ La concentration de la solution DPPH,
  - ✓ Le temps d'incubation,
  - ✓ La façon d'exprimer l'unité de EC<sub>50</sub>,

Ces facteurs rendent la comparaison directe des valeurs d'EC<sub>50</sub> rapportés dans divers travaux n'est pas fiable. En effet, même pour l'antioxydant de synthèse utilisé, tels que la Vit C, les valeurs de l'EC<sub>50</sub> rapportées sont différents selon le protocole expérimental utilisé.

D'après **MOLYNEUX (2004)**, **BOUZID et al. (2011)**, plusieurs facteurs influencent le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport antioxydant/DPPH\*, type de solvant et le pH) et le profil phénolique en particulier.

L'activité antioxydante de l'huile essentielle testée est probablement liée aux composants majoritaires qui sont principalement les monoterpènes. Ces derniers présentent

des propriétés antioxydantes importantes. En général, les huiles essentielles riches en composés oxygénés présentent une activité antiradicalaire plus marquée que celles à terpènes hydrocarbonés (**MILADI et al., 2013**).

Ce n'est pas uniquement les composés majoritaires de l'huile essentielle qui sont responsable de cette activité antiradicalaire, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique ou antagoniste pour créer un système efficace vis-à-vis des radicaux libres (**LU & YEAP FOO, 2001 ; SING et al., 2006**).

## CONCLUSION GENERALE

La flore du Sahara Algérien est riche en plantes aromatiques utilisées en médecine traditionnelle et un bon nombre d'entre elles sont des espèces endémiques pouvant être valorisées en tant que source de produits bioactifs. Le fenouil spontané (*Deverra scoparia* Coss. & Dur.) a fait l'objet de notre étude phytochimique et des effets biologiques.

Au terme de ce travail, l'huile essentielle extraite des tiges séchées de fenouil spontané (*Deverra scoparia* Coss. & Dur.) de la région de Tamanrasset a un rendement acceptable et peut être rentable à l'échelle industrielle. Il est de l'ordre de  $0,8 \pm 0,17\%$ .

L'identification par CPG/MS a permis de déterminer les composants majoritaires de cette huile essentielle à savoir : l' $\alpha$ -bornyl acétate (28,12%), l' $\alpha$ -pinène (19,50%), le  $\gamma$ -cadinène (6,12%) et l'eremophilène (5,15%).

Le contrôle physico-chimique des différents paramètres à savoir : l'indice de réfraction, l'indice d'acide, la densité relative et le pouvoir rotatoire a montré que l'huile essentielle répond aux normes internationales.

L'activité antimicrobienne a été étudiée vis-à-vis de huit souches microbiennes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella thyphimurium*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae* qui se sont révélées sensibles à l'huile essentielle à l'exception de *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* qui se sont montrées plus résistantes.

L'activité antioxydante a été évaluée par le test de piègeage du radical diphénylpicrylhydrazyl (DPPH). Les résultats montrent que l'huile essentielle testée a une faible activité antioxydante comparée à l'antioxydant standard vitamine C.

Les composés majoritaires identifiés de l'huile essentielle présentent plusieurs activités biologiques intéressantes. Cependant, il faut signaler que les activités biologiques d'une huile essentielle ne sont pas seulement dues aux composés majoritaires mais à l'ensemble des composés contenus dans cette huile.

Ce travail mérite d'être approfondi afin de révéler d'éventuelles propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. de la région de Tamanrasset.

**Perspectives :**

- Il ressort du présent travail que *Deverra scoparia* Coss. & Dur. de la région de Tamanrasset. est une plante intéressante et riche en composés secondaires.
- Connaissant la toxicité de cette huile essentielle par voie orale, des essais complémentaires par des tests de toxicité cutanée et des tests d'allergénicide doivent être entrepris.
- Etudier les mécanismes moléculaires intervenant dans les effets pharmacologiques observés.
- Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies et complémentaires des activités biologiques des plantes (composés polyphénoliques et flavonoïdes) en général.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ABDALLAH H.M. EZZAT S.M., 2011.** Effect of the method of preparation on the composition and cytotoxic activity of the essential oil of *Pituranthos tortuosus*. *Z. Naturforsch C.*, 66 (3-4):143-148.

**ABDELWAHED A., HAYDER N., KILANI S., MAHMOUD A., CHIBANI J., HAMMAMI M., CHEKIR-GHEDIRA L. and GHEDIRA K., 2006.** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Tunisian *Pithuranthos tortuosus* (Coss), *Flavour and Fragrance Journal*, 21: 129-133.

**ADAMS R.P.,** "Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography and Mass Spectrometry", Allured Publ. Corp., Carol. Stream. 4<sup>ème</sup> Edition, (2007), 803.

