



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة زيان عاشور-الجلفة-
UNIVERSITE ZIANE ACHOUR -DJELFA-
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
قسم العلوم الفلاحية والبيطرية
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET VETERINAIRES

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT DE TROISIEME CYLE (D-LMD) EN SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : ENVIRONNEMENT STEPPIQUE ET RURAL : GESTION ET
UTILISATION

Par
BRAHIMI Sadek

Thème

Deverra reboudii Coss. Et Durieu : biologie, composition chimique et
activités biologiques des extraits et des huiles essentielles.

Devant le jury composé de :

M.LAHRECH Mokhtar Boualem	Professeur (Univ. Djelfa)	Président
M.DAHIA Mostefa	MCA (Univ. Djelfa)	Promoteur
M.AZOUZI Blel	Professeur (Univ. Djelfa)	Co-promoteur
M.GUIT Brahim	MCA (Univ. Djelfa)	Examineur
M.YABRIR Benalia	MCA (Univ. Djelfa)	Examineur
M.BOUNAR Rabah	MCA (Univ. M'Sila)	Examineur
M.GHEMAM Amara Djilani	MCA (Univ. El Oued)	Examineur

2018/2019

Remerciements

Ce travail n'aurait pas pu être ce qu'il est, sans l'aide de **ALLAH** qui m'a donné la force afin de l'accomplir.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à mon Promoteur, Monsieur le docteur **DAHIA Mostefa**, qui m'a conseillé et m'a orienté tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie, également, très sincèrement Monsieur le professeur **AZOUZI Blel** pour ses précieux conseils, ses encouragements, son aide pour avoir accepté d'être mon Co-promoteur, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance et gratitude.

Je remercie, aussi, Monsieur **LAHRECH Mokhtar Boualem**, Professeur à l'université Ziane Achour de Djelfa d'avoir accepté avec un bon cœur de présider le Jury.

J'adresse mes vifs remerciements aux Messieurs **YABRIR Benalia** et **GUIT Brahim**, Maîtres de conférences à l'université Ziane Achour de Djelfa pour l'attention qu'ils ont bien voulu porter à ce travail, en acceptant de le juger.

J'offre pareillement ma gratitude pour avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse, aux examinateurs ;

- Monsieur **BOUNAR Rabah**, Maître de Conférences à l'université de M'Sila
- Monsieur **GHEMAM Amara Djilani** Maître de Conférences à l'université d'Oued Souf

Je voudrais aussi également remercier ;

Toute ma famille, surtout **MES PARENTS** qui m'ont partagé depuis toujours la passion pour accéder à la recherche scientifique, merci du tout mon cœur pour leur amour et leur soutien ainsi que cette belle vie qu'ils m'ont offert.

De plus, mes remerciements s'adressent de même à ;

Mes amis, le personnel de l'université, le groupe de laboratoire de LGEM de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (Tunisie) pour leurs contributions et leurs aides.

En plus ;

Que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, trouve ici l'expression de mes très vifs remerciements.

Liste des activités scientifiques

Les résultats obtenus durant cette thèse ont fait l'objet de :

A/ Publication internationale

1-"Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* (Coss. & Durieu)" Auteurs: S. Brahimi · M. Dahia · B. Azouzi · M. Nasri · H. Laouer. Article publié dans la revue *phytothérapie* en Janvier 2019. DOI: <https://doi.org/10.3166/phyto-2018-0107>

B/ Communications internationales

1-"Evaluation de l'activité antimicrobiennes des extraits de *Pituranthos reboudii*". Authors: BRAHIMI Sadek*¹, DAHIA Mostefa², NASRI Moncef³. Communication par affiche au *First International Congress on Biotechnologies for Sustainable Development CIBSDD 2017 BOUMERDES ALGERIA 24-25 OCTOBER*. Université M'Hamed BOUGARA Boumerdès-2017.

2-"Evaluation quantitative des phénols et l'activité antimicrobiennes des extraits de *Pituranthos reboudii* (Coss. et Dur.) Benth & Hook". Auteurs: BRAHIMI Sadek*¹, DAHIA Mostefa², AZOUZI Blel³. Communication par affiche au *Séminaire International sur : Phytodiversité et Plantes d'intérêt écologique et économique en Algérie Inventaire, Conservation et Valorisation SIPA.ICV17 / 29-30 Octobre 2017*. Université Mohamed Boudiaf M'Sila- 2017.

C/ Communication nationale

1-"La teneur en polyphénols, flavonoïdes et l'activité antibactériennes des extraits de *Pituranthos reboudii*". Auteurs: BRAHIMI Sadek*¹, DAHIA Mostefa², AZOUZI Blel³, NASRI Moncef⁴. Communication orale au : *Journée d'étude sur biodiversité des écosystèmes naturels méditerranées 22 Mai 2017*. Université Ziane Achour Djelfa- 2017.

2-"Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* (Coss. et Durieu)". Auteurs: BRAHIMI Sadek*¹, DAHIA Mostefa², AZOUZI Blel³, HAJJI Mohamed⁴. Communication par affiche au: *Première Journée Nationale Agropastorale. 19 Décembre 2018, Djelfa (Algérie)*. Université Ziane Achour Djelfa- 2017.

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Principales classes des composés phénoliques.	9
Tableau 02 :	Classification de la famille des Apiacées.	16
Tableau 03 :	Répartition mondiale des genres d'Apiacées (Pimenov et Leonov, 1993).	17
Tableau 04 :	Répartition des espèces du genre <i>Deverra</i> (Dobignard et Chatelain, 2011).	18
Tableau 05 :	Différentes souches bactériennes et fongiques utilisées dans le test antimicrobiennes	30
Tableau 06 :	Précipitations moyennes mensuelles en (mm) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).	31
Tableau 07 :	Températures moyennes mensuelles en (°C) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).	33
Tableau 08 :	Régime saisonnier de la zone d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).	34
Tableau 09 :	Caractéristiques écologiques et situation géographique de la zone d'Aïn el Bell.	36
Tableau 10 :	Caractéristiques physicochimiques du sol.	50
Tableau 11 :	Classification des sols en fonction du pH (Baize, 1989).	50
Tableau 12 :	Classification des sols en fonction de la conductivité (FAO, 1996).	51
Tableau 13 :	Différentes tailles des particules du sol.	52
Tableau 14 :	Taux de la matière organique et carbone dans le sol de la zone d'Aïn el Bell.	53
Tableau 15 :	Normes de la matière organique (FAO, 1996).	53
Tableau 16 :	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> .	56
Tableau 17 :	Comparaison des composés majoritaires de l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> avec d'autres espèces du même genre.	59
Tableau 18 :	Activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> .	65
Tableau 19 :	Activité antibactérienne et antifongique de différents extraits de <i>Deverra reboudii</i> .	67

Annexes

Tableau 01 :	Genres de la famille des Apiacées rencontrés en Algérie (Quezel et Santa, 1962-1963 ; Dobignard et Chatelain, 2011).	90
---------------------	--	-----------

Liste des figures

Figure 01 :	Structure de base des flavonoïdes.	10
Figure 02 :	Différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles par l'eau.	13
Figure 03 :	Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile (El kalamouni, 2010).	14
Figure 04 :	Différentes techniques d'extraction par solvant.	15
Figure 05:	Répartition géographique mondiale des Apiaceae (Pimenov et Leonov, 1993).	16
Figure 06 :	Steppe à <i>Deverra reboudii</i> (Aïn el Bell, 2019).	23
Figure 07 :	Balance radicaux libres /antioxydants (Shimizu H., 2004).	27
Figure 08 :	<i>Deverra reboudii</i> (Aïn el Bell).	29
Figure 09 :	Localisation géographique de la zone d'étude.	30
Figure 10 :	Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).	32
Figure 11 :	Carte de précipitation moyenne annuelle sur l'Algérie (Source : A. Mébarki et J-P. Laborde. ABH, 2012).	32
Figure 12 :	Moyennes mensuelles des températures en (°C) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).	33
Figure 13 :	Diagramme Ombrothermique pour Aïn el Bell durant la période (1986-2015).	35
Figure 14 :	Localisation de la zone d'échantillonnage (Aïn el Bell) sur le climatogramme d'Emberger.	37
Figure 15 :	Analyse granulométrique (ONEDD, 2019).	40
Figure 16 :	Calcination de la matière organique dans le four à moufle (ONEDD, 2019).	41
Figure 17 :	Technique d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger.	42
Figure 18 :	Schéma de l'extracteur Soxhlet (Penchev, 2010).	45
Figure 19 :	Appareil Rotavapor.	46
Figure 20 :	Echelle internationale de la classification de sol (Mathieu et Pieltain, 1998).	52
Figure 21 :	Profil chromatographique de l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> .	55

Figure 22 :	Pourcentage des différents groupes chimiques des composés présents dans l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> .	57
Figure 23 :	Evaluation moyenne des rendements des différents extraits.	60
Figure 24 :	Teneur en polyphénols.	62
Figure 25 :	Teneur en flavonoïdes.	63
Figure 26 :	Zones d'inhibition de test de sensibilité à l'huile essentielle de <i>Deverra reboudii</i> .	64
Figure 27 :	Activité antiradicalaire des extraits de la tige de <i>Deverra reboudii</i> en fonction de la concentration.	69
Figure 28 :	Activité antiradicalaire des extraits de la racine de <i>Deverra reboudii</i> en fonction de la concentration.	70
Figure 29 :	Pouvoir réducteur des extraits de la tige de <i>Deverra reboudii</i> en fonction de la concentration.	71
Figure 30 :	Pouvoir réducteur des extraits de la racine de <i>Deverra reboudii</i> en fonction de la concentration.	72

Liste des abréviations

ATCC	: American Type Culture Collection
BHA	: Butylhydroxyanisole
CI ₅₀	: Concentration d'inhibition à 50%
CMB	: Concentration Minimale Bactéricide
CMI	: Concentration Minimale Inhibitrice
COV	: Composés organiques volatils
CONV	: Composés organiques non volatils
DMSO	: Diméthylsulfoxyde
DPPH	: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
EAE	: Extrait à l'acétate d'éthyle
EAG	: Equivalent d'acide gallique
EAQ	: Extrait à l'eau
EB	: Extrait à butanol
EM	: Extrait à méthanol
EQ	: Equivalent de quarcétine
ERO	: Espèces Réactives de l'Oxygène
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GC/MS	: Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
H	: Horizon
LB	: Luria-Bertani
MO	: Matière organique
mS/cm	: Millisiemens par centimètre
rpm	: Rotation par minute
Ru	: Rutine
TCA	: Acide trichloroacétique
UFC	: Unité Formant Colonie
UV	: Ultra Violet

Sommaire

Introduction	1
<i>I. Synthèse bibliographique</i>	
1. Substances bioactives d'origine végétale	4
1.1 Les huiles essentielles	4
1.1.1 Définition	4
1.1.2 Localisation et répartition	5
1.1.3 Composition chimique des huiles essentielles	5
1.1.3.1 Groupe des terpènes	6
1.1.3.2 Groupe des phénylpropanoïdes	6
1.1.4 Facteurs de variabilité des huiles essentielles	6
1.1.5 Rôle physiologique des huiles essentielles dans la plante	7
1.1.6 Domaines d'utilisation des huiles essentielles	7
1.1.7 Phénomènes physico-chimiques et facteurs produisant l'altération des huiles essentielles	8
1.2 Les polyphénols	8
1.2.1 Généralités	8
1.2.2 Différentes classes de polyphénols	10
1.2.2.1 Les flavonoïdes	10
1.2.2.2 Les non flavonoïdes	10
1.2.3 Localisation des polyphénols dans les plantes	11
1.2.4 Propriétés biologiques des polyphénols	12
1.3 Les procédés d'extraction des substances bioactives	13
1.3.1 Extraction par l'eau	13
1.3.2 Extraction par solvants	14
2. La famille des Apiacées	15
2.1 Généralités	15
2.2 Classification de la famille des Apiacées	16
2.3 Répartition de la famille des Apiacées	16
2.4 Intérêt de la famille des Apiacées	17
2.5 Présentation du genre <i>Deverra</i> DC.	18
2.5.1 Usages traditionnels de <i>Deverra</i> DC.	18
2.5.2 Toxicité de <i>Deverra</i> DC.	19
2.5.3 Phytochimie du <i>Deverra</i> DC.	19
2.5.4 Classification botanique de <i>Deverra</i> DC.	21
2.6 <i>Deverra reboudii</i>	22
3. Les activités biologiques	23
3.1 Activité antimicrobienne	23
3.1.1 Généralités	23
3.1.2 Les plantes et leurs composés antimicrobiens	24
3.1.3 Mécanisme de l'effet antimicrobien	24
3.1.4 Méthodes de la détermination de l'activité antibactérienne	24
3.1.4.1 Technique en milieu solide: Méthode de diffusion	24
3.1.4.2 Technique en milieu liquide: Méthode de dilution	25
3.2 Activité antioxydante	25
3.2.1 Généralités	25
3.2.2 Radicaux libres	26
3.2.3 Le stress oxydant	26

3.2.4 Les antioxydants	27
3.2.4.1 Antioxydants d'origine naturelle	27
3.2.4.2 Antioxydants synthétiques	27
3.2.5 Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante	28
II. Matériel et méthodes	
1. Matériel	29
1.1 Matériel végétal	29
1.2 Produits chimiques et micro-organismes utilisés	29
2. Méthodes expérimentales	30
2.1 Contexte physique	30
2.2 Contexte climatique	31
2.2.1 Précipitations	31
2.2.2 Température	33
2.2.3 Synthèse climatique	34
2.2.3.1 Diagramme Omrothermique de Bagnouls et Gausсен	34
2.2.3.2 Climatogramme d'Emberger	34
2.3 Contexte pédologique	38
2.3.1 Echantillonnage du sol	38
2.3.2 Préparation d'échantillon de sol	38
2.3.3 Analyse des paramètres physico- chimiques	38
2.3.3.1 Potentiel hydrogène (pH)	38
2.3.3.2 Conductivité	39
2.3.3.3 Texture	39
2.3.3.4 Matière organique	40
2.3.3.5 Carbone organique	41
2.4 Méthode d'extraction et d'analyse des huiles essentielles	41
2.4.1 Extraction des huiles essentielles	41
2.4.2 Calcul du rendement	42
2.4.3 Analyse des huiles essentielles	43
2.5 Etude phytochimique	43
2.5.1 Extraction des substances bioactives	43
2.5.2 Préparation des extraits bruts	44
2.5.3 Rendement des extraits	46
2.5.4 Dosage des polyphénols et flavonoïdes	46
2.5.4.1 Dosage des phénols totaux	46
2.5.4.2 Dosage des flavonoïdes totaux	47
2.6 Mise en évidence des activités antimicrobiennes	47
2.7 Mise en évidence des activités antioxydantes	48
2.7.1 Activité antiradicalaire	48
2.7.2 Test du pouvoir réducteur	49
3. Traitement statistique	49
III. Résultats et discussions	
1. Paramètres physico- chimiques du sol.	50
1.1 Potentiel Hydrogène	50
1.2 Conductivité électrique	51
1.3 Texture	51
1.4 Taux de matière organique et du carbone	53
2. Rendement et composition chimique des huiles essentielles	54
2.1 Rendement en huiles essentielles	54
2.2 Composition chimique des huiles essentielles	55

3. Etude phytochimique	60
3.1 Rendement des extraits	60
3.2 Résultats du dosage des composés phénoliques	61
3.2.1 Teneur en polyphénols	61
3.2.2 Teneur en flavonoïdes	62
4. Mise en évidence de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles et des extraits	64
4.1 Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle	64
4.2 Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits	66
5. Mise en évidence de l'activité antioxydante des extraits	68
5.1 Test au DPPH (Activité antiradicalaire)	68
5.1.1 Activité antiradicalaire de la tige de <i>Deverra reboudii</i>	69
5.1.2 Activité antiradicalaire de la racine de <i>Deverra reboudii</i>	69
5.2 Pouvoir réducteur des extraits de <i>Deverra reboudii</i>	70
5.2.1 Pouvoir réducteur des extraits de la tige de <i>Deverra reboudii</i>	70
5.2.2 Pouvoir réducteur des extraits de la racine de <i>Deverra reboudii</i>	71
Conclusion	73
Références bibliographiques	75
Annexes	90

Introduction

Depuis l'antiquité, l'humanité a utilisé les plantes pour traiter les maladies, sans savoir à quoi étaient dus leurs effets bénéfiques. Selon l'organisation mondiale de la santé, près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle, dont 60% en Afrique qui utilisent plus de 4000 plantes médicinales, pour des soins de santé primaire (O.M.S, 2002). Cependant, les inconvénients majeurs de cette utilisation traditionnelle de plantes révèlent le manque de précision des tradithérapeutes dans le diagnostic des affections et la posologie des préparations. Un aspect important de cette tradithérapie est l'ignorance totale des variations de la composition chimique des échantillons végétaux en fonction des saisons, des temps de récolte, et de conservation (BALANSARD et *al.*, 1993). Dans cette optique, l'étude de la phytochimie fait l'objet d'intenses investigations pour aider à déterminer les constituants chimiques présents dans les plantes médicinales.

Les propriétés antimicrobiennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis longtemps. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20^{ème} siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (YANO et *al.*, 2006). Cependant, en tant que sources de médicaments, les plantes restent encore sous exploitées surtout dans le domaine de la microbiologie médicale. Ces dernières années, les scientifiques se sont inquiétés de la résistance microbienne croissante aux agents antimicrobiens due à l'utilisation aveugle d'antibiotiques commerciaux (SERVICE, 1995 ; MUKHERJEE et *al.*, 2002). Les produits chimiques synthétiques largement utilisés contre ces micro-organismes développent malheureusement une résistance à la plupart des antibiotiques; de plus, certains antibiotiques provoquent parfois une réaction allergique et une suppression de l'immunité (KNOBLOCH et *al.*, 1989). Face à ces nombreux obstacles, il est indispensable de rechercher de nouvelles substances antimicrobiennes efficaces et à large spectre d'action. L'une des stratégies consiste à explorer les plantes utilisées en médecine traditionnelle comme source de nouvelles molécules douées de propriétés antimicrobiennes.

Les propriétés antioxydantes des plantes aromatiques et médicinales sont également étudiées. L'un des problèmes les plus abondants dans le monde biologique et médical est le stress oxydatif, c'est une situation où la cellule ne peut plus résister la production d'une manière exhaustive des radicaux libres toxiques ce qui mène à plusieurs maladies dangereuses

tels que le cancer. Les radicaux libres sont toujours présents dans notre organisme, car l'oxydation est une partie de la vie aérobie de notre métabolisme, mais tous à des limites, car une superproduction de ces espèces peut être néfaste pour l'organisme (KAMKARA et *al.*, 2010). Une façon de prévenir ce stress oxydatif qui endommage et détruit les cellules est de rechercher un apport supplémentaire de composés antioxydants. Récemment, l'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant (MATA et *al.*, 2007).

Les plantes constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives. Jusqu'à présent, 15% des espèces recensées, sont étudiées sur le plan phytochimique, dont 6% pour leurs activités biologiques (CUTLER et CUTLER, 2000 ; FABRICANT et FARNSWORTH, 2001 ; VERPOORTE, 2002 ; LARSONN et *al.*, 2005).

L'Algérie, par sa situation géographique au centre de la méditerranée, abrite une végétation riche et diversifiée. Il est estimé plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Ces espèces sont pour la plupart spontanées avec un nombre non négligeables (15%) d'espèces endémiques (OZENDA, 1977 ; GAUSSEN, 1982). Un grand nombre de plantes aromatiques y poussent spontanément dont celles appartenant aux Apiacées. Des avantages économiques considérables dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies ont été constatés (MUTHU et *al.*, 2006).

L'une des voies de valorisation de ce patrimoine consiste à la connaissance et l'identification des ressources naturelles susceptible de fournir des composées possédant des activités biologiques et pharmacologiques exploitables. La problématique de cette étude repose sur la composition chimique des huiles essentielles et des extraits de *Deverra reboudii* d'Aïn el Bell (Djelfa) ainsi que la mise en évidence des activités biologiques.

Et, c'est dans cette optique que s'inscrit notre travail en se basant sur la détermination des caractéristiques biologiques des huiles essentielles et des extraits de *Deverra reboudii* récoltée dans la steppe sud-algéroise par : La caractérisation chimique de l'huile essentielle et les différents extraits, la mise en évidence des activités antimicrobiennes et l'estimation de l'effet antioxydant des extraits en utilisant deux méthodes ; le test du DPPH et le test du pouvoir réducteur.

Ce manuscrit est subdivisé en deux grandes parties :

Dans la première partie, nous aborderons une revue bibliographique qui englobe et rassemble des données théoriques sur les substances bioactives d'origine végétale, s'accroissant sur les huiles essentielles et les composés phénoliques, et leurs méthodes d'extraction, ainsi que leurs activités biologiques, accompagnés à une présentation de la plante étudiée, et bien sûr sa description éco-botanique.

Dans la deuxième partie (partie expérimentale), nous développerons le matériel et les méthodes analytiques utilisées pour valoriser et évaluer l'activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles et les extraits de *Deverra reboudii*, à travers, les résultats obtenus et leurs discussions. Finalement, nous terminerons par une conclusion avec les perspectives souhaitables.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

1. Substances bioactives d'origine végétale

Les plantes sont des êtres vivants utilisent l'énergie du soleil et la matière minérale pour l'élaboration de la matière organique. Ce processus permet à la plante de synthétiser dans une première étape des hydrates de carbones qui sont les glucides (BRUNETON, 2009 ; DEWICK, 2011). Ces glucides sont utilisés pour la synthèse de glucides complexes (l'amidon, la cellulose, les pectines ...), des acides aminés (pour la synthèse de protéines), et d'acides gras. Il s'agit de métabolites primaires nécessaires pour la survie et sont exploités par l'homme et les animaux pour leur alimentation et apports énergétiques. A partir des oses et des métabolites primaires, la plante synthétise une grande variété de métabolites dits secondaires. Aujourd'hui, plusieurs de ces phytomolécules ont déjà été décrites mais un grand nombre reste encore mal connu. Ces composés constituent les principes actifs des plantes médicinales exploités dans la médecine traditionnelle. Parmi ces phytomolécules :

Les huiles essentielles ou composés organiques volatiles (COV), sont présentes dans différents organes de la plante selon la famille (ELKALMONI, 2010).

La deuxième fraction dite non volatile de la plante (CONV), est composée essentiellement de coumarines, flavonoïdes, composés acétyléniques, et polyphénols qui jouant un rôle fondamental dans l'activité biologique de la plante (KUBECZKA *et al.*, 1982 ; CISOWSKI, 1985).

1.1 Les huiles essentielles

1.1.1 Définition

Le terme « huile essentielle » est défini comme suit :

Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (BRUNETON, 2016).

Les huiles essentielles sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes synthétisées par les plantes aromatiques comme métabolites secondaires. Elles possèdent des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, et anticancéreuses (BOUYAHYA *et al.*, 2018).

1.1.2 Localisation et répartition

Les plantes synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées et Zingibéracées...etc. (BRUNETON, 1999 ; BENAYAD, 2008 ; DEGRYSE *et al.*, 2008).

Les huiles essentielles n'existent que chez les végétaux, elles peuvent être stockées dans tous les organes des plantes aromatiques :

Fleurs : oranger, rose, lavande, bouton floral (girofle) ; Feuilles : eucalyptus, menthe, thym, laurier, sauge ; Fruits : fenouil, anis, épicarpes des Citrus ; Tiges : citronnelles ; Rhizomes et Racines : gingembre, vétiver, iris ; Graines : noix de muscade, coriandre ; Bois et Ecorces : cannelle, santal, bois de rose (LEON, 2005 ; TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Les huiles essentielles sont synthétisées par des plantes odorantes dites aromatiques comme métabolites secondaires. Ces plantes se caractérisent par la présence de structures sécrétrices des huiles essentielles bien spécialisées telles que les poils sécréteurs (Lamiacées), les poches sécrétrices (Myrtacées, Rutacées) et les canaux sécréteurs (Apiacées, Astéracées) des cellules à huiles essentielles (Lauracées, Zingibéracées). Ils sont également impliqués dans le stockage des huiles essentielles (BRUNECHON, 1987 ; BOUYAHYA *et al.*, 2018).

1.1.3 Composition chimique des huiles essentielles

L'huile essentielle peut contenir environ 300 molécules ; cependant, la plupart des huiles comportent 20 à 60 molécules (LANGENHEIM, 1994 ; DUNG *et al.*, 2008). Les composés trouvés dans les huiles essentielles appartiennent à des classes chimiques variées. Les composés terpéniques sont prédominants, mais les phénylpropanoïdes et les autres composés (composés nitriques et sulfuriques) se retrouvent avec des proportions faibles (FRIEDRICH, 1976 ; WEIDENHAMER *et al.*, 1993 ; BOELEN, 1996 ; GRIFFIN *et al.*, 1999 ; GOEKE, 2002 ; REGNAULT-ROGER *et al.*, 2002 ; HALKIER et GERSHENZON, 2006). Les huiles essentielles contiennent un grand nombre d'éléments biochimiques. Les plus rencontrés sont les alcools, les cétones, les aldéhydes terpéniques, les esters, et les éthers (EL KALAMOUNI, 2010).

1.1.3.1 Groupe des terpènes

C'est le groupe le plus important, près de 3 000 terpènes ont été décrits dans la littérature (CONNOLLY et HILL, 1991). Il comprend des monoterpènes, des sesquiterpènes, des diterpènes. Les terpènes sont des molécules organiques constituées par un multiple de cinq atomes de carbone de formule générale $(C_5H_8)_n$. La molécule de base est l'isoprène (RUZICKA, 1953). Les huiles essentielles seront très riches en monoterpènes, beaucoup moins en diterpènes et encore moins en triterpènes. Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono et sesquiterpènes) sont rencontrés dans les huiles essentielles (BRUNETON, 1999).

1.1.3.2 Groupe des phénylpropanoïdes

Les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C_6-C_3). Ce groupe est moins fréquent et ces composés sont souvent des allyl- et propenyl phénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiacées : Anis, Fenouil (anéthole, anisaldehyde, estragole), Persil (apiole) mais aussi de celles du Girofle (eugénol), ou des Cannelles (cinnamaldéhyde, eugénol, safrol) (CLIFFORD, 2000 ; BAKKALI et al., 2008).

1.1.4 Facteurs de variabilité des huiles essentielles

Il existe beaucoup des facteurs pouvant influencer la composition chimique de l'huile essentielle. La température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement. L'altitude et la nature du sol sont autant des facteurs d'ordre environnemental susceptibles d'exercer des modifications chimiques de l'huile essentielle (RODOLFO et al., 2006 ; BRADA et al., 2007 ; APROTOSOAIE et al., 2010 ; BOUKHATEM et al., 2010).

Des études avaient montré l'influence de la technique d'extraction, cycle végétatif, et l'heure de la récolte du matériel végétal sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle (ASSAD et al., 1997; LOPES et al., 1997 ; GOMES et al., 2004 ; LUCCHESI, 2005). Les conditions culturales telles que les techniques de récolte, la date de semis, l'emploi d'engrais, les traitements phytosanitaires influencent également la composition et le rendement des huiles essentielles (BARRY, 2001 ; ALVAREZ-CASTELLANOS et al., 2003 ; LAHLOU, 2004 ; STEFANINI et al., 2006 ; APROTOSOAIE et al., 2010). A titre d'exemple, il a été démontré que, la composition de l'huile essentielle de feuilles d'*Ocimum gratissimum*, varie considérablement en fonction de l'heure de la récolte (VASCONCELOS et al., 1999). Les *Citrus* par exemple ont une teneur plus importante en huile essentielle lorsque la température

est élevée. Chez *Mentha piperita*, les nuits tempérées favorisent la formation de menthofuranne, alors que les nuits froides favorisent celle du menthol (BRUNETON, 1999).

1.1.5 Rôle physiologique des huiles essentielles dans la plante

Les plantes aromatiques produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante reste inconnu. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la reproduction et la dispersion des espèces végétales puisqu'elles permettent d'attirer les insectes pollinisateurs. Elles jouent un rôle attractif ou répulsif vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes, micro-organismes) (CAPO et *al.*, 1990 ; GUIGNARD, 2000). Elles peuvent paralyser les muscles des agresseurs par les propriétés toxiques des substances qu'elles contiennent (CAPO et *al.*, 1990), mais aussi considèrent comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (BELAICHE, 1979). Elles protègent les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et des champignons. Elles empêchent la dessiccation de la plante (perte d'eau) par évaporation excessive (OUIS, 2015).

1.1.6 Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent avoir d'intéressantes applications dans différents secteurs :

Au cours des dernières années, l'industrie agroalimentaire s'intéresse aux extraits naturels des plantes et principalement aux huiles essentielles comme alternatives aux additifs artificiels, d'une part, pour conserver les aliments et diminuer leur altération et d'autre part pour prévenir et contrôler la croissance des microorganismes (MANGENA et MUYIMA, 1999 ; ZAMBONELLI et *al.*, 2004 ; TAJKARIMI et *al.*, 2010). Ils sont intégrés dans les produits alimentaire talques les boissons non alcooliques, les confiseries, les produits laitiers, les sauces, les boulangeries, ainsi que la nutrition animale (BRUNETON, 2009).

Dans le domaine d'aromathérapie, les huiles essentielles sont utilisées pour soigner, atténuer ou prévenir les infections par inhalation ou bien par application sur la peau à travers des massages pour le traitement du stress, des crampes, du rhumatisme, de la douleur, de la circulation sanguine... etc. Les huiles essentielles les plus utilisées en massage sont celles du basilic (inflammation, rhumatisme), du thym (rhumatisme), de la menthe (antiseptique, douleur, circulation), de lavande (cicatrice, crampes), du laurier (crampes, douleur) (SALVADOR, 2010 ; WILSON, 2010).

Les huiles essentielles sont des ingrédients appréciés dans le domaine des parfums et des cosmétiques. En outre, leurs caractéristiques odorantes en font des ingrédients très utilisées dans la formulation des produits. Les huiles essentielles couramment utilisées comme ingrédients en parfumerie ainsi que dans les produits cosmétiques sont les huiles essentielles de citronnelle, de bois de cèdre, de lavandin, de patchouli, de thym, d'origan (FERNANDEZ *et al.*, 2012).

Dans les médicaments, la fonction des huiles essentielles dépasse l'aromatisation et la production d'antiseptique. Le potentiel thérapeutique de ces composés montre leurs bienfaits dans le traitement du cancer, des problèmes cardiovasculaires, des infections bactériennes, virales, du diabète et dans la lutte contre le stress oxydatif (EDRIS, 2007). Une longue liste des huiles essentielles des plantes est utilisée en médecine, à titre d'exemple celles de l'ail, de l'oignon, du romarin, de sauge, d'origan, d'anise, de la citronnelle, de lavande, du thym...etc (ZAMBONELLI *et al.*, 2004 ; MASCRET, 2010).

