

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques

Année : 2014-2015



N° d'enregistrement :

/.../.../.../.../

THESE

**pour l'obtention du diplôme de Doctorat ès sciences
en biologie**

**Activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de
quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien**

présentée et soutenue publiquement

par

HAMMOUDI Roukia

le 24/05/2015

devant le jury composé de :

BISSATI-BOUAFIA Samia	Professeur	U.K.M. Ouargla	Président
HADJ MAHAMMED Mahfoud	Professeur	U.KM. Ouargla	Rapporteur
OULD EL HADJ Mohamed Didi	Professeur	U.KM. Ouargla	Co –Rapporteur
SANON Souleymane	M.C.A.	CNRFP Ouagadougou	Examineur
CHERITI Abdelkrim	Professeur	U. Bechar	Examineur
BOURAS Noureddine	M.C.A.	ENS Kouba	Examineur

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie sincèrement Monsieur HADJ MAHAMMED M., Professeur à la faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière de l'Université KASDI MERBAH-Ouargla pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'encadrer ce travail et pour la confiance qu'il m'a accordée et son accueil au laboratoire de Biogéochimie des Milieux Désertiques de l'université KASDI MERBAH, Ouargla.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur le Professeur OULD EL HADJ M.D., Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université KASDI MERBAH-Ouargla pour avoir co-dirigé ce travail, ainsi que pour ses conseils, ses encouragements et les nombreuses suggestions scientifiques qu'il m'a prodigué.

Je remercie également Madame BISSATI-BOUAFIA S. Professeur et doyenne de notre faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université KASDI MERBAH-Ouargla, d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse, et pour ses encouragements incessants.

Je suis très sensible à l'honneur que me font : Monsieur SANON S. Maître de conférences au CNRFP de Ouagadougou (Burkina Faso), Monsieur CHERITI A. Professeur à l'Université de Bechar et Monsieur BOURAS N. Maître de conférences à l'Ecole Normale Supérieure de Kouba (Alger), en acceptant d'examiner ce travail et de faire partie du jury. Qu'ils trouvent ici mes sincères remerciements pour leurs disponibilités.

Je remercie madame DEHAK Karima de m'avoir suivi et d'avoir accepté de m'initier à la phytochimie. Merci pour votre gentillesse, votre disponibilité et pour votre exigence en termes de rédaction notamment et qui ont permis indéniablement d'améliorer la qualité de ce travail.

J'aimerais également exprimer ma gratitude à Monsieur BADJAH HADJ AHMED Y (Professeur à l'Université de Ryad), YASSA N (Directeur du CDER), TIR R (USTHB), DJABBAR S. (présidente de la SAC), FERFAD B. (Univ. Adrar) et tout le personnel du laboratoire d'Analyse physicochimique à l'USTHB (Alger), pour leurs encouragements et leurs aides précieuses concernant les analyses de nos extraits.

J'aimerais également citer ici les personnes dont la collaboration a été précieuse pour plusieurs aspects de ce travail. Je remercie en particulier les botanistes de l'Institut Nationale de Recherche Forestière -INRF- (Station de recherche pour la protection de zones aride-Tamanrasset), pour la reconnaissance botanique des plantes étudiées et la disponibilité durant l'enquête et les sorties réalisées. Je remercie également Monsieur KHODIR A, chef de département de microbiologie au laboratoire régional de contrôle de qualité (CAQE) ainsi que tout le personnel du laboratoire de l'Hôpital Med BOUDIAF à Ouargla pour les analyses biologiques.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes collègues du laboratoire de Biogéochimie des Milieux Désertiques de l'université KASDI MERBAH-Ouargla : Mesrouk Houria, KRIKER M., HAMDI-AISSA B., Chebrouk Farid, Soumia, Fatiha, Farah, Amira, Yamina, SEKRIFA M.L., SLOUGUI N., TOUIL Y., DJILI B., Wafa, Habiba, amoura, Zohra, Selwane, laid ..., pour leur aide, amitié, gentillesse et leurs encouragements.

Que tout le personnel du laboratoire de protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides trouvent ici l'expression de ma reconnaissance pour leurs encouragements et leur collaboration.

J'adresse mes remerciements et ma reconnaissance à tous les enseignants, les personnels et mes étudiants de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect et grande considération.

Enfin, je remercie mes proches et amis (es). Merci à mes parents sans qui tout cela n'aurait été possible. Merci de m'avoir permis d'aller aussi loin dans mes études et de m'avoir soutenu et supporté tout au long de ces années.

.

Liste des figures

Figure 1 : Structure de la fruticuline A et la deméthylfruticuline A identifiées dans l'espèce <i>Salvia arizonica</i>	11
Figure 2 : Structures chimiques de la miltirone et de la dihydrotanshinone	11
Figure 3 : <i>Salvia chudaie</i> Battandier & Trabut	14
Figure 4 : Sesquiterpénoïdes de <i>Teucrium ramosissimum</i>	18
Figure 5 : Structures des composés isolés de <i>Teucrium Orientale</i> L.	19
Figure 6 : Structures des composés de l'extrait chloroformique de <i>T. ramosissimum</i>	20
Figure 7 : <i>Teucrium polium geyrii</i> Maire	22
Figure 8 : Structures des saponines triterpéniques de <i>Physospermum verticillatum</i>	30
Figure 9 : Structures des diterpènes isolées à partir de l'extrait méthanolique d' <i>Anisitone flexuosa</i>	31
Figure 10 : Structures des composés issus de l'extrait n-butanolique de <i>Pituranthos chloranthus</i>	33
Figure 11 : Structures des composés isolés à partir des pousses de <i>P. triradiatus</i>	34
Figure 12 : <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	35
Figure 13 : La structure d'un flavone isolé à partir l'espèce <i>Deverra scoparia</i>	37
Figure 14 : Structures des isocoumarines isolés à partir l'espèce <i>P. scoparius</i>	38
Figure 15 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (AH).	59
Figure 16 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)-TPTZ et un antioxydant (AH).	60
Figure 17 : Répartition en pourcentage des populations questionnées	65
Figure 18 : Utilisation des plantes selon le sexe et classe d'âge des populations questionnées	66
Figure 19 : Fréquences d'utilisation des différents organes végétaux par les populations questionnées	67
Figure 20 : Fréquences de différents périodes de cueillette des plantes	68
Figure 21 : Fréquence des différentes modes de préparation de remèdes par les populations.	69
Figure 22 : Répartition de différentes maladies traitées par le remède préparé à base des trois plantes	70
Figure 23 : Répartition des proportions de différentes périodes d'utilisation de remède à base des trois plantes	71
Figure 24 : Répartition de l'état d'utilisation et la possibilité de broyage de plante pour la préparation de remède	72
Figure 25 : Répartition de possibilité de mixture des plantes avec d'autre ou avec des substances supplémentaires et les différentes voies d'administration	73
Figure 26 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de <i>Salvia</i>	88

<i>chudaei</i> Batt. & Trab.	
Figure 27 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de <i>Teucrium polium geyrii</i>	91
Figure 28 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de <i>Deverra scoparia</i> .	95
Figure 29 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de <i>Salvia chudaei</i>	88
Figure 30 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de <i>T. polium</i>	92
Figure 31 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de <i>Deverra</i>	97
Figure 32 : Teneur en polyphénols totaux de <i>Teucrium polium</i>	106
Figure 33 : Teneur en flavonoïdes de <i>Teucrium polium</i>	106
Figure 34 : Teneur en polyphénols totaux de <i>Deverra scorparia</i>	106
Figure 35 : Teneur en flavonoïdes de <i>Deverra scorparia</i>	106
Figure 36 : Teneur en polyphénols totaux de <i>Salvia chudaei</i>	107
Figure 37 : Teneur en flavonoïdes de <i>Salvia chudaei</i>	107
Figure 38 : Activité antioxydante de différents extraits de trois plantes <i>Deverra scoparia</i> , <i>Teucrium polium</i> et <i>Salvia chudaei</i> par la méthode de FRAP.	112
Figure 39 : Activité antioxydante de différents extraits de trois plantes <i>Deverra scoparia</i> , <i>Teucrium polium</i> et <i>Salvia chudaei</i> par la méthode de PPM	113
Figure 40 : Activité antioxydante de différentes concentrations des EE <i>Salvia chudaei</i> , EM <i>Teucrium polium</i> et d'EA <i>Deverra scoparia</i> . par le test de Phosphomolybdate	113
Figure 41 : Activité antioxydante de différentes concentrations des EE <i>Salvia chudaei</i> , EM <i>Teucrium polium</i> et d'EA <i>Deverra scoparia</i> . par le test de FRAP.	114
Figure 42 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de <i>Salvia chudaei</i>	119
Figure 43 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de <i>Teucrium polium geyrii</i>	120
Figure 44 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	121
Figure 45 : Activité antimicrobienne des extraits : acétonique (EA) de <i>Deverra Scoparia</i> Coss. & Dur., éthanolique (EE) de <i>Salvia chudaei</i> et méthanolique (EM) de <i>Teucrium polium geyrii</i> .	122

Liste des tableaux

Tableau I- Quelques espèces d'intérêt pharmacologique de la famille Lamiaceae	07
Tableau II : Quelques métabolites secondaires isolés des plantes du genre <i>Salvia</i>	12
Tableau III : Quelques métabolites secondaires isolés du genre <i>Teucrium</i>	21
Tableau IV : Quelques exemples de composés isolés de <i>Teucrium polium</i>	26
Tableau V : Quelques espèces d'intérêt pharmacologique de la famille Apiacées	29
Tableau VI - Matériel et logiciels utilisés en CPG/SM	51
Tableau VII- Conditions expérimentales en CPG/SM	52
Tableau VIII Description des différentes souches microbiennes testées	62
Tableau IX - La liste des dangers probable en cas d'utilisation thérapeutique des trois plantes médicinales	74
Tableau X - Résultats des tests chimiques de <i>Teucrium polium geyrri</i> Maire, <i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab. et <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	79
Tableau XI : Composition chimique et biochimique des plantes médicinales échantillonnées	80
Tableau XII Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles des plantes investiguées	85
Tableau XIII Composition chimique des huiles essentielles de <i>Salvia chudaei</i> .	89
Tableau XIV Composition chimique des huiles essentielles de <i>Teucrium polium</i>	93
Tableau XV Composition chimique des huiles essentielles de <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	96
Tableau XVI Rendement et couleur des extraits phénoliques des plantes sélectionnées	98
Tableau XVII Effet de type de solvant sur le TPC des plantes	99
Tableau XVIII Effet de concentration en solvant sur le TPC des plantes	100
Tableau XIX Effet de température d'extraction sur le TPC des plantes	102
Tableau XX Effet de la durée d'extraction sur la TPC des plantes étudiées	103
Tableau XXI- Rendement des extraits phénoliques des 3 plantes étudiées.	105
Tableau XXII Résultats de l'activité antioxydante évaluée par les tests DPPH et ABTS des huiles essentielles et des extraits de <i>Teucrium polium geyrri</i> Maire, <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur. et <i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	109
Tableau XXIII Résultats des activités antimicrobiennes des huiles essentielles des plantes investiguées.	116

SOMMAIRE

	Introduction	01
	Choix des plantes investiguées	03
I.	Généralités sur les plantes investiguées	05
I.1.	Famille des Lamiaceae :	05
I.2.	Genre <i>Salvia</i>	09
I.3.	Espèce <i>Salvia chudaie</i> Battandier & Trabut	14
I.4.	Genre <i>Teucrium</i>	15
I.5.	Espèce <i>Teucrium polium geyrii</i> Maire	22
I.6.	Famille des Apiaceae	27
I.7.	Genre <i>Deverra</i>	31
I.8.	Espèce <i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	35
II.	Matériels et méthodes	39
II.1.	Recherche ethnobotaniques	39
II.2.	Monographie des plantes médicinales	41
II.2.1.	Récolte du matériel végétal	42
II.2.2.	Reconnaissance botanique	43
II.2.3.	Caractérisation chimique	43
II.2.3.1.	Analyse quantitative	43
II.2.3.2.	Analyse qualitative	45
II.3.	Huiles essentielles des plantes	47
II.3.1.	Extraction des huiles essentielles	47
II.3.2.	Analyses physico-chimiques des huiles essentielles	48
II.3.3.	Analyse des huiles essentielles par CPG/SM	49
II.4.	Composés phénoliques des plantes	53
II.4.1.	Extraction Ultrason-aidée (EAU) des composés phénoliques	53
II.4.2.	Extraction des composés phénoliques par macération avec gradient de polarité croissante	55
II.4.3.	Quantification des composés phénoliques	56
II.5.	Activités biologiques des extraits	57
II.5.1.	Activité antioxydante	57
II.5.2.	Activité antimicrobienne des extraits	62
III.	Résultats et discussions	65
III.1.	Résultats de l'enquête	65
III.2.	Etude monographique	75
III.2.1.	Caractérisation chimique	79
III.3.	Huiles essentielles des plantes	83
III.3.1.	Extraction des huiles essentielles	83
III.3.2.	Analyse physico –chimique des huiles essentielles	85
III.3.2.	Analyse des huiles essentielles par CPG/FID et CPG/SM	87
III.4.	Composés phénoliques des plantes	98
III.4.1.	Extraction Ultrason-aidée (EAU) des composés phénoliques	98
III.4.2.	Extraction des composés phénoliques par macération avec gradient de polarité croissante	104
III.4.3.	Quantification des composés phénoliques	105
III.5.	Activités biologiques des extraits	108
III.5.1.	Activité antioxydante	108
III.5.2.	Activité antimicrobienne	115
	Conclusion	127
	Références bibliographiques	131

Introduction

Les remèdes naturels, et surtout les plantes médicinales, ont été pendant longtemps le principal, voir l'unique recours traditionnel pour soigner diverses pathologies, et comme matière première pour la médecine moderne (OULD EL HADJ *et al.*, 2003). Les plantes médicinales constituent un groupe numériquement vaste de plantes économiquement importantes. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), près de 6377 espèces de plantes sont utilisées en Afrique, dont plus de 4000 sont des plantes médicinales, ce qui constitue 60 % de la médecine traditionnelle en Afrique (OMS, 2003).

Les propriétés médicinales des plantes sont dues à des produits chimiques. Les plantes synthétisent de nombreux composés appelés métabolites primaires qui sont

indispensables à leur existence et une gamme extraordinaire d'autres composés appelés métabolites secondaires. Ces derniers ont pour fonction notamment la protection contre les microorganismes, les animaux et même d'autres plantes. Ces métabolites jouent donc un rôle primordial dans la lutte contre diverses maladies et herbivores (COX et BALICK, 1994 ; JUNIO *et al.*, 2011). De plus, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se tournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme. Toutefois, l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques décroît à cause de la résistance et l'adaptation des microorganismes aux médicaments (ISERIN, 2001 ; SVETAZ *et al.*, 2010).

L'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie s'emploient à recenser, à travers le monde, des plantes réputées actives et dont il appartient à la recherche moderne de préciser les propriétés et de valider les usages. Les travaux de laboratoire, guidés par les utilisations vernaculaires, ont pour double but de constater le bien-fondé de l'usage d'une plante donnée en démontrant les effets biologiques par des techniques pharmacologiques et d'orienter les travaux chimiques ultérieurs vers une certaine fraction chimique des plantes (BOUROBOU, 2004 ; GURIB-FAKIM, 2006).

En Algérie, l'industrie pharmaceutique en général, mais également des médecins et des chimistes cherchent à mieux connaître le patrimoine des espèces spontanées utilisées en médecine traditionnelle. Leurs modes d'utilisation, leurs indications dans diverses pathologies ainsi que les principes actifs sont étudiés depuis plusieurs années (OULD EL HADJ *et al.*, 2003). Les ressources végétales spontanées du Sahara constituent une flore d'environ 500 espèces de plantes supérieures, dont une partie reste utilisée par les populations comme plantes médicinales (OZENDA, 1983). Tamanrasset est une région

montagneuse du Sahara méridional algérien, où les plantes médicinales suscitent un intérêt aussi bien par les habitants que par les scientifiques (BENCHELAH *et al.*, 2004).

Pour contribuer à la sauvegarde du patrimoine lié à l'utilisation des plantes spontanées en médecine traditionnelle, nous nous sommes fixé comme objectif dans ce travail, de valoriser quelques unes de ces plantes issues du Sahara algérien (un des axes de recherche développé par notre laboratoire "Biogéochimie des Milieux Désertiques"). Nos travaux visent à vérifier le bien-fondé de leurs usages par l'étude de certaines activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de trois de ces plantes endémiques au Sahara algérien qui sont : *Salvia chudaei* Batt. & Trab, (Lamiaceae), *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae) et *Deverra scoparia* Coss. & Dur (Apiaceae) issues de la région de Tamanrasset.