**ADAMS R. P., NGUYEN S. & ACHAK N.,** "Geographic variation in *Juniperus phoenicea* from the Canary Islands, Morocco and Spain", based on RAPDS analysis, *Phytologia*, V. 88, n°3, (2006), 270.

**AGHFIR M., KOUHILA M., JAMALI A. & AIT MOHAMED L.,** "Séchage solaire convectif pour la conservation des feuilles de romarin (*Rosmarinus officinalis*)", J.I.T.H., Albi, France. ENSTIMAC, (2007), 5.

**AKHLAGHI H. (2008).** The Essential Oils from Flowers, Stems and Leaves of *Ferulago angulate* from Iran. *Chem Nat Compd.* 44 (3): 396-397.

**AKROUT A., AL JANI H., AMOURI S. & NEFFATI M.** "Screening of antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris*L., *Artemisia herba-alba* Asso, & *Thymus capitatus* Hoff. Et Link. Growing wild in the southern of Tunisia", *Recent Research in Science and Technology*, V. 2, n°1, (2010), 29-39.

**AL-GABY A. M. et LAM R.R. 2000.-**Chemical Analysis, Antimicrobial Activity, and the Essential Oils from Some Wild Herbs in Egypt, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 7(1): 15-23.

**AMIT J., PARAS S. & KAUSHIK S.,** "Evaluation of phenolic & flavonoid profile and screening of antioxidant activity of plant *Croton sparsiflorus* by bio-autographic method", *Journal of Pharmacy Research*, V. 3, n°5, (2010), 1146-1148.

**ANDI., 2013.** Wilaya de Tamanrasset. Invest Algerie.

**ARUOMA O. I. (1995).** The Characterization of Antioxidants. *Food ChemToxicol.* 33 (7): 601-617.

**ASEKUN O. T., GRIERSON D. S. & AFOLAYAN A. J.,** “Characterization of essential oils from *Helichrysum odoratissimum* using different drying methods”, *J. Applied. Sci.*, V. 7, (2007), 1005-1008.

**ASGHAR Z. & MASOOD Z.,** “Evaluation of antioxidant properties of silymarin and its potential to inhibit peroxy radicals in vitro”, *Pak. J. Pharm. Sci.*, V. 3, (2008), 249-254.

**ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, AFNOR,** “Recueil de normes : les huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d’analyse”, Paris, Tome 1, (1999), 440.

**ATIK-BEKKARA F., BOUSMAHA L., TALEB B. S. A., BOTI J. B. & CASANOV J.,** “Composition chimique de l’huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. poussant à l’état spontané et cultivé de la région de Tlemcen”, *Biologie et santé*, V. 7, n°1, (2007), 6-11.

**ATTIA S., GRISSA KL., LOGNAY G., HEUSKIN S., MAILLEUX AC., HANCE T. 2011.-** Chemical Composition and Acaricidal Properties of *Deverra scoparia* Essential Oil (Araliales: Apiaceae) and Blends of Its Major Constituents Against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(4): 1220-1228.

**AZOUDJ, S.,** « Valorisation des huiles essentielles de quelques espèces d’*Origanum* et *thymus* spontanées en Algérie ». P.F.E département d’agronomie Blida, (1999), 61p.

**BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D. AND IDAOMAR M. (2008).** Biological Effects of Essential Oils - A Review. *Food ChemToxicol.* 46 (2): 446-475.

**BARKAT M. & LAIB I.,** “Antioxidant activity of the essential oil from the flowers of *Lavandula toechas*”, *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, V. 4, n°7, (2012), 96-101.

**BELLAKHDAR J. 1997.**- Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires, La pharmacopée marocaine traditionnelle, ibis Press.

**BEN MARZOUG H. N., ROMDHANE M., LEBRIHI A., MATHIEU F., COUDERC F., ABDERRABA M., KHOUJA M. L. AND BOUJILA J. (2011).** Eucalyptus oleosa Essential Oils: Chemical Composition and Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Oils from Different Plant Parts (Stems, Leaves, Flowers and Fruits). *Molecules*. 16 (2); 1695-1709.

**BENAKCHA R., 2001.** Etude phytochimique de deux plantes algériennes : *Centaurea pungens* et *Salsola vermiculata*, activité biologique. Thèse de magister chimie-Constantine.

**BENCHELAH A C., BOUZIAN H., MAKHA M. 2011.**-Fleurs du Sahara, Voyage ethnobotanique avec les Touaregs du Tassili. Edition Ibis press, paris. ISBN 978-2- 36122-021-1 17. 255P.

**BENDAHOU M., BENYOUCEF M., BENKADA D., SOUSSA ELISA M.B.D., GALVAO E.L., MARQUES M.M.O., MUSELLI A., DESJOBERT J.M., BERNARDINI A.F. and COSTA J., 2007.** Influence of the Processes Extraction on Essential Oil of *Origanum glandulosum* Desf. *Journal of Applied Sciences*, 7: 1152-1157.