1.1.7 Phénomènes physico-chimiques et facteurs produisant l'altération des huiles essentielles

Au cours de l'hydrodistillation, le milieu aqueux possédant un pH compris entre 4 et 7 (résultant de l'immersion du matériel végétal), atteint occasionnellement des valeurs inférieures à 4 pour certains fruits. Les constituants de l'essence native sont soumis aux effets combinés de l'acidité et de la chaleur, et peuvent subir des conversions chimiques (MORIN *et al.*, 1985). L'huile essentielle récupérée est un produit qui diffère sensiblement de l'essence originelle, d'autant plus que l'ébullition est longue et le pH faible. La matière chimique présente dans le végétal fait l'objet de réactions chimiques diverses : hydrolyses, hydratations et cyclisations pouvant être catalysées par des métaux présents à l'état de traces dans la plante, provoquant des transformations chimiques des constituants (KOEDAM, 1982). La dégradation du sabinène en terpinène-4-ol donne un exemple des transformations chimiques des composés de l'huile essentielle lors de l'hydrodistillation (WALLACH, 1907 ; KOEDAM *et al.*, 1980).

1.2 Les polyphénols

1.2.1 Généralités

Les polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes mais avec une répartition quantitative qui varie entre les différents tissus. Plus de 8000 molécules ont été

I. Synthèse bibliographique

identifiées (MOMPON et *al.*, 1998 ; GARCIA-SALAS et *al.*, 2010 ; WAKSMUNDZKA-HAJNOS et SHERMA, 2011). Ils sont participés aux réactions de défense face à différents stress biotiques (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotiques (lumière, rayonnements UV, faible température, carences). Les polyphénols contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (VISIOLI et *al.*, 2000 ; DICKO et *al.*, 2006 ; MUNDA, 2010).

Les polyphénols sont présents partout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de tous les végétaux. Les principales sources alimentaires sont les fruits et les légumes (MIDDLETON et *al.*, 2000).

L'élément structural fondamental qui caractérise les polyphénols est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester, glycoside...etc). (BRUNETON, 1999 ; HENNEBELLE et *al.*, 2004). Ils sont communément subdivisés en acides phénoliques, coumarines, stilbènes, flavonoïdes, lignanes, lignines, tanins (CHEYNIER, 2005). Le tableau 1 qui s'inspire du MACHEIX et *al.* (2005) regroupe les principales classes des composés phénoliques.

Tableau 1 : Principales classes des composés phénoliques.

Classe	Exemple	Origine (exemple)
Phénols simple	Catéchol	
Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïques	Epices, fraise
Acides hydroxycinnamique	Acide caféique, acide férulique	Pomme de terre, Pomme
Coumarines	Scopolétine, esculétine	Citrus
Stilbènes	Resvératrol	Vigne
Flavonoïdes		
Flavonols	Kamphérol, quercétine	Fruits, légumes, fruits
Anthocyanes	Cyanidine, pélargonidine	Fleurs, fruits rouges
Flavanols	Catéchine, épicatechine	Pomme, raisin
Flavanones	Naringénine	Citrus
Isoflavonols	Daidzéine	Soja
Lignanes	Pinorésinol	Pin
Lignines		Bois, noyau de fruits
Tanins		Raisin rouge, kaki

1.2.2 Différentes classes de polyphénols

Les composés phénoliques peuvent être répartis en deux grands groupes : les flavonoïdes et les non- flavonoïdes.

1.2.2.1 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le principal groupe de polyphénols, avec plus de 9000 composés différents qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires (HERNANDEZ, 2009). Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques comprenant 15 atomes de carbone (figure 1) formant une structure C₆-C₃-C₆ (YAO et al., 2004 ; CHIRA et al., 2008 ; TAPAS et al., 2008). Ils constituent des pigments responsables des colorations de différents organes végétaux (GHEDIRA, 2005). Elles sont omniprésentes dans les fruits, les légumes, les graines et d'autres parties de la plante (TSIMOGLIANNINS et OREOPOULOU, 2006). Ils ont des rôles variés dans les plantes en tant que métabolites secondaires, étant impliqués dans les processus de défense contre les UV, la pigmentation (le processus photosynthétique), la stimulation des nodules de fixation de l'azote et la résistance aux maladies (MUKOHATA et al., 1978 ; CHIRA et al., 2008).

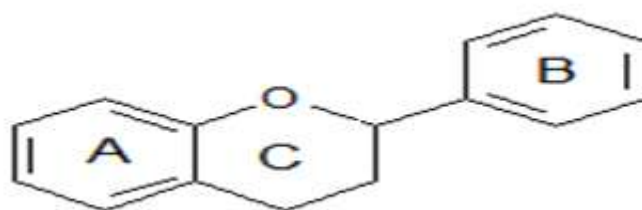


Figure 1 : Structure de base des flavonoïdes (DACOSTA, 2003).

Il existe plusieurs groupes de flavonoïdes, dont les principaux sont les flavonols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines (HAVSTEEN, 2002 ; EDENHARDER et GRÜNHAGE, 2003 ; SADASIVAM et THAYUMANAVAN, 2003 ; PINCEMAIL et al., 2007 ; CHIRA et al., 2008).

1.2.2.2 Les non flavonoïdes

Dont les principaux composés sont : les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (HOFFMANN, 2003).

➤ Acides phénoliques

Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (BENHAMOU, 2012). On

distingue deux classes appartenant à cette sous-famille. Les dérivés d'acide benzoïque et les dérivés d'acide cinnamique (REZAIRE, 2012).

➤ **Stilbènes**

Les stilbènes présents dans de nombreuses familles de plantes supérieures mais les principales sources alimentaires sont le raisin et le vin (SUN et *al.*, 2006). Ces composés se trouvent en petites quantités dans l'alimentation humaine (JEAN-DENIS, 2005 ; BELKHEIRI, 2010).

➤ **Coumarines**

Les coumarines se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres (COWAN, 1999). Dans la cellule, les coumarines sont principalement présentes sous forme glycosylée. Cette glycosylation serait une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques des coumarines sur la cellule et la croissance. Celles-ci sont des molécules de faible masse moléculaire (HOFFMANN, 2003).

➤ **Tanins**

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées, ayant en commun la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de rendre imputrescible. Ces substances ont en effet la propriété de se combiner aux protéines, ce qui explique leur pouvoir tannant. Ils peuvent exister dans divers organes de plante (fruits, graines), mais leurs accumulations plus particulièrement dans les tissus âgés ou d'origine pathologique. On distingue : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (ROUX et CATIER, 2007 ; PENICAUD, 2009).

1.2.3 Localisation des polyphénols dans les plantes

A l'échelle de la cellule, les composés phénoliques sont synthétisés dans le cytosol et sont répartis dans la vacuole et la paroi. Dans la vacuole, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes (BENARD, 2009).

Au niveau tissulaire, la localisation des polyphénols est liée à leur rôle dans la plante. Au sein même des feuilles la répartition des composés est variable, par exemple les anthocyanes et les flavonoïdes sont majoritairement présents dans l'épiderme. Au niveau de la plante entière, il faut noter que certains composés ne sont accumulés que dans des organes bien définis. Chez la pomme par exemple, les composés phénoliques interviennent au niveau

de la coloration de la peau via les anthocyanes, et dans la qualité organoleptique de la chair, notamment pour l'amertume ou l'astringence (BENARD, 2009).

1.2.4 Propriétés biologiques des polyphénols

Les recherches récentes sur les composés phénoliques sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques comme les activités antiallergique, anti-inflammatoire, antimicrobienne, antivirale, anticarcinogénique, cardioprotective, vasodilatatoire et antioxydante (MIDDLETON *et al.*, 2000 ; NIJVELDT *et al.*, 2001 ; KSOURI *et al.*, 2007).

Les flavonoïdes jouent un rôle très important dans le traitement du diabète, des inflammations, des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension (quercétine), des thromboses (flavonols), des allergies et des affections bactériennes et viraux (ANDERSON *et al.*, 1996 ; COWAN, 1999 ; YAO *et al.*, 2004). Ces composés peuvent empêcher les dommages oxydatifs par différents mécanismes d'actions : soit par capture des radicaux libres (HODEK *et al.*, 2002) ; soit par chélation des métaux (le fer et le cuivre) ; soit l'inhibition des enzymes responsables de la génération des radicaux libres (VAN ACKER *et al.*, 1996 ; BENAVENTE-GARCIA *et al.*, 1997).

Les anthocyanes sont également utilisés dans les troubles de la fragilité capillaire (vigne rouge), mais aussi comme diurétiques, et antiseptiques urinaires. (HENNEBELLE *et al.*, 2004 ; ZHANG *et al.*, 2005).

Les tanins sont considérés comme des anti-nutriments grâce aux divers effets nuisibles à savoir la digestion réduite des aliments, la faible biodisponibilité des micronutriments et les dommages du foie (CHUNG *et al.*, 1998). Concernant le pouvoir antioxydant des tanins, cette propriété est très remarquable due à leurs noyaux phénols. Les tanins catéchiques du thé vert sont des puissants extracteurs des radicaux libres (YOSHIDA *et al.*, 1999 ; RAHMAN *et al.*, 2006).

Les coumarines sont utilisées pour leurs propriétés antioxydantes, vasculoprotectrices, neurosédatives, diurétiques, stomachiques et carminatives (ANDERSON *et al.*, 1996 ; HENNEBELLE *et al.*, 2004).

Les acides phénols tels que l'acide gallique et l'acide chlorogénique sont considérés comme responsables de l'activité cholérétique et les propriétés antipyrétiques, anti-inflammatoires et antioxydantes (BOSSOKPI, 2002 ; HENNEBELLE *et al.*, 2004). Pour

l'acide caféique, il se montre très efficace contre les virus, bactéries et champignons (COWAN, 1999 ; LEE et *al.*, 2005).

1.3 Les procédés d'extraction des substances bioactives

Parmi les techniques classiques pour l'extraction des métabolites secondaires des végétaux on trouve l'extraction par Soxhlet, l'hydrodistillation et la macération. Ces techniques sont basées sur le choix du solvant, la température et l'agitation (DAPKEVICIUS et *al.*, 1998). De nombreux facteurs, tels que la composition du solvant, le temps d'extraction, la température, le pH, le rapport solide / liquide et la taille des particules, peuvent influencer de façon significative l'extraction solide-liquide (DURLING et *al.*, 2007). La polarité des polyphénols va de polaire à non polaire, pour leur extraction, une large gamme de solvants (Eau, Acétone, Méthanol, Ethanol ou leurs mélanges avec de l'eau) a été étudiée (WANG et *al.*, 2004). Il ya des autres méthodes innovatrices comme l'extraction au CO₂ supercritique et l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes seront décrit pour réduire considérablement la consommation de solvants et accélérer le processus d'extraction (KLEJDUSA et *al.*, 2009).

1.3.1 Extraction par l'eau

Les opérations d'extractions solide-liquide regroupent plusieurs méthodes (figure 2) consistant toutes à faire interagir le solvant sur le matériau solide afin de dissoudre ses composants solubles. On compte plusieurs méthodes d'extraction des principes actifs hydrosolubles des plantes.

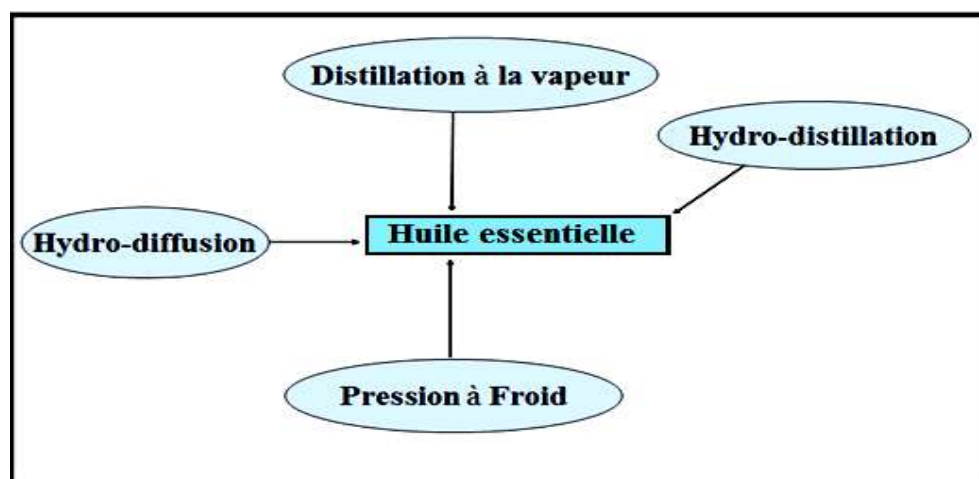


Figure 2 : Différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles par l'eau.

L'hydrodistillation est la méthode la plus simple, et la plus utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le

I. Synthèse bibliographique

tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité (figure 3).

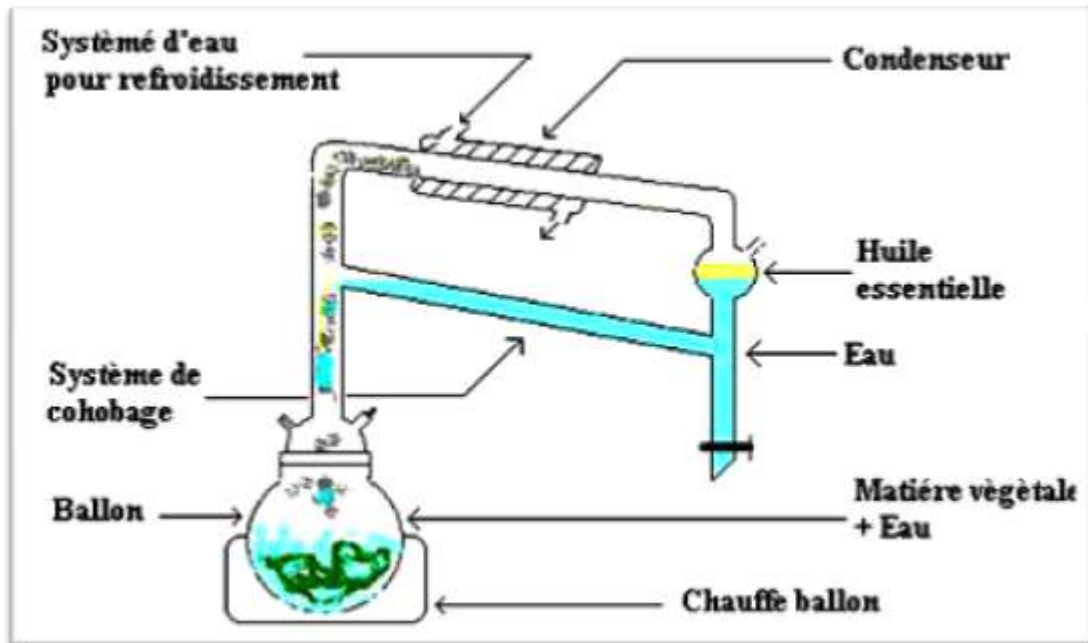


Figure 3 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile (EL KALAMOUNI, 2010).

Il y a d'autres techniques qui sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles comme l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion et l'expression à froid.

1.3.2 Extraction par solvants

Certains procédés d'extraction ne permettent pas d'obtenir des huiles essentielles à proprement parler mais des concrètes (figure 4). Il s'agit d'extraits de plantes obtenus au moyen de solvants non aqueux. Ces derniers peuvent être des solvants usuels utilisés en chimie organique (hexane, éther de pétrole) mais aussi des graisses, des huiles (absorption des composés volatils lipophiles par des corps gras) ou même encore des gaz. 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, des acides gras ...etc. (RICHARD, 1992 ; ROBERT, 2000).

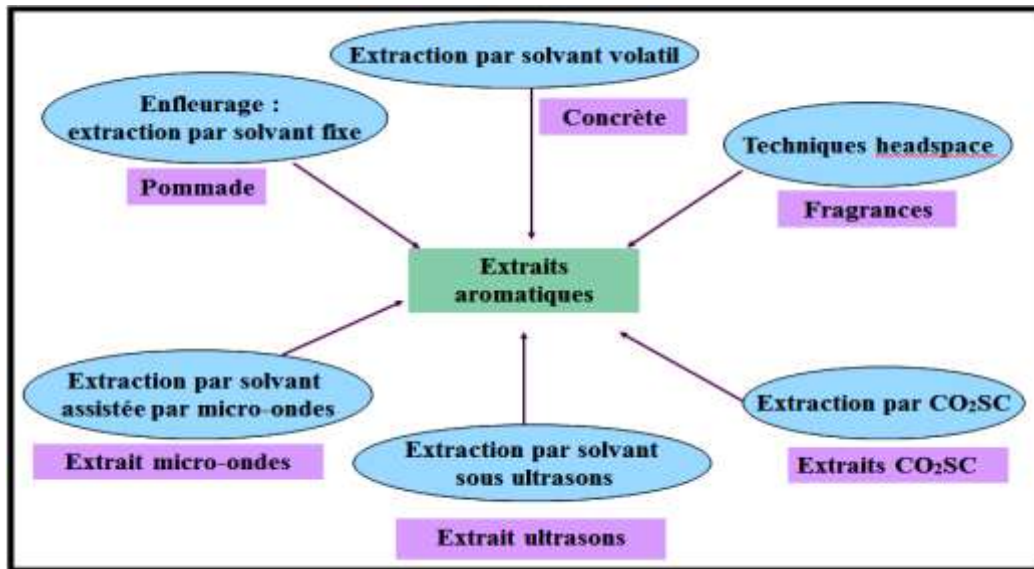


Figure 4 : Différentes techniques d'extraction par solvant.

Parmi les techniques d'extraction, on peut citer l'extraction par solvant organique (Soxhlet), l'enfleurage, extraction au CO₂ supercritique et la technique de l'espace de tête.

2. La famille des Apiacées

2.1 Généralités

Apiacées anciennement appelées Umbellifères, c'est une famille relativement homogène, caractérisée par son inflorescence typique, qui est l'ombelle. Il s'agit de plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces, parfois arbustives. Les feuilles sont alternes, composées. Souvent, les pétioles sont élargis à leur base, engainant la tige. La tige est souvent creuse, les fleurs sont réunies en ombelles simples ou composées, munies de bractées appelées involuclles à la base. Le calice est constitué de cinq sépales (5S), La corolle est constituée de cinq pétales libres (5P), de type actinomorphe. Androcée est composé de cinq étamines (5E), gynécée ou pistil est composé de deux carpelles (2C). Les fruits sont formés de 2 méricarpes accolés à un axe central, le carpophore, se séparant à maturité (DEYSSON, 1979 ; OZENDA, 1991 ; BOTINEAU, 2010). 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 Apiacées lorsqu'on les écrase (OZENDA, 1983).

I. Synthèse bibliographique

2.2 Classification de la famille des Apiacées

La famille des Apiacées appartient au sous- embranchement des *Euangiospermes* (plantes à fleurs), à la classe des *Eudicotylédones* (embryons à deux cotylédons), à la sous classe des *Astériidae* et à l'ordre des *Apiales* (tableau 2) (GUIGNARD, 1989).

Tableau 2 : Classification de la famille des Apiacées.

Règne	<i>Eucaryote</i>
Sous-règne	<i>Cormophytes</i>
Embranchement	<i>Spermatophytes</i>
Sous-embranchement	<i>Euangiospermes</i>
Classe	<i>Eudicotylédones</i>
Sous-classe	<i>Astériidae</i>
Ordre	<i>Apiales</i>
Famille	<i>Apiaceae</i>

2.3 Répartition de la famille des Apiacées

Cette vaste famille rassemble 3500 espèces réparties en 446 genres (BOITINEAU, 2010), mais elle est particulièrement représentée dans les régions tempérées de l'hémisphère nord et des montagnes tropicales (figure 5 et tableau 3).

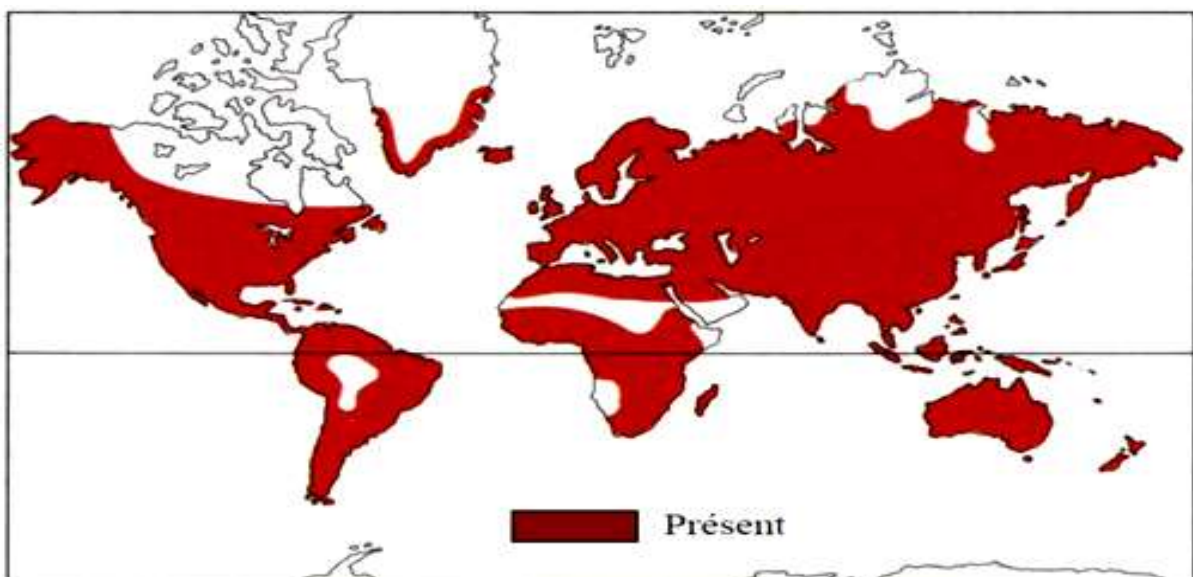


Figure 5 : Répartition géographique mondiale des Apiacées (PIMENOV et LEONOV, 1993).

Tableau 3 : Répartition mondiale des genres d'Apiacées (PIMENOV et LEONOV, 1993).

Continent	Genres	Endémiques
Australie	36	11
Afrique	126	50
Europe	139	29
Amérique	197	52
Asie	265	159

Les genres de la famille d'Apiacées présentent une répartition entre les divers continents, avec une prédominance pour le continent asiatique avec 265 genres suivi par L'Amérique et l'Europe par 197 et 139 genres respectivement.

En Algérie la famille des Apiacées occupe une place importante dans la flore algérienne où elle est représentée par 56 genres, 130 espèces (dont 24 endémiques) et 26 sous espèces (QUEZEL et SANTA, 1963). Un simple regard du contenu de cette liste selon tableau 1 (Annexe 1) permet de constater la diversité générique algérienne de cette famille, qu'il représenté par 5 espèces du genre de *Deverra* (*D. reboudii*, *D. scoparia*, *D. battandieri*, *D. denudata* et *D. triradiata*).

2.4 Intérêt de la famille des Apiacées

L'étude des Apiacées est très intéressante pour les types de produits chimiques qu'elles contiennent, qui doivent certainement trouver leurs applications dans la médecine populaire ou dans la médecine moderne. Certaines espèces ont été utilisées pour leurs propriétés antibactériennes, hepato-protectrices, vasorelaxantes, antitumorales, antioxydantes et anti-inflammatoire (OROOJALIAN et al., 2010). D'autres comme toniques, diurétiques, stimulants, cardiovasculaires, etc. (RODRIGUEZ et al., 1976 ; EVANS et al., 1980 ; VALENTE et al., 2015).

Les plantes de la famille des Apiacées telles que l'aneth (*Anethum graveolens* L.), l'anis (*Pimpinella anisum* L.), l'angélique (*Angelica archangelica* L.), le carvi (*Carum carvi* L.), la coriandre (*Coriandrum sativum* L.) et le fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.) ont une importante activité antispasmodique (BRUNETON, 2009). Quelques genres contiennent des plantes décoratives utiles, y compris *Hedera* (lierre commun), et *Schefflera* (magnolier) (WOOD, 1974).

I. Synthèse bibliographique

Certaines plantes de la famille des Apiacées peuvent être utilisées comme aliments. Les racines de la carotte (*Daucus carota* L.), du panais (*Pastinaca sativa* L.), et du céleri (*Apium graveolens* L.) peuvent être consommées ainsi que les feuilles de persil (*Petroselinum crispum* L.) et de céleri. Le cerfeuil (*Anthriscus cerefolium* L.) est utilisé en tant que condiment (le cumin, *Cuminum cyminum* L.). Les souches et le pétiole d'angélique (*Angelica archangelica* L.) sont utilisés en confiserie car riches en glucides, des plantes médicinales (le khella, *Ammi visnaga* L.), ainsi que des plantes toxiques (la grande ciguë, *Conium maculatum* L.) (BRUNETON, 2009 ; BOTINEAU, 2010).

2.5 Présentation du genre *Deverra* DC.

Le genre *Deverra* DC. Ou *Pituranthos* Viv. est une plante vivace totalement aphyllé, possède plus de vingt espèces (tableau 4), dont la plupart d'entre elles, sont souvent très ramifiées et se caractérisent par des tiges sous forme de joncs, sans feuilles ou presque et par des petits fruits de moins de 3 mm de taille (ASHKENAZY et al., 1983 ; OZENDA, 2004).

Tableau 4 : Répartition des espèces du genre *Deverra* (DOBIGNARD et CHATELAIN, 2011).

<i>Deverra</i>	Mad	Can	Mau	Mar	Alg	Tun	Lib	Egy
Total	0	0	2	6	5	3	3	2
Endémique	-	-	-	1	-	-	1	-

Mad : Archipel de Madere (Portugal) ; **Can:** Archipel des Iles Canaries(Espagne) ; **Mau:** Mauritanie ; **Mar:** Maroc ; **Alg:** Algérie ; **Tun:** Tunisie ; **Lib:** Libye ; **Egy:** Egypte

Les données présentées dans le tableau 4 indiquent que le nombre des espèces de genre *Deverra* dépassent 20 espèces qui sont réparties dans l'Afrique du nord avec une prédominance pour le Maroc et l'Algérie avec 06 et 05 espèces, respectivement.

2.5.1 Usages traditionnels de *Deverra* DC.

Plusieurs auteurs ont démontré l'utilisation des espèces de *Deverra* en médecine traditionnelle (VERITE et al., 2004 ; HAMMICHE et MAIZA, 2006 ; BENMEKHBI et al., 2008 ; YANGUI et al., 2008 ; KRIFA et al., 2011 ; LOGRADA et al., 2013).

D. denudata est employé, en cataplasmes sur la tête, contre les céphalées (BELLAKHDAR, 1997). Les Touaregs mangent les jeunes pousses et l'intérieur des racines crues, ils l'utilisent comme aromatisant dans la viande et la galette (BOUTAGHANE et al., 2004 ; IUCN, 2005). Elle est également utilisée dans les assaisonnements (VERITE et al.,

I. Synthèse bibliographique

2004 ; IUCN, 2005 ; BENMEKHBI et *al.*, 2008). Les tiges de *D. denudata* ont été, utilisés comme paille par les agriculteurs pour sécher les figues et les raisins. Cette plante a un double avantage : tout d'abord, elle est utilisée pour son arôme et le goût distinctif qui adhère aux fruits secs. Ensuite, elle a un effet insecticide. Dans le sud tunisien, une touffe de *D. denudata* était suspendue à la surface de l'eau pour désinfecter des citernes de stockage de l'eau de pluie utilisée pour les boissons (YANGUI et *al.*, 2008). Dans la steppe algérienne, les éleveurs les utilisent pour traiter leurs moutons (DAHIA et *al.*, 2007).

Les Touaregs du sud d'Algérie utilisent également les tiges sèches de *D. scoparia* dans la préparation de poudre contre les morsures de reptiles et, en infusion, elle aide à digérer et avec ses tiges, on tresse des claies pour y égoutter le fromage. On met également des branchettes sur la viande pour la parfumer (BENCHELAH et *al.*, 2000).

Plusieurs espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de quelques maladies : asthme, rhumatismes, fièvres, hépatite, diabète et difficultés digestives (BOUKEF, 1986 ; HAMMICHE et MAIZA, 2006 ; KRIFA et *al.*, 2011). A titre exemple, Les espèces *D. triradiata* et *tortuosa*, sont utilisées par la population bédouine contre les douleurs d'estomac, les parasites intestinaux ou comme agent régulateur de la menstruation chez les femmes (Novak et *al.*, 1966).

2.5.2 Toxicité de *Deverra* DC.

Les nomades connaissent le haut pouvoir allergisant des plantes du genre *Deverra* pour les animaux, en période de leur floraison (BELLAKHDAR, 1997). En effet, le pollen des espèces *D. denudata* et *D. scoparia* engendrent des ophtalmies graves, quand il pénètre dans les yeux des animaux. Le dromadaire en particulier y est très sensible. Très allergisant, ce pollen rend les animaux aveugles pendant plusieurs jours. Les nomades traitent ces ophtalmies en instillant dans les yeux du dromadaire, du jus de tabac ou en introduisant du sel sous les paupières (BELLAKHDAR, 1997). Cette plante toxique est évitée par les moutons pendant la floraison, ceci étant lié probablement à la présence d'alcaloïdes (HABA et *al.*, 2004).

2.5.3 Phytochimique du *Deverra* DC.

Les plantes du genre *Deverra* ont fait l'objet de nombreuses investigations phytochimiques et pharmacologiques. Elles ont permis d'identifier d'un nombre important de métabolites secondaires validés par des tests biologiques.

I. Synthèse bibliographique

Une étude a été effectuée sur les racines de l'espèce *D. scoparia* (HABA et al., 2004) a permis d'isoler un acide gras (acide oléique) et deux nouveaux composés isocoumariniques : hydroxy-6methoxy-5propyl-3isocoumarine et dimethoxy-5,7hydroxy-6propyl-3 isocoumarine. Les résultats ont montré l'action d'inhibition compétitive de l'enzyme carboxylestérase de ce composé (DJERIDANE et al., 2008). Cinq flavonoïdes ont été isolés à partir de l'extrait butanolique de la partie aérienne de *D. scoparia* de la région de Ghardaïa : L'apigénine-7- O-glycoside, l'apigénine 7-O-rhamnoside, l'isorhamnetine-3-O-rutinoside, l'isorhamnetine-3-O-glycoside et l'apigénine-6,8-di C-glycoside. Cet extrait a donné une forte inhibition des germes *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, avec des zones d'inhibition de 30 mm de diamètre (BENMEKHBI et al., 2008). Les huiles essentielles des parties aériennes de *D. scoparia* obtenues par hydrodistillation ont révélé la présence d'hydrocarbures monoterpéniques et certains composés oxygénés. Les composants principaux sont l' α -pinène (4.4 à 35.8 %), le limonène (0.8 à 66.5 %), l'acétate de bornyle (tr-9.6 %), myristicine (tr-31.1 %) et l'aneth apiole (0.4 à 47.3 %) (GOURINE et al., 2011). L'activité acaricide contre le ravageur *Tetranychus urticae* Koch. de l'huile essentielle de *D. scoparia* a été étudiée par ATTIA et al., (2011). L'analyse par GC et GC-MS des huiles a montré que l' α -pinène (31,95 %), le sabinène (17,24 %) et δ -3-carène (16,85 %) sont les composés majeurs. Les 10 principaux constituants de l'huile ont été testés individuellement contre *T. urticae* femelles. La toxicité la plus puissante a été trouvée avec l' α -pinène, δ -3-carène, et le terpinène-4-ol.