Le développement de cette étude à travers nos travaux de thèse s'échelonne sur trois chapitres: le premier englobe des généralités exhaustives sur les plantes médicinales sélectionnées dans notre travail. Le deuxième chapitre illustre les matériels et méthodes utilisés dans les différentes manipulations : l'étude ethnobotanique et monographique des plantes étudiées, l'extraction et dosage des composés phénoliques, l'extraction et l'analyse chimique des huiles essentielles et l'étude biologique *in vitro* des activités antioxydante et antimicrobienne des différents extraits. Le troisième chapitre est consacré à la présentation, l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus. Enfin, notre manuscrit est ponctué d'une conclusion générale et des perspectives envisageables.

Choix des plantes investiguées

A l'heure actuelle, l'étude de la composition chimique des plantes n'a pas perdu de son intérêt, malgré l'avènement de domaines de plus en plus pointus dans la recherche de médicaments. En effet, le règne végétal est une source jugée inépuisable de molécules pouvant présenter un intérêt thérapeutique (ABDOLLAHI *et al.*, 2003). La mise au point continue des méthodes de criblages biochimiques et biologiques, contribue à l'isolement de composés actifs à partir des divers extraits végétaux. De plus, la performance croissante des techniques analytiques et préparatives ainsi que l'accès, de plus en plus facilité à la littérature, rendent leur caractérisation plus aisée. Notons également que les plantes, sources de médicaments, présentent l'avantage d'être accessibles à tous, et particulièrement aux pays en voie de développement (OMS, 2003).

Il convient de sélectionner les plantes à étudier avec beaucoup de soin et d'objectivité. Un certain nombre de critères ont été donc pris en compte pour sélectionner les trois plantes dans ce présent travail.

L'Algérie, de part sa situation géographique, bénéficie d'un climat très diversifié, les plantes poussent en abondance dans les régions côtières, montagneuses et également sahariennes. Ces plantes constituent des remèdes naturels potentiels et peuvent être utilisées en traitement curatif et préventif (MAHMOUDI, 1987 ; BELOUAD, 1998).

Certaines plantes sont endémiques sahariennes au sens large; d'autres sont limitées à quelques kilomètres carrés, faits d'endémisme spécifique ou de vicariance. Elles contiennent au total 162 espèces pour le Sahara septentrional, occidental et central. Le nombre total d'espèces de ces régions n'étant vraisemblablement pas supérieur à 650 (QUEZEL et SANTA, 1963 ; OZENDA, 1983).

Tamanrasset se trouve dans le grand sud algérien à plus de 2000 km d'Alger avec une superficie de 556.000 km². Ses coordonnées sont N 22°40, E 5°10, le topique du cancer passe à 40 km au nord Latitude : 22° 46' 59 N. Longitude : 5° 31' 0 E et une Altitude de 1319 mètres. Concernant son relief, au nord, elle est couverte de sable et son climat est rude, alors qu'au sud elle est caractérisée par un massif montagneux. Sa pluviométrie est de 32 mm/an en moyenne. On y rencontre les températures les plus élevées du monde (In Salah et In-Guezzam), comme le pic le plus élevé d'Algérie, le Tahat à 3003 m. Promue au rang de wilaya en 1974, la wilaya de Tamanrasset compte actuellement 10 communes et 07 Daïras. Ces communes sont réparties comme suit :

- 03 communes situées au niveau de la zone du TIDIKELT.
- 05 communes situées au niveau de la zone de l'AHAGAR.
- 02 communes situées sur la bande frontalière.

Parmi les plantes de ces régions, 69 sont endémiques, et n'existent que dans l'Ahaggar, avec un degré de rareté plus ou moins important selon les régions. Mais il reste encore des zones inexploitées. La désertification est souvent mise en avant pour expliquer la disparition de certaines espèces, mais l'activité humaine y est également très importante. Malgré tout, et de par sa richesse en plantes considérées médicinales, fait de Tamanrasset une zone de choix pour la mise en lumière de nouvelles molécules.

L'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie mettent en relation les savoirs ancestraux des tradipraticiens et les connaissances scientifiques actuelles. Ce sont avant tout des domaines de recherche interdisciplinaire à l'interface des sciences de l'Homme, comme l'ethnologie, l'histoire, la linguistique, et des sciences de la nature, comme la botanique, la pharmacologie, la pharmacognosie et la médecine (GURIB-FAKIM, 2006).

Les informations de terrain recueillies auprès des populations sont le reflet d'une approche culturelle de la maladie. Le traitement varie selon le comportement du malade, ses dires, le rang social avec la prise en compte de son histoire familiale. L'ethnopharmacologie et l'ethnobotanique ont donc pour finalité la compréhension des pratiques et des représentations relatives à la santé et à la maladie. Ces sciences ont également pour objectifs, la description et l'évaluation thérapeutique des plantes utilisées dans les pharmacopées traditionnelles (NEUWINGER, 1996).

L'usage empirique des différentes préparations traditionnelles à base de plantes est donc extrêmement important pour une sélection efficace des espèces, puisque la plupart des métabolites secondaires de plantes employées en médecine moderne ont été découverts par l'intermédiaire d'investigations ethnobotaniques (GURIB-FAKIM, 2006).

En tenant compte des considérations citées, trois plantes ont été sélectionnées pour la présente étude : *Salvia chudaei* Batt. & Trab., (Lamiaceae), *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae) et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Apiaceae).

Chapitre I: Généralités sur les plantes investiguées

I.1. Famille des Lamiaceae

I.1.1. Présentation

La famille des Lamiaceae (labiées) du Latin (Labia) lèvre signifiant que les fleurs ont une forme caractéristique à deux lèvres (NAGHIBI *et al.*, 2005 ; COUPLAN, 2000), comprend environ 6970 espèces réparties en 240 genres (MEYER *et al.*, 2004). Cette famille est l'une des premières à être distinguées par les botanistes (PISTRICK, 2002) et ceci par la particularité de ses caractères. Ce sont généralement des plantes herbacées odorantes, à tiges quadrangulaires, feuilles en général, opposées sans stipules. Le plus souvent hermaphrodites, les fleurs pentamères (MEYER *et al.*, 2004) sont généralement réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées simulant souvent des verticilles, ou encore condensées au sommet des tiges, et simulant des épis fruit constitué par 4 akènes plus ou moins soudés par leur face interne (MESSAILI, 1995).

Cette famille est donc caractérisée par :

- une corolle gamopétale irrégulière à deux lèvres, la supérieure formée de deux pétales, l'inférieure de trois;
- quatre étamines dont deux plus longues;
- ovaire de deux carpelles recoupés par une cloison et comprenant ainsi quatre loges à une graine chacun (tétrachaine) ;
- des feuilles opposées et, souvent, une tige de section carrée.

Ces caractères varient selon les genres : corolle presque régulière (*Mentha*) ou unilabiée (*Teucrium*); deux étamines (*Salvia*) (QUEZEL et SANTA, 1963 ; OZENDA, 1977).

Elles sont surtout des plantes méditerranéennes (CARRUBBA *et al.*, 2006), qui ne se rencontrent guère que dans la région présaharienne et dans l'étage supérieur du Hoggar, sauf les trois espèces *Marrubium deserti*, *Salvia aegyptiaca* et *Teucrium polium* qui sont plus largement répandues (OZENDA, 1977). La famille des Lamiaceae est très importante dans la flore algérienne, mais certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (QUEZEL et SANTA, 1963).

I.1.2. Intérêt nutritionnel et pharmacologique

Cette famille est l'une des principales sources de légumes et de plantes médicinales du monde entier. Les espèces de *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coleus* et *Ocimum* sont utilisées comme des légumes, des arômes alimentaires et dans l'industrie du bois (*Tecton*). En culture ornementale d'intérieur, on retrouve quelques espèces du genre *Savory* (*Satureja hortensis*), crosne de *Tubifera*, *Salvia* et *Coleus* (MEYER *et al.*, 2004 ; MESSAILI, 1995).

Notons également que plusieurs espèces de cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle et moderne, comme *Lavandula*, *Teucrium*, *Thymus* et *Salvia* (NAGHIBI *et al.*, 2005). Plusieurs travaux, réalisés *in vitro* et *in vivo*, rapportent des résultats intéressants pour certaines molécules antioxydantes d'origine végétale telles que les dicatéchols, la curcumine, les tri terpènes pentacycliques et les flavonoïdes (HASANI *et al.*, 2007 ; GABRIELI *et al.*, 2005 ; DJERIDANE *et al.*, 2007 ; LOPEZ *et al.*, 2007 ; ÖZKAN *et al.*, 2007).

Dans la pharmacopée traditionnelle africaine, les plantes de la famille Lamiaceae sont utilisées comme diurétique, anti-syphilitique, anti-diarrhéique, cicatrisante, antiseptique et dans le traitement de nombreuses affections telles que les problèmes intestinaux ou encore le météorisme (ballonnement du ventre, dû à des gaz). De nombreuses espèces de cette famille ont confirmé leur intérêt pharmacologique dans la littérature et qui peuvent être citées à titre indicatif dans le tableau I.

Tableau I- Quelques espèces d'intérêt pharmacologique de la famille des Lamiaceae (NAGHIBI *et al.*, 2005)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Activité pharmacologique
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin / Herbe aux couronnes / Encensier	Insecticide, antinociceptive, antioxydante, diurétique.
<i>Lavetula stoechas</i>	Lavette à toupet	Anticonvulsante, calmante, antispasmodique
<i>Thymus vulgaris</i>	Thym commun / Farigoule	Anti-inflammatoire, fongicide, provoque l'agrégation de plaquettes, antispasmodique.
<i>Satureja khuzistanica</i> Jamzad	Marzeh Khuzestani	Anti hyper lipidémique, antidiabétique, antioxydant
<i>Melissa officinalis</i> L.	Barangbo Badranjbuyeh Yerbabuena	Relaxant, activités antimicrobiennes, agglutination du récepteur, antioxydant, anti-inflammatoire, antiviral (Anti-HIV), cytotoxique, analgésique.
<i>Nepeta cataria</i> L.	Alaf-egorbehdashti	Activités antimicrobiennes et répulsives
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Reyhan. Albacar	Activités antimicrobiennes Antioxydant et anti-inflammatoire
<i>Zhumeria majdae</i>	-	Anti-nociceptive et anti-inflammatoire

I.1.3. Chimie des Lamiaceae

La famille des Lamiaceae est très étudiée du point de vue chimique, ce qui a permis d'isoler un grand nombre de substances connues pour leurs diverses activités biologiques, telles que les huiles essentielles, les terpenoïdes, les composés phénoliques et les flavonoïdes (NAGHIBI *et al.*, 2005).

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes constitués de plusieurs dizaines, voir plus d'une centaine de composés, principalement des terpènes. Ces derniers sont construits à partir de plusieurs entités isopréniques, constituant une famille très diversifiée tant au niveau structural que fonctionnel (BRUNETON, 1999).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques appartiennent à la famille des Lamiaceae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... (SOSA et TONN, 2006). Certains terpénoïdes, de courte chaîne, d'huiles essentielles sont responsables de l'odeur et Goût dans ces plantes (HARBORNE *et al.*, 1986 ; BRUNETON, 1999).

Plusieurs études sur l'effet bactériostatique, spasmolytique et anti-inflammatoire de *Teucrium* sont rapportées dans la littérature. Cet effet est probablement dû à la présence de plusieurs monoterpènes du cyclopentanoïde dans leur huile essentielle (RICCI *et al.*, 2005). A titre indicatif, les huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* (L.) Huds obtenues par entraînement à la vapeur d'eau, à l'échelle semi pilote, analysées par GC-MS et GC-FID, ont montré l'existence des composés majoritaires suivants : L'oxyde de pipéritone et l'oxyde de piperiténone (BRADA *et al.*, 2007).

La composition chimique et l'activité antioxydante *in vitro* de l'huile essentielle et des sous- fractions de l'extrait méthanolique de *Marrubium globosum* subsp. *globosum* ont été étudiés par SARIKURKCU *et al.* (2008). Les principaux constituants de cette huile étaient le spathuléol (15.8 %), le β -caryophyllène (9 %), l'oxyde de caryophyllène (7.9 %), le germacrène D (6.5 %), et le bicyclogermacrène (3.1 %). L'activité antioxydante de la sous-fraction polaire de l'extrait au méthanol était supérieure à celle de tous les autres échantillons testés. Une corrélation positive a été observée par les auteurs entre le potentiel d'activité antioxydante et le niveau des composés phénoliques totaux des extraits.

Une autre étude a été réalisée pour évaluer la capacité antioxydante des parties aériennes des extraits à l'hexane, l'acétate d'éthyle, au butanol, et aqueux de trois Lamiaceae: *Calamintha clinopodium*, *Teucrium flavum* et *Thymus algeriensis*. Le contenu en phénols totaux, flavonoïdes et flavonols des extraits, ainsi que leur activité antioxydante ont été estimés. L'extrait aqueux de *T. algeriensis* était la fraction la plus active avec 75,13 mg équivalent d'acide ascorbique (ASCAE)/g de poudre et un contenu en phénols totaux de 99,21 mg équivalent de l'acide gallique (GAE)/g de poudre (KHOUDJA *et al.*, 2014).

L'acide rosmarinique se trouve dans la plupart des plantes de la famille des Lamiaceae. Sa concentration dans certaines espèces telles que *Salvia officinalis*, *Melissa officinalis*, *Thymus citriodorous*, *Perovskia artemisoides* et *Mentha spicata* est considérable. Ces plantes peuvent être utilisées comme sources d'acide rosmarinique dans

l'alimentation et les industries cosmétiques et pharmaceutiques (SHEKARCHI *et al.*, 2012).

I.2. Genre *Salvia*

I.2.1 Présentation

Salvia vient du mot latin "Salvare", qui veut dire : Guérir, sauver. C'est une plante magique qui sauve des vies humaines (FELLAH *et al.*, 2006).

Le genre *Salvia* (Sauge) fait partir des genres les plus importants de la famille des Lamiaceae, comprenant près de 900 espèces réparties dans le monde entier. L'Algérie compte 23 espèces du genre *Salvia* (QUEZEL et SANTA, 1963).

Ce sont des Arbustes ou des plantes herbacées, calice bilabiées, variable à lèvres supérieures tridentées, et à lèvres inférieures bidentées, corolle bilabée, étamine 2 à filet court surmonté d'un long connectif à 2 branches inégales, l'une portant une loge de l'anthere et l'autre, le plus court une écaille ou bien terminée en pointe (QUEZEL et SANTA, 1963).

I.2.2. Propriétés pharmacologiques des *Salvia*

Le genre *Salvia* est très utilisé en pharmacopée traditionnelle. Divers usages thérapeutiques sont connus depuis l'antiquité et ont été validés par des tests biologiques appropriés. Les activités biologiques pour lesquelles ces espèces sont utilisées sont très diverses, on peut citer : l'activité anti cholinestérase, antibactérienne, antioxydante, antifongique, anti-inflammatoire et anticancéreuses (PERRY *et al.*, 2003 ; KAMATOU *et al.*, 2010 ; TEPE *et al.*, 2005 ; KAN *et al.*, 2007 ; KOTAN *et al.*, 2008 ; LI *et al.*, 2009 ; HU-QUAN *et al.*, 2009).

La Sauge est un stimulant et un carminatif, elle a aussi des propriétés astringentes et légèrement antiseptiques, de sorte qu'on en fait des gargarismes. L'essence volatile est utilisée comme médicament convulsif, son action est semblable à celle de l'essence d'Absinthe, mais moins énergique.

Salvia officinalis (la sauge) : constituée d'huiles essentielles (1 à 2 %) qui contiennent jusqu'à 50 % de torreyol, substance en partie responsable de l'activité antiseptique et antimicrobienne. Ces huiles essentielles réduisent en outre les sécrétions bronchiques. Divers constituants de ces huiles, sont des puissants antioxydants (CHEVALLIER, 2001; CAPEK *et al.*, 2003 ; PIBIRI, 2006). Cette espèce présente

plusieurs autres activités biologiques dont une activité antidiabétique, anticancéreuse, anti-inflammatoire, antivirale. Elle a également des effets sur les problèmes nerveux et cardiovasculaires (BOUAZIZ *et al.*, 2009).

Concernant *Salvia miltiorrhiza* (la sauge rouge), les recherches menées par les chinois ont montré que les tanshinones agissaient sur la circulation coronarienne en réduisant les symptômes de l'angine de poitrine et en améliorant le fonctionnement du cœur. L'action de la sauge rouge sur le bacille de la tuberculose a été étudiée (CHEVALLIER, 2001).

Les graines de *Salvia scarea* (la sauge sarclée) sont utilisées pour traiter les maux des yeux. Cette espèce contient 0,1 % d'huile essentielle composée principalement de linalol et d'acétate d'imalyle, de diterpènes et de tanins. Son huile essentielle a montré des zones d'inhibition contre *Pseudomonas aeruginosa* de 0,7 cm de diamètre pour 2 μ L d'huile essentielle. Cette huile est utilisée en parfumerie et comme insecticide dans le traitement contre les puces et les animaux domestiques (CHEVALLIER, 2001 ; PIBIRI, 2006).

L'extrait au dichlorométhane de *Salvia pratensis* inhibe la croissance de *Rhizopus stolinifer* de 36.71 % et celui à l'acétate d'éthyle l'inhibe à 24.10 % (LOPEZ *et al.*, 2007).