**BENISTON NT et WS., 1984.** FLEUR D'ALGERIE, ED : entreprise nationale du livre Alger, N° d'édition : 1822/84.359p.(60-61pp).

**BENMEKHBI, L., KABOUCHE, A., KABOUCHE, Z., AIT-KAKI, B., TOUZANI, R., BRUNEAU, C., 2008.** Five glycosylated flavonoids from the antibacterial butanolic extract of *Pituranthos scoparius*. *Chem. Nat. Comp.*, 44: 639-641.

**BIRDI T. J., BRIJESH S. & DASWANI P. G.,** "Approaches towards the preclinical testing and standardization of medicinal plants", The Foundation for Medical Research, Mumbai, (2006).

**BOUAMER A., BELLAGHIT M. et MOLLAY A., 2004.** Etude comparative entre l'huile essentielle de la menthe verte et la menthe poivrée de la région de Ouargla.

**BOUDJELAL A., HENCHIRI C., SARI M., SARRI D., HENDEL N., BENKHALED A., RUBERTO G. (2013)** Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of ethnopharmacology*, 148 (2), 395-402.

**BOUGANDOURA N. & BENDIMERAD N.**, “Evaluation de l’activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja cala mintha* sp. *Nepeta* (L.) Briq”, *Revue Nature et Technologie, B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, n°09, (2013), 14-19.

**BOUGHENDJIOUA H. (2015)**. Les Plantes Médicinales Utilisées pour les Soins de la Peau. Composition Chimique, Activité Antioxydante et Antimicrobienne des Huiles Essentielles de *Citrus limon*, *Cinnamomum zeylanicum* et *Thymus numidicus*. Thèse de Doctorat Science, Spécialité : Biologie Végétale, Université Badji Mokhtar, Annaba, 188p.

**BOUKHATEM M.N., HAMAIDI M. S., SAIDI F., HAKIM Y. 2010.-** Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie), *Revue Nature et Technologie*, n° 03: 37 -45.

**BOURKHISS M., HNACH M., BOURKHISS B., OUHSSINE M., CHAOUCH A. & SATRANI B.**, “Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinisa reticulata* (Vahl) Masters”, *AGROSOLUTIONS*, V. 20, n°1, (2009), 45.

**BOURREL. C**, Analyse chimique, activités biologiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées. 1993, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

**BOUTAGHANE N., NACER A., KABOUCHE Z. and AIT-KAKI B., 2004.** Comparative antibacterial activities of the essential oils of stems and seeds of *Pituranthos scoparius* from Algerian septentrional Sahara. *Chemistry of Natural Compounds*, 40 (6): 606-607.

**BOUZID W., YAHIA M., ABDEDDAIM M., ABERKANE M. C. & AYACHI A.**, “Evaluation de l’activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de *l’aubepin monogyne*”, *Lebanese Science Journal*, V. 12, n°1, (2011), 59-69.

**BOZIN B., MIMICA-DURIC N., SAMOJLIK I., GORAN A. & IGIC R.**, “Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum* L. Alliaceae)”, *Food Chemistry*, V. 111, (2008), 925-929.

**BRAHIMI S, DAHIA M., AZOUZI B., NASRI M., LAOULER H, (2018)**, Composition chimique et activité antimicrobienne de l’huile essentielle de *Deverra reboudii* (Cross & Durieu), *Phytothérapie*, pp. 1-7.

**BRAND W. W., CUVELIER M. E. & BERSET C.**, “Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity”, *Lebensmittel–Wissenschaft und Technologie*, V. 28, (1995), 25-30.

**BRAZIER J-L. 2010.** GUIDE DE PHARMACOLOGIE, Ed : ERPI., Québec. 197p.

**BRUNETON J. 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, Ed : Tec & Doc, Lavoisier, 4<sup>ème</sup> édition, Paris, 1269p.

**BRUNETON J.**, “Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales”, Lavoisier, 4<sup>ème</sup> Edition, (2009), 1292.

**BRUNETON.** Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales, 2e édition. Technique documentation, Paris 1993. p 406, 410.

**CAREE P. 1953.** Précis de technologie et de chimie industrielle. Tome III. Ed : Ballière J.B. et fils. Cité par MOHAMMEDI Z. 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse pour l’obtention du diplôme de magister en Biologie. Option : Produits naturels, activités biologiques et synthèse. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 155 p.

**CATIER O., ROUX D. 2007.** Cahiers du préparateur en pharmacie « Botanique, pharmacognosie, phytothérapie. 3<sup>è</sup> Ed: Wolters Kluwer, Paris. 141p.