L'étude effectuée par SINGAB et al. (1998) sur l'espèce *D. tortuosa* a permis identifiés quatre composés flavoniques: isorhamnetine, chrysoériol, isorhamnetine 3-O-glucoside et isorhamnetine 3-O-rutinoside. Une autre étude sur la même espèce a été réalisée par ABDELWAHED et al. (2006) sur les parties aériennes. Cette étude à permis d'extraire l'huiles essentiels ou 11% de sabinène, 10.9% de limonene, 7% de p-cymène, 5.5% de α -pinène et 26.2% de myrtenol majoritaire au mois de novembre où 39.6% de terpinène-4-ol au mois d'Avril. Des essais antimicrobiens ont montré que l'huile essentielle au mois de novembre est plus efficace que celle obtenu au mois d'avril contre les bactéries *Enterococcus faecalis* et *Staphylococcus aureus*.

Une étude chimique de l'extrait n-butanolique de l'espèce *D. denudata* collectée dans la région de Hoggar a permis d'isoler quatre flavonoïdes glucosidiques (TOUIL et al., 2006). Quatre coumarines connues : xanthotoxol, umbelliférone, isopimpinelline et bergaptène, ont été isolées à partir des pousses de *D. triradiata* d'Egypt (HALIM et al., 1995). La

composition chimique de l'huile essentielle de *D. denudata* a été étudiée par GC et GC-MS. Les principaux constituants identifiés sont la myristicine (27.4 %), le limonène (15.8 %), l' α -pinène (11.4 %) et l' α -phéllandrène (8.3 %) (DAHIA et al., 2007).

L'étude phytochimique de l'extrait n-butanolique de l'espèce *D. battandieri* (Maire) Chrtek, a permis d'isoler et d'élucider la structure du mannitol, xanthotoxol, Le 8- (6, 7-dihydroxygéranyloxy) -psoralène et l'isorhamnetin 3-O- β -D-glucopyranoside (cacticine) (ESSEID et al., 2017). L'huile essentielle de la partie aérienne de *D. battandieri* (Maire) Chrtek., a été obtenu par distillation à la vapeur et analysé par GC et GC-MS, Les principaux constituants identifiés étaient le myrcène (8,9%), l' α -phéllandrène (17,5%), l' α -terpinène (14%), l' α -cymène (11,6%), le β -phéllandrène (3,5%), l'oxyde cis-linalol (furanolide) (5,9%) et trans- β -caryophyllène (3,4%) (ESSEID et al., 2016).

2.5.4 Classification botanique de *Deverra* DC.

En Algérie, ce genre dénommé « Guezzah » comporte cinq espèces endémiques de l'Afrique du Nord. Il s'agit de : *Deverra battandieri* (Maire) Chrtek ; *Deverra denudata* (Viv.) Pfisterer & Podlech ; *Deverra reboudii* Coss. & Durieu ; *Deverra scoparia* Coss. & Durieu et *Deverra triradiata* Hochst. Ex Boiss (PFISTERER et PODLECH, 1986 ; DOBIGNARD et CHATELAIN, 2011).

➤ *Deverra scoparia* (Coss et Durieu)

Deverra scoparia Coss. & Dur. est une plante vivace, à tige jaunâtre, en touffes, ramifiées dans le haut, simples et parallèles entre elles dans leur moitié inférieure, portant des ombelles latérales ; pédoncules souvent, courts ; pétales blancs à nervures étroites (OZENDA, 1983). Il s'agit d'une espèce endémique nord-africaine, commune dans la partie nord du Sahara (réputée rare, plus au sud). On l'observe pourtant très fréquemment sur le plateau du Tassili des Ajjers et dans le Hoggar, surtout dans le lis d'oueds caillouteux (LE HOUEROU, 1995 ; BENCHELAH et al., 2000 ; ABDALLAH et SAHKI, 2004). Espèce particulièrement présente avec deux sous-espèces ; *Deverra scoparia* subsp. *Scoparia* et *Deverra scoparia* subsp. *Tripolitana* (PFISTERER et PODLECH, 1986).

➤ *Deverra battandieri* (Maire) Chrtek

C'est une plante de 40-80 cm d'hauteur, est endémique au Sahara marocain et en Oranie (OZENDA, 1958 ; BELLAKHDAR, 1997 ; EL OUALIDI et al., 2012). Les feuilles basales sont toujours persistantes sous les tiges. Les tiges grêles sont à ramification plus ou

moins étalées, développées et persistantes avec 1-3 séquées. Elle se localise dans les rocailles, pâturages désertiques (QUEZEL et SANTA, 1963).

➤ ***Deverra denudata* (Viv.) Pfisterer & Podlech**

C'est une plante dont les tiges sont ramifiées dès la base, plus ou moins dichotomes et portant des ombelles longuement pédonculées ; pétales verdâtres à nervures dorsales pubescentes et larges, fruits poilus. Elle est commune dans tout le Sahara septentrional et occidental jusqu'à El Golea et au Tademait au sud (OZENDA, 1958). Cette espèce est présente avec deux sous-espèces : *Deverra denudata* subsp. *Denudata* et *Deverra denudata* subsp. *Aphylla* (PFISTERER et PODLECH, 1986).

➤ ***Deverra triradiata* Hochst. Ex. Boiss**

Cette plante vivace est de couleur jaune-vert de 35 - 100 cm de haut, glabre avec des tiges dressées, branches juncacées, peu ramifiées alternativement, robustes et des feuilles caulinaires fortement réduites à de courtes gaines ovales-triangulaires. Les feuilles inférieures sont à 1 cm de long ou parfois traqué un peu plus longtemps. Ses ombelles avec 3-6 rayons glabres inégaux (5-15 mm de long) ; bractées précocement caduques ; celles partielles ont 3-6 fleurs, pédicelles inégaux (2 mm de long), blanchâtres à poils courts ; bractéoles caduques. Les fruits sont étroitement ovoïdes ou oblongs de 4-5 mm de long, à poils denses, à poils de $\pm 0,5$ mm de long, méricarpes trois fois plus longs que larges (CHRTEK et al., 1984). Les pétales sont jaune pâles ou verdâtre. L'espèce se divise en trois sous-espèces ; *Deverra triradiata* subsp. *intermedia*, *Deverra triradiata* subsp. *triradiata* et *Deverra triradiata* subsp. *Musili* (PFISTERER et PODLECH, 1986).

2.6 *Deverra reboudii*

➤ **Description botanique de la plante**

Deverra reboudii Coss. & Durieu (figure 6), sujet de la présente étude, est une plante de 20 à 40 (-50) cm de haut (PFISTERER et PODLECH, 1986), vivace, très rare et endémique de l'Afrique du Nord. Elle se caractérise par des tiges prostrées avec une souche ligneuse ramifiée émettant de nombreuses rosettes de feuilles inférieures (environ 1-3 cm), généralement triséquées. Il existe d'autres feuillages supérieurs, caulinaires et linéaires. Les ombelles terminales et latérales sont courtement pédonculées. Elles sont larges (2-3 cm) avec 2-7 rayons. Elle se localise dans les zones de pâturages arides de Djelfa (QUEZEL et SANTA, 1963).



Figure 6 : Steppe à *Deverra reboudii* (Aïn el Bell, 2019).

3. Les activités biologiques

Les plantes aromatiques et médicinales ont beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules bioactives, elles ne cessent de prouver des activités biologiques intéressantes pour l'homme et pour son environnement.

3.1 Activité antimicrobienne

3.1.1 Généralités

Ces dernières années, il y a un grand intérêt pour la découverte de nouveaux agents antimicrobiens, due à une augmentation alarmante du taux des infections avec les microorganismes résistant aux antibiotiques. Une des approches courantes pour la recherche des substances biologiquement actives est le criblage systématique des plantes, qui sont des sources de beaucoup d'agents thérapeutiques utiles. En particulier, l'activité antimicrobienne d'huiles essentielles et des extraits de plantes ont formé la base de beaucoup d'applications, y compris, pharmaceutiques, médicales et agro-alimentaires.

3.1.2 Les plantes et leurs composés antimicrobiens

Un antibiotique est défini comme un composé chimique produit par des organismes vivants, capable d'inhiber la croissance microbienne même en faibles concentrations (EVANS, 1989). Cette définition est limitée à des antibiotiques produits par des micro-organismes, mais celle-ci peut être étendue pour inclure des substances similaires présentes dans les plantes supérieures. Les plantes ont de nombreuses façons de générer des composés antimicrobiens pour les protéger contre les pathogènes (KUC, 1990). Les surfaces végétales externes sont souvent protégées par des biopolymères tel que les cires, les esters d'acides gras comme la subérine et la cutine. En outre, les tissus externes peuvent être riches en composés phénoliques, alcaloïdes, terpénoïdes et d'autres composés qui inhibent le développement de champignons et de bactéries (KUC, 1985). Depuis la découverte des antibiotiques, l'utilisation de dérivés de plantes comme agents antimicrobiens a été pratiquement inexistante, mais la nécessité de résoudre le problème des résistances a motivé l'initiation de nouvelles recherches dans le domaine. Les dépenses dans le monde entier sur la recherche de nouveaux agents anti-infectieux ont augmenté de 60% à partir de 1993, et les sources végétales sont devenues spécialement l'objet de recherches scientifiques (GRAYNER et *al.*, 1994).

3.1.3 Mécanisme de l'effet antimicrobien

Il est sans doute très complexe, peut impliquer de multiples modes d'actions tels que l'inhibition des enzymes extracellulaires microbiennes, la séquestration de substrat nécessaire à la croissance microbienne ou l'inhibition du métabolisme microbien (MILANE, 2004), la perturbation de la membrane cytoplasmique (ce qui cause une fuite des composants cellulaires), l'influence sur la synthèse de l'ADN et de l'ARN (ZHANG et *al.*, 2009), des protéines et des lipides (GANGOUE, 2007). Le mode d'action des agents antimicrobiens dépend également du type de micro-organismes et de l'arrangement de la membrane externe.

3.1.4 Méthodes de la détermination de l'activité antibactérienne

3.1.4.1 Technique en milieu solide (Méthode de diffusion)

Cette méthode est aussi appelée méthode de l'aromatogramme (PIBRI, 2006).

➤ Méthode de diffusion par disque

La méthode de diffusion par disque est souvent la plus utilisée pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne, elle est semblable à l'antibiogramme qui permet de tester les antibiotiques. Cette méthode consiste à déposer un disque stérile (6 mm de diamètre), imbibé

d'huile essentielle ou l'extrait a testé, sur la surface de géloseensemencée de bactérie, puis les géloses sont incubées dans les conditions optimales de température pendant 24 à 48 h. L'obtention d'un halo clair autour du disque montre la zone où les bactéries n'ont pas pu se développer. Le diamètre de la zone d'inhibition est mesuré en mm traduisant l'activité antimicrobienne (BENKEBLIA, 2004 ; TAJKARIMI *et al.*, 2010 ; HANIF *et al.*, 2011).

➤ **Méthode des puits**

Le principe de cette technique est semblable à la méthode de disque, mais ce dernier est remplacé par des puits creusés stérilement sur la géloseensemencée (WAN *et al.*, 1998). Ces deux méthodes (des disques et des puits) sont largement employées pour l'indication qualitative de la sensibilité ou la résistance des micro-organismes. Des études plus approfondies seront nécessaires afin de pouvoir quantifier en termes de concentrations par les méthodes de dilution.

3.1.4.2 Technique en milieu liquide (Méthode de dilution)

Le but des méthodes de dilution en bouillon et en gélose est de déterminer la concentration la plus faible de l'antimicrobien testé qui inhibe la croissance de la bactérie testée (la CMI, habituellement exprimée en mg/ml ou mg/L). La CMI par définition correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance bactérienne (BURT, 2004 ; OUSSALAH *et al.*, 2007). La technique consiste à introduire l'inoculum dans une gamme de concentration décroissante en huile essentielle ou l'extrait. L'ensemble des tubes inoculés est incubé à la température optimale de la croissance du germe pendant 24 à 48 h. Après incubation, l'observation de la gamme permet d'accéder à la CMI de l'huile essentielle ou l'extrait qui est le premier tube dépourvu de croissance bactérienne. Différentes techniques de dilution sont utilisées pour la détermination de la CMI, à savoir la macrodilution en milieu liquide (SINGH *et al.*, 2011), la microdilution en milieu solide (PONCE *et al.*, 2003) et la microdilution en milieu liquide (COSENTINO *et al.*, 1999).

3.2 Activité antioxydante

3.2.1 Généralités

Les domaines de l'industrie alimentaire et cosmétique connaissent de vrais problèmes à cause de l'utilisation des produits industriels qui protègent contre l'oxydation. Ceci implique l'ajout des antioxydants synthétiques dans la formulation des produits alimentaires qui peut prévenir ou ralentir le processus d'oxydation. Les antioxydants synthétiques tels que

hydroxyanisole butylé (BHA) et l'hydroxytoluène butylé (BHT), sont assez volatils et se décomposent rapidement à des températures élevées en plus de sérieux problèmes dus à leur toxicité (LINDERSCHMIDT et *al.*, 1986). La combustion de nutriments dans nos cellules corporelles est également un processus de décomposition de ces substances, nécessitant pour cela de l'oxygène et produisant de l'énergie (chaleur). Il s'agit ici d'une oxydation souhaitée. Par contre, l'oxygène est responsable d'un nombre de processus d'oxydation suivi de mauvaises conséquences comme le stress oxydatif, la détérioration de la qualité des aliments ainsi que le désordre de la santé humaine qui est relié à l'oxydation des molécules biologiques et à l'apparition des « radicaux libres » (GARCIA PLAZAOLA et *al.*, 1999). Il est alors recommandé de trouver des antioxydants naturels qui minimisent ces dégâts.

3.2.2 Radicaux libres

Les radicaux libres sont des composés très réactifs comportant un électron célibataire et nécessaire à des mécanismes vitaux. Ils favorisent habituellement le bon fonctionnement de l'organisme (BARTOSZ, 2003) mais, ils deviennent nocifs quand ils sont en excès et induisent certains dommages au niveau de la structure des protéines, des lipides et des acides nucléiques (POURRUT, 2008) en entraînant un stress oxydant qui contribue aux processus de vieillissement cellulaire accéléré et au développement de pathologies humaines telles que les maladies cardiovasculaires, les cancers, l'artériosclérose, ils auront un effet visible sur le vieillissement de la peau. L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé « espèces réactives de l'oxygène » (EOR). Cette appellation inclut les radicaux libres et certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le peroxynitrite ($ONOO^-$) (FAVIER, 2003 ; NEGRE-SALVAYRE et *al.*, 2005).

3.2.3 Le stress oxydant

Le stress oxydatif est un état au cours duquel des substances oxydantes interviennent sur la capacité de défense anti oxydative de la cellule (MORELLE, 2003). Les molécules pro-oxydantes ou radicaux libres ou espèces réactives de l'oxygène (EOR) produites quotidiennement dans l'organisme sont contrôlées par les antioxydants. Un stress oxydatif survient lorsque l'équilibre est rompu en faveur des radicaux libres. Toutefois, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (Figure 7) (BAUDIN, 2006 ; CHRISTOPHE et *al.*, 2011).

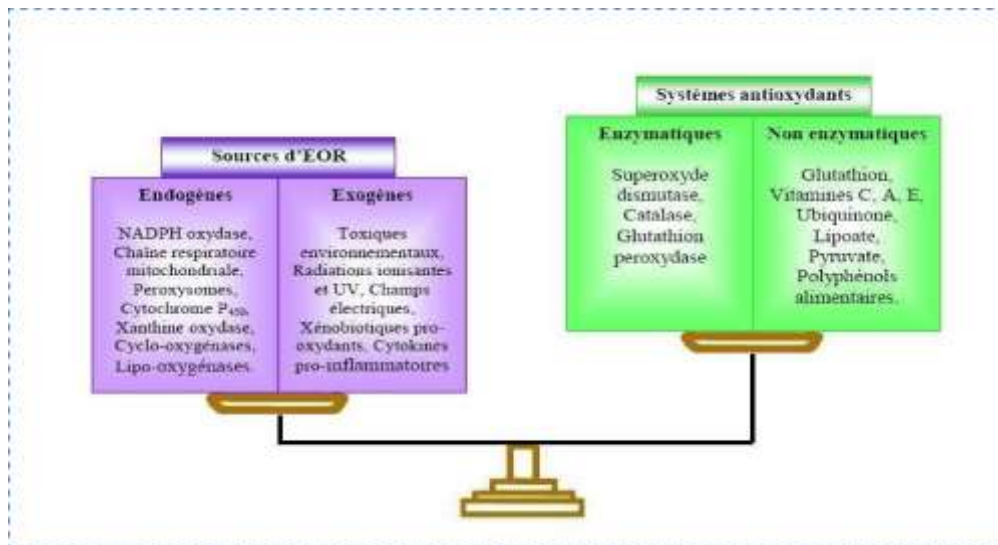


Figure 7 : Balance radicaux libres /antioxydants (SHIMIZU, 2004).

3.2.4 Les antioxydants

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui, à faibles concentrations en présence du substrat oxydable, ralentit ou empêche significativement l'oxydation des substrats matériels.

3.2.4.1 Antioxydants d'origine naturelle

Ils peuvent se comporter comme des piègeurs des radicaux libres. Du fait de leur petite taille, ils peuvent en effet pénétrer facilement au cœur des cellules et se localiser à proximité des cibles biologiques. Ce type d'antioxydants regroupe un grand nombre de substances hydrophiles ou lipophiles et ils sont en partie produits par l'organisme au cours de processus biosynthétiques. Les antioxydants naturels les plus connus et les plus importants comprennent majoritairement l'acide ascorbique, les vitamines C et E (Tocophérols), les caroténoïdes et des composés phénoliques (MCCALL *et al.*, 1999 ; LEOPOLDINI *et al.*, 2011).

3.2.4.2 Antioxydants synthétiques

L'anhydride sulfureux (ou dioxyde de soufre SO₂) et ses combinaisons minérales ont été utilisés comme premiers antioxydants des vins et des bières, mais ces composés possèdent un caractère fortement allergisant (JUST *et al.*, 2005). Actuellement, l'utilisation du BHA et du BHT est remise en question en raison des risques toxicologiques de ces deux composés. On trouve aussi d'autres composés comme le gallate de propyle (E310), le gallate d'octyle (E311)...etc. (ZEKRI, 2017).

3.2.5 Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes sont disponibles pour mesurer l'activité antioxydante des aliments et les systèmes biologiques (ALI et *al.*, 2008 ; SCHERER et *al.*, 2009). Elles peuvent être classées en deux groupes selon deux mécanismes : soit par le transfert d'atome d'hydrogène, soit par le transfert d'un simple électron (SANCHEZ-MORENO, 2002 ; HUANG et *al.*, 2005).

Les techniques du premier groupe sont employées pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique. La quantification de cette propriété est exprimée par la mesure du degré d'inhibition de l'oxydation (SANCHEZ-MORENO et *al.*, 1998). Alors que, les méthodes du deuxième groupe sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. Elles comportent le balayage du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), de l'acide hypochloreux (HOCl), de l'hydroxyle (HO), des anions superoxyde (O₂⁻), du peroxyde (ROO) et de l'oxyde nitrique (NO) (SANCHEZ-MORENO, 2002). Parmi ces techniques, nous citons :

La méthode d'ORAC (Capacité d'absorbance du radical de l'oxygène) (CAO et *al.*, 1993); La méthode d'ABTS (2,2-azinobis (3-éthyle-benzothiazoline-6-sulphonate) ou TEAC (Capacité antioxydante équivalente de Trolox) (MILLER et *al.*, 1993); La méthode FRAP (Capacités réductrices ferriques d'antioxydants) (BENZIE et *al.*, 1996) ; La méthode du radical DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) (BRAND-WILLIAMS et *al.*, 1995); La méthode TRAP (Paramètre du piégeage du radical total) (WAYNER et *al.*, 1985); le test de blanchiment de β-carotène (BOCCO et *al.*, 1998).

Le plus souvent il faut combiner les réponses de tests différents et complémentaires pour avoir une indication sur la capacité antioxydante de l'échantillon à tester (TABART et *al.*, 2009).

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1 Matériel végétal

La récolte de la plante entière *Deverra reboudii* (figure 8) a été faite durant la période de floraison en juillet 2015 dans la localité d'Aïn el Bell située au sud de Djelfa (sud d'Algérie). Le séchage de la plante a été effectué naturellement à l'abri de la lumière et de l'humidité sur du papier.



Figure 8 : *Deverra reboudii* (Aïn el Bell, 2019).

1.2 Produits chimiques et micro-organismes utilisés

Les produits chimiques utilisés dans la présente étude sont tous de grade analytique : Tampon phosphate (0,2M, pH 6,6), ferricyanure de potassium ($K_3Fe(CN)_6$), acide trichloracétique, l'acide gallique, Folin-Ciocalteu, quercétine, $NaNO_2$, $NaOH$, 2,2- phényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), hydroxyanisolebutylé (BHA), acide ferreux heptahydraté ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) (St. Louis, MO, USA), carbonate de sodium (Na_2CO_3), chlorure de sodium, acide trichloroacétique (TCA), chlorure ferrique ($FeCl_3$). Peptone, Extrait de levure, $NaCl$, l'agar, milieu déshydraté (BK026), l'eau distillée ou déminéralisée. Les souches bactériennes et fongiques utilisées dans le présent travail sont des contaminants et des pathogènes, largement rencontrés dans diverses pathologies de l'homme (tableau 5).

II. Matériel et méthodes

Tableau 5 : Différentes souches bactériennes et fongiques utilisées dans le test antimicrobien

Groupes de germes	Espèces	Codes de référence
Gram +	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923
	<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 11778
	<i>Enterococcus faecalis</i>	ATCC49452
	<i>Bacillus subtilis</i>	ATCC21332
Gram -	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 13883
	<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC13311
	<i>Candida albicans</i>	ATCC10231

2. Méthodes expérimentales

2.1 Contexte physique

La commune d'Aïn el Bell (figure 9) qui appartient administrativement à la wilaya de Djelfa, est située dans les hauts-plateaux, à 300 km au sud d'Alger. Elle s'étale sur les vastes plaines steppiques et ses limites sont :

Au nord les wilayas de Tissemsilt et Médéa ; à l'est les wilayas de M'Sila et Biskra ; à l'ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret ; au sud les wilayas de Ouargla et Ghardaïa.

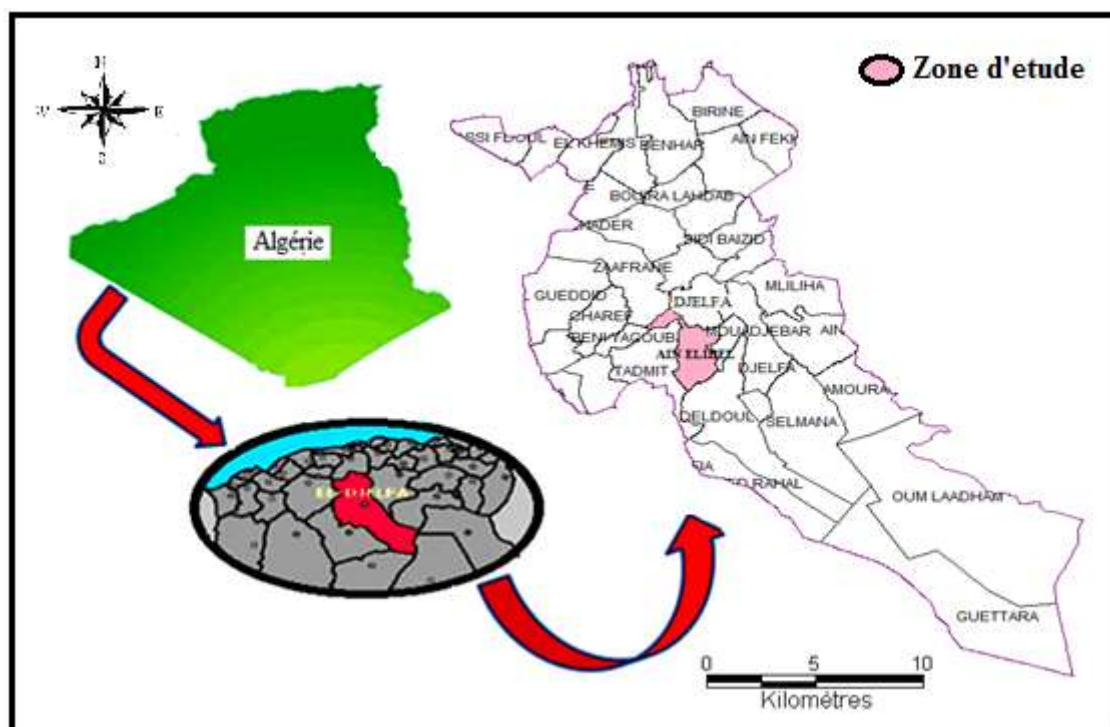


Figure 9 : Localisation géographique de la zone d'étude.

2.2 Contexte climatique

L'étude suppose sur la mesure d'un certain nombre de grandeurs climatiques, permettant de définir les composantes du climat. Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations et la température. Donc, les données climatiques utilisées sont celles de l'Office National Météorologique (O.N.M) de Djelfa, allant de 1986 à 2015(30 ans) sur une altitude de 1180 m. L'altitude du site échantillonné (Aïn el Bell) est de 1080m.

Pour faire les corrections climatiques de notre zone, on utilise les gradients suivants :

-Le gradient altitudinal de SELTZER (1946) ajusté par DJEBAILI (1984) pour la steppe, relatif à la pluviométrie : une augmentation de 20mm tous les 100m d'altitude.

-Le gradient de SELTZER(1946) relatif à la température, ce qui donne une baisse avec l'altitude pour la moyenne des maximas et des minimas avec les valeurs suivantes : (M= 0,7°C et m=0,4°C), respectivement.

2.2.1 Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance car sa répartition annuelle et son rythme est plus importants que sa valeur volumique absolue (RAMADE, 2003). Les valeurs obtenues montrent une période pluvieuse qui s'étend de Septembre -Mai. La valeur maximale est de 32mm obtenue le mois de Janvier. Par contre la période sèche (Juin –Aout) a enregistré une pluviosité avec un minimum de 9.5mm, observé le mois de Juillet (tableau 6 et figure 10).

Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).

Station	J	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D	Somme (mm/an)
Djelfa	34.2	27.7	28.4	29.0	32.7	19.5	10.2	19.4	32.1	28.3	24.0	25.3	310.8
Aïn el Bell	32.0	25.9	26.6	27.1	30.6	18.2	9.5	18.2	30.0	26.5	22.5	23.7	290.8

Source : O.N.M de Djelfa (2015).

II. Matériel et méthodes

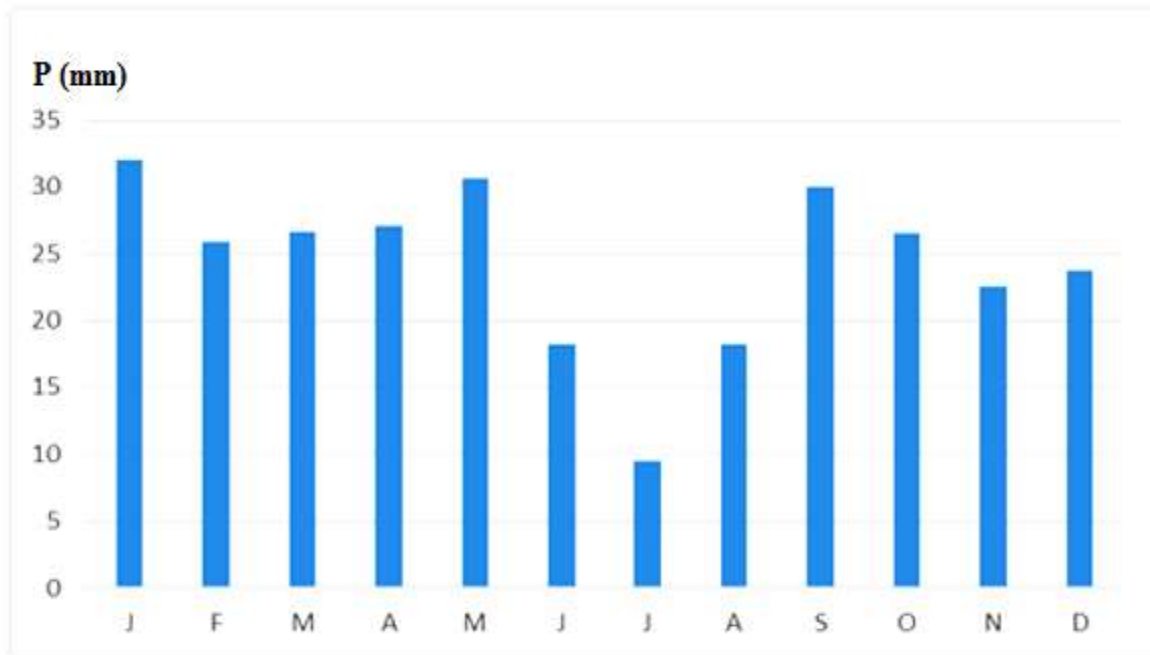


Figure 10 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).