Concernant les extraits de *Salvia fruticosa*, celui au dichlorométhane a une importante activité anti-cholinestérase calculée à 51,08% d'inhibition pour 100 g/mL, et celui à l'acétate d'éthyle a montré une activité anti-cholinestérase de 34,27% pour 100 μ g/mL. Notons que selon l'auteur, ceci est très prometteur pour les malades de l'Alzheimer (SENOL *et al.*, 2010).

Par ailleurs, l'espèce *Salvia divinorum* est utilisée sous forme d'infusion soit comme un tonique, soit comme un remède pouvant guérir divers maux. La feuille peut être appliquée sur le front du patient comme un cataplasme utilisée comme : diurétique, contre la diarrhée, l'anémie, les rhumatismes et les maux de tête (SIEBERT, 1994).

I.2.3 Toxicité

Certains auteurs se basent sur la composition des huiles essentielles en termes de toxicités relatives des familles biochimiques auxquelles appartiennent leurs constituants. On peut citer l'exemple de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* qui contient jusqu'à 50 % de thuyone. Dans la littérature, il a été rapporté que l'utilisation prolongée des huiles essentielles, à thuyones, est neurotoxique et que l'excès de thuyone peut provoquer des convulsions (BRUNETON, 1999 ; ISERIN, 2001).

I .2.4 Quelques métabolites secondaires d'intérêt isolés du genre *Salvia*

La fruticuline A et la déméthylfruticuline A, sont deux diterpènes quinones isolés de l'espèce *Salvia arizonica*. Ces structures ont été déterminées par RMN et illustrées par la figure 1 (VALANT-VETSHERA *et al.*, 2003).

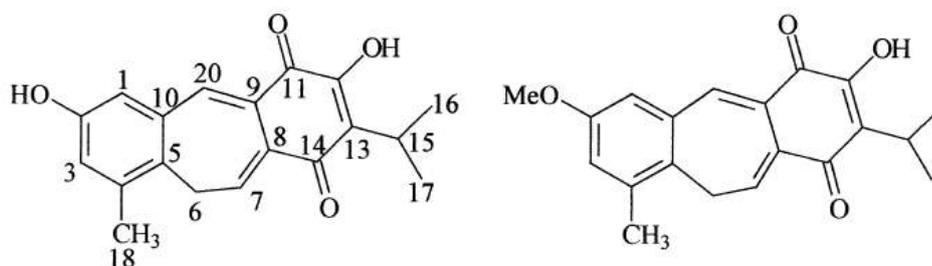


Figure 1: Structure de la fruticuline A et la deméthylfruticuline A identifiées dans l'espèce *Salvia arizonica*

La miltirone et la dihydrotanshinone sont deux composés isolés de l'espèce *Salvia miltiorrhiza*. Leurs structures sont présentées dans la figure 2.

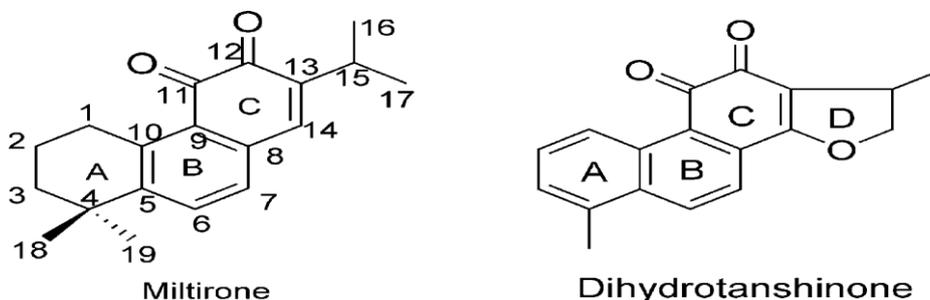


Figure 2 : Structures chimiques de la miltirone et de la dihydrotanshinone

Le Tableau ci-après donne quelques exemples de composés isolés du genre *Salvia*:

Tableau II : Quelques métabolites secondaires isolés des plantes du genre *Salvia*

Espèce	Principe actifs isolés	Références
<i>Salvia divinorum</i>	Diterpène : salvinorine A	SIEBERT, 1994
<i>Salvia jaminiana</i> (Algerie)	Diterpénoïdes : 6,7-déhydroroyléanone; cryptanol; microstégiol; ferruginol; 6-hydroxysalvinolone.	KABOUCHE, 2005
<i>Salvia barrelieri</i> (Algerie)	diterpénoïdes : royléanone; 7-acétoxyroyléanone; horminone; 12-méthoxy-7-acétoxyroyléanone; 12-méthoxy-7-oxoroyléanone; 11,14-dihydro-12- méthoxy-6-oxoabiéta-8,11,13-triène.	KOLAK <i>et al.</i> , 2009
<i>Salvia syriaca L.</i>	Diterpénoïdes : ferruginol, 4-dehydrosalvilimbinol, viridone, candidissiol, salvisyrianone et sitostérol, l'acide ursolique, acide oléanolique et flavones (salvigenine)	ULUBELEN, 2003
<i>Salvia amplexicaulis Lam</i>	Diterpénoïdes : ferruginol, horminone, 7-acétylhorminone, sugiol et 7-oxo-Abieta- 9,12,14-triène, Stéroïdes : stigmast-4-èn-3-one, stigmastérol, sitostérol, α -amyrine, l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acide acétyloléanolique et salvigenin	KOLAK <i>et al.</i> , 2001
<i>Salvia splendens</i>	Anthocyane (salvianin)	SUZUKI <i>et al.</i> , 2004
<i>Salvia triloba</i>	13 flavonoïdes : 7-glucosides et 7-glucuronides de l'apigénine, lutéoline, 6-méthoxyapigénine, 6- méthoxylutéoline, chrysoeriol 7-glucuronide, 6,8- di-C-glucosylapigénine, lutéoline 7-digluco-side, lutéoline 7-glucuronide-3'-glucoside et 6- hydroxy-lutéoline- 6,3'-diméthyl éther.	NABIEL <i>et al.</i> , 1983
<i>Salvia officinalis L</i>	polyphénols (acide rosmarinique)	OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2013

<i>Salvia patens</i>	Apigénine- 7,4'-di-O-β-glucopyranoside	KIN-ICHI et TADAO, 2004
<i>Salvia macrosiphon</i> Boiss (Iran)	Flavonoïdes : apigénine-7, 4'-diméthyl éther, salvigénine, apigénine-7-O-glucoside et lutéoline-7-O-glucoside Stéroïde : β-sitostérol	GOHARI <i>et al.</i> , 2011
<i>Salvia uliginosa</i>	apigénin 7-O-cellobioside; apigénin 7-O-cellobioside-4'-O-glucoside; apigénin 7,4'-O,O-diglucoside	VEITCH <i>et al.</i> , 1998
<i>Salvia yosgadensis</i>	Sesquiterpènes : yosgadensolide A (6α,14-dihydroxymanoyloxyde -15,17--diène-16,19-olide) et yosgadensolide B (6α,16-dihydroxymanoyloxyde -14,17--dien -16,19-olide)	TOPCU <i>et al.</i> , 1996
<i>Salvia uliginosa</i>	Flavonoides glycosides : apigénine -7-O-D-cellobioside ; apigénine- 7-O-D-cellobiosyl-4-O--D-glucopyranoside	SONMEZ <i>et al.</i> , 2013
<i>Salvia splendens</i>	Acides phénoliques : acide caféique, acide rosmarinique, rosmarinate de méthyle Glycosides de flavone : lutéoline 7-O-(4,6-di-O-a-L -rhamnopyranosyl)- β -D- glucopyranoside, apigénine 7 -O- β -D- rutinoside, cosmosiine, cinaroside) Flavones aglycones : pedaltine, crisiliol Coumarine : 6 ,7 dihydroxycoumarine	MOHARRAM <i>et al.</i> , 2012
<i>Salvia cedronella</i>	Coumarines : 3-méthoxy-4-hydroxyméthyl coumarine, Deux triterpénoïdes d'acide oléanolique et l'acide bétulinique. p-hydroxyphenylethyl docosanoate,	YEŞILYURTA <i>et al.</i> , 2008
<i>Salvia hypoleuca</i> Benth	Sitosteryl oléate, β-sitostérol, stigmastérol, manool, 7-α-acétoxy royleanone, l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acide 3-epicorosolique, l'acide 3-epimaslinique et de	SAEIDNIA <i>et al.</i> , 2012

	l'acide coleonolique.	
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	Cryptotanshinone	HU-QUAN <i>et al.</i> , 2009

I.3 Espèce *Salvia chudaie* Battandier et Trabut

- **Nom Tamahaq** : Awhihat
- **Nom vernaculaire (Français)** : Sauge sauvage



Figure 3 : *Salvia chudaie* Battandier & Trabut

I.3.1 Position systématique

La taxonomie de *Salvia chudaie* selon QUEZEL et SANTA (1963) :

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyta
Sous-embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Salvia</i>
Espèces	<i>Salvia chudaie</i> Battandier & Trabut

Cette sauge se présente comme un arbrisseau vivace très rameux, de couleur gris bleuté. Elle mesure environ 30 à 40 cm de haut et possède des tiges striés très feuillues. Les feuilles sont étroites et allongées, crispées sur la marge. A l'extrémité des tiges, les

inflorescences en épis portent de longs poils laineux qui masquent les petites fleurs d'un bleu pâle. La plante entière dégage une odeur puissante et agréable, un peu camphrée (SAHKI et SAHKI, 2004 ; BENCHELAH *et al.*, 2011 ; OZENDA, 1977) (Figure 03).

I.3.2. Répartition géographique

Espèce caractéristique de la souche d'endémisme continentale insulaire des montagnes sahariennes ; Ses airs de répartition sont le Hoggar, Tassili, Tibesti assez commune dans le secteur du Sahara central et dans les Oueds rocaillieux (QUEZEL et SANTA, 1963 ; LE HOUEROU, 1995) ou dans d'autres à sables grossiers. On la rencontre par petites colonies aussi bien en altitude, à Dider ou dans les oueds de l'ouest, qu'au pied du plateau (SAHKI et SAHKI, 2004 ; BENCHELAH *et al.*, 2011).

I.3.3. Utilisation

C'est une plante qui dégage une odeur agréable. Elle a des usages médicaux et culinaires multiples. Elle est utilisée contre les rhumatismes et pour soulager les ulcères d'estomac. Elle peut être également absorbée en poudre sur les aliments ou avec l'eau. L'Awihat aromatise agréablement le thé des Touaregs. En cuisine, on l'ajoute à certains plats en condiment, à la viande ou aux bouillies de mil. Il s'agit aussi d'un pâturage possible (OZENDA, 1977; SAHKI et SAHKI, 2004; BENCHELAH *et al.*, 2011).

Nous signalons l'absence dans la littérature des études sur les métabolites secondaires de l'espèce *Salvia chudaie* ainsi que sur ses activités biologiques.

I.4. Genre *Teucrium*

I.4.1. Présentation

Le nom générique des germandrées désigne en Latin "teucrion" en grec "τευκρion" troie, ou de teucros, prince troyen qui aurait découvert les propriétés médicinales de la plante (COUPLAN, 2000).

Le genre *Teucrium* fait partir des genres les plus importants de la famille des Lamiaceae. Ce genre est réparti en 340 espèces et variétés environs. D'un point de vue taxonomique, elles sont identifiables grâce à la forme du calice et inflorescence (VELASCO-NEGUERUELA et PEREZ-ALONSO, 1990 ; GRUBESIC *et al.*, 2007).

Il s'agit d'un grand genre qui diffère des autres que dans ses Corolles formées d'une lèvre supérieure fendue et à étamines redressées au-dessus de cette fente, de sorte que la corolle parait n'avoir qu'une lèvre inférieure à cinq lobes (OZENDA, 1977).

Un grand nombre de travaux ont été publiés récemment sur la taxonomie de ce genre basé sur des études morphologiques (itiorescences et calice) (El OUALIDI, 1991), micromorphologiques (trichomes) (GRUBESIC *et al.*, 2007), mais les relations au sein du groupe restent confuses (HARBORNE, 1986).

I .4.2. Propriétés pharmacologiques des *Teucrium*

Le genre *Teucrium* est très utilisé en pharmacopée traditionnelle depuis plus de 2000 ans (ABDOLLAHI *et al.*, 2003) dans de nombreuses régions du monde. Les propriétés pharmacologiques de certaines espèces de ce genre ont été démontrées dans des études scientifiques. Les maladies pour lesquelles ces espèces sont utilisées sont très diverses. On peut citer:

- Leurs utilisations traditionnelles dans le traitement symptomatique de troubles digestifs et dans celui des états neurotoniques des adultes et des enfants notamment en cas de trouble mineurs de sommeil (BRUNETON, 1999).

- Les espèces de *Teucrium* sont amères et astringentes (ÖZKAN *et al.*, 2007 ; ABDOLLAHI *et al.*, 2003), utilisées comme antirhumatismeux diurétique, diaphorétique, tonique, antipyrétique et antispasmodique.

- Beaucoup d'entre elles sont utilisées dans la médecine populaire comme anti-inflammatoires, antihypertenseurs et anorexiques (GRUBESIC *et al.*, 2007), ainsi que antidiabétique, antiseptique, anthelminthique et carminative (GHRAIBEH *et al.*, 1988).

- L'espèce *Teucrium montbretii* est utilisée traditionnellement comme cicatrisant, anti-inflammatoire et dans le traitement du cancer. L'activité antioxydante a été également démontrée (ÖZKAN *et al.* 2007).

- Plusieurs études sur les activités antimicrobiennes, spasmolytiques, antipyrétiques et anti-inflammatoires ont été menées sur *Teucrium marum* (RICCI, *et al.*, 2005 ; EISNER *et al.*, 2000). L'étude de EISNER *et al.* (2000) a montré que certains monoterpènes contenus dans *Teucrium marum*, exercent une activité anti-insecticide.

De même certains travaux font état de traitement du paludisme, dans le passé (CAMARDA, 1990; VOKOU et MARGARIS, 1986).

I .4.3. Toxicité du *Teucrium* :

Certaines espèces sont toxiques pour le foie (STICKEL *et al.*, 2001). On citera l'exemple d'une femme de 37 ans traitée à 2 reprises et à six mois d'intervalle, pendant une dizaine de jours à chaque fois par des infusions de germandrée *Teucrium chamaedrys*.

La conséquence de ce traitement est une dégradation rapide de la fonction hépatique qui a conduit les médecins à pratiquer une transplantation de foie. L'organe atteint présentait une nécrose massive les causes habituelles ayant été écartées, le rôle déclenchant de la seconde administration a mené à soupçonner fortement *Teucrium polium* (BRUNETON, 2001).

La nécrose hépatique peut être provoquée par un extrait de germandrée enrichi en diterpènes et que l'administration préalable d'activateurs ou d'inhibiteurs du cytochrome P 450 augmente ou diminue la toxicité : l'activation des furano-néoclérodanes semble donc le préalable indispensable à l'action toxique. La teucriine A est hépatotoxique mais le mélange des tétrahydroteucriine est dépourvu de toxicité. Les diterpènes provoquent la mort rapide et massive des cellules par apoptose en augmentant le calcium intracellulaire et en stimulant diverses enzymes calcium dépendantes cette implication du noyau furanique n'est pas surprenante (BRUNETON, 1999).

A Tamanrasset, on n'a pas mentionné la toxicité de la plante *Teucrium polium geyrii*. Elle y est d'ailleurs très couramment utilisée aussi bien en usage pastoral que médicinal, aucune toxicité n'ayant été signalée (BENCHELAH *et al.*, 2004).

I.4.4. Quelques métabolites secondaires d'intérêt isolés du genre *Teucrium*

L'étude réalisée par HENCHIRI *et al.*, (2009) sur la plante *Teucrium ramosissimum* a permis d'isoler trois sesquiterpénoïdes, teucomosine (1), 4 α -hydroxy-homalomenol C (2), 1 β , 4 β , 7 α -trihydroxy-8,9-eudesmène (3) et deux trinorsesquiterpénoïdes, 4 β -hydroxy-11,12,13-trinor-5-eudesmen-1,7-dione (4) et 1 β , 4 β -dihydroxy-11, 12,13-trinor-8, 9-eudesmen-7-one (5), ainsi que cinq sesquiterpénoïdes connus : oplopanone (9), homaloménol C (7), oxo-T-cadinol (11), 1 β , 4 β , 6 β -trihydroxyeudesmane, 1 β , 4 β (14), 7 α -trihydroxyeudesmane (6) et quatre flavonoïdes: 5-hydroxy-7, 4'-diméthoxyflavone (8), salvigénine (10), genkwanine (12) et cirsimaritrine (13).