**CLEVINGER J. F.**, “Apparatus for the determination of volatile oil”. *J. Am. Pharm. Assoc.*, V. 17, (1928), 341-346.

**DABIRE C. M., ELOI P., ROGER H. C. N., ABDOUL D .S., JEANNE M. R. & MOUHOSSINE N.,** “L’huile essentielle de *Grangeam aderspatana* (L.) poir. du Burkina Faso : rendement d’extraction et composition chimique”, J. Soc. Ouest-Afr. Chim., V. 28, (2009), 81-86.

**DABIRE C., ROGER H. C. N., ANDRE B., MOUHOSSINE N. & FAUSTIN S. S.,** “Effet du séchage de la matière végétale sur la composition chimique de l’huile essentielle et l’activité antioxydante d’extraits de *Ocimum basilicum* L.”, Int. J. Biol. Chem. Sci., V. 5, n°3, (2011), 1082-1095.

**DAROU-MOKADDEM H., 2012.** Etude photochimique et biologique des espèces : *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus atratum* (Apiaceae), *Asteriscusm aritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae).

**DE DUVE C., 2005.** Singularités, Jalon sur les chemins de la vie. Edition Odile Jacob sciences : 21p.

**DEMARNE FE. 1985.-** Le géranium rosat. Parfums, Cosmétiques et Arômes, n°62.

**DEYSSON G. 1979.-** Organisation et classification des plantes vasculaires, cours de botanique générale quatrième série, tome II, Paris, 529 pp.

**DIANA L., RONICELY R., EVANDRO M., EVAN V. & ANTONIO P.,** “Influence of drying air temperature on the essential oil content from *Melaleuca alternifolia* Cheel”, International Conference of Agricultural Engineering, (2008), 1-4.

**DIDI O. E. H. M., ZABEIROU H. (2003).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est) Place of the spontaneous plants samples in the traditional pharmacopoeia of the area of Ouargla (Septentrional East Sahara). Courrier du Savoir, 3.

**DJABALI S. & BARKAT M.,** “Effet des extraits polyphénoliques sur la résistance à l’infestation fongique dans le grain d’haricot sec”, V. Microbiol. Ind. San. et Environn., V. 6, n°2, (2012), 174-191.

**DJEDDI S., BOUCHENAH N., SETTAR I. & SKAL TSA H. D.**, “Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* from Algeria”, *Chem. Natural Comp*, V. 43, n°4, (2007), 487-490.

**ESCOTT H. K.**, “Microbiologie”, 2<sup>ème</sup> Edition française, De Boek, (2006), 2.

**FALCHI DELITALA L. et SOCCOLINI F., 1980** : Investigations on *Rosmarinus officinalis* L. from Sardinia. *Riv. Itali. EPPOS*, LXII, 4, pp : 195-201.

**FARNSWORTH N., AKERELE O., BINGEL A.S., SOEJARTO D.D. et GUO Z., 1986.** Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. Bulletin de l'organisation mondiale de la santé, 64 (2) :159-164.

**FIGIEL A., SZUMNY A., GUTIÉRREZ-ORTIZ A. & CARBONELL-BARRACHINA A. A.**, “Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare* L.) as affected by drying method”, *Journal of Food Engineering*, V. 98, n°2, (2010), 240-247.

**FRENOT M. & VIERLING E., 2001.** Biochimie des aliments diététiques du sujet bien portant. Collection BIOSCIENCES ET TECHNIQUES. 2<sup>ème</sup> Edition do in : 96p.

**GARNERO J., 1996.** Huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur K345 pp 1-45.

**GARRETA R.**, Des simples à l'essentiel: de l'herboristerie à l'aromathérapie, pratiques et représentations des plantes médicinales, Presses Université, 2007, p.308-312.

**GEIGER J. L. (2005).** The Essential Oil of Ginger, *Zingiber officinale*, and Anaesthesia. *Int J Aromather.* 15 (1): 7-14.

**GLISIC S. B., MISIC D. R., STAMENIC M. D., ZIZOVIC I. T., ASANIN R. M. and SKALA D. U. (2007).** Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Carrot Fruit Essential Oil: Chemical Composition and Antimicrobial Activity. *Food Chem.* 105 (1): 346-352.

**GUIGNARD J. L., COSSON L. et HENRY M. (1985).** Abrégé de Phytochimie. Vol 1, Ed. Masson, Paris, 224 p.

**GURIB-FAKIM A. 2006.-** Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of Tomorrow, *Molecular Aspects of Medicine*, 27: 1-93.

**HABA H., BENKHALED M., GEORGES M., CHRISTOPHE L., CATHERINE L. (2004).** Alkylated Isocoumarins from *Pituranthos Scoparius*, *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, 18(5): 409-413.

**HAMMICHE V., MAIZA K. (2006)** Traditional medicine in Central Sahara: pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. *Journal of ethnopharmacology*, 105 (3), 358-367.