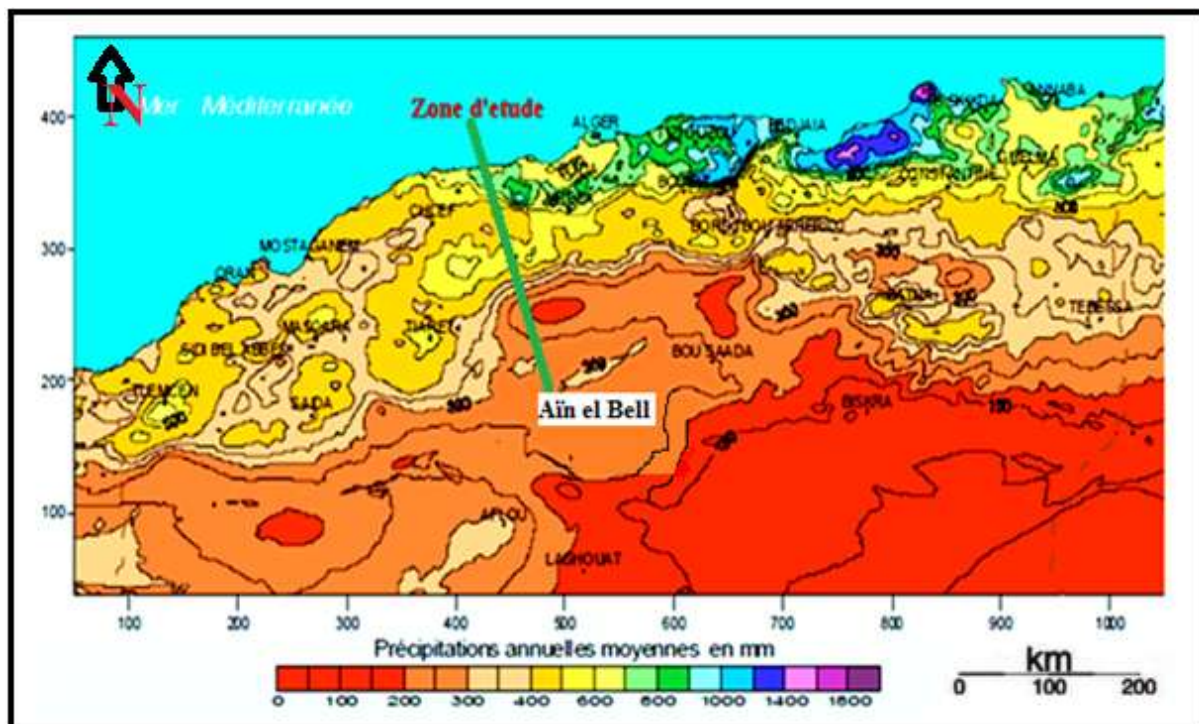


Figure 11 : Carte de précipitations moyennes annuelles sur l'Algérie (Source : Mébarki et Laborde, 2012).

2.2.2 Température

La température est un facteur climatique de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

L'examen de tableau7 représentant l'évolution des températures moyennes mensuelles montre que la température est élevée entre le mois de Juin - Septembre (Saison sèche). La valeur maximale (34.8°C), est enregistrée le mois de Juillet ; par contre les valeurs minimales (0.8°C) sont observées le mois de Janvier durant la période froide (tableau 7 et figure 12).

Tableau 7 : Températures moyennes mensuelles en (°C) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).

	Station	J	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D
T	Djelfa	0.4	0.9	3.4	6.2	10.6	15.3	18.7	18.4	14.5	9.9	4.6	1.4
Min (°C)	Aïn el Bell	0.8	1.3	3.8	6.6	11.0	15.7	19.1	18.8	14.9	10.3	5.0	1.8
T	Djelfa	9.7	11.5	15.1	18.8	24.2	29.9	34.1	33.4	27.5	21.6	14.5	10.6
Max (°C)	Aïn el Bell	10.4	12.2	15.8	19.5	24.9	30.6	34.8	34.1	28.2	22.3	15.2	11.3
T	Djelfa	5.1	6.2	9.2	12.5	17.4	22.6	26.4	25.9	21.0	15.8	9.6	6.0
Moy (°C)	Aïn el Bell	5.6	6.8	9.8	13.1	18.0	23.2	27.0	26.5	21.6	16.3	10.1	6.6

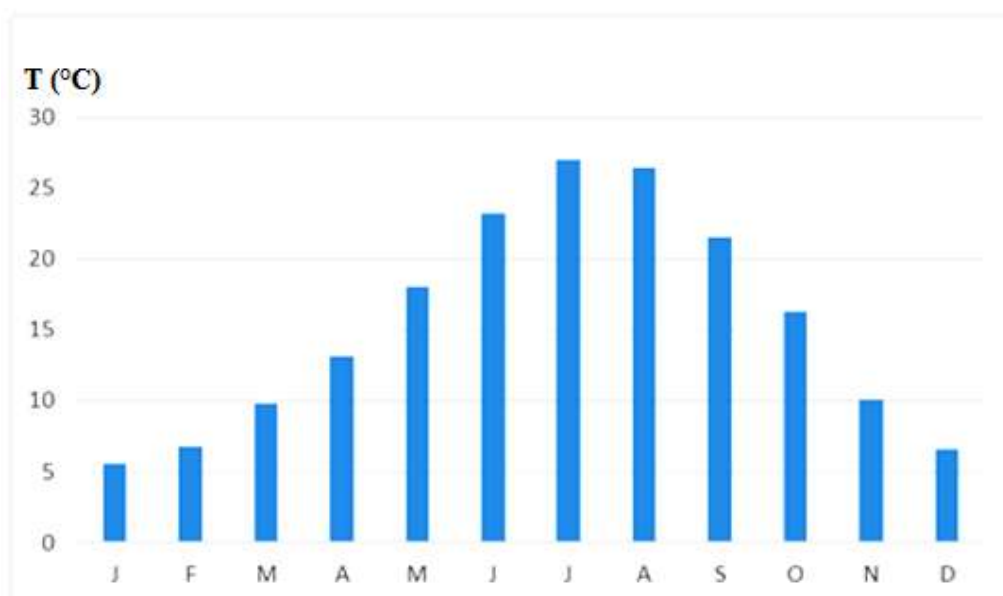


Figure 12 : Moyennes mensuelles des températures en (°C) d'Aïn el Bell pour la période (1986-2015).

II. Matériel et méthodes

2.2.3 Analyse climatique

2.2.3.1 Régime saisonnier

Pour caractériser le régime saisonnier, la méthode consiste en un aménagement des saisons par ordre décroissant de pluviosité, ce qui permet de définir un indicatif saisonnier de chaque site. Pour notre zone, le régime saisonnier est de type PHAE (tableau 8), où les précipitations importantes sont celles qui tombent au printemps sans oublier celles de l'hiver et l'automne. Il est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Régime saisonnier de la zone d'Aïn el Bell.

Zone	Altitude	Printemps	Été	Automne	Hiver	Régime saisonnier
Aïn el Bell	1080m	84.30	45.94	78.97	81,59	P.H.A.E

2.2.3.2 Synthèse climatique

➤ Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme d'Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) ou le Climatogramme pluviométrique de GAUSSEN est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèche et humides d'une région.

Le cumul des mois secs constitue la saison sèche. Pour vérifier cette relation, on doit adapter une échelle qui la concrétise ($P \leq 2T$) de sorte que c'est la zone où la courbe de précipitations (P) passe au-dessous de celles de température(T). La figure 13 représente la période sèche de notre zone d'étude.

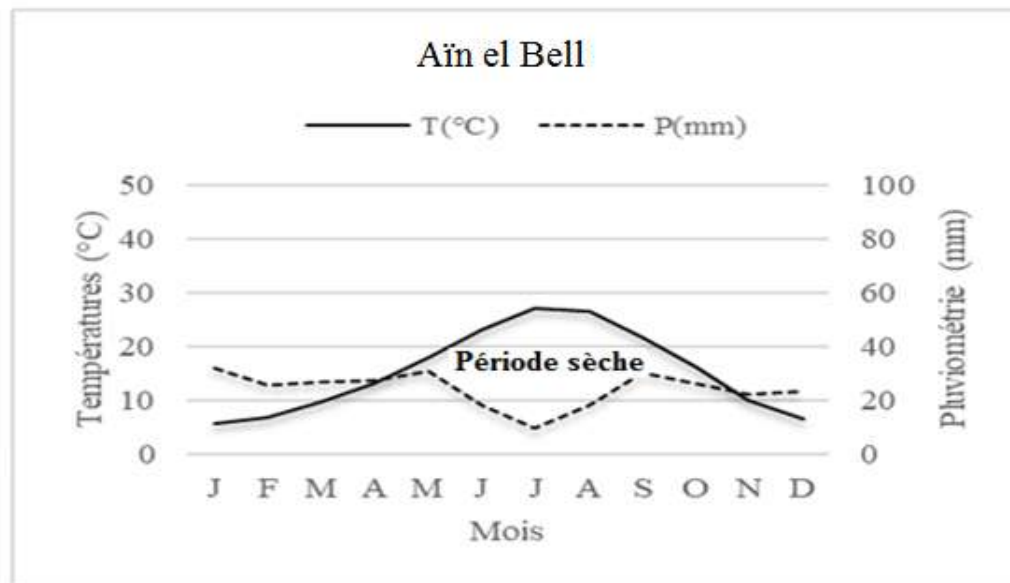


Figure 13 : Diagramme Ombrothermique pour Aïn el Bell durant la période (1986-2015).

D'après les résultats obtenus, une longue période de sécheresse est révélée, elle s'étale sur sept mois secs, allant du mois d'avril à octobre.

➤ Climatogramme d'Emberger

Le système d'Emberger fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses (STEWART, 1969). Ce système est défini par la formule simplifiée suivante :

$$Q_3 = 3,43 P / M - m$$

Q_3 : Quotient pluviométrique ou pluviothermique d'Emberger ;

3.43 : Constante relative à la région : Algérie-Maroc ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C.

II. Matériel et méthodes

Le tableau ci-dessous montre la classification de la zone d'échantillonnage selon le quotient pluviothermique Q_3 (tableau 9 et figure 14)

Tableau 9 : Caractéristiques écologiques et situation géographique de la zone d'Aïn el Bell.

La zone	Altitude (m)	Coordonnées Lambert	Exposition	M	m	P	Q_3	Bioclimat
Aïn el Bell	1080	34°22'N 03°13'E	Sud	34,8	0,8	290,8	29,3	Aride frais

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C ; **m:** moyenne des minima du mois le plus froid en degrés °C ; **P:** pluviométrie en mm/an ; **Q_3 :** quotient pluviothermique d'Emberger (Données climatiques sur 30 ans. Source : **O.N.M.:** Office Nationale de la Météorologie d'Alger).

II. Matériel et méthodes

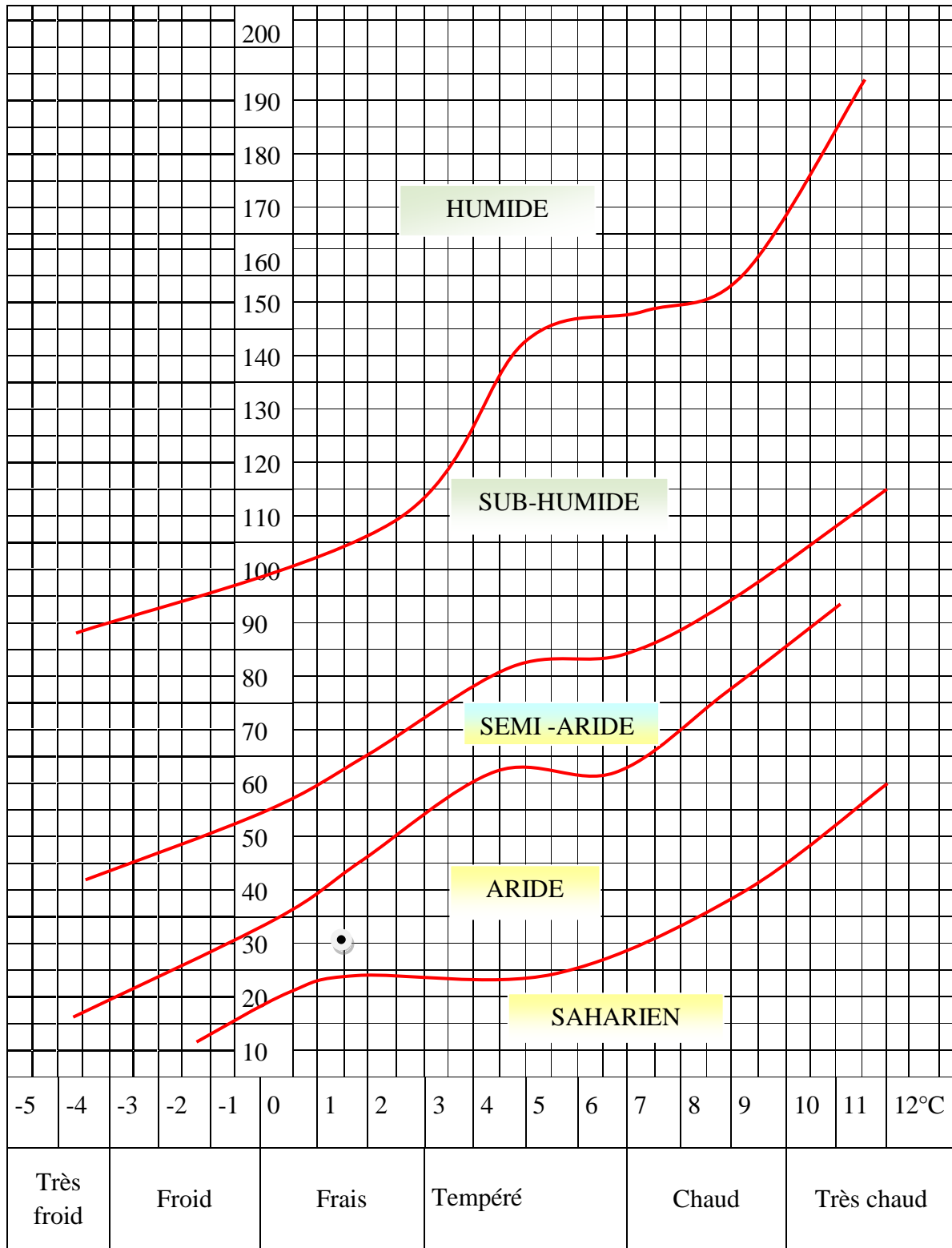


Figure 14 : Localisation de la zone d'échantillonnage (Aïn el Bell) sur le climatogramme d'Emberger.

2.3 Contexte pédologique

Les caractéristiques physico-chimiques étudiées sur ces prélèvements sont la texture, la quantité de matière organique, le carbone contenu dans les échantillons, le pH et la conductivité qui sont les principales propriétés physico-chimiques intégratives de la qualité des sols.

2.3.1 Echantillonnage du sol

L'échantillonnage du sol consiste au prélèvement de plusieurs échantillons dans le but de faire des analyses physicochimiques. Et pour faire une caractérisation à l'échelle verticale, ce prélèvement aléatoire a été effectué à l'aide d'une tarière agricole dans les horizons 0-20cm, 20-40cm et 40-60cm, sur une parcelle bien identifiée.

2.3.2 Préparation des échantillons du sol

L'objectif de la préparation des échantillons avant l'analyse est d'obtenir des échantillons bien représentatifs. Cette étape-là plus longue est celle qui présente le plus souvent une source d'erreurs dans la chaîne analytique selon LOZET et MATHIEU (2002). Elle comprend le séchage en air ambiant, à l'abri de la lumière du soleil pendant 48heures. Ensuite le broyage et la désagrégation mécanique ainsi que le tamisage (2mm).

2.3.3 Analyse physico- chimique du sol

L'acidité, le taux de salinisation du sol ont été évalués par la détermination du pH et la conductivité électrique (CE), à l'aide d'un pH mètre et un conductimètre -WTW multi 340i- (BAIZE, 1989).

2.3.3.1 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH du sol a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre (WTW-340i) dans l'eau (pH-H₂O). Le rapport sol / eau des suspensions est de 1:2,5 (poids /volume). Donc :

- On introduit 20g de terre tamisée à 2mm dans un flacon d'agitation.
- On ajoute 50ml d'eau distillée avec une agitation pendant 1 heure environ. On laisse le tout reposer ;
- On étalonne le pH-mètre avec les solutions d'étalonnage à pH 4, pH 7 et pH 10 ;
- On agite la suspension à la main et on mesure le pH en plongeant l'électrode dans la suspension de sorte que la lecture de la valeur se fait après stabilisation (presque 30 à 60 secondes).

2.3.3.2 Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous sur un extrait saturé ou dilué (AUBERT, 1978). La salinité du sol a été évaluée par détermination de la conductivité électrique (CE) à 25°C par conductimètre (WTW3240i). Le rapport sol / eau des suspensions est de 1: 5 (poids / volume). Donc,

- On introduit 20g de terre tamisée à 2mm dans un flacon en ajoutant 100ml d'eau distillée ;
- On agite pendant 1 heure et on laisse reposer ;
- On étalonne le conductimètre avec les solutions d'étalonnage ;
- On agite la suspension à la main, puis on mesure la conductivité en plongeant l'électrode dans la suspension. La lecture de la valeur se fait après stabilisation.

2.3.3.3 Texture

L'étude de la texture des sols consiste en une analyse granulométrique qui consiste à classer les éléments du sol selon leur grosseur en déterminant le pourcentage de chaque fraction. Pour établir la texture de sol (AFNOR, 1996):

- On sépare de la terre fine (toutes les particules inférieures à 2mm). Celles les plus grosses telles que les graviers et les pierres seront séparées.
- Cette terre fine sera finement broyée pour détacher toutes les particules. Son poids total sera mesuré avec une balance de précision.
- On filtre cette terre fine à travers plusieurs tamis à différentes dimensions (figure 15) de manière que le plus fin ayant des trous de 50µm de diamètre. Le poids du contenu de chaque tamis sera calculé séparément et exprimé en pourcentage du poids total initial de terre fine



Figure 15 : Analyse granulométrique (ONEDD, 2019).

2.3.3.4 Matière organique

La matière organique a été déterminée par la méthode décrite par MORENO et *al.*(2001) en sorte que la perte au feu permet de mesurer directement la matière organique dans le sol. Et par conséquence, les échantillons ont été placés pendant une nuit (16 heures) dans un four à moufle à 375°C. La perte de poids, après calcination, nous donne la matière organique.

➤ **Préparation de l'échantillon :** L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2mm pour cette méthode. On fait le séchage de l'échantillon du sol pendant 16 heures à 150°C puis, on nettoie les creusets dans le four à moufle, et on laisse refroidir au dessiccateur pendant 10 minutes. On ajoute le poids du creuset à 10g de sol séché et on note le poids final. La calcination du sol au four à moufle se fait à 375°C pendant 16 heures (figure 16). On laisse refroidir de nouveau dans un dessiccateur et on pèse le creuset contenant les cendres. Les résultats de l'échantillon sont obtenus à partir de l'équation suivante :

$$\text{MO (\%)} = (\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinéré (g)}) / \text{poids sol sec (g)} * 100$$



Figure 16 : Calcination de la matière organique dans le four à moufle (ONEDD, 2019).

2.3.3.5 Carbone organique

Le dosage du carbone peut s'opérer par voie sèche ou combustion en déterminant le taux de carbone provenant de la matière organique. La teneur en matière organique totale du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone (DABIN, 1970), on estime le rapport matière organique/ carbone, à une valeur constante par la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} / \text{C (\%)} = 1.72$$

MO = teneur en matière organique

C = teneur en carbone

1.72 = constante

2.4 Méthode d'extraction et d'analyse des huiles essentielles

2.4.1 Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation en utilisant un Clevenger. Un mélange de 100g de matière sèche et 500ml d'eau distillée sont chauffés jusqu'à ébullition dans un chauffe ballon (figure17).

II. Matériel et méthodes

Les vapeurs chargées des huiles essentielles passent à travers le tube vertical puis dans le serpentín de refroidissement où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube rempli auparavant d'eau distillée. Les huiles essentielles de faible densité par rapport à l'eau, surnagent à la surface de cette dernière. Ainsi, les huiles obtenues sont récupérées et conservées dans des flacons opaques bien scellés à basse température (4-5 °C). L'opération d'extraction dure quatre heures à partir du début d'ébullition (EL KALAMOUNI, 2010).



Figure 17 : Technique d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger.

2.4.2 Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle s'exprime par le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière végétale utilisée. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R\% = PH / PMV * 100$$

Où :

R : rendement de l'huile en pourcentage (%)

PH : poids de l'huile (g)

PMV : poids de la matière végétale (g).

2.4.3 Analyse des huiles essentielles

L'analyse des huiles essentielles a été réalisée sur un chromatographe en phase gazeuse de type Hewlett-Packard (HP 6890), couplé directement avec un spectromètre de masse (HP 5973 MSD). La fragmentation a été effectuée par impact électronique dans un champ de 70eV en utilisant l'acquisition en mode scan (balayage) dans la gamme de masse scannée m/z : 34-550. L'appareil est équipé d'une colonne capillaire de type HP-5MS (5%-phényl-95%-dimethylpolysiloxane ; 30m x 0.25mm, épaisseur du film : 0.25µm). La température de cette colonne est programmée à 60°C pendant 8min. jusqu'à 250°C à raison d'une montée de 2°C/min, suivie d'un isotherme pendant 10min. Le gaz vecteur est l'hélium dont le débit est fixé à 0.5ml/min. Le mode d'injection est de type Split (rapport de fuite : 1/50). Le volume injecté est de 0.2µl. La température d'interface est de 280°C. Les températures de la source et du quadripôle sont fixées à 230°C et 150°C respectivement. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse Wiley7n.1 et NIST02.L et piloté par un logiciel « *HPChemStation* » permettant de suivre l'évolution des analyses chromatographiques. Les composantes constitutives de l'huile essentielle analysée ont été identifiées, d'une part sur la base de la comparaison de leurs spectres de masse avec ceux des modèles disponibles dans Wiley7n.1 et NIST02.L, et d'autre part sur la comparaison de leurs indices de rétention (IR) avec ceux rapportés dans la littérature (ADAMS, 2007). Ces indices sont déterminés en injectant un mélange d'alcane de C₈ à C₂₉ dans les mêmes conditions opératoires.

2.5 Etude phytochimique

2.5.1 Extraction des substances bioactives

La matière végétale a été broyée à l'aide d'un broyeur. Cette poudre est conservée à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Le broyat va constituer la matière sèche qui va servir à l'extraction. Les solvants d'extraction ont été choisis de manière à solubiliser un maximum de composés.

2.5.2 Préparation des extraits bruts

L'extraction des composés actifs de la partie aérienne (tige) et souterraine (racine) à partir de la poudre de *D. reboudii* a été réalisée, séparément, avec différents solvants organiques de différentes polarités dont l'eau, Méthanol, Butanol et l'acétat d'éthyle.

La technique consiste à extraire les molécules par Soxhlet. 10g de la poudre dans 150ml de chaque solvant pendant 06h. L'extrait obtenu est filtré sur du papier filtre afin de séparer le marc du filtrat. Les filtrats sont évaporés sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif. Ensuite, les extraits secs obtenus sont conservés à 4°C. L'échantillon qui a subi l'extraction avec l'eau a été lyophilisé.

➤ Principe d'extraction par Soxhlet

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première (figure 18). Il est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant), d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Le ballon est chauffé afin de pouvoir faire bouillir son contenu. La cartouche contenant le solide à extraire est insérée dans l'extracteur, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant. Le ballon étant chauffé, le liquide est amené à l'ébullition, les vapeurs du solvant passent par le tube de distillation et rentrent dans le réfrigérant pour être liquéfiées. Ensuite, le condensat retombe dans le corps de l'extracteur sur la cartouche, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant. Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'au niveau du sommet du tube-siphon, suivi par le retour dans le ballon du liquide de l'extracteur accompagné de substances extraites. Ainsi le solvant dans le ballon s'enrichit progressivement en composants solubles. L'extraction continue jusqu'à l'épuisement de la matière solide chargée dans la cartouche. L'avantage de ce type d'extraction est que le solvant condensé, s'accumule dans un réservoir à siphon, ce qui augmente la durée de contact entre le solvant et le produit à extraire. Quand le solvant atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute (PENCHEV, 2010).

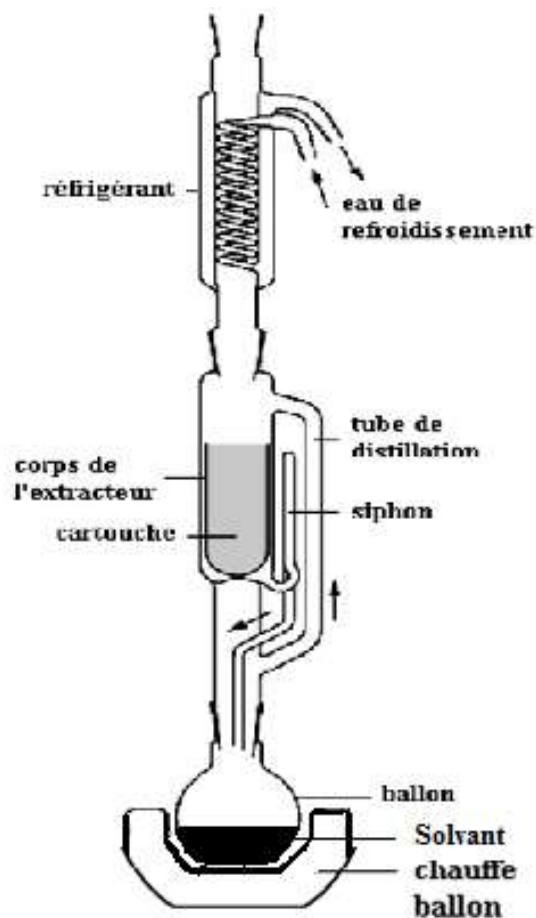


Figure 18 : Schéma de l'extracteur Soxhlet (PENCHEV, 2010).

La séparation du solvant de l'extrait est faite à l'aide d'un Rotavapor (figure 19). Dans cet appareil, on réalise une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon-collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. L'abaissement de la pression permet d'évaporer le solvant à température réduite, évitant ainsi la dégradation thermique éventuelle des composés. C'est une méthode d'évaporation simple, utile, douce et rapide. Les ballons contenant les résidus secs sont pesés avant et après extraction afin de déterminer la teneur respective de chacune des fractions (PENCHEV, 2010).



Figure 19 : Appareil Rotavapor.

2.5.3 Rendement des extraits

Les extraits bruts isolés sont quantifiés selon la formule :

$$\mathbf{R\% = PE / PMV * 100}$$

Où :

R : rendement (%)

PE : poids de l'extrait (g)

PMV : poids de matière végétale (g)

2.5.4 Dosage des polyphénols et flavonoïdes

2.5.4.1 Dosage des phénols totaux

Le dosage des phénols totaux est réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu selon SLINKARD et SINGLETON (1977). 0,5ml de l'extrait dilué et mélangé avec 0,5ml réactif de Folin-Ciocalteu. Après un mélange de 5min, 0,5ml de carbonate de sodium (20%, w/v)

II. Matériel et méthodes

ont été ajoutés et la solution obtenue est mélangée une autre fois pendant 1 minute. Finalement, le volume est ajusté à 5ml par l'eau distillé. Les tubes ont été incubés à 25°C et à l'obscurité pendant 90min. par la suite l'absorbance est mesurée à 760nm. L'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique et est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g d'extrait).

$$A = 0.039 C + 0.0043, R^2 = 0,999$$

Avec :

A = l'absorbance à 760nm ;

C = [équivalent en acide gallique] (mg/g).

2.5.4.2 Dosage des flavonoïdes totaux

Le dosage des flavonoïdes totaux a été déterminé selon la méthode de ZHISHEN *et al.* (1999) avec quelques modifications. Un volume de 250µl de l'extrait est mélangé avec 1ml d'eau distillé et 150µl d'une solution de (NaNO₂) nitrate de sodium (15% w/v). Après 6 minutes, 75µl d'une solution de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) (10% w/v) sont ajoutés, puis après 5 minutes 1ml d'une solution de NaOH (4% w/v) est ajouté. Parallèlement, une gamme étalon est réalisée en utilisant la quercétine. L'absorbance du mélange est mesurée à 510nm et les résultats sont exprimés en mg de quercétine par g d'extrait selon l'équation ci-dessous :

$$A = 0.057 C + 0.0272, R^2 = 0,9883$$

Avec :

A = l'absorbance à 510 nm ;

C = équivalent en quercétine (mg/g).

2.6 Mise en évidence des activités antimicrobiennes

L'évaluation qualitative de l'activité antimicrobienne de nos produits, consiste à estimer l'inhibition de la croissance des bactéries et levure en contact avec l'huile essentielle et les extraits brutes de *Deverra reboudii*, et ceci par la méthode de diffusion de l'agar (diffusion sur milieu gélosé).

L'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de diffusion de l'agar dans des puits de gélose décrite par MILLETTE *et al.* (2007) des suspensions de culture microbienne ont été préparées et diluées en série à 10⁶UFC/ml pour les souches bactériennes et à 5 x

II. Matériel et méthodes

10⁴spores/ml pour la souche fongique. L'agar Luria-Bertani (LB) et l'agar de dextrose Sabouraud, ont été utilisés respectivement pour les souches bactériennes et fongiques.

Brièvement, Nous avons étalé 100µl de chaque suspension sur la surface de la boîte de Pétri (LB / Sabouraud) et laissé sécher. Des puits de 7mm de profondeur et 6mm de diamètre ont été confectionnés dans la gélose en utilisant une pipette pasteur stérile. Puis, un échantillon de 60µl de chaque concentration de l'huile essentielle a été délivré, L'extrait à l'acétate d'éthyle, l'extrait méthanolique et l'extrait butanolique sont solubilisés dans le DMSO alors que l'extrait aqueux est solubilisé dans l'eau bidistillée autoclavée. Un volume de 60µl de l'échantillon à une concentration de 150mg/ml sera injecté. Par la suite, Les boîtes de Pétri ont été incubées pendant 24h à 37°C pour les bactéries et pendant 72h à 30°C pour *Candida albicans* (MILLETTE et al., 2007). L'activité antimicrobienne est évaluée par la mesure du diamètre d'inhibition en millimètre (mm) autour du puits contenant l'échantillon (halo) tout en tenant compte du diamètre du puits qui est de 6mm.

La bacitracine et le DMSO ont été utilisés comme témoins positifs et négatifs, respectivement. Chaque essai est répété trois fois afin de minimiser l'erreur expérimentale.

2.7 Mise en évidence des activités antioxydantes

2.7.1 Activité antiradicalaire

Cet essai a été réalisé selon la méthode décrite par KIRBY et SCHMIDT (1997). Elle est basée sur la réduction du 2,2-phényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) qui est un radical libre stable possédant une coloration violette foncée qui devient jaune pâle après réduction. Dans les tubes réactionnels, un volume de 500µl de l'échantillon à des concentrations variables (25 ; 50 ; 100 ; 250 ; 500 et 1000µg/ml) est mélangé avec 375µl d'éthanol et 125µl d'une solution de DPPH dans l'éthanol (0,02%). Pour chaque concentration, un blanc est préparé en mélangeant 500µl échantillon à la concentration voulue et 500µl éthanol sans ajouter la solution de DPPH. Les différents extraits sont dissouts dans leurs solvants correspondants. Un contrôle pour chaque extrait doit être ainsi préparé. Le contrôle de chaque extrait contient 500µl solvant (sans échantillon), 375µl éthanol et 125µl de la solution de DPPH. Après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité, à la température ambiante pendant 1 heure. L'absorbance est ensuite mesurée à 517nm. L'activité antiradicalaire est calculée comme suit :

$$\text{Inhibition du DPPH (\%)} = \frac{C+B-E}{C} * 100$$

Avec :

C : L'absorbance du contrôle, 500µl solvant d'extraction + 375µl éthanol + 125µl DPPH.

B : L'absorbance du blanc, 500µl échantillon + 500µl éthanol.

E : L'absorbance de l'échantillon, 500µl échantillon + 375µl éthanol + 125µl DPPH.