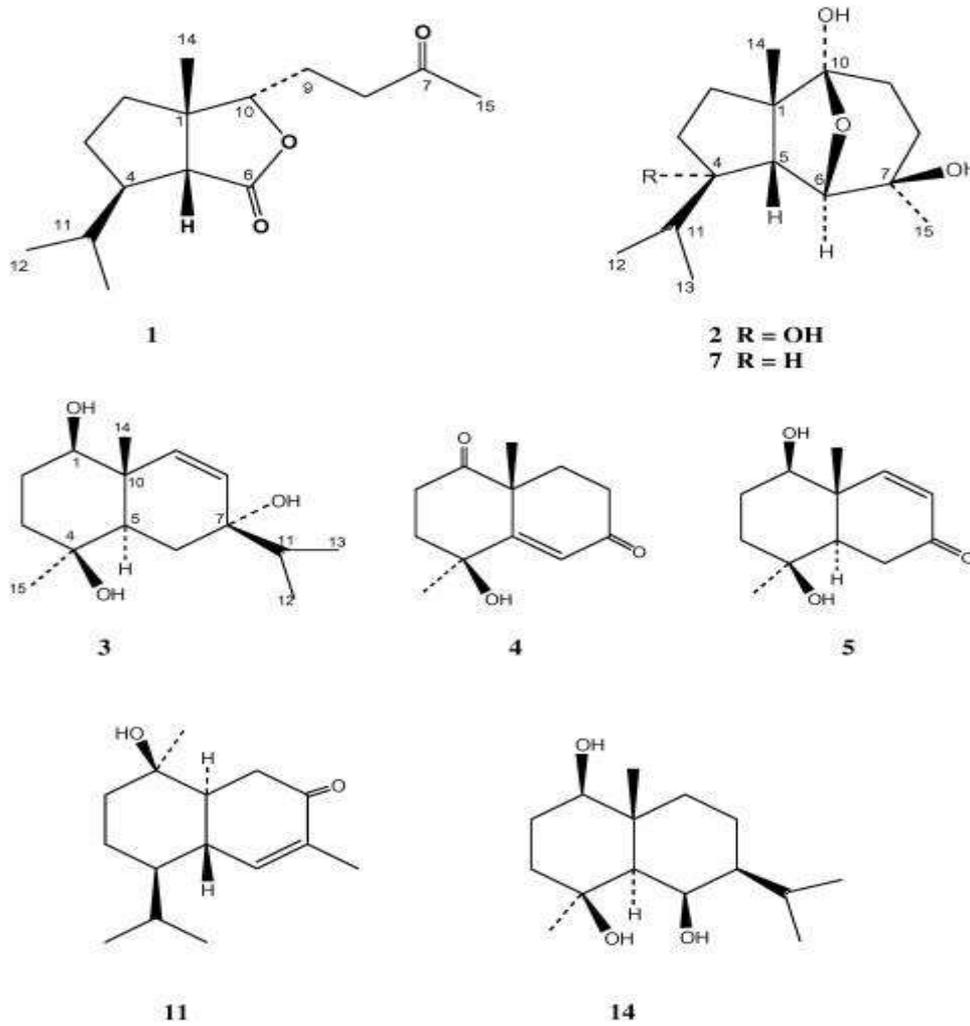
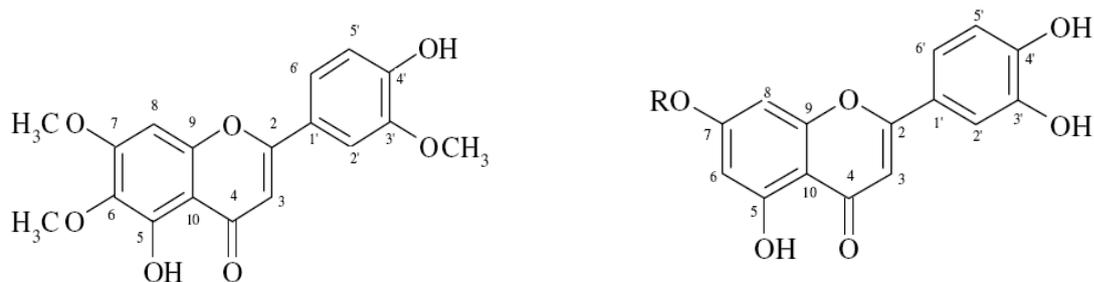
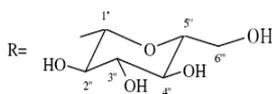


Figure 4 : Sesquiterpénoïdes de *Teucrium ramosissimum*

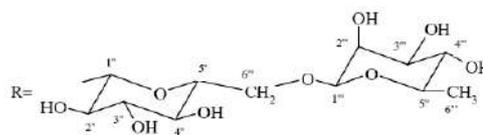
Quatre flavonoïdes : cirsilineol (1), lutéoline-7-*O*-rutinoside (2), lutéoline-7-*O*-glucoside (3), hespérétine -7-*O*-rutinoside (4), deux iridoïdes: 8-*O*-acétylharpagide (5) et 8-*O*-métylharpagide (6), ont été isolés à partir de l'extrait à l'acétone de *Teucrium orientale* L. (ÇAKIR, *et al.*, 2006).



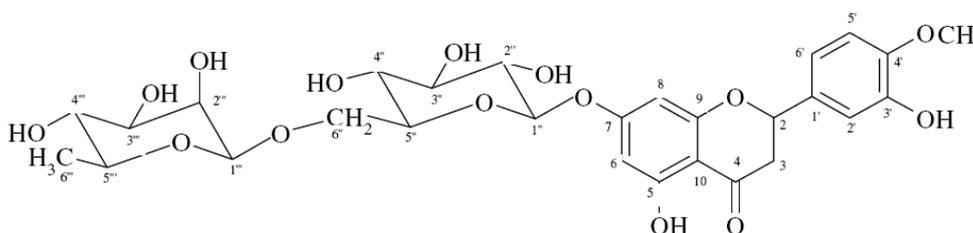
(1): cirsilineol



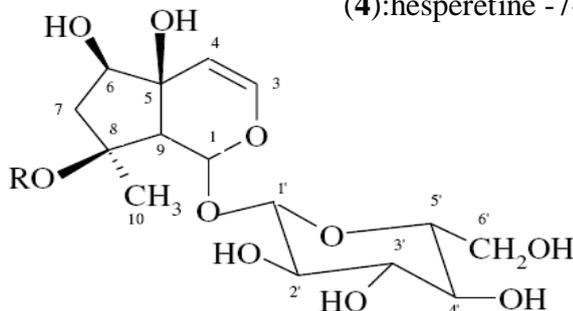
(2): lutéoline -7 -O- glucoside



(3): lutéoline -7 -O- rutinoside



(4):hespérétine -7-O- rutinoside



(5): 8 -O- acétyl- harpagide, R= COCH3

(6): 8-O-Méthyl harpagide, R= CH3

Figure 5. Structures des composés isolés de *Teucrium orientale* L.

Une autre étude sur l'extrait chloroformique de *Teucrium ramosissimum* a conduit à l'isolement de trois flavonoïdes : genkwanine (1), cirsimaritrine (2) et 4',7-diméthoxy apigénine (4) et une apigénine (5). Un sesquiterpène : β - eudesmol (3) a été également identifié. Les structures sont déterminées par RMN ^1H et ^{13}C (BEN SGHAIER *et al.*, 2011) et illustrées par la figure 6.

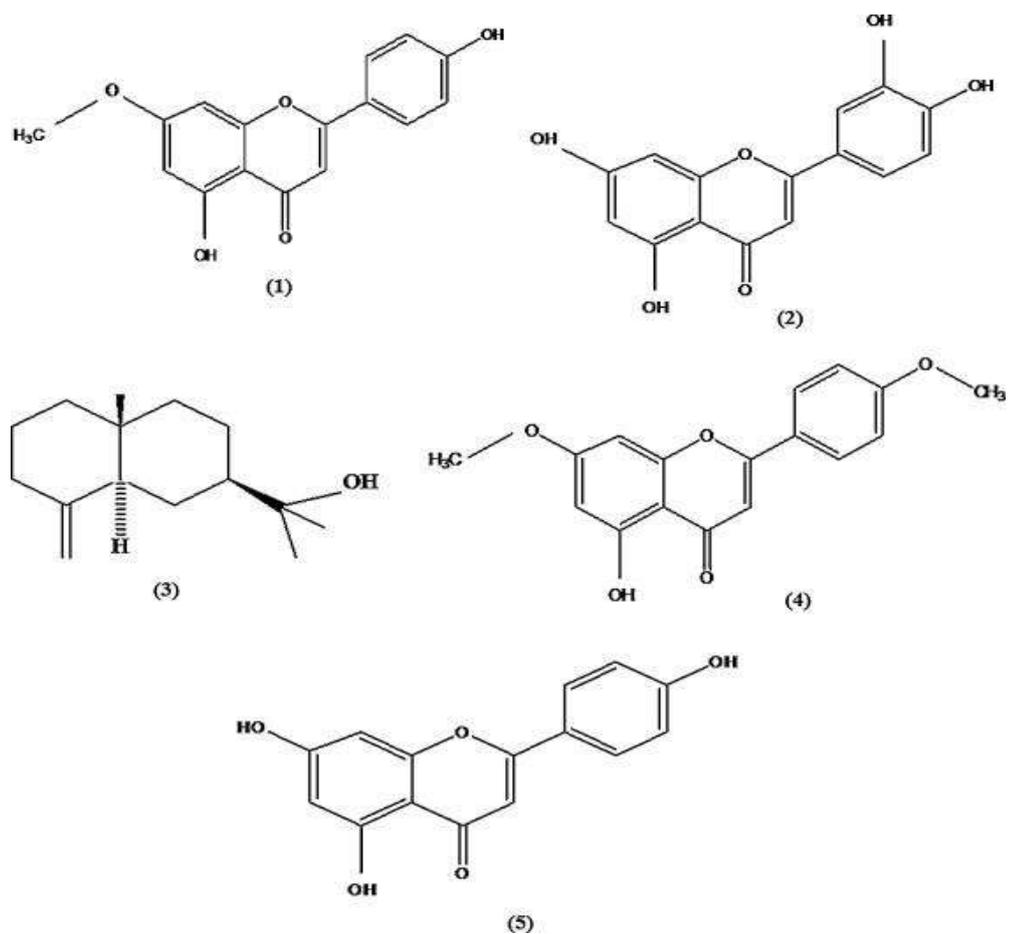


Figure 6: Structures des composés de l'extrait chloroformique de *T. ramosissimum*

Le Tableau ci-après donne quelques exemples de composés isolés du genre *Teucrium*:

Tableau III : Quelques métabolites secondaires isolés du genre *Teucrium*

Espèce	Principes actifs isolés	Références
<i>Teucrium polium</i> L	Polyphénols, flavonoïdes	ABDOLLAHI <i>et al.</i> , 2003
<i>Teucrium hyrcanicum</i> L.	5, 6, 4'-trihydroxy-7-méthoxyflavone (7-méthylscutellareine). cirsiolol (6-hydroxyluteolin derivatives)	OGANESYAN, 2005
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>Pilosum</i>	19-acétylteupoline	LA TORRE <i>et al.</i> , 1986
<i>Teucrium podium</i>	Teupoline	MALAKOV <i>et al.</i> , 1982
<i>Teucrium orientale</i>	Flavone : cirsilineol (5,4'-dihydroxy-6,7,3'-triméthoxyflavone).	OGANESYAN, 2007
<i>Teucrium tomentosum</i>	3-acétoxy-4,18:15,16-diepoxy-6,12-dihydroxyneocleroda-13(16),14-dien-19,20-olide,	SOUNDARYA <i>et al.</i> , 2003
<i>Teucrium frutican</i>	Diterpènes, flavonoïdes	SOSA et TONN, 2006 ; COLL et TANDRO, 2004
<i>Teucrium lusitanicum</i> et <i>T. algarbiensis</i>	α -pinène, sabinène, β -pinène, limonène, germacrène D et élemol.	CAVALEIRO <i>et al.</i> , 2004
<i>Teucrium divaricatum</i>	villosine B, villosine A, teuvincenone D	ULUBELEN <i>et al.</i> , 1994
<i>Teucrium arduini</i> L. (Croatie)	Sesquiterpène (β - caryophyllène (35.2 %) et germacrène D (18,7 %)). Composés phénoliques (quercétine, acide férulique et acide rosmarinique)	KREMER <i>et al.</i> , 2013
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Steroides	ULUBELEN <i>et al.</i> , 1993 ; LOPEZ <i>et al.</i> , 2007
<i>Teucrium</i>	neoclerodane diterpènes	OLGUIN <i>et al.</i> , 1998
<i>Teucrium marum</i> (Sardinia)	Isocaryophyllène, β -bisabolèn, β -sesquiphellétrene, α -santalene dolichodial et, A-caryophyllène.	RICCI <i>et al.</i> , 2005
<i>Teucrium Iberian</i> (Peninsula et Balearic islets)	Terpènes	VELASCO-NEGUERUELA et PEREZ-ALONSO, 1990

I .5. Espèce *Teucrium polium geyrii* Maire

Nom Tamahaq : Takmazzut

Nom vernaculaire (arabe) : Chand goura

Nom vernaculaire (Français): Germandrée tomenteuse



Figure 7 : *Teucrium polium geyrii* Maire

I .5.1 Position systématique

Embranchement : Spermatophyta

Sous embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Teucrium*

Espèce : *Teucrium polium geyrii* Maire

I .5.2. Reconnaissance botanique

Les *Teucrium* sec *polium* constituent un groupe d'espèces très peu différenciées dont beaucoup de taxons, et l'on pense qu'elle contient 125 taxa (BRUNO *et al.*, 2003), notamment de la sous-sec. *Polium*, sont encore en cours de spéciation. La variation

morphologique, chimique, cytologique et biographique au sein de certains groupes d'espèces très affines (El OUALIDI, 1991).

Les sous-espèces *Teucrium polium geyrii* Maire et *Teucrium polium helichrysoides* Maire, seraient peut-être une seule et même espèce. Pour les Touaregs, il s'agit de *Takmazzut* et de *Akmazzu*, *Takmazzut* étant le féminin de *Akmazzu*. Les deux plantes sont souvent désignées sous le nom *Takmazzuten*, qui est le pluriel de *Takmazzut* (OZENDA, 1983).

I .5.3. Description botanique

Plante vivace souvent pérenne, velue, recouverte de poils laineux qui lui donnent une couleur grise bleutée. De taille 20 à 30 cm. L'aspect de la plante est très variable, en général on la rencontre en touffe dense, à tiges nombreuses et ramifiées qui porte de petites feuilles allongées, aux bords dentelés un peu enroulés sur eux-mêmes. D'autres pieds sont beaucoup plus velus et les feuilles plus développées (BENCHELAH *et al.*, 2004). Feuilles laineuses oblongues au bord dentelé, le bord des feuilles est souvent enroulé en dessous. Fleurs laineuses, blanches ou jaunâtres en grappes à l'extrémité des rameaux (SAHKI et SAHKI, 2004 ; ASHNAGAR *et al.*, 2007).

Plantes extrêmement variables, suivant le degré de ramifications, la couleur des fleurs, celle des poils laineux qui recouvrent toute la plante ; on a décrit de très nombreuses sous -espèces, reliées d'ailleurs par tous les intermédiaires (OZENDA, 1983).

I .5.4. Situation géographique

Teucrium polium pousse en abondance dans le Sud-ouest de l'Asie, Europe et l'Afrique de Nord (HASANI *et al.*, 2007).

C'est une plante méditerranéenne, commune dans l'Atlas saharien, le Tefedest et les montagnes du Hoggar, moins fréquent ailleurs (plus rare dans le piémont plus rare au Sahara septentrional, au Tassili des Ajjer, au Tedemait, etc.). Elle pousse surtout dans les lits pierreux des oueds et dans les roches, en altitude entre 1200 et 2600 mètres (SAHKI et SAHKI, .2004 ; OZENDA, 1977).

I .5.5. Utilisations dans la médecine traditionnelle

En médecine traditionnelle africaine, cette espèce est utilisée dans les périodes de stress, car il permet de se relaxer, de se détendre, d'être serein et plein d'énergie. Elle permet la relaxation des muscles en augmentant leur force, la diminution de l'anxiété et la lutte contre la fatigue et l'agressivité. De plus, elle favorise le sommeil et permet également de stimuler la mémoire, d'augmenter sa concentration et sa lucidité. Elle possède également une action bénéfique sur la digestion. Ses propriétés antistress et antioxydante permettent de lutter contre le vieillissement de la peau. Elle est aussi bien conseillée pour les personnes stressées, ainsi que les personnes de plus de 50 ans et les sportifs (LAGNIKA, 2005).

Ses feuilles sont utilisées en cuisine et à des fins médicinales, en particulier pour le traitement des troubles intestinaux et gastriques. Il a également fait preuve d'un soulagement dans le cas de la douleur viscérale. Bien qu'il soit souvent utilisé pour traiter les troubles de sucre dans le sang (comme le diabète), les études n'ont pas réussi à montrer un intérêt de l'utilisation de *Teucrium polium* pour les diabétiques (ASHNAGAR *et al.*, 2007).

La plante est utilisée comme dépuratif et remède des maladies du foie et de l'hypertension et dans le traitement des ulcères gastéro – duodénaux et de l'hyperlipidémie (PARSAEE et SHAFIEE- NICK, 2006 ; STELLA *et al.*, 2010).