**HAMMOUDI R, DEHAK K, HADJ MAHAMMED M, DIDI OULDELHADJ M, (2015)** Composition chimique et activité antioxydante des huiles essentielles de *Deverra scoparia* Coss. & dur. (apiaceae), *Lebanese Science Journal*, Vol. 16, No. 2, pp. 27-36.

**HAMMOUDI R., 2008.** Contribution à la mise en évidence des principes actifs des plantes *Teurium poliumgeryrii* provenant de la région de Tamanrasset. Thèse de Magister université Kasdi Merbah Ouargla, 175 p.

**HELLAL Z., 2011.** Des propriétés antibactériennes et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites des Citrus Application sur la sardine (*Sardina Pilchardus*). Magistère, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. pp1-8-45-78.

**HERNANDEZ-OCHOA, L.R.,** « Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné ‘ Solvant/ Actif ‘ D’origine végétale », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechniques de Toulouse. France (2005), 124p.

**HILAN C., SFEIR R., JAWISH D., AITOUR S. 2006.-** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae, *Libanaise Science Journal*, 7(2): 13-22.

**HOSNI K., HASSEN I., CHAÂBANE H., JEMLI M., DALLALI S. & SEBEI H.,** “Enzyme-assisted extraction of essential oils from thyme (*Thymus capitatus* L.) and rosemary

(*Rosmarinus officinalis* L.), impact on yield, chemical composition and antimicrobial activity”, *Ind. Crop Prod.*, V. 47, (2013), 291-299.

**HOWES M.-J. R., SIMMONDS M. S. J. and KITE G. C. (2004).** Evaluation of the Quality of Sandalwood Essential Oils by Gas, Chromatography–Mass Spectrometry. *J Chromatogr. A.* 1028 (2): 307-312.

**IMELOUANE B., EL BACHIRI A., ANKIT M., KHEDID K., WATHELET J. P. & AMHAMDI H.,** “Essential oil composition and antimicrobial activity of *Artemisia herba-alba* asso grown in morocco”, *Banat’s Journal of Biotechnology*, V. 1, n°2, (2010), 48-55.

**INOUYE S., TAKAZAWA T., & YAMAGUCHI H.,** “Antimicrobial activity of the essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact”. *Journal of Antibacterial Chemotherapy*, V. 47, (2001), 565-573.

**IUCN ., 2005.** A guide to medicinal plants in north Africa, ISBN, spain.2-8317-0893-1,256p.- (107p,183p).

**JHAM G. N., DHINGRA O. D., JARDIM C. M. and VALENTE V. M. M. (2005).** Identification of the Major Fungitoxic Component of *Cinnamon* Bark Oil. *Fitopatol. bras.* 30 (4): 404-408.

**KANKO C., EL-HADJ SAWALIHO B., KONE S., KOUKOUA G., THOMAS N’GUESSAN Y. 2004.-** Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *lippiamultiflora*, *Cymbopogoncitrat*, *Cymbopogonnardus*, *Cymbopogongiganteus* ,C. R. Chimie, 7 :1039–1042.

**KHEYER N., MERIDJA D. &BELHAMEL K.,** “Etude de l’activité antibactérienne des huiles essentielles d’*Inulaviscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurusnobilis* de la région de Bejaia”, *Algerian Journal of Natural Products*, V. 2, n°1, (2014), 18-26.

**KHORSHIDI J., MOHAMMADI R., FAKHR T. M. &NOURBAKHS H.,** “Influence of Drying Methods, Extraction Time, and Organ Type on Essential Oil Content of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)”, *Nature and Science*, V. 7, n°11, (2009), 42-44.

**KHORSHIDI J., MOHAMMADI R., FAKHR T. M. & NOURBAKHS H.**, “Influence of Drying Methods, Extraction Time, and Organ Type on Essential Oil Content of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)”, *Nature and Science*, V. 7, n°11, (2009), 42-44.

**KIRAM A., RAMDANI M, ZERAIB A, (2013)**, Etude Phytochimique et de L’activité Antimicrobienne des Huiles Essentielles de *Pituranthos scoparius* de la Région de Biskra (Sud-Est Algérien), *Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod.* 2013; 10(2): xx-xx, pp.1-6.

**KRIFA M., GHARAD T., HAOUALA R. 2011.** Biological activities of essential oil, aqueous and organic extracts of *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. *Scientia Horticulturae*. 128 : 61–67.

**LAZOUNI H. A., BENMANSOUR A., TALEB-BENDIAB S. A. & CHABANE S. D.,** “Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill”, *Journal of Sciences & Technologie*, V. 25, (2007), 7-12.

**LAZOUNI H.A., BENMANSOUR A., TALEB-BENDIAB S.A., D. CHABANE SARI 2007.-** Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill, *Journal of Sciences & Technologie*, 25: 7- 12.