Une absorbance plus faible du mélange réactionnel indiquait une activité piégeant les radicaux DPPH plus élevée. La valeur IC₅₀ a été déterminée pour chaque extrait. Elle est définie comme étant la concentration du substrat (extrait) qui cause la neutralisation de 50% des radicaux DPPH.

2.7.2 Test du pouvoir réducteur

La capacité des extraits à réduire les ions Fe³⁺ en Fe²⁺ est examinée par la méthode décrite par YILDIRIM et *al.* (2001).

- Un volume de 0,5ml de chaque extrait à des concentrations variables (100 ; 250 ; 500 ; 1000µg/ml) est mélangé avec 1,25ml tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 1,25ml de ferricyanure de potassium (K₃ Fe(CN)₆) 10g/l.
- Le mélange est ensuite incubé à 50°C pendant 30min.
- 1,25ml d'acide trichloracétique (100g/l) est ajoutés et le mélange est centrifugé pendant 10 min à 15000 rpm. Ensuite, 1,25ml du surnageant est mélangé avec 1,25ml d'eau distillée et 0,25ml FeCl₃ (10 %).
- Le mélange est réincubé à une température ambiante pendant 10min.
- Finalement, l'absorbance est déterminée à 700nm.

3. Traitement statistique

Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide de Microsoft -Excel 2013 (divers graphiques...etc.).

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Résultats et discussions

1. Paramètres physico- chimiques du sol.

Dans le but d'apprécier la situation de la qualité de sol dans la zone étudiée, nous avons fait des analyses physicochimiques du sol par des horizons différents et dont les résultats sont portés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Caractéristiques physicochimiques du sol.

Points	Horizons (cm)	pH	Conductivité (mS/cm)	Salinité (mg/l)
Point 1	00-20	8,2	0,28	0
	20-40	8,15	1,04	0,3
	40-60	8,1	0,54	0
Point 2	00-20	8,18	1,77	1,6
	20-40	8,1	1,83	1,8
	40-60	8,35	0,66	0
Point 3	00-20	8,31	1,76	1,3
	20-40	8,32	1,79	1,5
	40-60	8,4	1,06	0,3

1.1 Potentiel Hydrogène

Les valeurs montrent que les pH des sols sont alcalins et varient entre 8.1 et 8.4 (Tableau 10 et 11). Donc, ces données révèlent que notre plante *Deverra reboudii* tolère les sols alcalins. En plus, selon plusieurs études, parmi lesquelles, celle de DAOUD et HALITIM (1994), les sols sont généralement alcalins dans les régions arides avec ($7,5 < \text{pH} < 8,5$).

Tableau 11 : Classification des sols en fonction du pH (BAIZE, 1989).

Classe du pH	Interprétation
< 5.5	Fortement acide
5.5-6.5	Acide
6.5-6.8	Très légèrement acide
6.8-7.2	Voisin de la neutralité
7.2-7.5	Légèrement alcalin
7.5-8.5	Alcalin
> 8.5	Fortement alcalin

III. Résultats et discussions

1.2 Conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre important pour identifier l'adaptation des végétaux dans une qualité des sols bien étudié car elle nous renseigne sur le taux de salinité. Les valeurs enregistrées pour ce paramètre au niveau de parcelle choisie varient entre 0.28mS/cm et 1.83mS/cm (tableau 10). Et par conséquent, ce sol est non salin selon la classification des normes FAO. (1996) d'après le tableau 12 qui présente les différentes classes de sols. Aussi, ce dernier permet de quantifier l'effet de la conductivité du sol sur la végétation.

Tableau 12 : Classification des sols en fonction de la conductivité (FAO, 1996).

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (mS/cm)	Effet sur la croissance des plantes
Non salin	0-2	Effet de la salinité non négligeable
Légèrement salin	2-4	La production de certaines plantes sensibles peut être affectée
Moyennement salin	4-8	La production de la plupart des plantes est restreinte
Fortement salin	8-16	Seules les plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante

La conductivité électrique possède un effet non négligeable sur *Deverra reboudii*, ce qui montre que cette plante est bien adaptée à ce type de sol selon les normes de la FAO (1996) et par conséquent, ça peut agir de façon sensible sur son développement et plus précisément, sa composition chimique.

1.3 Texture

La granulométrie d'un sol intervient bien dans la définition de sa structure. On compte trois grandes classes de sol basées sur la grosseur des particules : les sols sableux, les sols limoneux et les sols argileux. Les différentes tailles des particules et l'échelle granulométrique pour la classification du sol sont bien représenté ci-dessous (tableau 13 et figure 20).

III. Résultats et discussions

Tableau 13 : Différentes tailles des particules du sol.

Echantillon	Horizon	Taille des particules (%)				
		2 mm	1 mm	200 µm	50 µm	<50 µm
Point 1	H 01	0,2	0,4	78	21,4	0
	H 02	0,4	1,4	61	36,8	0,4
	H 03	0,4	1	67,34	23,58	7,68
Point 2	H 01	0	0,4	54	39,8	5,8
	H 02	0,6	3	52,64	41	2,76
	H 03	0	0,8	84,12	14,2	0,88
Point 3	H 01	0	0,4	59	38,4	2,2
	H 02	0,33	1,41	80,16	17	1,1
	H 03	0,55	4,44	72,4	18,51	4,1

La granulométrie est la détermination des pourcentages des argiles, limons et sables. Elle a été effectuée par la méthode de tamisage à sec après lavage qui consiste à séparer les grains agglomérés par brassage sous l'eau, à fractionner ce sol, une fois séché puis tamisé au moyen d'une série de tamis. La masse de refus cumulée sur chaque tamis est rapportée à la masse totale sèche de l'échantillon (AFNOR, 1996).

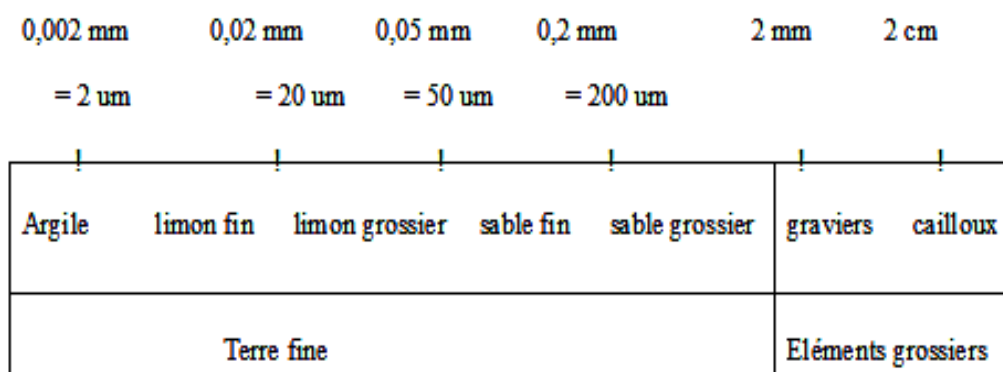


Figure 20 : Echelle internationale de la classification du sol (MATHIEU et PIELTAIN, 1998).

La texture du sol pour les horizons H1, H2 et H3 sont comparables.

En ce qui concerne les proportions de sable grossier et de sable fin (échelle granulométrique), Nous avons les moyennes 63,66%, 64.6% et 74.62% de sable grossier dans

III. Résultats et discussions

les différents horizons, respectivement. Les proportions moyennes de sable fin sont de 33.2 % pour l'horizon en surface (H1) et de 31.6%, 18.76% pour les horizons en profondeur (H2 et H3). La texture du sol de notre zone d'étude est à dominance sableuse (plus de 70% ; des fractions grossières et moins de 30% ; des fractions fines).

1.4 Taux de matière organique et du carbone

Les résultats d'analyse de la matière organique et du carbone sont portés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Taux de la matière organique et carbone dans le sol de la zone d'Aïn el Bell.

Échantillon	Horizon	Taux de MO (%)	Taux de carbone (%)
Point 1	H 01	2.95	1.71
	H 02	1.4	0.81
	H 03	0.3	0.17
Point 2	H 01	3.4	1.97
	H 02	2.3	1.33
	H 03	0,45	0,26
Point 3	H 01	3.2	1.86
	H 02	2.6	1.51
	H 03	0.2	0.11

Les différents résultats montrent que la teneur du sol en matière organique varie selon la profondeur (0.2 à 3.4%), de manière que, certains horizons sont dépourvus de MO (valeur min=0.2%). La présence d'une valeur maximale 3.4% montre aussi l'existence d'horizons riches en matière organique selon les normes de la FAO (1996) indiqué dans le tableau 15.

Tableau 15 : Normes de la matière organique (FAO, 1996).

Richesse en matière organiques (%)	
Classe	Interprétation
< 0.7	Très pauvre
0.7-1.5	Pauvre
1.5-3	Moyennement pourvu
3-6	Riche
>6	Très riche

III. Résultats et discussions

D'après les résultats consignés dans le tableau 13, le carbone organique total dans le sol est élevé dans les couches (0-20 et 20-40cm) avec des valeurs en moyenne de 1.84% et 1.21% pour H1 et H2, respectivement, alors que, la couche (40-60cm) présente un contenu faible en carbone du sol avec 0.18%.

Selon CTIFL (2012), la matière carbonée provient de la décomposition et de l'évolution des êtres vivants (flore, macro et microfaune). Elle est composée de carbone, d'oxygène, d'azote et d'éléments minéraux. En plus, d'autres travaux (SCHJONNING *et al.* 2004 ; WESEMAEL, 2006) ont montré que la capacité du sol à retenir de la matière organique est en relation avec plusieurs facteurs tels que le climat (précipitations), le paysage (couvert végétal) et la texture.

2. Rendement et composition chimique des huiles essentielles

2.1 Rendement en huiles essentielles

L'huile essentielle obtenue à partir la partie aérienne de *Deverra reboudii* par hydrodistillation avait une couleur blanche jaunâtre avec une odeur agréable. Le rendement en huile était de 0.5%. Il est faible par rapport à ceux d'autres espèces du même genre. C'est le cas des deux espèces *Deverra denudata* et *Deverra scoparia* dont les rendements étaient de 1.1% et 0.93%, respectivement (DAHIA *et al.*, 2007 ; LOGRADA *et al.*, 2013). Selon ALGABY et ALLAM (2000), le rendement calculé pour l'huile essentielle de la partie aérienne de *Deverra tortuosa* d'Égypte était de 0,56%. Tandis que notre rendement est supérieur à celle obtenue à partir de *Deverra scoparia* (0.4%) récolté à Tamanrasset à l'extrême sud d'Algérie (KSOURI *et al.*, 2017).

Généralement, la variabilité du rendement en huiles essentielles peut être due à plusieurs facteurs, à savoir, l'espèce végétale (FOURNIER *et al.*, 1989 ; GHANMI *et al.*, 2005), la période de récolte (HUDAÏB *et al.*, 2002 ; GHANMI *et al.*, 2010), les conditions écologiques (AMROUNI *et al.*, 2014 ; BAKHY *et al.*, 2014), la conservation du matériel végétal et même les méthodes d'extraction (GRANGER *et al.*, 1973 ; KHAJEH *et al.*, 2005). En effet, plusieurs auteurs ont discuté l'influence de ces facteurs chez les espèces du genre *Deverra*. D'après l'étude de NEFFATI *et al.* (2009) réalisée sur *Deverra denudata*, issue de trois régions de la Tunisie, la variation du rendement de ses huiles essentielles se fait en fonction du site d'échantillonnage. La même étude a démontré que la période de récolte joue également un rôle non négligeable. Néanmoins, des différences de 0.15%, 0.32% et 0.42% ont

III. Résultats et discussions

été constatées, respectivement, pour les trois mois (avril, août et novembre). En plus, le travail de MIGHRI et *al.* (2015) a ajouté que le rendement en huiles essentielles distillées se distingue en rapport avec la biomasse fraîche et sèche des deux espèces de *D. denudata* et de *D. tortuosa* récoltées au sud de la Tunisie (1,6% et 2% de matière végétale fraîche et 0,9% et 1,1% de matière végétal sèche, respectivement). Par ailleurs, ABDALLAH et EZZAT (2011) en Egypte ont signalés que le rendement des huiles essentielles des parties aériennes de *D. tortuosa* obtenues, se diffère en fonction du mode d'extraction de manière que les valeurs obtenues étaient de 0,8% pour l'hydrodistillation, 0,6% par hydrodistillation-solvant (n-pentane) (Lickens-Nickerson) et 1,5% par l'extraction classique.

2.2 Composition chimique des huiles essentielles

Le profil de séparation des différents composés par GC/MS de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Deverra reboudii* est présenté dans la figure 21.

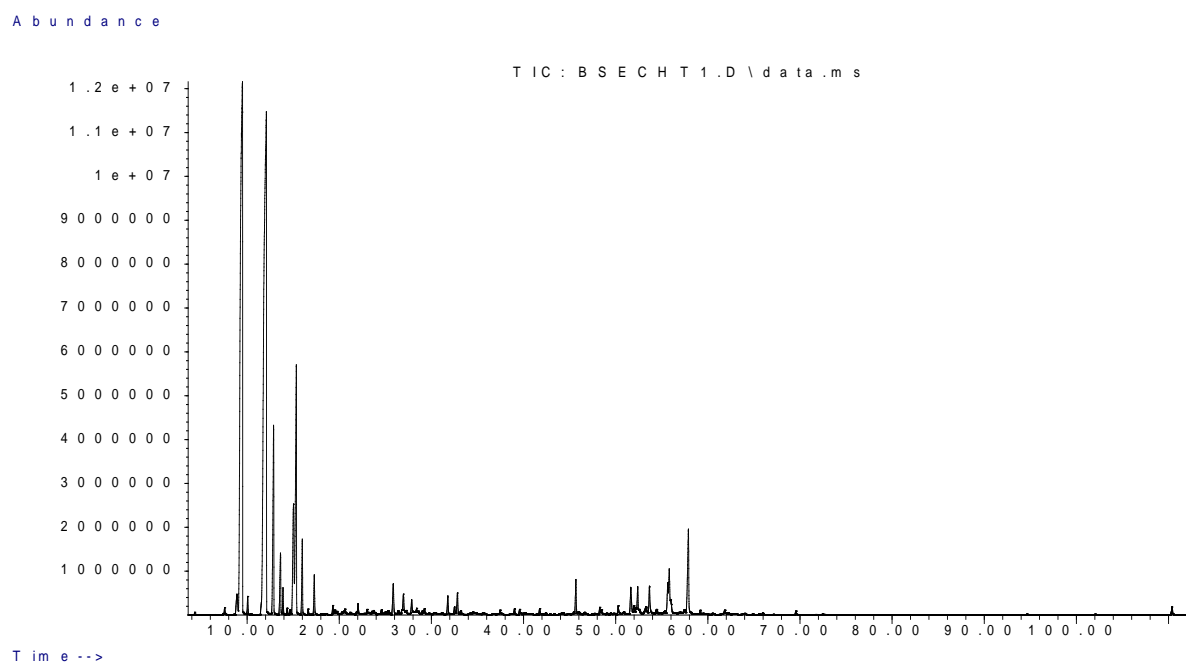


Figure 21 : Profil chromatographique de l'huile essentielle de *Deverra reboudii*.

L'étude de la composition chimique de l'huile essentielle de *Deverra reboudii*, a permis d'identifier 38 composés, représentant 97.85% du total de l'huile essentielle (tableau 16). Les composés majoritaires sont : β -pinène (37.64%), α -pinène (31.77%), limonène (7.77%), P-cymène (6.02%) et β -myrcène (4.48%). Ils sont accompagnés d'autres constituants minoritaires tels que : γ -terpinène (1.05%) et octanal (1.04%).

III. Résultats et discussions

Tableau 16 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Deverra reboudii*.

Composés	Indice de rétention (IR)	Masse molaire	Pourcentage de composés (%)
Heptanal	898	114	0.09
α -Thujène	923	136	0.84
α -Pinène	933	136	31.77
Camphène	944	136	0.34
β -Pinène	981	136	37.64
β -Myrcène	995	136	4.48
Octanal	1006	128	1.04
δ -3-Carène	1010	136	0.16
α -Terpinène	1017	136	0.15
p-Cymène	1027	134	6.02
Limonène	1031	136	7.77
cis- β -Ocimène	1040	136	0.83
trans- β -Ocimène	1050	136	0.08
γ -Terpinène	1059	136	1.05
α -Terpinolène	1088	136	0.20
p-Cymènène	1091	132	0.08
Perillène	1102	150	0.05
Nonanal	1106	142	0.09
α -Campholenal	1126	152	0.37
trans-Pinocarveol	1140	152	0.19
trans-Verbenol	1147	152	0.08
Ethanone 1-(1,4-diméthyl 3, cyclohexen-1-yl)	1150	152	0.09
Pinicarvone	1162	150	0.15
Terpinène-4-ol	1179	154	0.54
α -Terpineol	1194	154	0.31
Myrtenol	1199	152	0.13
Decanal	1207	156	0.25
2-Decenal, (E)	1264	154	0.29
Phellandral	1275	152	0.06
α -Copaène	1373	204	0.07
β -Bourbonène	1382	204	0.06
β -Caryophyllène	1416	204	0.07
Germacrene-D	1479	204	0.54
δ -Cadinène	1523	204	0.07
Spathulenol	1580	220	0.51
Caryophyllene oxide	1585	220	0.12
Salvial-4(14)-en-1-one	1593	220	0.54
β -Eudesmol	1653	222	0.73
Total			97.85%
Monoterpènes hydrocarbonés			91.41%
Monoterpènes oxygénés			2.51%
Sesquiterpènes hydrocarbonés			0.81%
Sesquiterpènes oxygénés			1.90%
Autre composés oxygénés			1.22%

IR, indice de rétention mesuré par rapport aux n-alcanes (C₈-C₂₉) en utilisant une colonne HP5 MS. Les composés sont énumérés par ordre de leur IR.

III. Résultats et discussions

Ces résultats se concordent avec ceux de NEFFATI *et al.* (2009) sur la composition chimique des huiles essentielles de *Deverra denudata* récoltée au stade végétatif, de trois zones géographiques distinctes de la Tunisie (Benguerdane, Gabès et Médenine) en sorte que les trois composés α -pinène, β -pinène et P-cymène constituent presque 50% de tous les échantillons.

Il est à noter que la fraction dominante de l'huile est constituée par les monoterpènes avec un taux de 93.92% (figure 22) dont 91.41% des monoterpènes hydrocarbonés constitués principalement par β -pinène (37.64%) et α -pinène (31.77%).

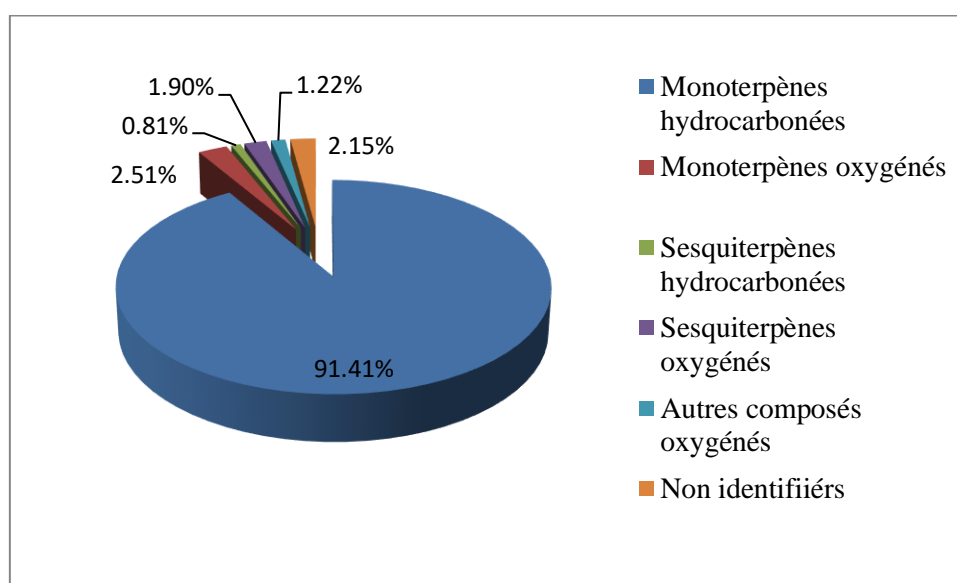


Figure 22 : Pourcentage des différents groupes chimiques des composés présents dans l'huile essentielle de *Deverra reboudii*

Cependant, les monoterpènes oxygénés ne constituent que 2.51%. Les sesquiterpènes à leur tour constituent 2.71% dont 0.81 % hydrocarbonés et 1.90% oxygénés. Enfin, d'autres composés oxygénés représentent 1.22%. Parmi les monoterpènes, les hydrocarbures sont prédominants avec 97.32% et les monoterpènes oxygénés avec 2.67% de leur totalité. β -pinène (37.64%) et α -pinène (31.77%) sont les principaux hydrocarbures monoterpéniques. L'étude menée par ESSEID *et al.* (2016) sur *Deverra battandieri* collectées à Béchar (sud-ouest d'Algérie) montre une similarité dans les monoterpènes qui dominant avec un taux de 77.4% pour la partie aérienne, tandis que l'analyse de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* récoltée à Tamanrasset indique que les principaux composants observés dans cette essence sont des monoterpènes oxygénés (32.52%), suivis des sesquiterpènes hydrocarbonés (29.25%) (HAMMOUDI *et al.*, 2015).

III. Résultats et discussions

La comparaison des constituants de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* avec ceux recueillis dans la littérature (tableau 17), montre que la composition de l'huile de *Deverra reboudii* est différente de la composition des huiles des autres espèces du même genre. Le β -pinène principal composé identifié, représente 37.64% de l'huile essentielle de *Deverra reboudii*, il n'est présent que par de faibles quantités dans les autres espèces. Les études de VERITE et al. (2004) ; GOURINE et al. (2011) ; SMAILI et al. (2011) et LOGRADA et al. (2013) indiquent que β -pinène est présent avec un taux variant entre 2.8% et 4.6% dans l'huile essentielle de *Deverra scoparia* d'Algérie. Ce même composé est présent avec un taux de 3.9% dans l'huile essentielle de *Deverra denudata* d'Algérie (DAHIA et al., 2007). En Tunisie, MIGHRI et al. (2015) ont trouvé que le β -pinène forme 1.7 % de l'huile essentielle de *Deverra tortuosa*.

Pour α -pinène, second composé majoritaire (31.77%) pour notre espèce, il paraît qu'il est aussi le composant principal pour l'espèce *Deverra scoparia* d'après les études de GOURINE et al. (2011) ; SMAILI et al. (2011) ; LOGRADA et al. (2013) et HAMMOUDI et al. (2015) en Algérie, ainsi que celle d'ATTIA et al. (2011) en Tunisie. Il en est de même pour les deux autres espèces *Deverra tortuosa* (17.98 %) et *Deverra denudata* (32.5 %) d'après les études effectuées en Tunisie par KRIFA et al. (2015) et MIGHRI et al. (2015), respectivement.

En ce qui concerne le β -myrcène, il s'est révélé aussi comme composé principal présent dans l'huile essentielle de *Deverra tortuosa* d'Égypte, et *Deverra battandieri* d'Algérie d'après les études menées par ABDALLAH et EZZAT (2011), ESSEID et al. (2016). Le Limonène occupe un taux non négligeable du fait qu'il représente le second composé majoritaire chez *Deverra denudata* d'Algérie, avec 15.8 % (DAHIA et al., 2007).

Ces variations quantitatives et qualitatives de la composition chimique des huiles essentielles peuvent s'expliquer par la nature de l'espèce, les conditions géographiques et bioclimatiques de la région (GHANMI et al., 2005). La partie de la plante étudiée, la période et le lieu de cueillette de la plante (SENATORE, 1996 ; MERGHACHE et al., 2009).

III. Résultats et discussions

Tableau 17 : Comparaison des composés majoritaires de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* avec d'autres espèces du même genre.

Espèces	Composants chimiques					
	α -Pinène	β -Pinène	Limonène	P-Cymène	β -Myrcène	
<i>Deverra scoparia</i>	VERITE et al. (2004)					
	GOURINE et al. (2011)					
	SMAILI et al. (2011)	Algérie				
	LOGRADA et al. (2013)					
	HAMMOUDI et al. (2015)					
	ATTIA et al. (2011)	Tunisie				
<i>Deverra denudata</i>	DAHIA et al. (2007)	Algérie				
	YANGUI et al. (2008)	Tunisie				
	MIGHRI et al. (2015)					
<i>Deverra tortuosa</i>	ABDALLAH et EZZAT(2011)	Egypt				
	KRIFA et al. (2015)	Tunisie				
	MIGHRI et al. (2015)					
<i>Deverra battandieri</i>	ESSEID et al. (2016)	Algérie				
<i>Deverra reboudii</i>	Nos résultats	Algérie				

3. Etude phytochimique

3.1 Rendement des extraits

Les rendements des différents extraits ont été déterminés par rapport à 10g de la matière végétale sèche, rendue en poudre.

Les résultats présentés dans la figure 23 montrent une variation du rendement d'extraction en fonction du type du solvant et la partie de la plante utilisée. De plus, les rendements augmentent avec la polarité du solvant d'extraction, Le meilleur rendement d'extraction est obtenu avec l'eau (23.1%, 20.7%) et le butanol (20.15%, 18.6%), suivi par le méthanol (17%, 16%) pour la tige et la racine respectivement. Le pouvoir d'extraction de l'acétate d'éthyl est faible (8,5% et 8%). Nous constatons que les extraits de la partie aérienne sont récupérés avec meilleure rendement par rapport à la partie racine, ces résultats concordent ceux obtenue par ADIDA et *al.* (2015) qui a trouvé que l'extrait aqueux de *Deverra scoparia* donne le rendement le plus élevé, il est de 9,63%, suivi par l'extrait hydrométhanolique (8,67%) et enfin l'extrait hydroacétonique (6,46%). Concernant les racines, le rendement le plus élevé est obtenu dans l'extrait aqueux (5%) suivi par l'extrait hydrométhanolique et hydroacétonique respectivement (3,71% et 3,31%). Tandis que la fraction acétate d'éthyle présente le rendement le plus faible dans la partie aérienne (1,57%) et dans les racines (0,82%).

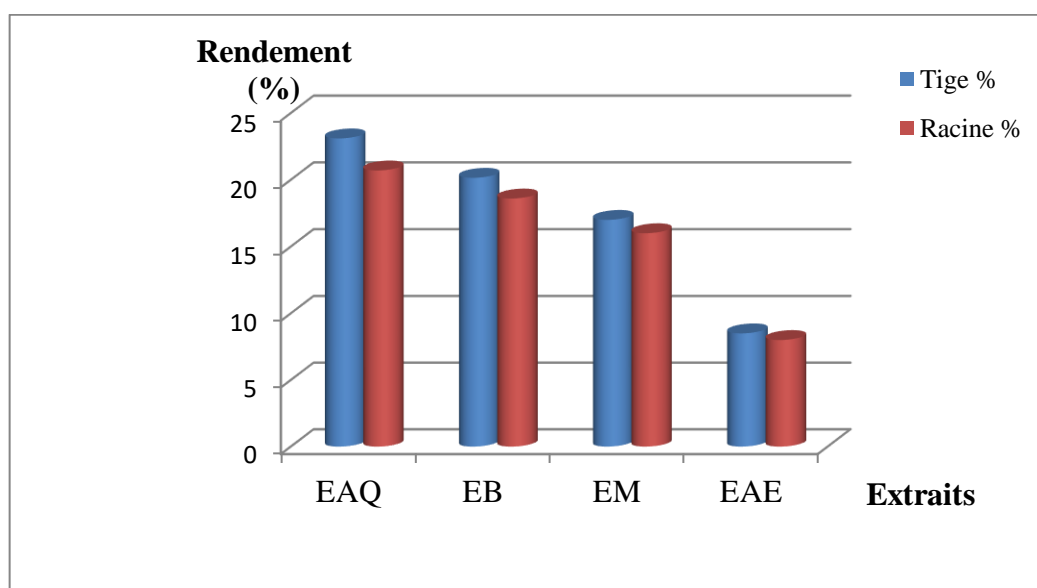


Figure 23 : Evaluation moyenne des rendements des différents extraits.

Les composés actifs sont généralement présents en très faible concentration dans les plantes et le rendement d'extraction et la qualité des extraits des plantes dépendent principalement des méthodes d'extraction, de la nature des composés phytochimiques, de la taille des particules, de la composition, de la nature du solvant et de la présence de substances interférentes (QUISPE CANDORI *et al.*, 2008 ; KOFFI *et al.*, 2010 ; SULAIMAN *et al.*, 2011).

Nous constatons également que nos rendements des différents extraits obtenus par la technique de Soxhlet sont supérieurs comparativement aux extraits obtenus par macération de *Deverra scoparia* (ADIDA *et al.*, 2015). Le fait que la cinétique de la chaleur et les effets de pression sur la paroi cellulaire de la plante par le biais du Soxhlet ait entraîné une diffusion plus rapide ou un taux de partition accru du soluté de la matrice solide en solvant peut-être la raison probable du rendement le plus élevé dans la Soxhlet (SPIGNO *et DE*, 2009 ; TERIGAR *et al.*, 2011). Par conséquent, il est nécessaire de sélectionner la méthode d'extraction appropriée ainsi que le solvant en fonction des propriétés de la matrice de l'échantillon, des propriétés chimiques des analytes, de l'interaction matrice-analyte, de l'efficacité et des propriétés souhaitées (LAPORNIK *et al.*, 2005 ; HAYOUNI *et al.*, 2007 ; ŠVARC-GAJIC *et al.*, 2013). Le rendement de l'extraction varie en fonction de l'espèce végétale, l'organe utilisé dans l'extraction et de la nature du solvant et de sa polarité, reste relatif et dépend du matériel végétal et de la méthode d'extraction qui peut affecter les teneurs en composés (LEE *et al.*, 2003)

3.2 Résultats du dosage des composés phénoliques

Les analyses quantitatives des phénols totaux et des flavonoïdes sont déterminées à partir des équations de la régression linéaire de chaque courbe d'étalonnage exprimées successivement en mg équivalent d'acide gallique et mg équivalent de quercétine par g d'extrait.

3.2.1 Teneur en polyphénols

La teneur en polyphénols varie dans les deux parties étudiées de la plante (figure 24). L'eau est le solvant le plus polaire pour l'extraction des polyphénols de la tige (56.3mg EAG/g) suivi par l'acétate d'éthyle (47.22mg EAG/g) par rapport au méthanol (39,46mg EAG/g) et au butanol (37,91mg EAG/g). Pour la racine, l'extrait méthanolique est le meilleur avec une valeur de 68,65mg EAG/g, puis l'extrait aqueux 49,72mg EAG/g et l'extrait d'acétate

III. Résultats et discussions

d'éthyle 40,67mg EAG/g et enfin, l'extrait butanolique 34,15mg EAG/g. Nos extraits ont présenté des valeurs faibles comparativement à l'extrait aqueux de la partie aérienne de *Deverra scoparia* collecté dans la région d'EL Hoggar dont le taux est de 68.946 ± 6.397 mg AG/g (CHAIB et al., 2015).