Comme les armoises, les germandrées ont autrefois fait l'objet d'un commerce. Elles font partie, avec le *Cymbopogon*, des plantes les plus prisées au Tassili car c'est une plante parfumée très appréciée et recherchée des touaregs, c'est l'aspirine des touaregs (Parfume agréablement le thé), indiquée pour régulariser les battements du cœur. Elle est également broutée par les herbivores (BENCHELAH *et al.*, 2004).

Teucrium polium L. a été reconnue depuis longtemps en médecine populaire dans le traitement physiopathologique de nombreuses conditions (PANOVSKA *et al.*, 2007), telles que les inflammations et les rhumatismes. Son extrait a montré des pouvoirs hypotenseurs (KAMEL et SANDRA, 1994), antispasmodique, antibactériens et antipyrétique diaphorétique, tonifiant, des effets analgésiques (KAWASHTY *et al.*, 1997) et des effets antioxydants (HASANI *et al.*, 2007 ; BEZIĆ *et al.*, 2011).

L'extrait aqueux de *Teucrium polium* a longtemps été utilisé en Iran pour le traitement du diabète et possède des effets hypolipidémiques (ESMAEILI et YAZDANPARAST, 2004; ARDESTANI et YAZDANPARAST, 2007; RASEKH *et al.*, 2001; RICCI *et al.*, 2005; HASANI *et al.*, 2007).

I .5.6. Travaux antérieurs sur *Teucrium polium* :

L'espèce *Teucrium polium* L. (Lamiaceae) a fait l'objet de plusieurs enquêtes durant ces dernières années (HASANI *et al.*, 2007). Ces enquêtes ont révélé la présence de différentes classes de composés tels que les esters d'acides gras, les diterpènes, les monoterpènes, les sesquiterpènes, les polyphénols et les flavonoïdes (cirsimarine, cirsilol, cirsilineol, le 5-hydroxy-6,7,3', 4'-tetraméthoxyflavone, salvigénine, apigénine- 5-galloylglucoside, apigénine-7-glucoside, vicénine et luteoline-7-glucoside) (VELASCO-NEGUERUELA et PEREZ-ALONSO, 1990).

Contrairement à d'autres espèces de genre *Teucrium* qui ont fait l'objet de nombreuses études, une recherche bibliographique poussée a démontré d'une façon univoque l'absence d'études phytochimiques antérieures de la sous-espèce *Teucrium polium geyrii*.

Le tableau suivant donne quelques exemples de composés isolés de *T. polium*.

Tableau IV : Quelques exemples de composés isolés de *Teucrium polium*

Espèce	Principe active isolée	Références
<i>Teucrium polium</i>	Tyrosol, lutéoline, acide o-hydroxy benzoïque, hydroxytyrosol acide p-hydroxybenzoïque, quercetine, acides : vanillique, gentisique, ferulique et caffeique.	PROESTOS <i>et al.</i> , 2006
<i>Teucrium polium</i> L.	Phenylethanoïde glycoside poliumoside B	MARINO <i>et al.</i> , 2012
<i>Teucrium polium</i> L.	glycosides phénylpropanoïdes (verbascoside et poliumoside) et une flavone apigénine	GOULAS <i>et al.</i> , 2012
<i>Teucrium polium</i> (Majorca)	Ajugapitin, 15-éthoxy-14-hydroajugapitin, 14-hydro-15-hydroxyajugapitin, 14, 15 – dihydroajugapitine, Chamaepitine, 19-acétylnaphaline, auropoline, teucrine A, teuflin, 20-acétylhuopoline, auropoline	CAMPS <i>et al.</i> , 1986
<i>Teucrium polium</i> var. <i>album</i> ; (Qatar); <i>Teucrium polium</i> var. <i>pilosum</i> (Égypt)	Sesquiterpènes (alcools): 10-cadinol (8.98%), 13-eudesmol (19.1%), spathulénol (11.59%) monoterpènes majoritaires : α et β -pinène (4.09% et 4.90%)	KAMEL et SANDRA, 1994
<i>Teucrium polium</i> L.	teupolioside III	OGANESYAN <i>et al.</i> , 1991
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>polium</i>	Auropolin, capitatine, 20-epi-auropoline, acétylauropoline lactone	BRUNO <i>et al.</i> , 2003
<i>Teucrium podium</i> subsp. <i>uinentinum</i>	Diterpénoides : eriocephaline, teuvincentines A, B et C, 7,8-dehydroeriocephaline, 7-acétylteuvincentine A, 7,8-dehydroeriocephaline, 6,7-diacétylteuvincentine B, 6-acétylteuvincentine B.	CARREIRAS <i>et al.</i> , 1988
<i>Teucrium polium</i> (Égypt)	Apigénine 7-glucoside, vicénine-2, lutéoline 7-glucoside et apigénine 5-galloylglucoside	KAWASHTY <i>et al.</i> , 1997
<i>Teucrium polium</i> (Turquie)	Teuloline A, teuloline B	BEDIR <i>et al.</i> , 1999
<i>Teucrium polium</i> L. (Iran)	Huile essentielle : α -pinène (12.52%), linalool (10.63%) ; caryophyllèneoxyde (9.96%) ; caryophyllène (6.98%)	MOGHTADER, 2009
<i>Teucrium polium</i> uropean (Espagne)	flavonoïdes: cirsiol, cirsimarine, cirsilinol, salviginine et 5-hydroxy-6,7,3',4'-tetraméthoxyflavone.	HARBORN <i>et al.</i> , 1986

I.6. Famille des Apiaceae**I.6.1. Présentation**

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

C'est une famille très homogène facile à reconnaître grâce à son inflorescence en ombelles composées. Les plantes de la famille des Apiaceae sont essentiellement des plantes herbacées annuelles, bisannuelles, ou le plus souvent vivaces. L'appareil végétatif souterrain pérennant est très varié : racine pivotante, rhizome ou tubercule. Les feuilles sont alternes, souvent très découpées, sans stipules, généralement engainantes. Elles sont le plus souvent composées, pennées, palmées ou ternées, plus rarement entières (chez les buplèvres par exemple) ou phyllodiales.

Les fleurs sont généralement blanches et plus rarement jaunâtres, verdâtres ou rosées. Leur simplicité et leur régularité caractérisent les Apiaceae ; ainsi, la fleur a toujours la même formule florale : 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, gynécée ou pistil est composé de deux carpelles (2C) antéropostérieurs soudés à la coupe florale et formant un ovaire infère. Après fécondation, l'ovaire infère devient un diakène ou double méricarpe (DEYSSON, 1979).

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

I.6.2. Intérêt nutritionnel et pharmacologique

Les Apiaceae sont le plus souvent des plantes aromatiques. Elles sécrètent des huiles essentielles qui leurs confèrent des odeurs et saveurs caractéristiques. Ces propriétés organoleptiques font que de nombreuses espèces sont largement utilisées comme légumes

ou épices. Les principales espèces sont l'aneth (*Anethum graveolens* L), l'anis (*Pimpinella anisum*), le persil (*Petroselinum sativum*), la coriandre (*Coriandrum sativum*), le cumin (*Cuminum cyminum*) et le fenouil (*Foeniculum vulgare*).

Les plantes aromatiques ont des propriétés spasmolytiques de par leur contenu en huile essentielle. De nombreuses études *in vitro* réalisées sur des préparations isolées d'intestins tels que l'iléon de cobaye, la souris ou le chat ont prouvé que ces plantes antagonisent les spasmes induits par l'acétylcholine et l'histamine au niveau du muscle lisse. Le mécanisme d'action probable serait que les composants aux propriétés lipophiles et de faible poids moléculaire des huiles essentielles s'intégreraient de manière réversible aux membranes cellulaires des muscles lisses ce qui inhibe l'entrée de calcium dans les cellules et empêcherait à terme la contraction de ces organes. Cette propriété se retrouve aussi au niveau du colon ; en effet, l'introduction dans le gros intestin d'huiles essentielles sous forme diluée diminue les spasmes (BRUNETON, 1999).

Les plantes de la famille des Apiaceae telles que l'aneth (*Anethum graveolens* L.), l'anis (*P. anisum* L.), l'angélique (*Angelica archangelica* L.), le carvi (*Carum carvi* L.), la coriandre (*Coriandrum sativum* L.) et le fenouil (*F. vulgare* Mill.) ont une importante activité antispasmodique (BRUNETON, 1999).

Les Apiaceae ont aussi la capacité de stimuler physiologiquement les sécrétions enzymatiques des glandes salivaires, les sécrétions gastriques, pancréatiques, intestinales ainsi que l'excrétion biliaire. Cela se traduit globalement par un effet stimulant sur la digestion. Plusieurs études scientifiques ont confirmé l'intérêt pharmacologique d'un grand nombre d'espèces de la famille des Apiaceae. Le tableau V illustre quelques exemples d'espèces d'intérêt pharmacologique de la famille Apiaceae (TEUSCHER *et al.*, 2005).

Tableau V : Quelques espèces d'intérêt pharmacologique de la famille Apiaceae

Nom scientifique	Nom vulgaire	Activité pharmacologique
<i>Anethum graveolens</i> L.	Aneth	- cholagogue- Traitement symptomatique des troubles digestifs tels que ballonnement épigastrique, lenteur à la digestion, éructations, flatulence
<i>Corum carvi</i> L.	Carvi	- antiseptiques intestinales, apéritives, eupeptiques (utile dans les digestions lentes), carminatives.
<i>Pimpinella anisum</i> L.	Anis vert	- eupeptiques. - antispasmodiques. - activité oestrogénique.
<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>dulce</i> DC	Fenouil doux	- favorisent la digestion. - stimulant les contractions des muscles lisses de l'estomac et de l'intestin. - activités œstrogéniques.
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Coriande	- antispasmodique. - carminatif.
<i>Cuminum cyminum</i> L.	Cumin	- eupeptique. - carminatif.
<i>Centella asiatica</i>	Hydrocotyle	- cicatrisant. - stimulent la biosynthèse de collagène. - traitement des ulcères variqueux, des brûlures et des escarres.
<i>Daucus carota</i> L.	Carotte	- favorisent l'acuité visuelle. - anti-inflammatoire. - anti douloureux. - cicatrisant.

I.6.3. Chimie des Apiaceae

Des extraits éthanoliques de 23 espèces de la famille Apiaceae ont été analysés pour évaluer leur contenu en flavonoïdes et en isoflavonoïdes par chromatographie en phase liquide à haute performance (CLHP). En premier lieu, par la CLHP couplée à la spectrométrie de masse (CL-SM) et en second lieu, par la CLHP semi-préparative avec des dosages immuno-enzymatiques (ELISA-HPLC). La rutine, la quercétine-3-glucoside et l'apigénine ont été les flavonoïdes les plus abondants. La génistéine, sissotrine et formononetine sont les isoflavones identifiées (ABDULMANEA *et al.*, 2012).

Trois saponines triterpéniques isolées à partir des racines de *Physospermum verticillatum* : saikosaponine (1), buddlejasaponine IV (2), et songarosaponine D (3) ont été étudiées *in vitro* pour leur activité cytotoxique contre des différents types cellulaires cancéreux. L'hydrolyse de l'unité sucre a été effectuée sur la saikosaponine (1) afin d'obtenir une saikosapogénine (4). Toutes les saponines isolées présentaient une activité cytotoxique forte (TUNDIS *et al.*, 2009).

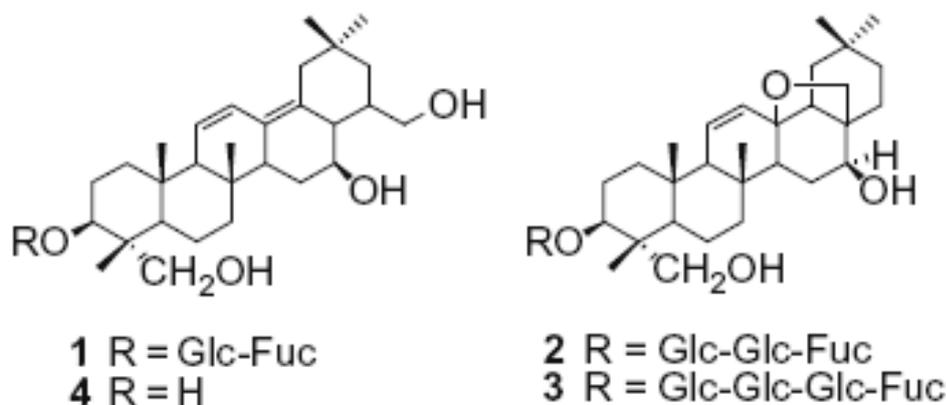


Figure 8 : Structures des saponines triterpéniques de *Physospermum verticillatum*

Trois diterpènes : l'acide anisotomenoïque (1), l'anisotomène-1-ol (2) et l'acide 16-acétoxyanisotomenoïque (3) ont été identifiés et quantifiés dans les extraits méthanoliques obtenus à partir d'*Anisotone flexuosa* (ZIDORN *et al.*, 2002).

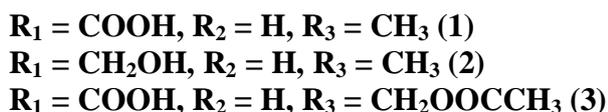
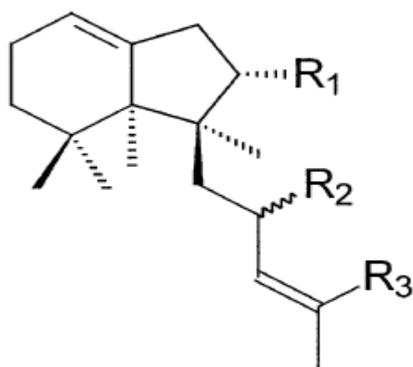


Figure 9 : Structures des diterpènes isolées à partir de l'extrait méthanolique d'*Anisitone flexuosa*

I.7. Genre *Deverra*

I.7.1. Description botanique

Le genre *Deverra* ou *Pituranthos* est une plante vivace, totalement aphyllé, à tige très ramifiées, portant des ombelles à involucre et involucelles polyphylles et des péricarpes ovoïdes à six bandelettes. Feuilles toutes, ou presque toutes, réduites à des écailles; tiges rameuses jaunâtres de 40 à 80 cm (OZENDA, 1977).

Le genre *Deverra* possède plus de vingt espèces, dont certaines sont spécifiques à l'Afrique du nord et sont souvent rencontrées dans les régions arides ou désertiques (QUEZEL et SANATA, 1963). Le potentiel floristique algérien de ce genre comporte les espèces suivantes : *Deverra scoparia* Coss. & Dur. ou *Pituranthos scoparius* Benth. & Hook ; *Deverra chlorantha* Coss. & Dur. ou *Pituranthos chloranthus* Benth. & Hook ; *Pituranthos battandrieri* Maire (OZENDA, 1977).

I.7.2. Propriétés pharmacologiques des *Deverra*

Le genre *Deverra* est très utilisé en pharmacopée traditionnelle dans de nombreuses régions et les propriétés pharmacologiques de certaines espèces ont été validées par les tests appropriés.

Certaines espèces *D. scoparia*, *D. chlorantha*, *P. triradiatus* et *P. tortuosus*, sont utilisées contre le diabète, la fièvre, les infections urinaires, les douleurs d'estomac, les parasites intestinaux ou comme agent régulateur de la menstruation chez les femmes.

Elles sont utilisées dans le traitement de l'asthme, de l'hépatite et pour soulager les douleurs liées aux rhumatismes. Les fleurs, qui sont sucrées, sont aussi appréciées. Elles sont mises à tremper dans l'eau pour en extraire le sucre. Les tiges aident à la salivation et

atténuent la soif ; avec les feuilles, elles dégagent un arôme agréable et c'est pour cette raison que l'on recouvre la viande fraîche d'un lit de tiges vertes de ces plantes et que l'on fait rôtir la partie supérieure des galettes en y brûlant des tiges sèches. Les nomades utilisent cette plante pour parfumer la viande et le pain plat (BELLAKHDAR, 1997 ; HAMMICHE et MAIZA, 2006 ; ANONYME, 2005).

I.7.3. Toxicité

Il est rapporté que dans l'Extrême Sud, le pollen de *Deverra chlorantha* et celui de *Deverra scoparia* occasionne une grave ophtalmie chez le chameau et d'autres animaux. Ce pollen contiendrait quelques alcaloïdes actifs ayant la même action que l'atropine. 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 (CAUVET, 1925 ; BELLAKHDAR, 1997).

I.7.4. Quelques métabolites secondaires d'intérêt isolés du genre *Deverra*

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

L'étude effectuée par SINGAB *et al.*, (1998) sur l'espèce *Pituranthos tortuosus* à permis d'isoler cinq flavonoides : la glucopyranosyloxy-3-trihydroxy-4',5,7-méthoxy-3'-flavone, le 2'-O-β D-apiofuranosyl; l'isorhamnétine; le chrysoériol, l'isorhamnetine-3-O-glucoside et l'isorhamnetine-3-O-rutinoside. Ces composés ont montré une activité anti-tumorale modérée.