**LE HOUEROU H.N. 1995.** - Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options méditerranéennes. Série B, études et recherches. Edition de l’IAM. Montpellier (CIHEAM) France ISBN 109782853521468.

**LOGRADA T., RAMDANI M., KIRAM A., CHALARD P. FIGUEREDO G. 2013.** - Variation of Essential Oils Composition of *Pituranthos Scoparius* in Algeria, *Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med.*, 2(1): 1–11.

**LOPEZ P., SANCHEZ C., BATLLE R. & NERIN C.,** “Solid and vapor phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected food borne bacterial and fungal strains”, *J. Agric. Food Chem.*, V. 53, (2005), 6939-6946.

**LU F. and YEAP FOO L. (2001).** Antioxidant Activity of Polyphenols from Sage (*Salvia officinalis*). *Food Chem.* 75 (2): 197-202.

**LUCCHESI M.E.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. 2005, Thèse de l'Université de la Réunion. National polytechnique de Toulouse, France.

**LUCCHESI, M.E.**, «Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles ». Thèse de 120 Doctorat en Sciences, discipline: Chimie. Université de la Réunion, (2005), 143p.

**LUCCHESI, M.E.; SMADJA, J.; BRADSHAW, S.; LOUW, W.; CHEMAT, F. (2007).** Solvent free microwave extraction of *Elletariacardamomum* L: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. *J. Food Engineer.* 79,1079-1086.

**LUICITA. LAGUNEZ RIVERA. 2006.** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut.

**MANUNTA A., 1985:** Influences of the pH of the substratum on the composition of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. *Studisass aresisez. III Vol XXXII*, 86, 111.

**MARIE ELISABETH LUCCHESI, FARID CHEMAT,** and Jacqueline Smadja Flavour And Fragrance Journal Flavour Fragr. J. 2004 ; 19: 134–138. Jean.

**MARINOVA G. & BATCHVAROV V.,** “evaluation of the methods for de termination of the free radical scavenging activity by DPPH”, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, V. 17, n°1, (2011), 11-24.

**MCQUARRIE & ROCK, 2003.** Chimie générale. Edition De Boeck : 1020p.

**MENGEL, P.; BEH, D.; BELLIDO, G.M.; MONPON, B. (1993).** VFIMD: extraction d'huile essentielle par micro-ondes. *Parfums Cosmétiques Arômes* 114,66-67.

**MERGHACHE S., HAMZA M. & TABTI B.,** “Etude physicochimique de l'huile essentielle de *Ruta Chalepensis* L. de Tlemcen, Algérie”, *Afrique science*, V. 5, n°1, (2009), 67-81.

**MICHEL T. 2011.** -Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Thèse doctorat Université Orléans, France, 288p.

**MIGHRI H., AHMED A , CASANOVA J. & FELIX T.,** "Influence of Drying Time and Process on Artemisia herba-alba Asso Essential Oil Yield and Composition", Journal of essential oil-bearing plants JEOP, V. 12, n°3, (2009), 358-364.

**MILADI, H., BEN SLAMA, R., MILI, D., ZOUARI, S., BAKHROUF, A., AMMAR, E. 2013.** Chemical composition and cytotoxic and antioxidant activities of *Satureja montana* L. essential oil and its antibacterial potential against *Salmonella* Spp. strains. *J. Chem.*, 2013: 9-18.

**MILPIED H.,** "Progrès en dermato-allergologie", Edition John Libbey EUROTEXT, (2009), 128.

**MOJAB F. AND NICKAVAR B. (2003).** Composition of the Essential Oil of the Root of *Heracleum persicum* from Iran. *Iran J Pharm Res.* 2 (4): 245-247.

**MOLYNEUX P.,** "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Songklanakarín", *J. Sci. Technol.*, V. 26, n°2, (2004), 211-219.

**MOREIRA M. R., PONCE A. G., DEL VALLE C. E. & ROURA S. I.,** "Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen", *LWT*, V. 38, (2005), 565-570.

**MORO A., 2008 :** grandes guide des huiles essentielles, santé, beauté, bien-être. Ed Hachette Pratique 3ème Ed, p56.

**MÜLLER J. & HEINDL A.,** "Drying of medicinal plants", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (Germany), (2006), 237-252.

**NARISHETTY S. T. K. & PANCHAGNULA R.,** "Transdermal Delivery of Zidovudine: Effects of Terpenes and Their Mechanism of Action", *Journal of Controlled Release*, V. 95, (2004), 367-379.

**NATIONAL INSTITUTE OF STANDARD TECHNOLOGY, (N.I.S.T.),** “Mass Spectral Database, Standard Reference Database N° 1A, version 1.6”, Gaithersburg, M.D., (1998).