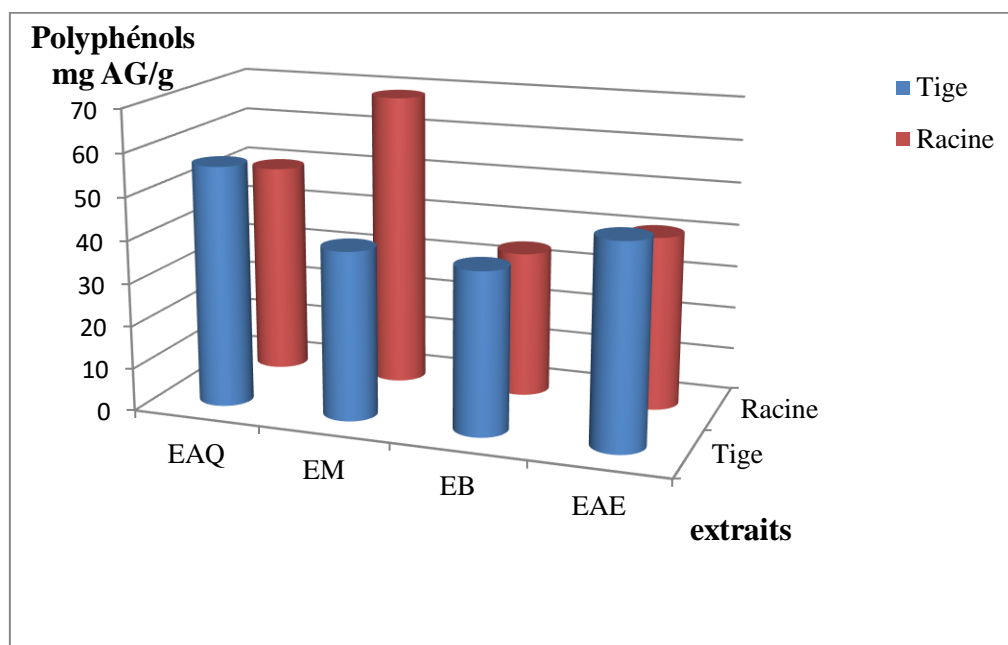


Figure 24 : Teneur en polyphénols.

Ces valeurs sont importantes par rapport à celles trouvées dans les tiges (2.13-4.83mg AG/g) et les racines (0.98-6.75mg AG/g) de *Deverra scoparia* (BENALIA et al., 2016). Ceci est peut-être lié au climat de la région ou à la méthode utilisée qui ne donne pas une composition quantitative complète des extraits (WU et al., 2004). FALLEH et al. (2008) démontrent que le contenu phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques. Ces résultats montrent et confirment la variabilité du contenu phénolique selon le type du solvant et selon les parties (tige, racine), sous les mêmes conditions environnementales de climat et de sol.

3.2.2 Teneur en flavonoïdes

La racine présente des valeurs très importantes en flavonoïdes par rapport à la tige (figure 25). Les résultats montrent que l'extrait d'acétate d'éthyle donne le meilleur rendement d'extraction (15.05mg EQ/g), suivi par l'extrait butanolique (13.66mg EQ/g) et

III. Résultats et discussions

l'extrait méthanolique (9.97mg EQ/g), Le plus faible rendement d'extraction revient à l'extrait aqueux (3.76mg EQ/g).

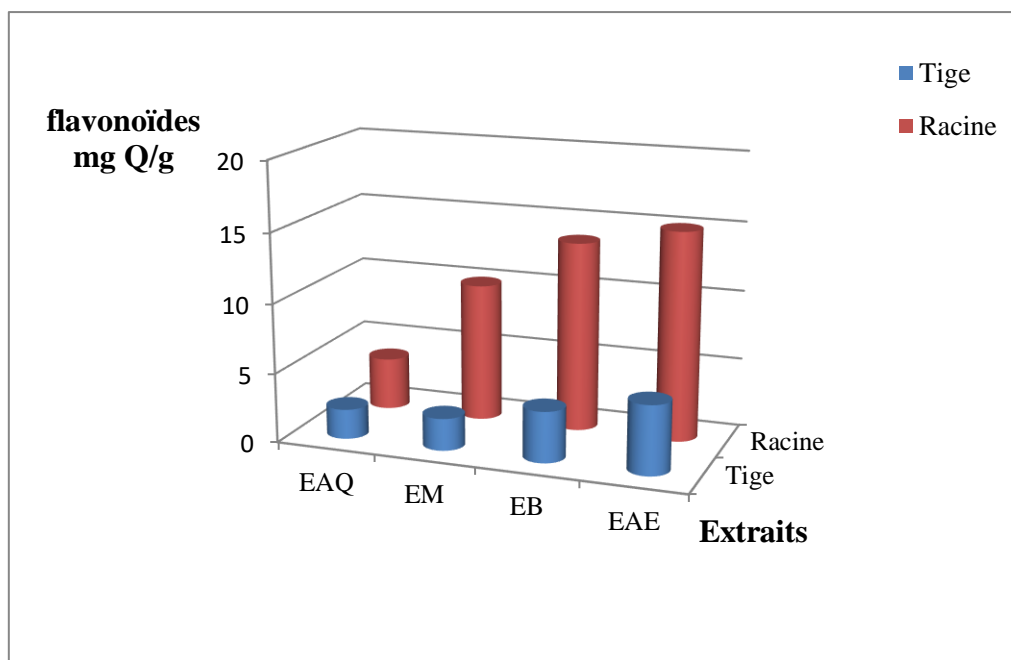


Figure 25 : Teneur en flavonoïdes.

Les meilleurs rendements d'extractions pour la partie aérienne (tige) reviennent à l'extrait d'acétate d'éthyle (4.96mg EQ/g) et l'extrait butanolique (3.66mg EQ/g). Les faibles sont ceux de l'extrait méthanolique (2.31mg EQ/g) et l'extrait aqueux (2.14mg EQ/g). De même, les teneurs en flavonoïdes déterminées chez *Deverra denudata* par BOUAZIZ et al. (2009) dans l'extrait acétate d'éthyle (0,38 mg RuE/gE), l'extrait aqueux (0,19 mg RuE/gE) et dans l'extrait méthanolique (0,19 mg RuE/gE de flavonoïdes) sont faiblement inférieures par rapport à nos résultats. Nos extraits ont présenté des valeurs faibles comparativement à l'extrait aqueux de la partie aérienne de *Deverra scoparia* collecté dans la région d'EL Hoggar dont le taux est de 9.640 ± 1.477 mg catechin/g (CHAIB et al., 2015). Selon des études récentes KOFFI et al. (2010) et SULAIMAN et al. (2011), la différence de polarités entre les solvants d'extraction pourrait influencer sur la solubilité des constituants chimiques dans un échantillon et sur son rendement d'extraction. Par conséquent, la sélection d'un système de solvant approprié est l'une des étapes les plus pertinentes pour optimiser la couverture des composés phénoliques totaux et des autres composés bioactifs extraits. A la lumière de ces résultats, le taux de flavonoïdes est plus faible que celui des polyphénols totaux, ceci nous

III. Résultats et discussions

permet de constater que les polyphénols sont représentés majoritairement par les tanins dans les deux parties de la plante.

4. Mise en évidence de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles et des extraits

4.1 Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle

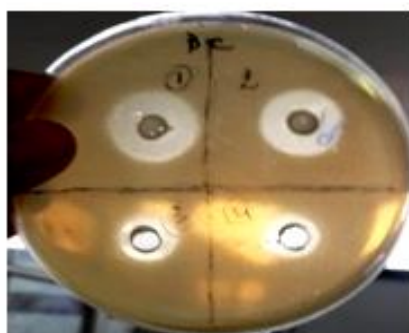
Les résultats consignés dans le tableau 18 montrent que l'huile de *Deverra reboudii* possède une importante activité antimicrobienne vis-à-vis des microorganismes testés. La plus grande surface d'inhibition est de 24mm et 20mm pour les bactéries à Gram négatif, *Klebsiella pneumoniae* et *Escherichia coli* respectivement, et de 20mm pour *Staphylococcus aureus* pour la solution mère (100%). A la dilution de 50%, des diamètres de 20mm, 16mm et 15mm ont été observé respectivement sur *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Les dilutions 25% et 12.5% présentent des zones d'inhibitions comprises entre (15mm et 10mm) ; (10mm et 7mm) et (11mm et 9mm) pour les souches *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* respectivement (figure 26).



Escherichia coli



Staphylococcus aureus



Bacillus cereus



Klebsiella pneumoniae

Figure 26 : Zones d'inhibition de test de sensibilité à l'huile essentielle de *Deverra reboudii*.

III. Résultats et discussions

Alors que pour *Bacillus cereus*, le diamètre est de 16mm pour la solution mère (100%) et de 14mm, 8mm pour des solutions diluées à 50%, 25% et 12.5%, respectivement.

Pour le germe *Salmonella typhimirium*, les zones d'inhibition s'échelonnent entre 32mm et 10mm par rapport à la bacitracine (09mm).

Les deux souches *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* présentent des diamètres d'inhibitions entre 10 et 14mm pour les deux concentrations (100% et 50%), tandis que on observe des zones d'inhibition entre 23 et 22mm pour la bacitracine. L'activité de l'huile essentielle est plus active sur *Candida albicans*, le diamètre de la zone d'inhibition est de 32mm pour la solution mère (100%) et 24mm, 16mm et 10mm pour les solutions diluées à 50%, 25% et 12.5% respectivement.

Tableau 18 : Activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle de *Deverra reboudii*.

Concentration de l'huile essentielle (%) (v/v)	Diamètre de la zone d'inhibition en millimètres (mm)				
	100%	50%	25%	12.5%	Bacitracine
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	24	20	15	10	07
<i>Escherichia coli</i>	20	16	11	08	09
<i>Staphylococcus aureus</i>	20	15	10	07	22
<i>Bacillus cereus</i>	16	14	08	08	25
<i>Salmonella typhimirium</i>	23	19	15	10	09
<i>Enterococcus faecalis</i>	12	10	08	08	23
<i>Bacillus subtilis</i>	14	10	08	00	22
<i>Candida albicans</i>	32	24	16	10	ND

ND: indéterminée ; Aucune inhibition n'a été observée pour toutes les souches testées avec DMSO pur.

Les fortes activités antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* sont en liaison avec la forte teneur en β -pinène et α -pinène (DUKE et BECKSTROM-STERNBERG, 1996 ; COWAN, 1999 ; SOKMEN et al., 2003). Les deux composés α -pinène et β -pinène augmentent la perméabilité membranaire, inhibent la respiration et les processus de transport ionique, ainsi qu'ils détruisent l'intégrité cellulaire (ANDREWS et al., 1980 ; URIBE et al., 1985). L'activité antibactérienne de l'huile essentielle peut être associée à la valeur relativement élevée du limonène (BEVILACQUA et al., 2010). L'activité du limonène [1-méthyl-4-(1-méthylethényle)-cyclohexène], dépend du type de substituant alkyle incorporé dans une structure cyclique non phénolique. Un substituant alcényle (1-méthylethényle) a

III. Résultats et discussions

entraîné une activité antibactérienne accrue, par rapport à un substituant alkyle (1-méthylethyle) comme dans le P-cymène [1-méthyl-4- (1-méthylethyle)-benzène] (DORMAN et DEANS, 2000). Cette activité, pourrait être aussi expliquée par l'interaction moléculaire des groupements fonctionnels des composants des huiles essentielles avec la paroi des bactéries, ce qui provoque de profondes lésions. On peut dire que cette activité peut être le résultat d'un effet synergique entre plusieurs composés d'huile (BURT, 2004 ; AL-BAYATI, 2008 ; RANDRIANARIVELO et *al.*, 2009). C'est l'exemple du myrcène qui renforce l'activité, lorsqu'il est mélangé avec les autres composants de l'huile essentielle (ONAWUNMI et *al.*, 1984).

4.2 Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits

Dans cette étude, nous avons évalué l'activité antimicrobienne des extraits de la poudre de *D. reboudii*. Le test le plus classique est la méthode de diffusion sur gélose, basée sur une mesure du diamètre de la zone d'inhibition de la croissance de l'organisme pathogène qui entoure le puits contenant l'extrait à tester.

Sept bactéries ont été testées : des Gram positifs (*S. aureus*, *B. cereus*, *E. faecalis*) et des Gram négatifs (*E. coli*, *B. subtilis*, *K. pneumoniae*, *S. typhimurium*). Les extraits méthanolique, butanolique et d'acétate d'éthyl sont dissous dans le DMSO. Ce solvant utilisé comme témoin négatif n'a aucune activité antimicrobienne détectée. L'extrait aqueux est dissous dans l'eau distillée autoclavée stérile. Les diamètres des zones d'inhibition des souches microbiennes ont été déterminés et sont représentés dans le tableau 19.

Les résultats présentés dans le tableau 19 montrent que les extraits ont des activités antimicrobiennes de degrés variables contre les souches des différents micro-organismes testés. Les extraits racinaires de *D. reboudii* ont eu un effet inhibiteur sur les souches bactériennes (*S. aureus*, *B. cereus* et *E. faecalis*) qui sont des bactéries à Gram positif. Les activités antibactériennes observées sont faibles (entre 11mm et 16mm) par rapport au témoin positif utilisé : la bacitracine qui, à une concentration de 0,5 mg/puits, présente des diamètres d'inhibition de 22, 25 et 23mm contre *S. aureus*, *B. cereus* et *E. faecalis*, respectivement.

III. Résultats et discussions

Tableau 19 : Activités antibactérienne et antifongique de différents extraits de *Deverra reboudii*.

Concentration de l'extrait (150 mg/ml)	Diamètre de la zone d'inhibition en millimètres (mm)				
	AQR	MR	BR	AER	Bacitracine
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	10	-	-	07
<i>Escherichia coli</i>	-	-	07	08	09
<i>Bacillus subtilis</i>	-	08	-	08	22
<i>Salmonella typhimirium</i>	-	-	-	-	09
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	11	16	14	22
<i>Bacillus cereus</i>	09	12	-	15	25
<i>Enterococcus faecalis</i>	08	-	13	10	23
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	-	ND

(-): Aucune inhibition ; **ND**: indéterminée ; Aucune inhibition n'a été observée pour toutes les souches testées avec DMSO pur. **AQR** : Extrait aqueux racinaire ; **AER**: Extrait d'acétate d'éthyle de racine ; **MR**: Extrait méthanolique de racine ; **BR**: Extrait butanolique de racine.

Les résultats montrent que les extraits racinaires : méthanolique, butanolique et d'acétate d'éthyle possèdent des activités antibactériennes très similaires des diamètres d'inhibition entre 11 et 16mm. Par contre, l'extrait aqueux révèle une activité moins importante (diamètre d'inhibition de 09mm et 08mm). BENMEKHBI et al. (2008), notés dans leur étude que l'extrait butanolique de *Deverra scoparia*, en utilisant la méthode de diffusion, a montré une bonne activité antibactérienne contre les micro-organismes comme *Escherichia coli* ATCC25922 (30mm), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 (30mm) et *Staphylococcus aureus* (30mm). Les plantes peuvent se révéler comme une source riche d'une grande variété de métabolites secondaire, tels que les tanins, les terpénoïdes, alcaloïdes et flavonoïdes, qui avec la possibilité de possèdent la propriété antimicrobiennes (BURT et REINDERS, 2003).

PAREKH et al. (2006) affirment que la plupart des composés antimicrobiens identifiés ne sont pas hydrosolubles et que les solvants organiques sont plus efficaces dans l'extraction de ce type de substances. Les molécules responsables de l'effet antibactérien des EAE, EM et EB sont probablement des acides gras.

Nos résultats sont en accord avec les observations d'ALZOREKY et NAKAHARA (2003) qui ont montré que les bactéries Gram positifs sont plus sensibles aux extraits des végétaux que ceux à Gram négatif. La résistance des bactéries Gram négatif à l'égard des

substances antibactériennes est due aux différences structurales de la paroi cellulaire. En effet, la membrane externe des bactéries Gram négatifs est traversée par des lipopolysaccharides qui rendent leurs surfaces hautement hydrophiles (SMITH-PALMER et *al.*, 1998), alors que les extrémités lipophiles de la paroi cellulaire (acides lipotéchoïques) des bactéries Gram positifs peuvent faciliter la pénétration des composés hydrophobes (ULTEE et *al.*, 1999 ; COX et *al.*, 2000). En effet, contrairement aux bactéries à Gram+, les bactéries à Gram- possèdent une membrane externe en plus du peptidoglycane (PRASHANTH KUMAR et *al.*, 2006 ; AL-BAKRI et AFIFI, 2007). La paroi bactérienne constitue une surface d'échange avec l'extérieur. Le peptidoglycane est poreux et laisse passer de nombreuses substances ce qui n'est pas le cas de la membrane externe des bactéries à Gram négatif qui s'oppose, notamment, à la pénétration des antibiotiques hydrophobes. Par conséquent, il en résulte une résistance plus importante des souches Gram négatives contre l'activité de nos extraits végétaux.

Cependant, ces résultats ne sont qu'une mise en évidence de l'activité antimicrobienne de ces extraits. L'activité des différents extraits peut être mieux caractérisée par détermination des concentrations minimales inhibitrices et minimales bactéricides. Aucune activité antifongique n'a été décelée et ceci pour les trois extraits de *D. reboudii*.

5. Mise en évidence de l'activité antioxydante des extraits

La détermination de l'activité antioxydante (capacité ou potentiel) des divers extraits de *Deverra reboudii* est généralement basée sur l'inhibition d'une réaction particulière en présence d'un antioxydant. Différents tests ont été utilisés pour évaluer la capacité antioxydante des extraits tels que le test d'inhibition du radical libre DPPH, le test de réduction des ions Fe^{3+} (pouvoir réducteur). En effet, l'utilisation d'une seule méthode ne peut pas fournir une idée claire sur le pouvoir antioxydant de l'échantillon étudié. Il faut donc combiner les réponses obtenues à l'aide de tests différents et complémentaires pour avoir une indication sur la capacité antioxydante de l'échantillon à tester (ÖZTÜRK et *al.*, 2007).

5.1 Test au DPPH (Activité antiradicalaire)

Le DPPH est un radical stable de couleur violette ayant une absorbance maximale à 517 nm. Il peut accepter un électron ou un atome d'hydrogène et former ainsi une molécule non radicalaire stable, le 2,2-phényl-1-picrylhydrazyl, de couleur jaune pâle (NAIK et *al.*, 2003), ce qui engendre la diminution de l'absorbance à 517nm. Cette réduction est le résultat de la fixation d'un atome d'hydrogène de l'extrait sur la molécule de DPPH.

5.1.1 Activité antiradicalaire de la tige de *Deverra reboudii*

La figure 27, ci-dessous, présente l'activité antiradicalaire des extraits de la partie aérienne contre le DPPH est en fonction de la concentration. L'extrait aqueux présente le meilleur pouvoir de neutralisation de DPPH (92% à 500 μ g/ml) par comparaison à celui de l'extrait méthanolique qui est de l'ordre de 90.13%. Néanmoins, le pouvoir d'inhibition des extraits est tout de même inférieur à celui du BHA (95.66 % à 500 μ g/ml).

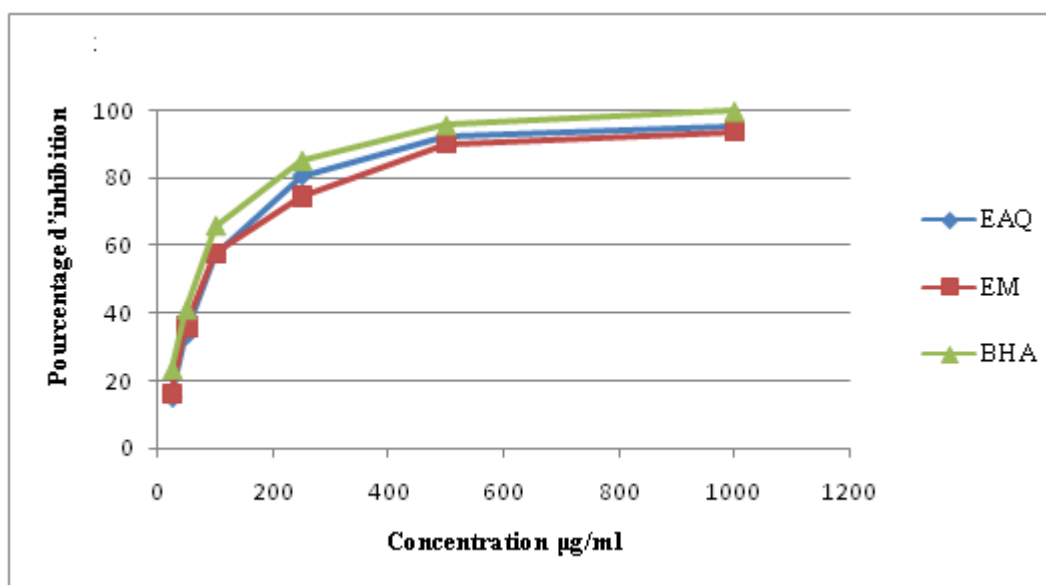


Figure 27 : Activité antiradicalaire des extraits de la tige de *Deverra reboudii* en fonction de la concentration.

Les concentrations inhibitrices (IC_{50}) (exprimées en μ g/ml), qui engendrent la neutralisation de 50% des radicaux libres de DPPH sont de l'ordre de 39.38, 135.54 et 147.57 μ g/ml pour le BHA, les extraits aqueux et méthanolique, respectivement. Les IC_{50} sont calculées graphiquement par des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés.

5-1-2 Activité antiradicalaire de la racine de *Deverra reboudii*

La figure 28 représente l'activité antiradicalaire des différents extraits de la racine de *D. reboudii* contre le DPPH en fonction de la concentration de l'échantillon.

L'extrait méthanolique et l'extrait aqueux, qui a la teneur la plus élevée en phénols totaux (68.65 et 49.42mg EAG/g d'extrait), exhibe l'activité antiradicalaire la plus puissante

III. Résultats et discussions

de l'ordre de 90,26% et 85,99%, Pour une concentration de 500µg/ml. L'activité antiradicalaire la plus élevée, respectivement avec des IC₅₀ de 39.38 et 80, 127.57µg/ml pour le BHA, l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux. En général, l'activité antioxydante des extraits végétaux est due principalement aux composés phénoliques (TRONCOSO et *al.*, 2005).

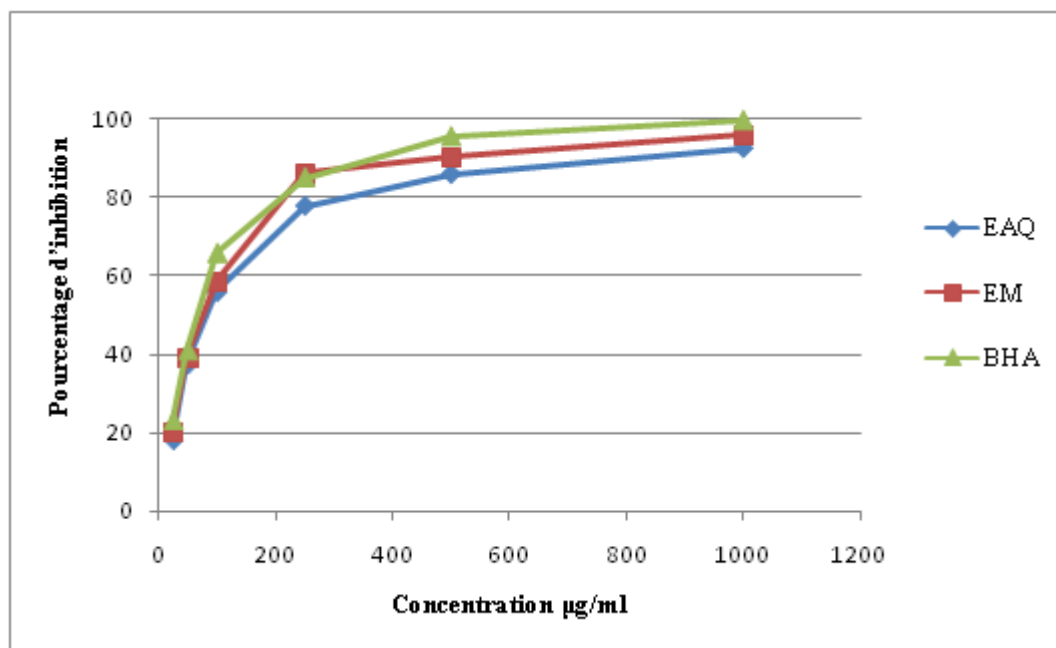


Figure 28 : Activité antiradicalaire des extraits de la racine de *Deverra reboudii* en fonction de la concentration.

5-2 Pouvoir réducteur des extraits de *Deverra reboudii*

Le pouvoir réducteur est généralement utilisé pour évaluer la capacité de l'antioxydant à réduire un oxydant en lui cédant un électron. Dans ce test, les antioxydants réduisent les ions ferricyanures en ferrocyanures qui vont réagir par la suite avec les ions Fe³⁺ pour donner le bleu de Prusse. L'intensité de ce complexe augmente avec l'augmentation du pouvoir de ces substances à céder un électron ou un hydrogène (YILDIRIM et *al.*, 2001).

5.2.1 Pouvoir réducteur des extraits de la tige de *Deverra reboudii*

Les résultats illustrés sur la figure 29 montrent que la capacité de réduction des ions Fe³⁺ en Fe²⁺ augmente proportionnellement avec la concentration. Toutefois, les activités obtenues restent inférieures à celles obtenues par le BHA. En effet, à 1mg/ml, les pouvoirs réducteurs sont de l'ordre de 1.48nm, 1.20nm et 0.97nm pour le BHA, l'extrait aqueux et l'extrait

III. Résultats et discussions

méthanolique de la partie aérienne, respectivement. Ce même ordre de capacité antioxydante a été aussi noté lors de l'activité antiradicalaire.

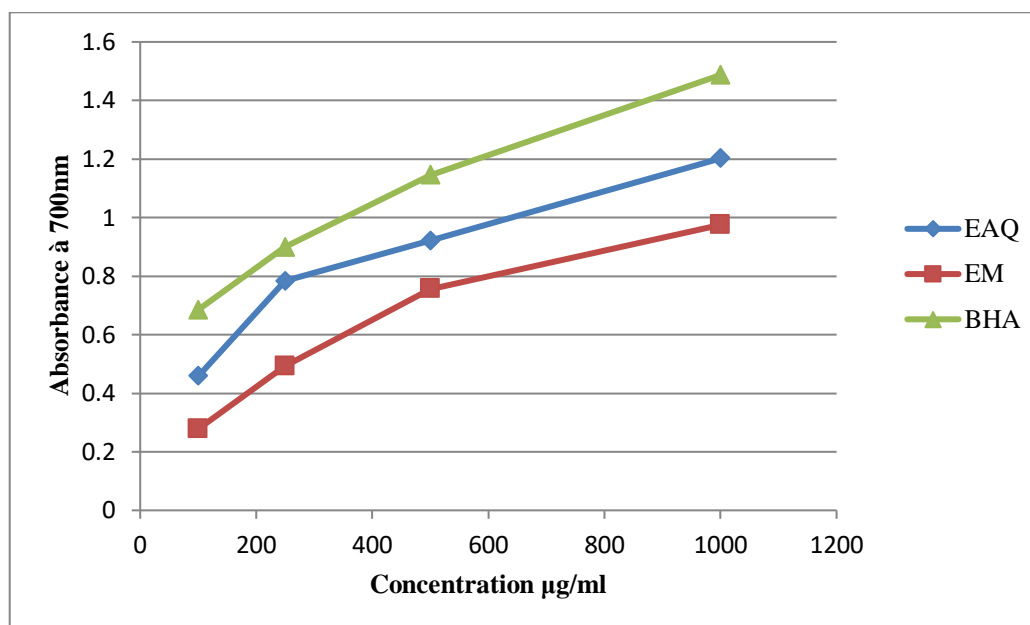


Figure 29 : Pouvoir réducteur des extraits de la tige de *Deverra reboudii* en fonction de la concentration.

5.2.2 Pouvoir réducteur des extraits de la racine de *Deverra reboudii*

D'après les résultats consignés dans la figure 30, on remarque que l'extrait méthanolique est plus actif avec une densité optique maximale de 1.39 nm à la concentration de 1 mg/ml, suivis de l'extrait aqueux avec une absorbance de 1.14 nm. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par CHAIB et *al.* (2015) qui révèlent que les extraits de l'espèce de *Deverra scoparia* possèdent une activité antioxydante très ressentie. En effet, Il a été rapporté que les composés réducteurs les plus puissants sont en général des composés antiradicalaires (ANDERSEN et *al.*, 2003). Ces résultats témoignent de la richesse de ces préparations en composé réducteurs qui jouent le rôle de terminateurs des réactions en chaîne des radicaux libres (YEN et CHEN, 1995).

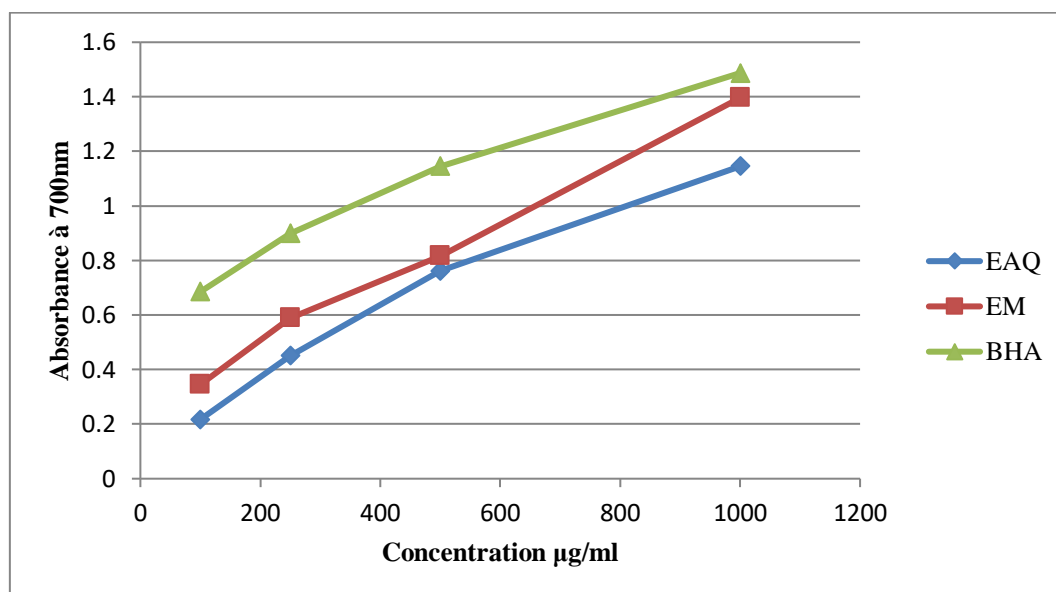


Figure 30 : Pouvoir réducteur des extraits de la racine de *Deverra reboudii* en fonction de la concentration.