Une étude chimique de l'extrait n-butanolique de l'espèce *Pituranthos chloranthus* collectée dans la région de Hoggar a permis d'isoler quatre flavonoïdes glucosidiques : l'isorhamnétine-3-O-rutinoside (1), l'isorhamnétine-3-O-glucoside (2), l'apigénine-6,8-di-C-glucoside (vicénine-2) (3) et la tamarixétine-3-O-glucoside (4). Les structures de ces composés sont illustrées par la figure 10 (TOUIL *et al.*, 2006)

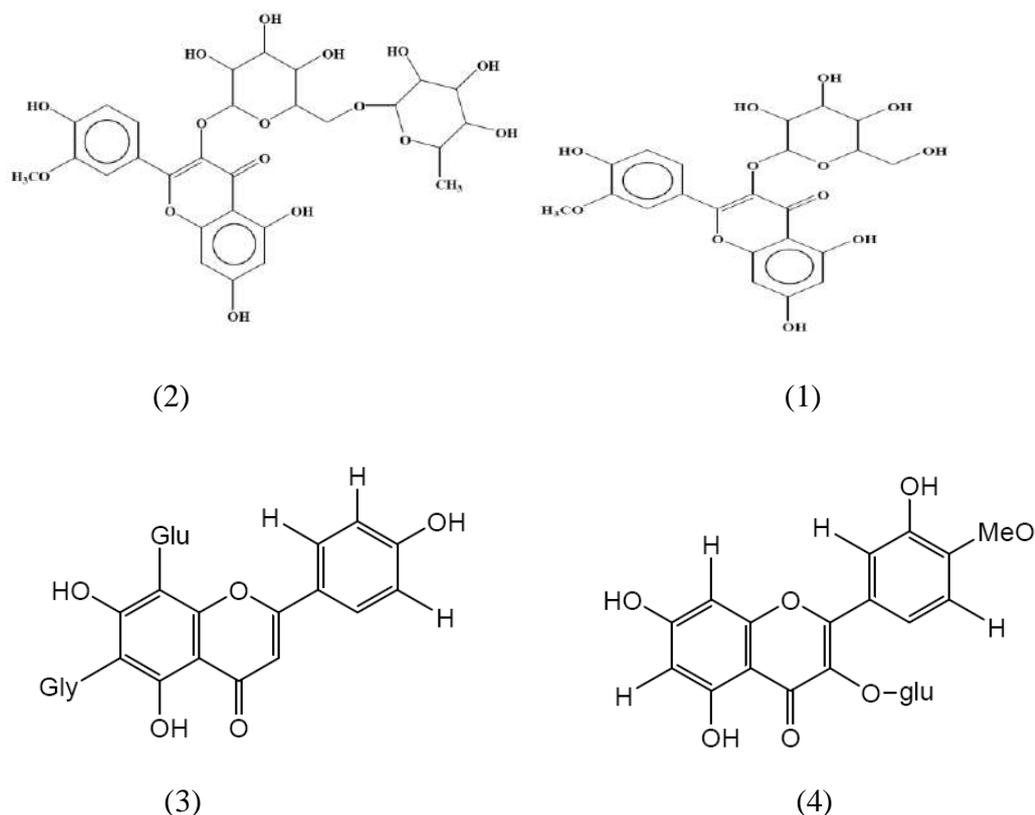


Figure 10 : Structures des composés issus de l'extrait n-butanolique de *P. chloranthus*

Une étude sur les huiles essentielles de la partie aérienne de l'espèce *Pituranthos tortuosus* a été réalisée par ABDELWAHED *et al.*, (2006). Les composés majoritaires de cette huile étaient le sabinène (11 %), le limonène (10.9 %), le p-cymène (7.0 %), le α -pinène (5.5 %) et le myrténol (26.2 %) au mois de novembre devant 39.6% de terpinen-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 Gram-positives *Enterococcus faecalis* et *Staphylococcus aureus*.

L'extraction de l'huile essentielle des parties aériennes de *Pituranthos tortuosus* Benth et crochet (Egypte) a été faite par plusieurs techniques. Il s'agit de l'hydrodistillation classique (HD), l'hydrodistillation simultanée-extraction par solvant (n-pentane) (DE) et une extraction classique par solvant volatil (SE). Les rendements obtenus sont respectivement de 0,8 %, 0,6 % et 1,5 % (p/v). L'analyse par GC-MS a montré que les principaux composants de l'huile obtenue par HD étaient le β -myrcène (18,81 %), le sabinène (18.49 %), le trans-iso-élémicine (12.9 %) et le terpinen-4-ol (8.09 %) par contre le terpinen-4-ol (29.65 %), le sabinène (7.38 %), le γ -terpinène (7.27 %), et le β -myrcène

(5.53 %) sont les composés majoritaires de l'huile obtenue par DE. La composition de l'huile SE est caractérisée par la présence du terpinèn-4-ol (15.40 %), l'anethapiol (7.90 %), et allo-ocimène (6 %). L'huile obtenue dans chaque cas, a été testée pour son activité cytotoxique sur les trois lignées cellulaires de cancer humain, du foie (HEPG2), du côlon (HCT116) et du sein (MCF7). L'échantillon DE a montré l'activité la plus puissante contre les trois lignées cellulaires testées (ABDALLAH et EZZAT, 2011).

La composition chimique de l'huile essentielle de *Pituranthos chloranthus* ssp. *cossonianus* Maire 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 -phéllandène (8.3 %) (DAHIA *et al.*, 2009)

Les nouvelles coumarines monoterpénoïdes, la (-)-S-trans-marmine (1) et la pituranthoside [(-)-S-trans-marmin-7'-O- β -D-glucopyranoside] (2) ainsi que quatre coumarines connues : xanthotoxol, umbelliférone, isopimpinelline et bergaptène, ont été isolées à partir des pousses de *Pituranthos triradiatus* (HALIM *et al.*, 1995).

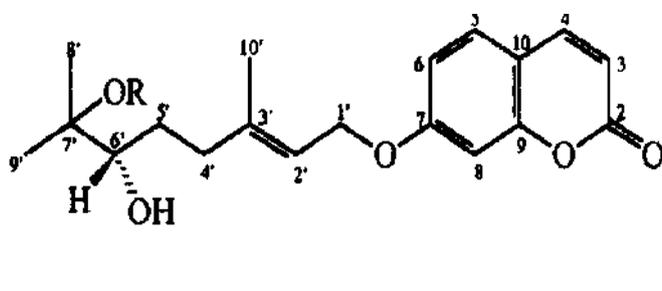


Figure 11 : Structures des composés isolés à partir des pousses de *P. triradiatus*

Sept composés ont été isolés à partir des racines de *Pituranthos tortuosus*; il s'agit des furocoumarines (bergaptène, graveolone, xanthotoxine, isopimpinelline, aesculetin l'éther diméthylque, le stigmastérol glucoside) en plus d'un ester (4-méthoxyphényl-umbellate). Les composés isolés ont été identifiés par différentes techniques spectroscopiques (ABDEL-KADER, 2003).

I.8. Espèce *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

- **Nom Tamahaq** : Tattayet
- **Nom vernaculaire (arabe)** : Guezzah, Ghezzaha.
- **Nom vernaculaire (Français)**: Fenouil sauvage.

Deverra scoparia Coss. & Dur. ou *Pituranthos scoparius* Benth. et Hook est une plante vivace, à tige jaunâtre, en touffes, ramifiées dans le haut seulement, simples et parallèles entre elles dans leur moitié inférieure, portant des ombelles latérales; pédoncules souvent courts; pétales blancs à nervures étroites (OZENDA, 1983). (Figure 12).



Figure 12 : *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

I.8.1. Position systématique

Règne : Plantae

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae

Genre : *Deverra*

Espèce : *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

I.8.2. Répartition géographique

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

I.8.3. Utilisation

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

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

I.8.4. Travaux antérieurs sur *Deverra scoparia*

Les extraits aqueux et au méthanol de *Pituranthos scoparius* Benth. & Hook. sont analysés et quinze métabolites ont été identifiés: deux acides cinnamiques (acide 5-O-caféoylquinique et acide 5-féruloylquinique), et treize flavonoïdes connus (vicenine-2, six dérivés de la quercétine et six dérivés d'isorhamnétine O-glycosylée) (DAHIA *et al.*, 2009).

Une flavone 3,4,7-trihydroxy-3-méthoxy-7-glucoside est purifiée à partir de l'espèce *Deverra scoparia*. Les résultats ont montré l'action d'inhibition compétitive de l'enzyme carboxylestérase de ce composé (DJERIDANE *et al.*, 2008).

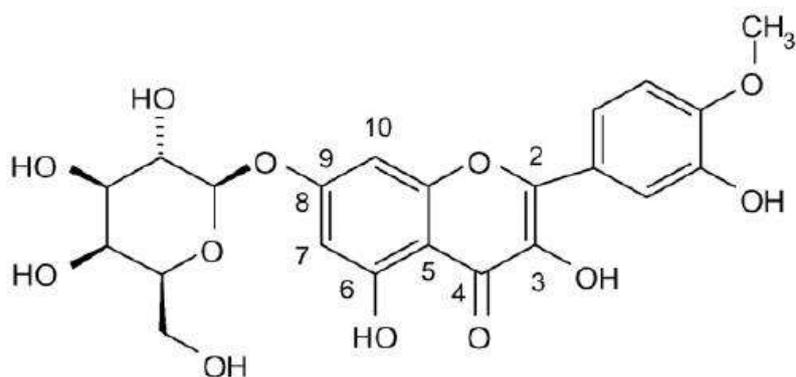


Figure 13 : La structure de la flavone isolée à partir l'espèce *Deverra scoparia*

Cinq flavonoïdes ont été isolés à partir de l'extrait butanolique de *Pituranthos scoparius* de la région de Ghardaïa. L'apigénine-7- O-glycoside (apigetrine), l'apigénine 7-O-rhamnoside, l'isorhamnétine-3-O-rutinoside, l'isorhamnétine-3-O-glycoside et l'apigénine-6,8-di C-glycoside (vecinin -2). 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 obtenues par hydrodistillation des parties aériennes de *Pituranthos scoparius* récoltée de différentes régions d'Algérie ont été analysés par GC et GC-MS. Elles 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 %). Les parties aériennes de *P. scoparius* pourraient être soit très riche ou très pauvre en limonène, myristicine ou aneth apiole (GOURINE *et al.*, 2011).

Une étude chimique a permis de mettre en évidence, dans les huiles essentielles des graines et des tiges de *Pituranthos scoparius*, des monoterpènes, des dérivés phénoliques et des sesquiterpènes. Les principaux constituants de l'huile des graines étaient l'apiole (52 %), de l'acétate de bornyle (21 %) et l' α -pinène (11 %) (VERNIN *et al.*, 1999).

Deux isocoumarines ont été isolées à partir de l'extrait acétate d'éthyle des racines de la plante *Pituranthos scoparius* de la région de Biskra (Algérie). Il s'agit de la 3-n-propyl-5-méthoxy-6-hydroxyisocoumarine et la 3-n-propyl-5,7-diméthoxy-6-hydroxy isocoumarine (HABA *et al.*, 2004).

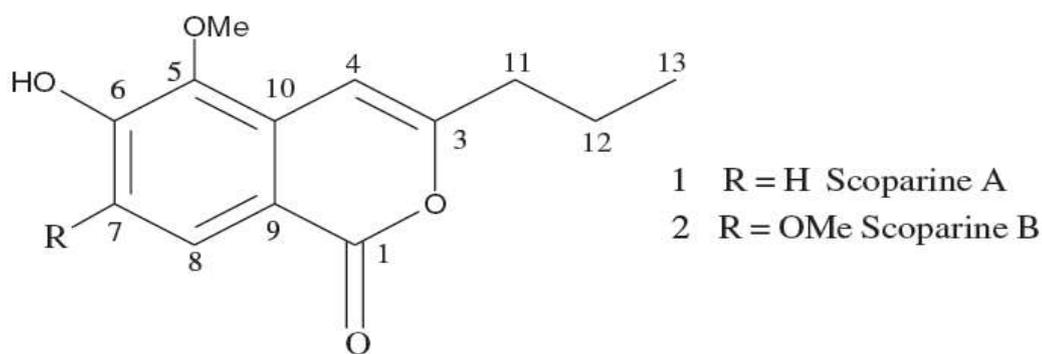


Figure 14 : Structures des isocoumarines isolées à partir l'espèce *P. scoparius*

L'activité acaricide contre le ravageur *Tetranychus urticae* Koch. de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a été étudiée par ATTIA *et al.*, (2011). L'analyse par GC et GC-MS des huiles a montré que l' α -pinène est le constituant le plus abondant (31,95 %), suivi par le sabinène (17,24 %) et le δ -3-carène (16,85 %). 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 terpinèn-4-ol. La présence de tous les constituants ensemble dans le mélange artificiel a provoqué une diminution significative du nombre d'œufs pondus par les femelles.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

II.1. Recherche ethnobotanique

La médecine traditionnelle demeure le recours principal pour une grande majorité des populations pour résoudre leurs problèmes de santé. Elle a été transmise d'une génération à l'autre par la communication orale, posant le danger de perte d'une certaine connaissance. Les études ethnobotaniques et ethno médicinales sont aujourd'hui reconnues comme des méthodes de choix pour la connaissance des plantes médicinales et leurs utilisations. (ADJANAHOUN *et al.*, 1991; FARNSWORTH, 1966).

Le but de l'enquête ethnobotanique était d'identifier les différentes utilisations médicinales traditionnelles des trois plantes choisies, et de documenter la connaissance médicinale traditionnelle liée à l'utilisation de ces plantes à Tamanrasset. Les résultats donneront un aperçu général sur le pouvoir curatif de ces plantes selon les guérisseurs dans ces localités.

II.1.1. Étude d'enquête

L'enquête ethnobotanique définie par BOUKEF (1986) permet de confronter le savoir faire traditionnel dans sa forme contemporaine et la recherche en pharmacologie.

La fiche d'enquête soumise aux populations au cours d'entretiens individuels durant la période de juin 2010 - Mars 2013, pendant lesquels nous avons questionné 170 personnes différentes. Lors de chaque entretien nous avons collecté des informations sur ces personnes et les plantes médicinales étudiées. Les trois espèces ont été définies par leur nom vulgaire et la présentation des herbiers.

II.1.1.1.Échantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population des individus devant constituer l'échantillon, Pour la présente étude un échantillonnage aléatoire est adapté (OULD EL HADJ *et al.*, 2003).

La présente étude a touché les différentes catégories de population susceptibles de connaître les plantes et leurs utilisations thérapeutiques comme les herboristes, les tradipraticiens, les citadins et certains pharmaciens.

II.1.1.2. Fiche d'enquête

Le questionnaire constitué de 21 paramètres divisés en trois parties :

La 1^{ère} partie : sont des informations sur les personnes questionnées (Âge, sexe et résidence).

Le 2^{ème} partie : concernant des informations sur les plantes tel que (Nom de plante, Partie utilisée, état d'utilisation, période de cueillette).

La 3^{ème} partie : sont des informations sur la préparation de remèdes (poids de drogue, quantité d'eau, plante ou produits ajouté, récipient de préparation, technique de préparation, traitement, dose pour les adultes et les enfants, durée de traitement, la toxicité et la prévention).

Après la collecte des données, un logiciel Microsoft EXCEL Version 2007 est utilisé pour le calcul. Ces données sont représentées graphiquement pour les paramètres :

- **Fréquence d'utilisation des plantes médicinales selon le profil des populations questionnées** : définir les proportions des personnes dans la région selon les sexes et les classes d'âge.
- **Matériau végétal** : La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme (ISERIN, 2001). Les paramètres sont :
- **Partie utilisée** : Les divers organes (feuilles, tiges, racines, fleurs, fruits, bourgeons, graines) peuvent avoir des activités très différentes (alimentaire, médicinales, toxique) (GIRRE, 2006). La prédominance d'utilisation d'un organe par rapport à un autre dans le domaine thérapeutique dérive de la concentration en principes actifs dans cet organe (OULD EL HADJ *et al.*, 2003).
- **Période de cueillette**: Ce paramètre détermine la période optimale de cueillette de la plantes avec le maximum de bénéfice pharmacologique.
- **Mode de préparation de remède et voie d'administration**: La détermination du mode de préparation de remède à base des différentes parties permet de définir le mode idéal qui

conserve les substances actives et donne un extrait efficace. En même temps, la connaissance de ce mode permet d'éviter l'extraction des substances toxiques dans les plantes (CHEVALLIER, 2001). Puis on peut reconnaître les modes d'administration pour chaque type de préparation.

- **Période d'utilisation de remède:** La détermination de ce paramètre pose un grand problème dans la médecine traditionnelle. En effet, l'augmentation ou la diminution de cette période peuvent réduire ou éliminer l'efficacité du remède ou conduire à des effets secondaires. Certains médicaments, lorsqu'ils sont administrés de manière continue, conduisent à des changements adaptatifs, alors que l'arrêt du médicament induit des effets de sevrage indésirables (NEAL, 2001).