**NEFFATI A., BOUHLEL I., BEN SGHAIER M., BOUBAKER J., LIMEM I., KILANI S., SKANDRANI I., BHOURI W., LE DAUPHIN J., BARILLIER D., MOSRATI R., CHEKIR-GHEDIRA L., GHEDIRA K. 2009.** Antigenotoxic and antioxidant activities of *Pituranthos chloranthus* essential oils. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 27 : 187–194.

**OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (A.O.A.C.),** 17<sup>ème</sup> Edition, Maryland, U.S.A, (2000), 360.

**OKOH O. O. A. P. & SADIMENKO A. J. A.** “Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods”, *Food Chem.*, V. 120, (2010), 308-312.

**OUIS N. (2015).** Etude Chimique et Biologique des Huiles Essentielles de Coriandre, de Fenouil et de Persil. Thèse de Doctorat, Chimie Organique, Université d’Oran I. Algérie, 239p.

**OURAINI D., AGOUMI A., ISMAILI-ALAOUI M., ALAOUI K., CHERRAH Y., AMRANI M. ET ALAOUI-BELABBAS M., 2005.** Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. *Phytothérapie*, 4 :147-157.

**ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS),** "Traditional médecine and modern halah care : Progress report by the Director General".Document nA44/10,22 mars 2011, OMS, Généré.

**ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO 662),** “Corps gras d'origines animale et végétale, Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles”, (1998), 7.

**ÖZCAN M. M. AND CHALCHAT J. C. (2007).** Chemical Composition of Carrot Seeds (*Daucus carota*L.) Cultivated in Turkey: Characterization of the Seed Oil and Essential Oil. *Grasas y Aceites*. 58(4): 359-365.

**OZENDA P., 1977.-** Flore du Sahara. 2em ED. CNRS. Paris.

**OZENDA P., 1983.-** Flore du Sahara. Ed. 2. Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS.), Paris : 401.

**PAULI A., 2001.** Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy*,11 :126-133.

**PHARMACOPEE EUROPEENNE,** “Huiles essentielles”, Aetherolea, Tome 1, (2008), 2098.

**PHARMACOPEE EUROPEENNE,** 6<sup>ème</sup> Edition, Tome 1 et 2, (2005).

**PIBIRI M. C., 2006.** Assainissement microbiologique de l’air et des systèmes de ventilation au moyen d’huiles essentielles. Thèse Doctorat, EPFL Lausanne, 161p.

**PIOCHON, M.,** « Etude des huiles essentielles d’espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse Mémoire, Université du Quebec à Chicoutimi, Canada (2008), 200p.

**POPOVICI C., ILONKA S. &BARTEK T.,** “Evaluation de l’activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH”, *Revue de génie industriel*, V. 4, (2009), 25-39.

**QUEZEL P. ET SANTA S. (1963).** Nouvelle Flore de l’Algérie et des Régions Désertiques et Méridionales. Tome 2, Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 603p.

**QUEZEL P., SANTA S. 1963.** -Nouvelle Flore d’Algérie et des régions Désertiques Méridionales. Tome I et II. CNRS.

**RAUL.L & OCHOA.H, 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » D'origine végétale. Thèse De L'institut National Polytechnique De Toulouse.

**RIBERNEAU P. ET GAYON F. (1981).** Les composés phénoliques. Bd. Dunod, Paris, 178p.

Rolland Y., “Antioxydants naturels végétaux”, OCL., V. 11, n°6, (2004), 419-424.

**ROUX D., CHAUMONT J. P., CIEUR C., MILLET J., MOREL J. M. &TALLEC D.,** “Conseil en aromathérapie”, Pro-Officina, 2<sup>ème</sup> Edition, (2008), 13-31.

**ROUX, D.,** « Conseil en aromathérapie ». 2<sup>ème</sup> édition, Pro-Officina, (2008), 187p.

**SAAD H-E. A., EL-SHARKAWY S. H. and HALIM A. F. (1995).** Composition of the Essential Oils of the Leaves and Stems of *Torilis arvensis*. *Pharm Acta Helv.* (70): 85-87.

**SAHKI A., SAHKI R. 2004.-** Le Hoggar promenade botanique. Espèces herbacées. Edition Ésope, p 311.

**SANTOYO S., CAVEROS S., JAIME L., IBANEZ E., SENORAN F. J. &REGLERO G.,** “Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis L.* essential oil obtained via supercritical fluid extraction”, *J. Food Prot.*, V. 68, n°4, (2005), 790-795.

**SCIMECA D.,** Les plantes du bonheur, Ed. Alpen, 2006, p. 17.

**SEVENET T. et TORTORA C. (1994).** Plantes, Molécules et Médicaments. Tome 1, Nathan: CNRS. Editions, Paris, 119p. **BRAZIER J-L. 2010. GUIDE DE PHARMACOLOGIE,** Ed : ERPI, Québec. 197p.