En fonction de ces résultats, il existe une relation entre la teneur totale en phénol et l'activité antioxydante. En effet, il est extrêmement important de souligner qu'il existe une corrélation positive entre le potentiel de l'activité antioxydante et la quantité de composés phénoliques dans les extraits. En outre, les données de la littérature (BELIVEAU et GINGRAS, 2005 ; KULSIC et *al.*, 2006 ; BOUBEKRI, 2014) indiquent que l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique peut être attribuée à sa teneur relativement élevée en polyphénols tels que les flavonoïdes et de tanins qui sont des radicaux libres (des piègeurs) (BRUNETON, 1993 ; GUILLEN et MANZANOS, 1998 ; THUILLE et *al.*, 2003 ; KULSIC et *al.*, 2006). En plus, La teneur des polyphénols totaux des extraits du *Deverra reboudii* s'est corrélée avec leurs activités antiradicalaires. Ces résultats corroborent ceux déjà mentionnés auparavant (DJERIDANE et *al.*, 2006 ; WONG et *al.*, 2006 ; TAWAHA et *al.*, 2007 ; TURKMEN et *al.*, 2007 ; WOJDYLO et *al.*, 2007). Aussi, le travail de TURKMEN et *al.* (2007) indique que les polyphénols semblent être des donateurs efficaces d'hydrogène au radical DPPH, en raison de leur chimie structurale idéale. Les autres composés phénoliques mineurs ne devraient pas être négligés, par ce que la synergie entre les différents produits chimiques devrait être prise en considération dans l'activité biologique (BOURGOU et *al.*, 2008). Toutefois, les composants responsables des activités antioxydantes des extraits n'ont pas été identifiés et des travaux supplémentaires devraient être menés pour identifier et isoler ces composés bioactifs.

Conclusion

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une contribution à la valorisation des ressources naturelles de l'Algérie. Les résultats de nos recherches bibliographiques et de nos études expérimentales nous ont permis de mieux connaître la plante de *Deverra reboudii*, espèce algérienne appartenant à la famille des *Apiacées*, sous différents aspects.

Le résultat des analyses physico-chimiques (Texture, pH, Matière organique, Taux de carbone), montre que le sol planté par *Deverra reboudii* est de texture sableuse homogène, de pH alcalin, de pourcentage de matière organique variant entre 0.45 à 5.4% et de carbone total ne dépassant pas 3.13%.

Nos travaux expérimentaux nous ont permis d'étudier la composition chimique de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* qui, à ce jour, n'avait jamais fait l'objet d'investigation phytochimique.

La détermination de la composition chimique de l'huile essentielle a nécessité l'utilisation de différentes méthodes d'analyses, en particulier la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/ MS).

La méthode d'extraction par hydrodistillation a donné une teneur de 0,5% (v/m) d'huile essentielle avec 38 composés identifiés. On remarque que la composition de cette huile essentielle est dominée par les monoterpènes oxygénés (avec β -pinène 37.64% et α -pinène 31.77%) qui sont les constituants majoritaires.

Pour extraire les principes actifs de cette plante, on a eu recours à la technique d'extraction par Soxhlet, réalisée séparément par l'acétate d'éthyle, le méthanol, le butanol et l'eau. Le meilleur rendement est celui de l'extrait aqueux et butanolique, suivi par l'extrait méthanolique avec un pouvoir d'extraction faible pour l'acétate d'éthyl.

La composition en polyphénols et en flavonoïdes des différents extraits a été déterminée quantitativement. En effet, les teneurs en composés phénoliques de différents extraits varient de 68.65 mg AG/g d'extrait à 34.15 mg AG/g d'extrait, bien que les teneurs en flavonoïdes varient de 15.5 à 2.14 mg Q/g d'extrait. Le rendement d'extraction, la teneur en polyphénols et la teneur en flavonoïdes varient en fonction du type du solvant et la partie de la plante à extraire.

L'évaluation de l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles et des extraits a été également déterminée. L'huile essentielle de *Deverra reboudii* possède une importante activité antimicrobienne vis-à-vis des microorganismes testés. La plus grande

Conclusion

surface d'inhibition est observée chez *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella typhimurium*. L'activité de l'huile essentielle est plus active sur *Candida albicans*. Les souches *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Enterococcus faecalis*, ont montré une sensibilité vis-à-vis des extraits racinaires de *D. reboudii*. Aucune activité antifongique n'a été décelée pour les extraits racinaires, ainsi que, pour les extraits de la partie aérienne vis-à-vis des différentes souches bactériennes et fongiques.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée *in vitro* via différents tests : le test de l'activité antiradicalaire (DPPH) et du pouvoir réducteur. Les différents extraits montrent des activités variables selon le test utilisé. Les activités notées augmentent en fonction de la concentration. L'évaluation de l'activité antioxydante de différents extraits a montré que l'extrait méthanolique de la racine présente l'activité antioxydante la plus importante dans le test de piégeage du radical libre DPPH et celle du pouvoir réducteur. Ce fort pouvoir de réduction et d'élimination de radicaux libres de l'extrait serait lié à la teneur et la complexité en composés polyphénoliques présents ainsi que la synergie entre eux pour une meilleure activité biologique. En fonction de ces résultats, il existe une relation positive entre le potentiel de l'activité antioxydante et la quantité de composés phénoliques dans les extraits.

Enfin, sur la base de la composition chimique et les activités biologiques démontrées par l'huile essentielle et les extraits de *Deverra reboudii*, ses extraits et son huile peuvent être proposés comme alternatif agent : antimicrobien et antioxydant.

Afin d'étendre nos connaissances sur l'efficacité des produits bioactifs naturels et explorer leur application, les recherches doivent se concentrer sur les questions suivantes : la séparation des constituants de cette huile, même les extraits et exploiter l'action inhibitrice de chaque constituant identifié *in vitro* et *in vivo*. L'application des analyses phytochimiques et biologiques comparatives sur les constituants chimiques isolés présents dans l'espèce sélectionnée *Deverra reboudii* aux composés chimiques existants isolés du genre. La détermination d'autres activités biologiques des produits naturels, par exemple, celles relatives à l'antioxydant et le potentiel anticancéreux et l'activité insecticide sans oublier l'identification des mécanismes d'action.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- Abdallah H. et Sahki R. (2004). Le Hoggar promenade botanique. Espèces herbacées. Édition Ésope, 311p.
- Abdallah H.M. et 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.* 66:143-148.
- Abdelwahed N., Hayder S., Kilani A., Mahmoud J., Chibani M., Hammami L., Gherdira C., Ghedira K. (2006). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Tunisian *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. *Flavour Fragr. J.* 21: 129-133.
- Adams R.P. (2007). Identification of essential oils components by gas chromatography/mass spectroscopy. 4th edition, Allured Publishing Corporation, Carol Stream, 804p.
- Adida H., Benariba N., Bechiri A., Chekroun E., Djaziri R. (2015). Étude phytochimique et évaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits de *Pithuranthos scoparius*. *Phytothérapie* 1-6.
- AFNOR (1996). Sol : reconnaissance et essais. Norme française. 15p.
- Allen K. G., Banthorpe D. V. et Charlwood B. V. (1977). Metabolic pools associated with monoterpene biosynthesis in higher plants. *Phytochemistry* 16: 79-83.
- Al-Bakri A. et Afifi F.U. (2007). Evaluation of antimicrobial activity of selected plant extracts by rapid XTT colorimetry and bacterial enumeration. *J. Microbiol. Methods* 68: 19-25.
- Al-Bayati A.F. (2008). Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *J. Ethnopharmacol.* 116: 403-406.
- Ali S.S., Kasoju N., Luthra A., Singh A., Sharanabasava H., Sahu A., Bora U. (2008). Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Res Int.* 41: 1-15.
- Al-Gaby A.M. et Allam R.R. (2000). Chemical analysis, antimicrobial activity, and the essential oils from some wild herbs in Egypt. *J. Herbs Spices Med Plants* 7: 15-23.
- Alvarez-Castellanos P.P. et Pascual-Villalobos M.J. (2003). Effect of fertilizer on yield and composition of flowerhead essential oil of *Chrysanthemum caronarium* (Asteraceae) cultivated in Spain. *Ind. Crops Prod.* 17: 77-81.
- Alzoreky N.S. et Nakahara K. (2003). Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International Journal of Food Microbiology* 80: 223-230.
- Amrouni S., Touati M., Hadeif Y., Djahoudi A. (2014). Effet de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* et de *Thymus ciliatus* sur *Pseudomonas aeruginosa* VIM-2 carbapénèmase. *Phytothérapie* 12: 309-313.
- Anderson C.M., Hallberg A. et Hogberg T. (1996). Advances in development of pharmaceutical antioxidants. *Adv. Drug. Res.* 28: 65-180.
- Andersen M.L., Lauridsen R.K. et Skibsted L.H. (2003). Optimising the use of phenolic compounds in foods. In: Johnson I, Williamson G (edit.). *Phytochemical functional foods*. Cambridge, Woodhead Publishing, Ltd, pp. 315-346.
- Andrews R.E., Parks L.W. et Spence K.D. (1980). Some effects of Douglas fir terpenes on certain microorganisms. *Appl. Environ. Microb.* 40: 301-304.
- Aprotosoiaie A.C., Spac A.D., Hancianu M., Miron A., Tanasescu V.F., Dorneanu V., Stanescu U. (2010). The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Farmacia* 58(1): 46-54.
- Ashkenazy D., Friedmann J. et Kashman Y. (1983). The furocoumarin composition of *Pituranthos triradiatus*. *Planta med.* 47(4): 218-220.

- Assad Y.O.H., Torto B., Hassanali A., Njagi P.G.N., Bashir N.H.H., Mahamat H. (1997). Seasonal variation in the essential oil composition of *Commiphora quadricincta* and its effect on the maturation of immature adults of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Phytochemistry* 44: 833-841.
- Attia S., Grissa K.L., Lognay G., Heuskin S., Mailleux A.C., 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.
- Aubert G. (1978). Méthodes d'analyses des sols. Edit.C.R.D.P.Marseille.189p.
- Baize D. (1989). Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris. 172p.
- Bagnouls F. et Gaussen H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Toulouse (88). pp : 3-4 et 139-239.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils, a review. *Food Chem. Toxicol.* 46: 446-475.
- Bakhy K., Benlhabib O. et Bighelli A. (2014). Yield and chemical variability of the essential oil isolated from aerial parts of wild *Origanum compactum* Benth. From Moroccan Western Rif. *Am. J. Essent. Oil Nat. Prod.* 1: 9-17.
- Balansard G., Cornillot P., Antoine P., Belaiche P., Fleurentin J., Girre L., Guillaume G., Mazars G. (1993). Encyclopédie des médecines naturelles éditée sur fascicules mobiles sous la direction de P. Cornillot, tome 2 : Phytothérapie – Aromathérapie, édité, Mise à jour 1993, Paris, Editions Techniques.
- Barry N. (2001). Art d'extraire les huiles essentielles. De parfum à faire soi même, pp.125-128.
- Bartosz G. (2003). Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicology* 9: 5-21.
- Baudin B. (2006). Stress oxydant et pathologies cardiovasculaires. *Mt. Cardio.* 2: 43-52.
- Belaiche P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme .éd. Maloine. Paris.
- Béliveau R. et Gingras D. (2005). Les aliments contre le cancer. Ed du Trécarré, Outremont, 2005, 213pp.
- Belkheiri N. (2010). Dérivés phénoliques à activités antiathérogènes. Thèse de Doctorat .Université de Toulouse.
- Bellakhdar J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle : Médecine arabe ancienne et savoirs populaires, Ed. Ibis Press, Paris, 764p.
- Benalia H., Djeridane A., Bensafieddine F., Yousfi M. (2016). High in vitro antiurolithiatic effect of *Pituranthos scoparius* roots extracts .*Harmacology* 1: 31-43.
- Bénard C. (2009). Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de Doctorat. Université de Nancy.
- Benavente-Garcia O., Castillo J., Marin F.R., Ortuno A., Del Rio J.A. (1997). Uses and properties of *Citrus* flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 45: 4505-4515.
- Benayad N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Rapport d'étude. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63p.
- Benchellah A.C., Bouziane H., Maka M., Ouames C. (2000). Fleurs du Sahara. Voyage Ethnobotanique avec les Touaregs du Tassili. Ibis presse Atlantica (France). 255p.
- Benhamou N. (2012). Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-ouest Algérien. Thèse doctorat. Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen.
- Benkeblia N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT. Food Science and Technology* 37(2): 263-268.

- 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*. *Chemistry of Natural Compounds* 44(5): 639-641.
- Benzie I.F.F. et Strain J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analyt Biochem.* 239: 70-76.
- Bevilacqua A., Corbo M.R. et Sinigaglia M. (2010). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of eugenol, limonene, and citrus extract against bacteria and yeasts, representative of the spoiling microflora of fruit juices. *J. Food Prot.* 3: 888-894.
- Bocco A., Cuvelier M.E., Richard H., Berest C. (1998). The antioxidant activity of various phenolic compounds measured by an accelerated test based on citronellal oxidation. *Sci.Alim.* 18: 13-23.
- Boelens M.H. (1996). Chemical and sensory evaluation of trace compounds in naturals. *Perfum Flavor* 21: 25-31.
- Bossokpi I.P.L. (2002). Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloïdes* LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako. p 133.
- Botineau M. (2010). Botanique systématique et appliqué des plantes à fleurs, Tech. Et Doc (eds): 1335.
- Bouaziz M., Dhouib A. et Loukil S. (2009). Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *Afr. J. Biotechnol.* 24:7017-7027.
- Boubekri Ch. (2014). Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques thèse de doctorat. 176p.
- Boukef M.K. (1986). Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne. Agence de coopération culturelle et technique, vol. 1, 350p.
- 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). *Nature et Technologie* 3: 37-45.
- Bourgou S., Ksouri R., Bellila A., Skandrani I., Falleh H., Marzouk B. (2008). Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *C. R. Biologies* 331: 48-55.
- Boutaghane N., Nacer A., Kabouche Z., 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.
- Bouyahya A., Abrini J., Bakri Y., Dakka N. (2018). Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie* 16(5): 254-267.
- Brada M., Bezzina M., Marlier M., Carlier A., Lognay G. (2007). Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11(1): 3-7.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. et Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Brunechon J. (1987). Pharmacognosie. Ecole technique de documentation, éd. Ravoilie.
- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales. 2^{ème} éd. Edition Technique et documentation, Paris.
- Bruneton J. (1999). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. Edition Technique et documentation, 1288p.
- Bruneton J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4^{ème} éd. Paris: Tec & Doc Lavoisier. 1269p.
- Bruneton J. (2016). Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 5^{ème} éd. Lavoisier.

- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods_ a review. *International Journal of Food Microbiology* 94(3): 223-253.
- Burt S.A. et Reinders R.D. (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett. Appl. Microbiol.* 36(3): 162-167.
- Cao G.H., Alessio H.M. et Cutler R.G. (1993). Oxygen-Radical Absorbency Capacity Assay for antioxidants. *Free Radical Biol Med.* 14: 303-311.
- Capo M., Courilleeau V. et Valette C. (1990). Chimie des couleurs et des odeurs. Culture et techniques, 204 p.
- Chaib F., Sahki R., Sabaou N., Rached W., Bennaceur M. (2015). Phytochemical Investigation and Biological Activities of Some Saharan Plants from Hoggar. *Journal of Agricultural Science* 7: 156-163.
- Cheyrier V. (2005). Polyphenols in foods are more complex than often thought. *Am. J. Clin. Nutr.* 81: 223-229.
- Chira K., Suh J.H., Saucier C., Teissèdre P.L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie* 6: 75-82.
- Christophe P. et Christophe S. (2011). Physiologie, pathologie et thérapie de la reproduction chez l'humain. *Edition Springer* p 84.
- Chrtek J., Osbornova J. et Sourkova M. (1984). Notes on the genus *Deverra* (*Umbelliferae*). *Preslia, Praha.* 56: 97-105.
- Chung K., Wong T.Y., Wei C., Huang Y., Lin Y. (1998). Tannins and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 38: 421-464.
- Clifford M.N. (2000). Miscellaneous phenols in foods and beverages- nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food. Agric.* 80: 1126-1137.
- Ctifl L (2012). Le Point sur Fertilité des sols. N° 33. 1-10p.
- Cisowski W. (1985). Flavonoid compounds in *Myrrhis odorata* (L.) Scop. *Herba Polonica*, 31: 13-19.
- Connolly J.D., Hill R.A. (1991). Dictionary of terpenoids., vol. 1: Mono- and sesquiterpenoids, vol. 2: Di- and higher terpenoids, vol. 3: Indexes. Chapman & Hall London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- Cosentino S., Tuberoso C. I. G., Pisano B., Satta M., Mascia V., Arzedi E., Palmas F. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian thymus essential oils. *Letters in Applied Microbiology* 29(2): 130-135.
- Cowan M.M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clin. Microbiol. Re.* 12(4): 564-582.
- Cox S.D., Mann C.M., Markham J.L., Bell H.C., Gustafson J.E. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil from *Malaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Bacteriology* 88: 170-175.
- Cutler S.J. et Cutler H.G. (2000). Biologically active natural products: Pharmaceuticals. CRC Press, New-York: 277.
- Dabin B. (1970). Analyse des matières organiques dans les sols. Laboratoire de chimie des sols et de pédologie appliquée. ORSTOM, multigraphié, 17p.
- Dacosta E. (2003). Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta (éd). Paris, p 317.
- Dahia M. (2009). Les plantes médicinales des régions de Djelfa, Bou saâda et M'sila. Etude de *Pituranthos* : espèces, composition chimique, activité biologique et cytotoxicité des huiles essentielles de ses tiges. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.
- Dahia M., Laouer H., Chaker A. N., Prado S., Meierhenrich U. J., Baldovini N. (2007). Chemical composition and antibacterial activity of *Pituranthos chloranthus* volatile oil. *Natural Product Communications* 2(11): 1159-1162.

- Daoud Y. et Halitim A. (1994). Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*. 5(3). pp 151-160.
- Dapkevicius A., Venskutonis R., Van B.T.A., Linssen J.P.H. (1998). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal science food agriculture* 77: 140-146.
- Degryse A.C., Delpla I. et Voinier M.A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP, 87p.
- Dewick P. M. (2011). *Medicinal natural products: A Biosynthetic approach*, Wiley 550p.
- Deysson G. (1979). Organisation et classification des plantes vasculaires, cours de botanique générale, 4^{ème} série, Tome II, Paris, 529p.
- Djebaili S. (1984). Steppe Algérienne phytosociologie et écologie. éd. Office des Publication Universitaires. Alger, p159.
- Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.* 97: 654-660.
- Djeridane A., Brunel J.M., Vidal N., Yousfi M., Ajandouze H., Stocker P. (2008). Inhibition of porcine liver carboxylesterase by a new flavones glucoside isolated from *Deverra scoparia*. *Chemico-Biological Interactions* 172: 22-26
- Dicko M. H., Gruppen H., Traoré A. S., Voragen A. G. J., Van Berkel W. J. H. (2006). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 1(1): 21-38.
- Dobignard A. et Chatelain C. (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord: Dicotyledoneae : Acanthaceae-Asteraceae, Vol. 2, éd. Conservatoire et Jardin botaniques la ville de Genève, 428p.
- Dorman H.J. et Deans S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88:308-316.
- Duke J.A. et Beckstrom-Sternberg S.M. (1996). *Handbook of Medicinal Mints (Aromathematics), Phytochemicals and Biological Activities*. CRCPress, Florida 480p.
- Dung N.T., Kim J.M. et Kang S.C. (2008). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food Chem. Toxicol.* 46: 3632-3639.
- Dupont F. et Guignard J.L. (2007). *Systématique moléculaire, Abrégé de botanique*. 14e édition, Masson, Issy-les-Moulineaux, 286p.
- Durling N.E., Catchpole O.J., Grey J.B., Webby R.F., Mitchell K.A., Foo L.Y., Perry N.B. (2007). Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanolwater mixtures. *Food Chemistry* 101: 1417-1424
- Edenharder R. et Grünhage D. (2003). Free radical scavenging abilities of flavonoids as mechanism of protection against mutagenicity induced by tert-butyl hydroperoxide or cumene hydroperoxide in *Salmonella typhimurium* TA102. *Mutat. Res.* 540: 1-18.
- Edris A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytotherapy Research* 21(4): 308-323.
- El Oualidi J., Khamar H., Fennane M., Ibn Tattou M., Chauvet S., Taleb M.S. (2012). Checklist des endémiques et spécimens types de la flore vasculaire de l'Afrique du Nord. Document de l'Institut Scientifique; 25, p.10. Université Mohammed V, AGDAL, Rabat, Morocco.
- El-Kalamouni C. (2010). Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France.
- Emberger L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev Trav. Labo. Bot. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier* 7: 1-43.

- Esseid Ch, Mechehoud Y, Chalchat JC, Figueredo G., Chalard P., Benayache S., Benayache F. (2016). Chemical composition of the essential oil of aerial Parts of *Pituranthos battandieri* Maire. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 8(10): 1731-1734.
- Esseid Ch., Hamadou M.H., Ameddah S., Ahmed M., León F., Brouard I., Marchioni E., Benayache S., Benayache F. (2017). Chemical Constituents and Antioxidant Activity of a Polar Extract from *Pituranthos battandieri* Maire. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 9(4): 559-566.
- Evans F.J. et Schmidt R.J. (1980). Plants and plant products that induce contact dermatitis, *Plantas medicinales* 38: 289-316.
- Evans W.C. (1989). Trease and Evans' Textbook of Pharmacognosy, 13th (ed), Bailliere, Tindall, London 191: 26-35.
- Fabricant D.S. et Farnsworth N.R. (2001). The Value of Plants used in Traditional Medicine for Drug Discovery. *Environ. Heal. Perspect.* 109: 69-75.
- Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bourouai N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdelly C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies* 331: 372-379.
- Favier A. (2003). Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, Mécanismes biochimiques, p 108-115.
- Fernandez X., Chémat F. et Do T. K. T. (2012). Les huiles essentielles: vertus et applications. Paris: Vuibert.
- Fournier G., Habib J. et Reguigui A. (1989) Étude de divers échantillons d'huile essentielle de *Rosmarinus* de Tunisie. *Plant Med. et Phytother.* 23: 180-185.
- Friedrich H. (1976). Phenylpropanoid constituents of essential oils. *Lloydia* 39: 1-7.
- Gangoué J. (2007). Caractérisation des beta-lactamases et leur inhibition par les extraits de plantes médicinales, thèse de doctorat, Liège.
- Garcia-Plazaola J.I. et Becerril J.M. (1999). A rapid HPLC method to measure lipophilic antioxidants in stressed plants: simultaneous determination of carotenoids and tocopherols. *Phytochemical Analysis* 10: 307-313.
- Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. (2010). Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples. *Molecules* 15: 8813-8826.
- Gausson H., et Leroy H. F. (1982). Précis de botanique, végétaux supérieurs, 2^{ème} éd. Masson. Paris. 426p.
- Ghanmi M., El-Abid A., Chaouch A., Aafi A., El Abid A., Ismaili M.R., Ferrah A. (2005). Étude du rendement et la composition de l'essence de térébenthine du Maroc : cas du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*). *Acta Bot. Gallica* 152: 3-10.
- Ghanmi M., Satrani B., Aafi A., Ismaili M.R., Houti H., El Monfalouti H., Benchakroun K.H., Aberchane M., Harki L., Boukir A., Chaouch A., Charrouf Z. (2010). Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guerçif (Maroc oriental). *Phytothérapie* 8: 295-301.
- Ghedira K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie* 3(4): 162-169.
- Goeke A. (2002). Sulfur-containing odorants in fragrance chemistry. *J. Sulfur. Chem.* 23: 243-278.
- Gomes P.B., Mata V.G. et Rodrigues A.E. (2004). Characterization of Portuguese grown geranium oil (*Pelargonium* sp.). *J. Essent. Oil Res.* 16: 490-495.

- Gourine N., Merrad B., Yousfi M., Stocker P., Gaydou E.M. (2011). Chemical composition of the essential oil of *Pituranthos scoparius*. *Nat. Prod. Commun.* 6(8): 1151-1154.
- Granger R., Passet J. et Arbousset G. (1973). L'essence de *Rosmarinus officinalis*, influence du mode de traitement du matériel végétal. *Parf. Cosm. Sav. France* 3: 133-137.
- Grayer R.J., Harbone J.B., Kimmins F.M., Stevenson P.C., Wijayagunasekera H.N.P. (1994). Phenolics in rice phloem sap as sucking deterrents to the brown plant hopper, *Nilaparvata lugens*, *Acta Horticulture* 381: 691-694.
- Griffin S.G., Wyllie S.G., Markham J.L. (1999). The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Flavour Fragrance J.* 14: 322-332.
- Guignard J.L. (1989). Abrégés de botanique éd. Masson 73: 178-183.
- Guignard J.L. (2000). Biochimie végétale. Masson, Paris, p 166.
- Guillén M. D. et Manzanos M. J. (1998). Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris* L. plant. *Food Chem.* 63(3): 373-383.
- Haba H., Benkhaled M., Georges M., Christophe L., Catherine L. (2004). Alkylated Isocoumarins from *Pituranthos Scoparius*. *Natural Product Letters* 18(5): 409-413.
- Halim A.F., Saad H.E.A., Lahloub M.F., Ahmed A. F. (1995). Pituranthoside from *Pituranthos triradiatus*. *Phytochemistry* 40(3): 927-929.
- Halkier B.A. et Gershenzon J. (2006). Biology and biochemistry of glucosinolates. *Ann. Rev. Plant. Biol.* 57: 303-333.
- Hammiche V. et Maiza K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara: Pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. *Journal of Ethnopharmacology* 105: 358-367.
- Hammoudi R., Dehak K., Hadj-Mahammed M., Ouldelhadj M.D. (2015). Composition chimique et activité antioxydante des huiles essentielles de *Deverra scoparia* Coss. et Dur. (Apiaceae). *Leb. Sci. J.* 16: 27-36.
- Hanif M. A., Al-Maskari M. Y., Al-Maskari A., Al-Shukaili A., Al-Maskari A. Y., AlSabahi J. N. (2011). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(5): 751-757.
- Havsteen B.H. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut.* 96: 167-202.
- Hayouni E.A., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chem.* 105: 1126-1134.
- Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie* 1: 3-6.
- Hernández I., Alegre L., Van Breusegem F., Munné-Bosch S. (2009). Trends in Plant. *Science* 14 (3): 125-132.
- Hodek P., Trefil P. et Stiborova M. (2002). Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chem. Biol. Interact.* 139: 1-21.
- Hoffmann D. (2003). Medical Herbalism: The Science and Practice of Herbal Medicine. Edition Inner Traditions / Bear & Co., p 90.
- Hoffmann L. (2003). Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'HydroxyCinnamoyl-CoA : shikimate/quinate hydroxycinnamoyl Transférase (HCT). Thèse de Doctorat. Université de Louis Pasteur-Strasbourg I.
- Huang D., Ou B. et Prior R.I. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agric Food Chem.* 53: 1841-1856.

- Hudaib M, Speroni E, Pietra AMD, Cavrini V. (2002). GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during vegetative cycle. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 29: 691-700
- Iucn (2005). A guide to medicinal plants in North Africa, ISBN, Spain. 2-8317-0893-1, 256p.
- Jean-Denis J. B. (2005). Caractérisation de polyphénols stilbéniques et de dérivés induits ou constitutifs de la vigne impliqués dans sa défense contre l'agent pathogène du mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola* (Berk. and Curt.). Thèse de Doctorat : Université de Neuchâtel.
- Just N., Nyunga M., Lelong J., Wallaert B. (2005). Allergie immédiate aux glucocorticoïdes de synthèse oraux. *La Revue de Médecine Interne* 26: 331-334.
- Kamkara A., Javana A.J., Asadib F., Kamalinejad M. (2010). The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food and Chemical Toxicology* 48(7): 1796-1800.
- Khajeh M, Yamini Y, Bahramifar N, Sefidkon F. (2005). Comparison of essential oil composition of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chem.* 91: 639-644.
- Kirby A.J. et Schmidt R.J. (1997). The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and of placebo herbs-1. *J. Ethnopharmacol* 56: 103-108.
- Klejdusa B., Kopecký J., Benesová L., Vaceka J. (2009). Solid-phase/supercritical-fluid extraction for liquid chromatography of phenolic compounds in freshwater microalgae and selected cyanobacterial species. *Journal of chromatography A.* 1216: 763-771.
- Knobloch K., Pauli A., Iberl B., Weigand H., Weis N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. Essent. Oil Res.* 1: 119-128.
- Koedam A., Scheffer J.J.C. et Svendsen A.B. (1980). Comparison of isolation procedures for essential oils. VI. Rosemary and sage. *Riechstoffe, Aromen, Kosmetica*, 30: 271-276.
- Koedam A. (1982). The influence of some distillation conditions on essential oil composition. *World Crops: Production, Utilization, Description* 7: 229-236.
- Koffi E., Sea T., Dodehe Y., Soro S. (2010). Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. *J. Anim. Plant Sci.* 3: 550-558.
- Krifa M., Gharad T. et Haouala R. (2011). Biological activities of essential oil, aqueous and organic extracts of *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. *Scientia Horticulturae* 128: 61-67.
- Krifa M., El-Mekdad H., Bentouati N., Pizzi A., Ghedira K., Hammami M., El Meshri S.E., Chaker-Ghedira L. (2015). Immunomodulatory and anticancer effects of *Pituranthos tortuosus* essential oil. *Tumor Biol.* 36:5165-5170.
- Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C., Abdelly C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant. Physiol. Bioch.* 45: 244-249.
- Ksouri A, Dob T, Belkebir A., Dahmane D., Nouasri A. (2017). Volatile compounds and biological activities of aerial parts of *Pituranthos scoparius* (Coss. and Dur.) Schinz (Apiaceae) from Hoggar, southern Algeria. *Trop J. Pharm. Res.* 16: 51-58
- Kubeczka K.H., Bartsch A. et Ullmann I. (1982). Recent studies on essential oils of Apiaceae. *Aetherische Oele, Ergeb. Int. Arbeitstag.* 158-187.
- Kuc J. (1985). Increasing crop productivity and value by increasing disease resistance through non-genetic techniques, In: Forest potentials: productivity and value, Ballard R (ed), Weyerhaeuser Company Press, Centralia 147-190.
- Kuc J. (1990). Compounds from plants that regulate or participate in disease resistance, bioactive compounds from plants, Wiley, Chichester (*Ciba Foundation Symposium*) 154: 213-228.