- **Maladies traitées :** Ce paramètre est le principal objectif de la phytothérapie. Sachant que cette dernière selon GAZENGEL et ORECHONIE, (1999) ; est définie comme le traitement de pathologie bénigne par les plantes médicinales. Le médicament désigne toute substance ou composition possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal.

- **État d'utilisation et Broyage des plantes :** Définie les états d'utilisation sec ou frais, et le broyage à l'état sec (FITZPATRICK et AHRNE, 2005).

- **Mixture des espèces entre elles ou avec d'autres substances :** L'utilisation seule ou mixte de plantes ou mélangées avec des substances est en relation avec les maladies traitées et le gout du remède préparé.

- **Prévention des dangers :** Les médicaments sont supposés produire des effets thérapeutiques mais leur utilisation conduit souvent à des effets secondaires indésirables. Le degré de gravité de ces effets est variable. Il peut s'agir d'effets secondaires bénins, ex. nausées mais aussi parfois d'effets secondaires très sérieux (NEAL, 2001). Donc l'identification des dangers probables, la toxicité et les effets secondaires dans la phytothérapie est très importante pour une utilisation correcte.

II.2. Monographie des plantes médicinales

Des sorties pour faire une étude monographique ont été réalisées dans la région de Tamanrasset au niveau de différents habitats des espèces ciblées (Oued TASSENA, Oued

INMGHRA et Oued TICHNSAWAK) avec la détermination des coordonnées géographiques de ces habitats par l'appareil de GPS, suivi par une récolte pour faire des herbiers.

Selon CATIER et ROUX, (2007) une étude monographique constitue la description complète de la plante, permettant :

- de l'identifier en éliminant tout risque d'erreur, de confusion ou de falsification possibles.
- de connaître sa composition ;
- de repérer les propriétés qui expliquent les emplois, la toxicité, les effets indésirables, les contre-indications...

Toute monographie s'organise comme suit (CATIER et ROUX, 2007) :

- Définition : nom français, nom latin, famille, drogue, législation (appartenance à une liste des substances vénéneuses).
- Étude botanique :
 - Description de la plante, origine et récolte.
 - Caractères de la drogue : macroscopiques et organoleptiques, microscopiques, risques de falsifications éventuelles.
- Action physiologique : toxicité, action sur les fonctions et les organes.
- Essais : toute monographie précise quelles sont les méthodes et les analyses permettant de vérifier les caractères botaniques, physico-chimiques et physiologiques décrits.
- Emplois : indications thérapeutiques, posologie, précautions d'emploi...
- Composition chimique : eau, substances minérales, principes actifs, substances diverses, tels que les protéines, les oses constitutifs, les lipides, les fibres, et la détermination de la teneur en cendres.

II.2.1. Récolte du matériel végétal:

Le matériel végétal est constitué des parties aériennes des plantes *Teucrium polium geyrii* Maire, *Deverra scorparia* Coss. & Dur. et *Salvia chudaei* Batt. & Trab. récoltées à Tamanrasset (Hoggar centre) au printemps successivement des années 2010, 2011 et 2012.

Les échantillons séchés à l'abri de la lumière et de l'humidité, à température ambiante (CATIER et ROUX, 2007). Après séchage, les plantes ont été broyées et stockées soigneusement dans un endroit sec en vue de leurs analyses.

II.2.2. Reconnaissance botanique

L'identification des trois plantes choisies *Teucrium polium geyrri* Maire, *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a été réalisée selon la flore du Sahara (OZENDA, 1983) et les botanistes de l'Institut National de Recherche Forestière - INRF- Station de recherche pour la protection de zones aride-Tamanrasset (Algérie).

II.2.3. Caractérisation chimique

Les poudres végétales, issues des parties aériennes des trois plantes, ont été caractérisées chimiquement par les dosages des protéines, des lipides, des fibres brutes, les substances minérales et la teneur en cendres. Puis les plantes ont subi différentes réactions chimiques, afin de confirmer la présence ou l'absence de certains métabolites secondaires.

II.2.3.1. Analyse quantitative

II.2.3.1.1. Dosage des cendres

Les cendres sont obtenues après incinération de la matière organique (BARKHATOV et ELISSEEV, 1979). Dix g des poudres des plantes introduites dans des creusets en porcelaine ont été séchées à 105°C jusqu'à poids constant, puis incinérés dans un four à moufle à une température de 525 ± 25°C et en atmosphère oxydante jusqu'à l'obtention des cendres blanches. La teneur en cendres a été calculée par la formule:

$$\text{Cendres (\%)} = [(M_2 - M_0) / (M_1 - M_0)] \times 100$$

M₀: poids de creuset vide (g); M₁: poids (creuset + échantillon) avant incinération (g)

M₂: poids (creuset + cendres) après incinération (g)

II.2.3.1.2. Dosage des éléments minéraux

Les teneurs en potassium, calcium, magnésium et sodium ont été déterminées par spectrométrie à ionisation de flamme. Le dosage d'élément par cette technique repose sur le principe que dans un atome, ou un cation métallique, les électrons ont des niveaux énergétiques quantifiés. Toute variation d'énergie correspond au passage d'un électron d'un niveau énergétique à un autre. L'absorption d'énergie correspond à une transition électronique d'un état stationnaire à un autre de plus forte énergie : c'est l'état excité instable. L'émission énergétique, et en particulier l'émission de radiations électromagnétiques, correspondant à la transition inverse: de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme. Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons. Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible (PERE, 1999).

II.2.3.1.3. Dosages des oses totaux

Le dosage des oses totaux est effectué selon la méthode de DUBOIS *et al.* (1956). En milieu acide concentré, les glucides se transforment en dérivés furfuriques qui en se complexant avec le phénol, donnent des composés de couleur orange.

- Mélanger 1mL de solution à doser ou de l'étalon (le blanc est réalisé à l'eau bi-distillée), 0.5 mL de solution de phénol (5% dans l'eau) et 2.5 mL d'H₂SO₄ sans les faire couler le long des parois.

- Mettre les tubes à l'étuve à 80°C pendant 20 min jusqu'à coloration; Laisser refroidir à température ambiante et lire la densité optique à la longueur d'onde 490 nm par le spectrophotomètre UV- Visible.

II.2.3.1.4. Dosage des protéines

La teneur en protéines est déterminée par la méthode de LOWRY *et al.* (1951). Les protéines réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteus (un mélange de tungstate et de molybdate de sodium en solution dans l'acide phosphorique et l'acide chlorhydrique) pour

donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et le tryptophane. Les espèces réduites absorbent à 750 nm. A cette longueur d'onde, le spectrophotomètre donne une valeur de densité optique qui permet de déterminer la concentration en protéines de l'échantillon analysé en se référant par projection à une courbe d'étalonnage où l'albumine sérique bovine commerciale est utilisée comme protéine étalon.

II.2.3.1.5. Dosage des lipides

Les lipides sont dosés par une méthode normalisée. Selon AFNOR (2000), elle est basée sur l'extraction solide-liquide par l'extracteur de Soxhlet (VelpScientifica-SER 148 Manual) en utilisant l'éther de pétrole comme solvant d'extraction.

II.2.3.1.6. Dosage des fibres brutes

La teneur en fibres brutes, est déterminée par l'appareil Raw Fiber Extractor (Velp Scientifica), selon la méthode de Weende (VAN SOEST et ROBERTSON, 1979). Cette méthode est basée sur la solubilisation des composés non-cellulosiques dans des solutions d'acide sulfurique et d'hydroxyde de potassium.

II.2.3.2. Analyse qualitative

II.2.3.2.1. Caractérisation des saponosides : On utilise la propriété qu'ont les solutions aqueuses de saponosides de donner par agitation une mousse persistante (HOUGHTON et RAMAN, 1998).

II.2.3.2.2. Caractérisation des polyphénols

II.2.3.2.2.1. Caractérisation des flavonoïdes : Réaction dite à la cyanidine (réaction de SHIBATA) dans un tube à essai, 2 mL d'extrait aqueux à 10% est placé, on ajoute 5 ml d'alcool chlorhydrique (4 mL EtOH + 1 mL HCl concentré) et 2 ou 3 copeaux de magnésium. Une coloration rose orangée ou violacée apparaissent lorsqu'il y a des flavonoïdes.

II.2.3.2.2.2. Caractérisation des tanins : La réaction effectuée est l'action de chlorure ferrique (FeCl₃) 5% sur l'extrait aqueux à 10%, l'apparition d'une coloration bleu noire ou

verte dénotant la présence de tanins (HARBORNE *et al.*, 1986 ; RIBEREAU- GAYON, 1968; HOUGHTON et RAMAN, 1998 ; BRUNETON, 1999).

II.2.3.2.3. Caractérisation des alcaloïdes : 2 mL d'une solution de chaque extrait de plantes à 10% dans l'eau est additionnée d'une goutte de HCl concentré et 3 gouttes de réactif de BOUCHARDAT (Iode 2.5 g, KI 5 g et H₂O 100 mL). Une précipitation brune rougeâtre signifie la présence d'alcaloïdes (RAFFAUF, 1996).

II.2.3.2.4. Caractérisation des huiles essentielles : On effectue une extraction liquide-liquide par l'éther diéthylique d'une solution d'extrait aqueux puis on ajoute le sel Na₂SO₄. On fait dissoudre le résidu dans l'eau. L'apparition d'une couche jaune indique la présence des huiles essentielles (HOUGHTON et RAMAN, 1998).

II.2.3.2.5. Caractérisation des Cardénolides : 5 g de poudre végétale est macérée avec 20 mL d'eau distillée, 10 mL de filtrat est mélangé avec 10 mL de (CHCl₃ et éthanol). La phase organique est évaporée, et le résidu est dissout dans 3 mL d'acide acétique, et placé dans une éprouvette. Quelques gouttes de FeCl₃ sont ajoutées, suivi d'un mL d'acide sulfurique concentré. La coloration verte bleu indique la présence des cardénolides.

II.2.3.2.6. Caractérisation des Stéroïdes : 5 g de poudre végétale de chaque plante sont extraits avec l'EtOH à 70%. L'extrait est évaporé et le résidu est dissout dans CHCl₃. Le filtrat est divisé en deux tubes dans le premier, 1 mL de solution acétique est ajouté suivi par 1 mL de H₂SO₄ concentré. Si la solution ne donne aucune couleur verte ceci prouve la présence de stéroïdes non saturés. Au deuxième tube, le même volume de H₂SO₄ est ajouté. Si la couleur jaune n'est pas transformée en couleur rouge, on déduit une absence de dérivés des stéroïdes.

II.2.3.2.7. Caractérisation des Stérols : On ajoute 0.5 mL à 1 mL d'acide sulfurique concentré à une solution chloroformique à 10%, la phase inférieure acide prend une coloration d'abord jaune ensuite rouge foncé (BRUNETON, 1999).

II.3. Huiles essentielles des plantes

II.3.1. Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de substances organiques aromatiques liquides qu'on trouve naturellement dans diverses parties des végétaux. Elles

sont très concentrées, volatiles et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur. Actuellement, leur utilisation en parfumerie et en alimentation est considérable; c'est pourquoi certains organismes de normalisation AFNOR NF et ISO ont donné une définition beaucoup plus précise des huiles essentielles; l'huile essentielle est: « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation (BRUNETON, 1999).

Dans la présente étude, Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger, et ce à partir des parties aériennes des trois plantes *Teucrium polium geyrii*, *Devirra scorparia* Coss. & Dur. et *Salvia chudaei* Batt. & Trab. L'extraction est effectuée durant quatre heures, durée nécessaire à l'épuisement de la matière première (environ 90%) en huile essentielle (VELASCO-NEGUERUELA et PEREZ-ALONSO, 1990).

Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène. Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition généralement à pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales.

Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Sachant que la température d'ébullition d'un mélange est atteinte lorsque la somme des tensions de vapeur de chacun des constituants est égale à la pression d'évaporation, elle est donc inférieure à chacun des points d'ébullition des substances pures.

Ainsi le mélange azéotropique « eau + huile essentielle » distille à une température égale 100°C à pression atmosphérique alors que les températures d'ébullition des composés aromatiques sont pour la plupart très élevées. Il est ensuite refroidi et condensé dans un essencier. Une fois condensées, eau et molécules aromatiques du fait de leurs différences de densité, se séparent en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle.

Le stockage des huiles essentielles à 4°C à l'obscurité dans des flacons codés, dans l'attente de leur analyse. Le calcul du rendement de chaque essence s'est effectué selon la relation suivante :

$$R = 100 \times (m/M)$$

Où m et M représentent respectivement la masse de l'huile essentielle et la masse de la charge végétale.

II.3.2. Analyse physico –chimique des huiles essentielles

La connaissance d'indices physiques et chimiques est importante puisqu'elle permet de caractériser voire d'identifier une huile essentielle.

II.3.2.1. Analyses physiques

La densité, l'indice de réfraction à 20°C et le pouvoir rotatoire sont déterminés par les méthodes conformes aux normes AFNOR (2000).

- **Détermination de l'indice de réfraction:** Les indices de réfraction sont mesurés à l'aide d'un réfractomètre à la température ambiante puis ramenés à 20°C par la formule:

$$I_{20} = I_t + 0.00045 (T - 20^\circ\text{C})$$

Où I_{20} : indice à 20°C ; I_t : indice à la température ambiante ou de mesure ;

T: température ambiante ou de mesure.

- **Détermination de la densité:** La densité des huiles essentielles a été déterminée grâce à un densimètre.

- **Pouvoir rotatoire :** Il est mesuré grâce à un polarimètre en utilisant un tube polarimétrique de 2 dm avec l'hexane pour dissoudre les huiles essentielles des plantes.

II.3.2.2. Indices chimiques

Les méthodes utilisées pour la détermination des indices d'acide et de peroxyde sont également conformes aux normes AFNOR (2000).

- **Détermination de l'indice d'acide (I_A) :** C'est le nombre de mg de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1g d'huile essentielle. Dissoudre une masse (m) de la substance à examiner dans une fiole de 200 mL contenant 50 mL de la solution éthéro-alcoolique. Ajouter 1 mL de solution alcoolique de phénolphtaléine puis titrer avec la solution aqueuse de KOH. Le titrage est terminé lorsque la couleur rose persiste pendant 15 secondes au moins. Noter le nombre (n) de millilitres de KOH utilisés. I_A est calculé selon la formule suivante:

$$I_A = \frac{5,610n}{m} \quad 48$$

- **Détermination de l'indice de peroxyde (I_P)** : C'est le nombre de microgrammes du peroxyde contenu dans un gramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. Le traitement du corps gras, en solution dans l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium. Titrage de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium en présence de l'amidon. L'indice de peroxyde (I_P) exprimé en (mg d'O₂ /g), est donné par la formule suivante:

$$I_P = (V_0 - V_1 / P) \times 8000$$

Où V₀ : le volume de thiosulfate employé pour l'échantillon (mL); V₁ : le volume de thiosulfate employé pour l'essai à blanc (mL); P : le poids de la prise d'essai (g).

La détermination des propriétés physico-chimiques (densité, indice de réfraction et de pouvoir rotatoire) est une étape nécessaire mais non suffisante pour caractériser les huiles essentielles. Il est donc nécessaire de la compléter par des analyses chromatographiques GC et GC/MS. Ces dernières techniques, souvent utilisées comme moyens analytiques complémentaires pour l'analyse structurale des substances volatiles (FELLAH *et al.*, 2006).

II.3.3. Analyse des huiles essentielles par CPG/SM

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse (CPG/SM) permet d'effectuer simultanément la séparation et l'analyse des différents constituants d'un mélange complexe. Le couplage CPG/SM est la technique la plus utilisée dans le domaine des huiles essentielles et réunit le meilleur de ces deux techniques. Ce couplage répond aux exigences de base de toute analyse et qui sont :

- La séparation.
- L'identification.
- La mesure quantitative.

Il permet de connaître, dans la grande majorité des cas, la masse moléculaire d'un composé et d'obtenir des informations structurales relatives à une molécule à partir de sa fragmentation. Dans la source d'ionisation les molécules sont bombardées à l'aide d'électrons (dans le cas de l'impact électronique), conduisant ainsi à la formation des ions

en phase gazeuse. Les ions sont ensuite dirigés vers la partie analytique de l'appareil. Il existe plusieurs analyseurs de masse mais les plus utilisés pour l'analyse des huiles essentielles sont le « quadripôle » et le « piège à ion ».

Le quadripôle ainsi que l'« ion trap » utilise la stabilité des trajectoires pour séparer les ions selon le rapport masse sur charge (m/z).

Le faisceau d'ions ayant traversé l'analyseur de masse, est ensuite détecté et transformé en un signal utilisable. Pour ce faire, il existe différents types de détecteurs capables de transformer un courant ionique faible en un signal mesurable. Toutefois, les détecteurs les plus courants sont les multiplicateurs d'électrons ou de photons, permettant l'augmentation de l'intensité du signal détecté (CAVALLI, 2002).