**SHARIFIFAR F., MOSHAFI M. H., MANSOURI S. H., KHODASHENAS M. &KHOSHNOODI M.,** “In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora*”, *Boiss. Food Control*, V. 18, (2007), 800-805.

**SHARMA O. P. & BHAT T. K.**, “DPPH antioxidant assay revisited”, *Food Chem.*, V. 113, (2009), 1202-1205.

**SHARMA R. K., SHARMA N., SAMANT S. S., NANDI S. K., & PALNI L. M. S.**, “Antioxidant Activities in Methanolic Extracts of *Olea Ferruginea* Royle Fruits”, *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, V. 3, n°2, (2013), 154.

**SIDALI. L, BRADA. M, FAUCONNIER. M-L, ET LOGNAY. G, 2014** : Composition chimique et activité antimicrobienne de l’huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Nord d’Algérie. *Phyto Chem & Bio Sub Journal* Vol. 8 n° 3, Algerie. p 160.

**SINGH B. P.**, “Germplasm introduction, exchange, collection and conservation of medicinal and aromatic plants-Their export potential”, 2<sup>nd</sup> Edition, Aavishkar Publishers, Rajasthan, (2009), 1-26.

**SINGH G., MARIMUTHU P., DE HELUANI C. S. AND CATALAN C. A. N. (2006).** Antioxidant and Biocidal Activities of *Carumnigrum* (Seed) Essential Oil, Oleoresin, and their Selected Components. *J Agric Food Chem.* 54 (1):174-181.

**SMITH M.E., KINCAID M.C. & WEST C.E., 2004.** Anatomie et réfraction, les prérequis en ophtalmologie. Edition EL SEVIER: 89p.

**SZABO M. R., IDITOIU C., CHAMBRE D. & LUPEA A. X.**, “Improved DPPH determination of antioxidant activity spectrophotometric assay”, *Chem. Pap.*, V. 61, n°3, (2007), 214-216.

**SZUMNY A., FIGIEL A., GUTIÉRREZ-ORTÍZ A. & CARBONELL-BARRACHINA A. A.**, “Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method”, *Journal of Food Engineering*, V. 97, n°2, (2010), 253-260.

**TAMBUNAN A.H., YUDISTIRA K., & HERNANI**, “Freeze drying characteristics of medicinal herbs”, *drying Tech.*, V. 19, (2001), 325-331.

**TARDIVON C. ET CHADOUL M., 2012.** Un exemple de développement humain au Maroc la coopérative féminine de Ben Karrich. Tétouan exposition photographique Jean-Christophe Tardivon et Chadouli Si-Mohamed du 5 novembre au 8 décembre 2012.

**TEIXEIRA M.C., MARAFIGUEIRA G., SARTORATTO A., REHDER V.L.G. and DELARMELINA C., 2005.** Anti-candida activity of Brazilian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 97(2): 305-11.

**TEUSCHER E., ANTON R., LOBSTEIN A. 2005.-** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles, Tec & Doc, Paris, 522 p.

**THARIB, S. M., GNAN, S.O., VEITCH, G.B.A, 1983:** Antimicrobial activity of compounds from *Artemisia campestris*. *J. Food. Prot.* 46, p 681, 685.

**TIGRINE-KORDJANI N., MEKLATI B.Y., CHEMAT F.,** The International Journal of Aromatherapy (2006) 16, 141–147.

**VERITE P., NACER A., KABOUCHE Z. and SEGUIN E., 2004.** Composition of seeds and stems essential oils of *Pituranthoss coparius* (Coss. & Dur.) Schinz. *Flavor and Fragrance Journal*, 19: 562-564.

**WANG K. J. & NING L.,** “Antioxidant Phenolic Compounds from Rhizomes of *Curculigocrassifolia*”, *Arch. Pharm. Res.*, V. 30, n°1, (2007), 8-12.

**ZENASNI L. (2014).** Etude de Polymorphisme Chimique des Huiles Essentielles de *Thymuss atureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth et du Genre *Nepeta* et Evaluation de leur Propriété Antibactérienne. Thèse de Doctorat, Biochimie Pharmacologique, Université Mohammed V – AGDAL, Rabat, 169p.

**ZHANG C.Q., LIU Y.H., and ZHU G.N., (2010),** Detection and characterization of benzimidazole resistance of *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables, *Eur. J. plant Pathol.*, 126 (4), 509-515.

**ANNEXE 1**

**Liste des figures**



**Figure :** Zone de récolte de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

**ANNEXE 2****Etudes statistiques**

**Calcul de la moyenne :**

$$\bar{X} = 1/n \sum_1^n x_i$$

n : Nombre de répétitions.

$x_i$  : Valeurs observées.

**Calcul de l'écart type :**

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} - 1 \sum_i^n (x_i - \bar{X})^2}$$