- Kulšić T., Dragović-Uzelac V. et Miloš M. (2006). Antioxidant Activity of Aqueous Tea Infusions Prepared from Oregano, Thyme and Wild Thyme. *Food Technol. Biotechnol.* 44(4): 485-492.
- Lahlou M. (2004). Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18: 435-448.
- Langenheim J.H. (1994). Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecol.* 20: 1223-1280.
- Laouer H. (2004). Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa. Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
- Lapornik B., Prošek M. et Wondra A.G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering* 71: 214-222.
- Larsonn J., Gottfries J., Bohiin L., Backlund A. (2005). Expanding the ChemGPS chemical space with natural products, *Journal of Natural Products* 68: 985-991.
- Le Houérou 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. Édition de l'IAM, Montpellier (CIHEAM) France.
- Lee K.W., Hur H.J. et Lee C.Y. (2005). Antiproliferative effects of dietary phenolic substances and hydrogen peroxide. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1990-1995.
- Lee K.W., Kim Y.J., Lee H.J., Lee C.Y. (2003). Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than *Teas* and *Red Wine*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7292-7295.
- Leon R. H. O. (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, France.
- Leong L.P., Shui G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 76: 69-75.
- Leopoldini M., Russo N. et Toscano M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants *Food Chemistry* 125(2): 288-306.
- Linderschmidt R., Trylka A., Goad M., Witschi H. (1986). The effects of dietary butylatedhydroxytoluene on liver and colon tumor development in mice. *Toxicology* 38: 151-160.
- 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 & Indigenous Med.* 2(1): 1-11.
- Lopes N.P., Kato M.J., Aguiar Andrade H., Soares Maia J.G., Yoshida M. (1997). Circadian and seasonal variation in the essential oil from *Viola surinamensis* leaves. *Phytochemistry* 46: 689-693.
- Lozet J. et Mathieu C. (2002). Dictionnaire de Science du sol, Tec et Doc, Lavoisier. Paris, France.
- Lucchesi M.E. (2005). Extraction sans solvant assistée par microondes : Conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en sciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de la Réunion.
- Macheix J.J., Fleuriet A. et Jay-Allemand C. (2005). Les composées phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR. Presses polytechniques.

- Mangena T et Muyima N.Y.O. (1999). Comparative evaluation of the antimicrobial activities of essential oils of *artemisia afra*, *pteronia incana* and *rosmarinus officinalis* on selected bacteria and yeast strains. *Lett. Appl. Microbiol.* 28(4) : 291-296.
- Mascret C. (2010). La réglementation régissant les huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques* 49(492): 54-56.
- Mata A.T., Proenc C., Ferreira A.R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F., Araujo M.E.M. (2007). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem.* 103: 778-786.
- Mathieu C. et Pieltain F. (1998). Analyse physique des sols. Paris, 275p.
- McCall M. R. et Frei B. (1999). Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? *Free Radical Biology and Medicine* 26(7-8): 1034-1053.
- Meissner O. (2004). Editorial: The traditional healer as part of the primary health care team? *South African Medical Journal* 94: 901-902.
- Merghache S., Hamza M. et Tabti B. (2009). Étude physicochimique de l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* L. de Tlemcen, Algérie. *Afr. Sci.* 5: 67-81.
- Middleton E., Kandaswami C. et Theoharides T.C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol. Rev.* 52: 673-839.
- Mighri H, Sabri K, Eljeni H, Neffati,M., Akrouit A. (2015). Chemical Composition and antimicrobial activity of *Pituranthos chloranthus* (Benth.) Hook. and *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire essential oils from southern Tunisia. *Adv. Biol. Chem.* 5:273-278.
- Milane H. (2004). La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques, thèse de doctorat, Strasbourg.
- Miller N.J., Rice-Evans C., Davies M.J., Gopinathan V., Milner A. (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84: 407-412.
- Millette M., Dupont C., Archambault D., Lacroix M. (2007). Partial characterization of bacteriocins produced by human *Lactococcus lactis* and *Pediococcus acidilactici* isolates. *Appl. Microbiol.* 102: 274-282.
- Mompon B., Lemaire B., Mengal P., Surlbled M. (1998). Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. Ed. INRA, Paris.
- Morelle J. (2006). L'oxydation des aliments et la santé. Ed Impression Librairie F-X. de Guibert, 257pp.
- Morin P., Gunther C., Peyron L., Richard H. (1985). Physical and chemical phenomena involved in steam distillation. *Bulletin de la Société Chimique de France* 5: 921-930.
- Mukherjee P.K., Saritha G.S. et Suresh B. (2002). Antimicrobial potential of two different *Hypericum* species available in India. *Phytother. Res.* 16: 692-695.
- Mukohata Y., Nakabayashi S. et Higashida M. (1978). Quercetin, an energy transfer inhibitor in photophosphorylation. *FEBS Lett.* 85: 215-218.
- Munda F.N. (2010). Identification de polyphénols, Evaluation de leur activité antioxydantes et leur propriété biologique. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine-Metz.
- Muthu C., Ayyanar M. Raja, N. et Ignacimuthu S. (2006). Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2-43.
- Naik G.H., Priyadarsini K.I., Satav J.G., Banavalikar M.M., Sohoni D.P., Biyani M.K., Mohan H. (2003). Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. *Phytochem.* 63: 97-104.
- Neffati A., Hennequin D., Basset B., Chekir-Ghedira L., Ghedira K., Barillier D., Ledauphin J. (2009). Influence of Growth phase And Geographic Origin on the Essential Oil

- Composition of *Pituranthos chloranthus* from Tunisia. *Natural Product Communications* 4: 1585-1594.
- Negre-Salvayre A. et Salvayre R. (2005). Effet protecteur des acides gras contre le stress oxydatif : Implication en physiopathologie vasculaire. *OCL*. 12: 433-438.
- Nijveldt R. J., Nood E., Hoorn D. E., Boelens P. G., Norren K., Leeuwen P. (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin. Nutr.* 74: 418-425.
- Novak J. D., Meister M., Knox W. W., Sullivan D. W. (1966). The world of science series. Books one through six. Indianapolis, IN: Bobbs-Merrill.
- OMS. (2002). Organisation Mondiale de la santé, Rapport sur la médecine traditionnelle : Besoins et potentiel. N° 4. 6p.
- Onawunmi G.O., Yisak W.A. et Ogunlana E.O. (1984). Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf. *J. Ethnopharmacol.* 12: 279-286.
- ONEDD, (2019). Observation nationale de l'environnement et du développement durable.
- Oroojalian F., Kasra-Kermenshahi R., Azizi M., Bassami M.R. (2010). Phytochemical composition of the essential oils from three Apiaceae species and their antibacterial effect on food-borne pathogens. *Food chemistry* 120: 765-770.
- Ouis N. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de Coriandre, de Fenouil et de Persil. Thèse de doctorat. Univ.d'oran 223p.
- Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control* 18(5): 414-420.
- Ozenda P. (1958). Flore du Sahara Septentrional et Central, C.N.R.S., Paris.
- Ozenda P. (1983). Flore du Sahara. 2^{ème} éd. CNRS, Paris : 401p.
- Ozenda P. (1991). Flore et Végétation du Sahara. 3^{ème} édition, CNRS, Paris : 662p.
- Ozenda P. (2004). Flore et végétation du Sahara. CNRS, Paris, 662p.
- Ozturk M., Aydoğmuş-Ozturk F., Duru M.E., Topçu G. (2007). Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chem.* 103: 623-630.
- Parekh J. et Chanda S. (2006). Screening of aqueous and alcoholic extracts of some Indian medicinal plants for antibacterial activity. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* 68: 835-838.
- Penchev P.I. (2010). Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse, doc. Université De Toulouse.
- Pénicaud C. (2009). Etude et modélisation du couplage entre le transfert d'oxygène et les réactions d'oxydation dans les aliments au cours de leur conservation. Thèse de Doctorat : Université de Montpellier II.
- Pepeljnjak S., Kosalec I., Kaloera Z., Kutrak D. (2003). Natural Antimycotics from Croatian Plants, in Plant-derived Antimycotics – Current Trends and Future Prospects (Eds. M. Rai, D. Mares), Haworth Press, New York. pp. 41-84.
- Pfisterer R. et Podlech D. (1986). Revision der Gattung *Deverra* DC. (Umbelliferae). *Mitt Bot Staatssamml München* 22: 571-604.
- Pibiri P. (2006). Assainissement microbiologique de l'air et de systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de doctorat : Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit, EPFL (Suisse).
- Pimenov M.G. et Leonov M.V. (1993). The genera of the Umbelliferae Nomenclator. Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom, 156pp.

- Pincemail J., Degruene F., Voussure S., Malherbe C., Paquot N., Defraigne J.O. (2007). Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme* 21: 66-75.
- Ponce A.G., Fritz R., del Valle C., Roura S.I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT. Food Science and Technology* 36(7): 679-684.
- Pourrut B. (2008). Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*. Thèse de doctorat, Toulouse, France.
- Prashanth Kumar V., Neelam Chauhan S., Harish P., Rajani M. (2006). Search for antibacterial and antifungal agents from selected Indian medicinal plants, *Journal of Ethnopharmacology* 107: 182-188.
- Quézel P. et Santa S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales, tome II. CNRS, Paris, 600p.
- Quispe-Candori S., Foglio M.A., Rosa P.T.V, Meireles M.A.A. (2008). Obtaining β -caryophyllene from *Cordia verbenacea* de Candolle by super critical fluid extraction. *J. Supercrit. Fluids* 46: 27-32.
- Rahman I., Biswas S.K. et Kirkham P.A. (2006). Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochem Pharmacol.* 72: 1439-1452.
- Ramade F. (2003). Élément d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690p.
- Randrianarivelo R., Sarter S., Odoux E., Brat P., Lebrun M., Romestand B., Menut C., Andrianoelisoa H.S., Raheirandimby M. (2009). Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamosma fragrans*. *Food Chemistry* 114: 680-684.
- Regnault-Roger C., Bernard J.R., Phylogène C.V. (2002). Biopesticides d'origines végétale. Tec. et Doc. Eds, Paris, 337p.
- Rezaire A. (2012). Activité antioxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse doctorat. Université des Antilles et de la Guyane.
- Richard H. (1992). Epices et Aromates. Technologie et Documentation Lavoisier. Paris. 339 p.
- Robert G. (2000). Les Sens du Parfum. Osman Eroyllles Multimedia. Paris. 224p.
- Rodolfo J., Koroch A., Simon J., Hitimana N. (2006). Quality of geranium oils: case studies in southern and eastern Africa. *Journal of essential oil research* 13(6): 456-459.
- Rodriguez E., Towers G.H.N. et Mitchell J.C. (1976). Biological activities of sesquiterpene lactones, *Phytochemistry* 15: 1573-1580.
- Roux D. et Catier O. (2007). Botanique, Pharmacognosie et Phytothérapie. Wolters Kluwer France Edition, p74.
- Ruzicka L. (1953). The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Cell Mol Life Sci* 9: 357-367.
- Sadasivam S. et Thayumanavan B. (2003). Molecular host plant resistance to pests. Volume 96 de Books in soils, plants and the environment. *CRC Press*, p221.
- Salvador C. (2010). L'aromathérapie spirituelle histoire et bienfaits des huiles essentielles pour les maux du corps et de l'âme. Paris: G. Trédaniel.
- Sanchez-Moreno C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems. *Food Sci Tech Int.* 8: 121-137.
- Sanchez-Moreno C. et Larrauri J.A. (1998). Main methods used in lipid oxidation determination. *Food Sci. Technol. Int.* 4: 391-399.
- Scherer R. et Godoy H.T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chem.* 112: 654-658.
- Schjøning P., Elmholt S. et Christensen B.T. (2004). Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture. CABI, 356p.

- Seltzer P. (1946). Le climat de l'Algérie. Inst. Météo, et de Phs. Du globe d'Algérie. éd. Carbonel. Algérie.
- Senatore F. (1996). Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). *J. Agric. Food Chem.* 44:1327-1332.
- Service R.F. (1995). Antibiotics that resist resistance. *Science* 270: 724-727.
- Shimizu H. (2004). Relationship between plasma glutathione level and cardiovascular disease in a defined population :the Hisayama study, *Stroke* 35: 2072-2077.
- Singab A., Khalifa T., Mahran GH., Okada Y., Matsumaru Y., Ishino H., Okuyamat (1998). A new flavonoid glycoside from *Pituranthos tortuosus* Desf, *Benth & Hook. Natural Medicine* 52: 191-194.
- Singh R., Shushni M. A. M. et Belkheir A. (2011). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry* 8:322-328.
- Slinkard K. et Singleton V.L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55.
- Smaili T., Zellagui A., Gherraf N., Flamini G., Cioni P. L. (2011). Essential oil content of the flowers of *Pituranthos scoparius* in Algeria. *Int. J. Phytomed. Related Ind.* 3: 177-179.
- Smith-Palmer A., Stewart J. et Fyfe L. (1998). Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Applied Microbiology* 26: 118-122.
- Sokmen A., Vardar-Ünlü G., Polissiou M., Daferera D., Sokmen M., Donmez E. (2003). Antimicrobial activity of essential oils and methanol extracts of *Achillea sintenisii* Hub. Mor. (Asteraceae). *Phytother. Res.* 17: 1005-1010.
- Spigno G. et De F.D.M. (2009). Microwave-assisted extraction of teaphenols: a phenomenological study. *J. Food Eng.* 93: 210-217.
- Stefanini M.B., Ming L.C., Marques M.O.M., Meireles M.A.A., Moura L.S., Marchese J.A. (2006). Seed productivity, yield and composition of the essential oil of *fennel* *Foeniculum vulgare* var. *dulcis* in the season of the year. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu.* 8: 86-90.
- Stewart P. (1969). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 59: 23-36.
- Sulaiman S.F., Sajak A.A.B., Ooi K.L., Seow E.M. (2011). Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *J. Food Compos. Anal.* 24(4): 506-515.
- Sun B., Ribes A. M., Leandro M. C., Belchior A. P., Spranger M. I. (2006). Stilbenes: Quantitative extraction from grape skins, contribution of grape solids to wine and variation during wine maturation. *Analytica Chimica Acta* 563: 382-390.
- Švarc-Gajic A., Stojanovic Z., Segura-Carretero A., Arráez Román D., Borrás I., Vasiljevic I. (2013). Development of a microwave-assisted extraction for the analysis of phenolic compounds from *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Food Engineering* 119: 525-532.
- Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J., Dommes J. (2009). Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry* 113: 1226-1233.
- Tajkarimi M. M., Ibrahim S. A. et Cliver D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* 21(9): 1199-1218.
- Tapas A. R., Sakarkar D. M. et Kakde R. B. (2008). Flavonoids as Nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 7(3): 1089-1099.
- Tawaha K., Alali F.Q., Gharaibeh M., Mohammad M., El-Elimat T. (2007). Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chem.* (in press).

- Teixeira B., Marques A. et Ramos C. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products* 43: 587-595.
- Terigar B.G., Balasubramanian S., Sabliov C.M., Lima M., Boldor D. (2011). Soybean and rice bran oil extraction in a continuous microwave system: from laboratory to pilot scale. *J. Food Eng.* 104: 208-217.
- Thuille N., Fille M. et Nagl M. (2003). Bactericidal activity of herbal extracts. *Int. J. Hug. Environ. Health* 206: 217-221.
- Touil A., Rhouati S. et Creche J. (2006). Flavonoid glycosides from *Pituranthos chloranthus*. *Chemistry of compounds* 42(1): 104-105.
- Tsimogiannins D.I. et Oreopoulou V. (2006). The contribution of flavonoid C-ring on DPPH free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. *Innovat. Food Sci. Emerg. Tech.* 7: 140-146.
- Troncoso N., Sierra H., Carvajal L., Delpiano P., Gunther G. (2005). Fast high performance liquid chromatography and ultraviolet-visible quantification of principle phenolic antioxidants in fresh rosemary. *Journal of Chromatography A*. 1100: 20-25.
- Turkmen N., Velioglu Y. S., Sari F., Polat G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules* 12: 484-496.
- Ultee A., Kets E.P.W. et Smid E.J. (1999). Mechanisms of actions of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65: 4606-4610.
- Uribe S., Ramirez J. et Pena A. (1985). Effects of β -pinene on yeast membrane functions. *J. Bacteriol.* 161: 1195-1200.
- Valente J., Zuzarte M., Resende R., Goncalves M.J., Cavaleiro C., Pereira C.F., Cruz M.T., Salgueiro L. (2015). *Daucus carota* subsp. *gummifer* essential oil as a natural source of antifungal and anti-inflammatory drugs. *Industrial crops and products* 65: 361-366.
- Van Acker S., van Balen G.P., van den Berg D.J., van der Vijgh W.J.F. (1996). Influence of iron chelation on the antioxidant activity of flavonoids. *Biochem. Pharmacol.* 56: 935-943.
- Vasconcelos-Silva M.G., Craveiro A.A., Abreu Matos F.J., Machado M.I.L., Alencar J.W. (1999). Chemical variation during daytime of constituents of the essential oil of *Ocimum gratissimum*. *Fitoterapia* 70: 32-34.
- Vérité P., Nacer A., Kabouche Z., Seguin E. (2004). Composition of seeds and stems essential oils of *Pituranthos scoparius* (Coss. & Dur.). *Flavour Frag. J.* 19(6): 562-564.
- Verpoorte R. (1998). Exploration of nature's chemodiversity: the role of secondary metabolites as leads in drug development, *Drug Discovery Today* 3: 232-238.
- Visioli F., Borsani L. et Galli C. (2000). Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of Phytochemicals. *Cardiovascular Research* 47: 419-425.
- Waksmundzka-Hajnos M. et Sherma J. (2011). High Performance Liquid Chromatography in Phytochemical. *Chromatographic Science Series* 477-478.
- Wallach O. (1907). Sabinene and its relationship to the terpinenes. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 40: 585-595.
- Wan J., Wilcock A. et Coventry M. J. (1998). The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Applied Microbiology* 84(2): 152-158.
- Wang H., Provan G.J. et Helliwell K. (2004). Determination of rosmarinic acid and caffeic acid in aromatic herbs by HPLC, *Food Chemistry* 87: 307-311.

- Wayner D.D.M., Burton G.W., Ingold K.U., Locke S. (1985). Quantitative measurement of the total peroxy radical-trapping antioxidant capacity of human blood plasma by controlled peroxidation. *FEBS Letters* 187: 33-37.
- Weidenhamer J.D., Macias F.A., Fischer F. (1993). Just how insoluble are monoterpenes. *J. Chem. Ecol.* 19:1799-1807.
- Wesemael B. (2006). Les teneurs en matière organique dans les sols en région Wallonne. 15p.
- Wilson M. (2010). Huiles essentielles pour la cuisine et le bien-être. Montréal, Fides.
- Wojdylo A., Oszmianski J. et Czemerys R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chem.* 105: 940-949.
- Wong C.C., Li H.B., Cheng K.W., Chen F. (2006). A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.* 97: 705-711.
- Wood C.E. (1974). A student's atlas of flowering plants: Some dicotyledons of eastern North America. Harvard University, prepared as part of the Generic Flora of the Southeastern U.S. Project, 78 PP.
- Wu X., Beecher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Gebhardt S. E., Prior R.L.(2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agricultural and Food Chem.* 52: 4026-4037.
- Yangui T., Bouaziz M., Dhouib A., Sayadi S. (2008). Potential use of Tunisian *Pituranthos chloranthus* essential oils as a natural disinfectant. *Letters in Applied Microbiology* 48 (1): 112-117.
- Yano Y., Satomi M. et Oikawa H. (2006). Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International J. Food Microbiology* 111: 6-11.
- Yao L.H., Jiang Y.M., SHI J., Tomas-Barberan F.A., Datta N., Singanusong R., Chen S.S. (2004). Flavonoids in Food and their health benefits. *Plant. Food Hum. Nutr.* 59: 113-122.
- Yen G.C. et Chen H.Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agricult. Food Chem.* 43: 27-32.
- Yildirim A., Mavi A. et Kara A.A. (2001). Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* extracts. *J. Agricul. Food Chem.* 49: 4083-4089.
- Yoshida H., Ishikawa T., Hosoi H., Suzukawa M., Ayaori M., Hisada T. (1999). Inhibitory effect of tea flavonoids on the ability of cells to oxidize low density lipoprotein. *Biochem Pharmacol.* 58: 1695-1703.
- Zambonelli A., A.Z. D'Aurelio A.Z., Severi A., Benvenuti E., Maggi L., Bianchi A. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *thymus vulgaris* L. *J. Essent. Oil Res.* 16(1): 69-74.
- Zekri N. (2017). Étude phytochimique et activités biologiques des huiles essentielles et des extraits des *M. pulegium* (L.), *M. suaveolens* (Ehrh.) et *M. spicata* (L.) du Moyen-Atlas Marocain Thèse Doc. 164p.
- Zhang Y., Vareed S.K., Nair M.G. (2005). Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. *Life Sci.* 76: 1465-1472.
- Zhang H., Kong B., Xiong Y.L., Sun X. (2009). Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C, *Meat Science* 81: 686-692.
- Zhishen J., Mengcheng T. et Jianming W. (1999). The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals *Food Chemistry* 64: 555-559.

Annexes

ANNEXES

ANNEXE 01

Tableau 1 : Genres de la famille des Apiacées rencontrés en Algérie (QUEZEL et SANTA, 1962-1963 ; DOBIGNARD et CHATELAIN, 2011).

N°	Genres	Nombre d'espèces	Nombre de sous espèces	Espèce endémique
01	<i>Ammi</i>	2		
02	<i>Ammiopsis</i>	1		
03	<i>Ammodaucus</i>	1		
04	<i>Ammoides</i>	2		1 (<i>A. atlantica</i>)
05	<i>Anethum</i>	1		
06	<i>Anthriscus</i>	2		
07	<i>Apium</i>	1		
08	<i>Balansaea</i>	1		1 (<i>B. glaberrima</i>)
09	<i>Bifora</i>	1		
10	<i>Brachyapium</i>	2		
11	<i>Bunium</i>	7		4 (<i>B. fontanesii</i> , <i>B. chaberti</i> , <i>B. elatum</i> , <i>B. crassifolium</i>)
12	<i>Bupleurum</i>	14		5 (<i>B. plantagineum</i> , <i>B. atlanticum</i> , <i>B. montanum</i> , <i>B. balansae</i> , <i>B. oligactis</i>)
13	<i>Capnophyllum</i>	1		
14	<i>Carum</i>	2		2 (<i>C. montanum</i> , <i>C. foetidum</i>)
15	<i>Caucalis</i>	4		1 (<i>C. bifrons</i>)
16	<i>Chaerophyllum</i>	1		
17	<i>Conium</i>	1		
18	<i>Conopodium</i>	1		
19	<i>Coriandrum</i>	1		
20	<i>Crithmum</i>	1		
21	<i>Cuminum</i>			
22	<i>Danaa</i>	1		
23	<i>Daucus</i>	11	8	1 (<i>D. reboudii</i>)
24	<i>Echinophora</i>	1		
25	<i>Elaeoselinum</i>	2		
26	<i>Eryngium</i>	7		
27	<i>Ferula</i>	5		2 (<i>F. Cossoniana</i> , <i>F. vesceritensis</i>)
28	<i>Foeniculum</i>	1	3	
29	<i>Helosciadium</i>	3		
30	<i>Heracleum</i>	1	2	
31	<i>Hippomarathrum</i>	1	2	
32	<i>Hohenackeria</i>	2		

33	<i>Hydrocotyle</i>	1	
34	<i>Kundmannia</i>	1	
35	<i>Magydaris</i>	2	
36	<i>Malabaila</i>	1	1
37	<i>Margotia</i>	1	
38	<i>Oenanthe</i>	6	1 (<i>Oe. Virgata</i>)
39	<i>Orlaya</i>	3	
40	<i>Petroselinum</i>	1	
41	<i>Peucedanum</i>	3	1 (<i>P. munbyi</i>)
42	<i>Physocaulos</i>	1	
43	<i>Pimpinella</i>	2	1 (<i>P. battandieri</i>)
44	<i>Deverra=</i> <i>Pituranthos</i>	5	
45	<i>Reutera</i>	1	
46	<i>Ridolfla</i>	1	
47	<i>Sanicula</i>	1	
48	<i>Scandix</i>	3	2
49	<i>Seseli</i>	4	
50	<i>Sison</i>	1	
51	<i>Smyrnum</i>	2	
52	<i>Thapsia</i>	3	
53	<i>Tinguarra</i>	1	
54	<i>Tordylium</i>	1	
55	<i>Torilis</i>	2	3
56	<i>Turgenia</i>	1	

ANNEXE 02 : Milieux et conditions de culture

Milieux de culture

Milieu LB (Lauria Bertani)

La composition du milieu LB utilisé pour la préculture des différentes souches bactériennes est la suivante (g/l) : Peptone 10, Extrait de levure 5, NaCl 5, pH 7.

On ajoute 18 g/l d'agar pour avoir le milieu LB solide.

Milieu Sabouraud

Les peptones de viande et de caséine, sources de composés azotés et de glucides, constituent les facteurs de développement des levures, moisissures et bactéries acidophiles. Le glucose est une source énergétique.

Préparation

-Mettre en solution 30g de milieu déshydraté (BK026) dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.

-Agiter lentement jusqu'à dissolution complète.

-Répartir en tubes ou en flacons.

-Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes

Conditions de culture

Les pré-cultures sont effectuées dans des tubes d'eau physiologique avec un volume de 10 ml. L'incubation est réalisée pendant 18 h à 37°C et sous une agitation de 200 rpm pour les bactéries et pendant 72 h à 30°C et sous une agitation de 180 rpm pour les champignons.

Résumé.

L'objet de ce travail est l'étude de la composition chimique et l'activité biologique des huiles essentielles et des extraits de *Deverra reboudii*, plant endémique du l'Afrique du nord. Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation en utilisant un appareil d'extraction de type Clevenger. L'analyse de ces huiles a été faite par GC/MS. L'extraction des composés actifs de la partie aérienne (tige) et souterraine (racine) a été réalisée par le Soxhlet. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles et les extraits ont été estimés qualitativement sur 8 souches microbiennes par la technique de diffusion sur milieu solide. En parallèle, l'effet antioxydant a été évalué par deux méthodes, le piégeage de radical libre DPPH et la réduction du fer (FRAP). L'analyse chimique des huiles de la partie aérienne a révélé la présence de β -pinène (37.64%), α -pinène (31.77%), limonène (7.77%), P-cymène (6.02%) et β -myrcène (4.48%) comme composants majoritaires. L'analyse phytochimiques (Teneur en polyphénols et flavonoïdes) des extraits a révélé une composition et une répartition selon l'organe de la plante, et le solvant utilisé. La racine présente des valeurs très importantes en flavonoïdes par rapport à la tige. L'huile essentielle de *Deverra reboudii* possède une importante activité antimicrobienne par contre les différents extraits ont montré une activité variée en allant de la résistance à la sensibilité sur l'ensemble des souches testées. L'évaluation de l'activité antioxydante de différents extraits a révélé que l'extrait méthanolique de la racine montre une activité plus importante dans le test de piégeage du radical libre DPPH ainsi que le pouvoir réducteur. Ce fort pouvoir de réduction et d'élimination des radicaux libres de l'extrait peut être lié à la teneur et la complexité en composés polyphénoliques présents et même à la synergie entre eux pour une meilleure activité biologique.

Mots clés. *Deverra reboudii* - extraits - huiles essentielles - composition chimique - activité antimicrobienne - activité antioxydante - Djelfa.

Abstract.

The purpose of this work is the study of the chemical composition and biological activity of essential oils and extracts of *Deverra reboudii* endemic plant of North Africa. The essential oils were obtained by hydrodistillation using a Clevenger type apparatus. The analysis of essential oils was done by GC/MS. Extraction of the active compounds from the stems and roots parts were carried out by the Soxhlet. The antimicrobial activity of the essential oil and the extracts were qualitatively estimated on 8 microbial strains by the agar well diffusion method. In parallel, the antioxidant activity was evaluated by two methods, DPPH free radical scavenging and reducing power (FRAP). The chemical analysis of the oil from the aerial part revealed the presence of β -pinene (37.64%), α -pinene (31.77%), limonene (7.77%), P-cymene (6.02%) and β -myrcene (4.48%). %) as majority components. The Phytochemical analysis (polyphenols and flavonoids content) of the extracts revealed a variation of the composition and distribution according to the organ of the plant, and the solvent used. The root has very important flavonoid values comparing by the stem. The essential oil of *Deverra reboudii* has a significant antimicrobial activity but the different extracts showed an activity ranging from resistance to sensitivity on all strains tested. The evaluation of the antioxidant activity of different extracts has shown that the methanolic extract of the root has the most important activity in the DPPH free radical scavenging test and the reducing power. This strong ability to reduce and eliminate free radicals from the extract would be related to the content and complexity of polyphenolic compounds present and the synergy between them for better biological activity.

Keywords. *Deverra reboudii* - extracts - essential oil - chemical composition - antimicrobial activity - antioxidant activity - Djelfa.

الملخص.

الغرض من هذا العمل هو دراسة التركيب الكيميائي والنشاط البيولوجي للزيوت الطيارة و مستخلصات نبات *Deverra reboudii* المستوطن في شمال إفريقيا. تم الحصول على الزيوت الطيارة عن طريق التحلل المائي باستعمال جهاز التقطير بالماء من نوع Clevenger و تم تحليلها بواسطة كروماتوغرافيا الغاز المدمجة مع المطيافية الكتلية GC/MS. استخرجت المركبات الفعالة للقسم الهوائي (السيقان) و القسم الترابي (الجزور) بواسطة جهاز استخراج يسمى Soxhlet. تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات للزيوت الطيارة والمستخلصات العضوية على 8 سلالات جرثومية بواسطة تقنية الانتشار بالثَّماس المباشر. مع موازاة ذلك، قمنا بدراسة فعالية المستخلصات كمضادة للتأكسد باستعمال طريقتين ، الأولى طريقة الكسح الراديكالية على (DPPH) والثانية إرجاع الحديد (FRAP). أظهرت نتائج التحليل الكيميائي للزيوت الطيارة للقسم الهوائي عن وجود β -pinene (37.64%) ، α -pinene (31.77%) ، limonene (7.77%) ، P-cymene (6.02%) و β -myrcene (4.48%) كمركبات غالبية. وكشف التحليل الكمي (محتوى البوليفينول والفلافونويد) للمستخلصات عن غنى النبتة بنسب متفاوتة وذلك حسب جزء النبتة والمذيب المستعمل. تحتوي الجذور على قيم فلافونويدية مهمة جداً مقارنة بتلك الموجودة في السيقان. إتضح أن للزيت الطيار لسيقان نبات *Deverra reboudii* نشاطية معتبرة عند اختباره مع جميع السلالات، بيد أنه لوحظت نشاطية معتبرة إلى ضعيفة عند اختبار المستخلصات العضوية. لقد أظهر تقييم النشاط المضاد للتأكسد للمستخلصات العضوية أن المستخلص الميثانولي للجذور له فعالية كمضاد للأكسدة. يمكن ربط هذه الفعالية بمحتوى وتعقيد المركبات البوليفينولية الموجودة في المستخلص والتأزر بينها من أجل نشاط بيولوجي أفضل.

الكلمات الرئيسية. *Deverra reboudii* - المستخلصات - الزيوت الأساسية - التركيب الكيميائي - نشاطية مضادة للميكروبات - نشاطية مضادة للأكسدة - الجلفة.