Finalement, l'ordinateur enregistre les données provenant du spectromètre de masse et les convertit en valeurs des masses et des intensités des pics et en courant ionique total. Il permet l'examen des données enregistrées et leur manipulation : spectres de masse, chromatogrammes reconstitués, soustraction d'un spectre par rapport à un autre, calcul d'une moyenne sur plusieurs spectres, etc...

Les spectres de masse ainsi obtenus sont ensuite comparés avec ceux des produits de référence contenus dans les bibliothèques informatisées disponibles, commerciales (NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, Wiley Registry of Mass Spectral Data et ceux de base de données spectrales Adams (VELASCO-NEGUERUEL et PEREZ-ALONSO, 1990), contenant plusieurs milliers de spectres.

En général, les résultats sont meilleurs avec des références enregistrées au laboratoire avec des conditions expérimentales rigoureusement identiques. Ainsi, divers auteurs ont développé des logiciels de traitement des données facilitant l'identification de composés présents dans une huile essentielle à partir de leur spectre de masse et des valeurs de leurs indices de rétention sur colonnes polaire et apolaire. Les indices de rétention (Indice de Kovats) sont calculés selon l'équation de Van Den Dool et Kratz par rapport à la série des n -alcane:

$$I_R(z) = 100n \frac{t_r(x) - t_r(z)}{t_r(z+1) - t_r(z)} + 100.z$$

Où $t_r(x)$, $t_r(z)$ et $t_r(z+1)$ représentent respectivement les temps de rétention ajustés du composé x et des n -alcane de référence, ayant z et $(z+1)$ atomes de carbones et élués juste avant et juste après le composé x .

II.3.3.1. Conditions expérimentales utilisés en CPG/SM

Le matériel et les logiciels utilisés dans l'acquisition et le traitement des données sont consignés dans le tableau VI.

Tableau VI - Matériel et logiciels utilisés en CPG/SM

Appareil CPG/SM		Chromatographe		HP 6890
		Interface		Directe
		Détecteur MSD		HP 5973
Type de colonne	Colonne apolaire	Caractéristiques:	Code	HP5MS
			Molécule	95% ms, 5% biphénylés
			Longueur	30 m
			Diamètre	0.25 mm
			Epaisseur du film	0.25 μ m
Logiciels :		Chemstation, AMDIS, NIST MS search 2002		
Bibliothèques de spectres		NIST 2002, WILEY 7		

Les conditions expérimentales en CPG/SM sont regroupées dans le tableau VII.

Tableau VII- Conditions expérimentales en CPG/SM

Type de colonne	Colonne HP 5ms (apolaire)
Débit du gaz vecteur	0,7 mL/mn
Nature du gaz vecteur	Hélium (He)
Volume injecté	1 µl
Mode d'injection	Split less
Programmation en température	60°C pendant 8 mn puis élévation à raison de 2°C/mn jusqu'à 280°C pendant 10 mn. (pour les huiles essentielles de <i>Teucrium polium</i> la programmation de T : 45°C pendant 6 mn, 2°C/mn jusqu'à 250°C pendant 6,5 mn).
Température d'injecteur	250°C
Température de l'auxiliaire (gaz vecteur)	250°C
Température de source	230°C
Tension d'ionisation	70 V
Température de quadripôle	150°C
Vitesse de balayage	2,83 Scan/s
Domaine de la masse (m/z)	27-550 Th

II.4. Composés phénoliques des plantes

La définition des composés phénoliques ou polyphénols prend en compte, à la fois des éléments structuraux et l'origine biogénétique des composés. Ils se caractérisent par la présence d'un noyau benzénique, portant un groupement hydroxyle libre ou engagé dans une fonction ester, éther ou hétéroside (BRUNETON, 1999). Cette capacité permet à l'homme de les utiliser dans des domaines très variés (SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006 ; PROESTOS *et al.*, 2006). Ces composés jouent un rôle important dans la croissance et la reproduction, offrant une protection contre prédateurs et agents pathogènes. Ils possèdent aussi des propriétés antioxydants, antivirales et antibactériennes (BRAVO, 1998 ; SARNI- MANCHADO et CHEYNIER, 2006 ; KAN *et al.*, 2007).

Les flavonoïdes occupant une place prépondérante dans le groupe des produits naturels phénoliques. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. On attribue à ces flavonoïdes des propriétés variées : veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, anti-allergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires (BRUNETON, 1999).

II.4.1. Extraction Ultrason-aidée (EAU) des composés phénoliques

L'extraction assistée par ultrasons (EAU) est l'une des techniques importantes d'extraction de composés bioactifs à partir de matières végétales. Récemment, cette extraction a été utilisée comme une technique d'extraction alternative soit à l'échelle de laboratoire ou à l'échelle industrielle, ce qui montre qu'elle est efficace et économique. (JINCHAO et XUEGUANG, 2005 ; YA-QIN, *et al.*, 2008; CHUNG *et al.*, 2010 ; ARCEUSZ *et al.*, 2013).

Les avantages des EAU sont de réduire d'une manière significative le temps et la température et d'augmenter le rendement d'extraction. Le perfectionnement du mécanisme ultrasonique est principalement attribué aux comportements des bulles de la cavitation sur la propagation d'onde acoustique.

Les ultrasons sont des ondes vibrationnelles mécaniques de fréquence allant de 16 KHz à 1 GHz pouvant se propager dans les solides, les liquides et les gaz. Dans un milieu liquide, la propagation des ondes va générer des cycles successifs de compression (haute pression) et de raréfaction (basse pression). Cette différence de pression va générer des

mouvements moléculaires au sein du milieu. Lors d'un cycle de raréfaction la distance entre molécules est augmentée et au dessus d'une certaine distance, dépendant de chaque milieu, des bulles de cavitations vont se former. Ces bulles vont croître pendant les phases de raréfaction et diminuer pendant les phases de compression. La répétition de ces cycles va conduire à l'implosion des bulles de cavitation, libérant ainsi une grande quantité d'énergie (MICHEL, 2011).

Lorsque les bulles de cavitation sont formées à proximité d'une surface solide elles deviennent asymétriques, et l'implosion qui en résulte produit des jets de liquide projetés à très grande vitesse vers la surface du solide, ainsi qu'une augmentation locale de la température et de la pression. Dans le cas d'une matrice végétale, ces jets de liquides vont percer les parois végétales et permettre ainsi la libération des molécules dans le milieu liquide (YA-QIN, *et al.*, 2008; CHUNG *et al.*, 2010).

L'EAU est une technique peu onéreuse, utilisable avec n'importe quel type de solvant et simple à mettre en place. En effet, l'extraction peut être réalisée de manière très simple en utilisant un bain à ultra-sons (MICHEL, 2011).

Un bain à ultrasons rectangulaire (Elma Modèle TP660/H, 35 kHz, Allemagne) avec les dimensions internes : 50 × 14 × 10 cm, a été utilisé pour réaliser les extractions. La température a été contrôlée et maintenue à ± 1°C par circulation d'eau externe à l'aide d'un bain d'eau thermostaté.

Afin d'optimiser les conditions d'extraction, des séries d'extractions ont été réalisées pour déterminer le solvant approprié pour chaque plante ainsi que les effets de la concentration (%), la température (°C) et du temps (min) sur le contenu phénolique total (TPC, TotalPhenolic Content).

II.4.1.1. Effet du type de solvant sur l'extraction des composés phénoliques

Les polyphénols sont extraits par macération de la poudre dans différents solvants organiques (acétone 60%, méthanol 60% et éthanol 60%) (CHUNG *et al.*, 2010). La macération a été faite pendant 15 min et à 25°C et répétée trois fois pour chaque solvant. Après filtration les extraits organiques subissent une évaporation sous vide. Les extraits sont pesés pour calculer le rendement. Le meilleur type de solvant a été choisi en fonction de la valeur la plus élevée du contenu phénolique total (TPC) exprimé par mg EAG/g d'extrait.

II.4.1.2. Effet du pourcentage du solvant sur l'extraction des composés phénoliques

En utilisant le meilleur type de solvant choisi pour chaque plante dans l'expérience précédente. La concentration de solvant a été étudiée en utilisant des pourcentages différents: de 20%, 40%, 60%, 80%, 100%. La meilleure concentration de solvant a été choisie en fonction de la valeur la plus élevée de TPC.

II.4.1.3. Effet de la durée d'extraction sur l'extraction des composés phénoliques

L'impact du temps d'extraction sur le TPC a été changé de 15, 25, 30, 40, et 60 minutes. L'extraction a été accomplie en appliquant la meilleure fraction de solvant, sous la température ambiante. Les procédures d'extraction ont été répétées comme décrit précédemment. Le meilleur temps d'extraction a été choisi en fonction de valeur la plus élevée de TPC.

II.4.1.4. Effet de la température d'extraction sur l'extraction des composés phénoliques

L'extraction a été exécutée en employant le meilleur solvant, concentration et temps d'extraction, sous les diverses températures, qui étaient 15, 25, 30 et 60°C. La meilleure température d'extraction était choisie en fonction de valeur la plus élevée de TPC. (YAP et al, 2009 ; HISMATH *et al.*, 2011; BANDAR *et al.*, 2013).

Après la sélection des conditions optimales d'extraction pour les trois plantes *Teucrium polium geyrii*, *Devirra scorparia* et *Salvia chudaei* Batt. & Trab., l'étude des activités biologiques pour ces extraits ont été réalisées.

II.4.2. Extraction des composés phénoliques par macération avec gradient de polarité croissante

Le procédé d'extraction est basé sur la différence de solubilités des composés d'un mélange dans un solvant.

Dans la présente étude, la méthode utilisée est celle de l'extraction par macération avec un gradient de polarité croissante, en utilisant des solvants de plus en plus polaires afin d'obtenir des extraits enrichis en molécules d'intérêt. (VENTURINI, 2012)

Les systèmes de solvants de polarité croissante utilisés sont : l'hexane, le chloroforme (polarités faibles, utilisés pour l'extraction des composés apolaires), l'acétate d'éthyle (EtOAc ; de polarité moyenne, utilisé pour l'extraction des aglycones flavonoïdiques et les monosides) et l'éthanol (de polarité forte, utilisé pour l'extraction des flavonoïdes hétérosidiques). Les extractions sont répétées trois fois (DIALLO *et al.*, 2004). Les extraits organiques subissent une évaporation sous vide dans un évaporateur rotatif à une température de 40°C. Les extraits sont pesés pour déterminer les rendements et ils ont été dissous dans le MeOH et/ou dans le DMSO (pour l'activité biologique).

II.4.3. Quantification des composés phénoliques

Cette analyse permet d'avoir une notion de la teneur en polyphénols de la plante. Le dosage des phénols totaux a été effectué par une méthode adaptée de SINGLETON et ROSS (en 1965) avec le réactif de Folin-Ciocalteu, tandis que les flavonoïdes ont été quantifiés par dosage direct par le tri- chlorure d'aluminium (ÖZKAN *et al.*, 2007).

II.4.3.1. Détermination de la teneur en composés phénoliques totaux (TPC, Total Phenolic Content)

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin- Ciocalteu. Ce dernier est composé d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) qui se réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) qui absorbe fortement à une longueur d'onde de 765 nm. Le phénol standard utilisé dans cette méthode est l'acide gallique

A partir d'une solution mère préparée de l'acide gallique de concentration massique 10 mmol/L, des solutions filles sont préparées avec des concentrations allant de 0.2 mmol/L à 2,4 mmol/L. 200 μ L de chaque solution, sont introduits dans des tubes à essais. Puis sont ajoutés 1000 μ L du réactif de Folin-Ciocalteu à (10%). Après 2 minutes, on ajoute 4000 μ L de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 20% (m/v) (favoriser un milieu alcalin pour déclencher la réaction d'oxydoréduction). Les solutions sont maintenues à l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante. La lecture de l'absorbance de chaque solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis LNICAM-DISCPD2000-1 à une

longueur d'onde de 765 nm contre un blanc (même solution sans la solution d'acide gallique).

Pour les extraits phénoliques, les mesures ont été réalisées par la même procédure. Toutes les manipulations sont répétées 3 fois. Le contenu phénolique total (TPC) est exprimé par mg EAG/g d'extrait.

II.4.3.2. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été effectuée avec le trichlorure d'aluminium. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose qui absorbe dans le visible à 415 nm. Le flavonoïde utilisé comme référence dans cette méthode est la rutine.

A partir de la solution mère de la rutine (utilisée comme étalon) préparée dans le méthanol à une concentration de 1 mmol/L, des solutions filles de concentrations allant de 0.01 à 0.06 mmol/L sont préparées. 1 mL de chaque solution fille de la rutine ou de l'extrait, est ajouté à 1 mL de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 20% (m/v) dans l'eau. Après incubation à l'obscurité pendant 40 minutes à température ambiante, le dosage s'effectue par spectrophotométrie UV/Visible à 415 nm.

II.5. Activités biologiques des extraits

L'étude des activités biologiques des substances bioactives des plantes médicinales se trouve à la base des médecines dites alternatives, de nombreux procédés utilisés dans la conservation des produits alimentaires crus ou cuits, de substances actives exploitées dans les produits pharmaceutiques. La présente étude, s'intéresse particulièrement à l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits des trois plantes médicinales (*Teucrium polium geyrii*, *Deverra scorparia* et *Salvia chudaei*).

II.5.1. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des molécules qui, lorsqu'elles sont présentes à faible concentration par rapport au substrat oxydable, retardent ou stoppent le processus d'oxydation, et ainsi régulent l'équilibre redox cellulaire (ARUOMA, 1996). Les antioxydants les plus connus sont le β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la

plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH^\bullet) et superoxydes (O_2^\bullet) (BOUDET, 2007; RICE-EVANS *et al.*, 1996).

La capacité antioxydante des molécules peut être évaluée soit *in vivo* ou *in vitro*, en utilisant des tests qui miment le phénomène physiologique. Pour évaluer l'activité antioxydante *in vitro* d'extraits naturels, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes, tels que des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antioxydants capable d'inhiber la génération de radicaux. Ces antioxydants peuvent agir selon deux mécanismes majeurs (PRIOR et SCHAICH, 2005): soit par transfert d'atome d'hydrogène, soit par transfert d'électron. Les méthodes basées sur le transfert d'atome d'hydrogène mesurent la capacité globale d'un antioxydant à réprimer les radicaux libres par donation d'un atome d'hydrogène, alors que les méthodes basées sur le transfert d'électron mesurent la capacité d'un antioxydant à transférer un électron qui réduira n'importe quel composé, incluant les métaux, les carbonyles et les radicaux. Ainsi, compte tenu des différents facteurs impliqués, tels que les propriétés physicochimiques des molécules, le type de test employé ou l'état d'oxydation des substrats, il est recommandé d'utiliser au moins deux tests pour confirmer une activité antioxydante (PRIOR et SCHAICH, 2005; FRANKEL et MEYER, 2000).

II.5.1.1. Mesure du pouvoir anti-radicalaire par le test DPPH[•] (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle)

La méthode du DPPH[•] introduite par BLOIS (1958) est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de l'espèce radicalaire stable DPPH[•] en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène (AH), qui aboutit à la formation d'une forme non-radicalaire, le DPPHH (Figure 15). La réduction du DPPH[•] en DPPH-H induit une perte de sa couleur violette qui peut être suivie à 517 nm.

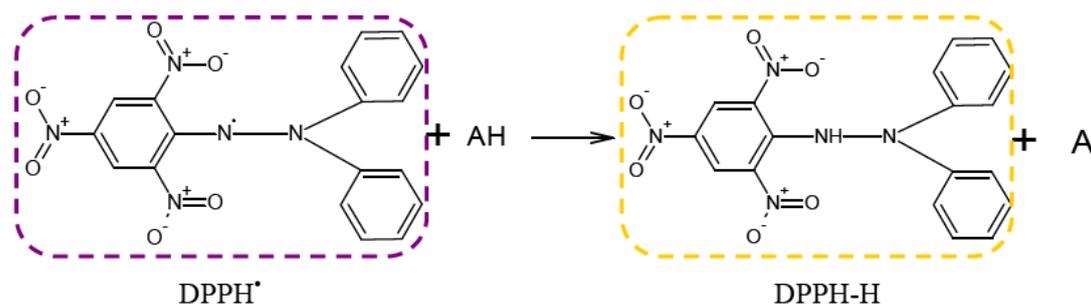


Figure 15 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (AH) (MICHEL, 2011).

Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphenyl picryl-hydrayl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphenyl picryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons. Ainsi plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort (MANSOURI *et al.*, 2005).

Le DPPH est caractérisé par son adaptation à plusieurs échantillons dans une courte durée, aussi il est assez sensible pour détecter les ingrédients actifs à des basses concentrations, à cet effet, il a été employé pour le criblage des activités antiradicalaire des extraits végétaux (YI *et al.*, 2008).

100 μL d'extrait sont ajoutés à 3 mL de la solution du DPPH ($6 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) préparée fraîchement dans le méthanol. Laisser 30 minutes à l'obscurité. L'absorbance est mesurée à 517 nm contre le blanc. L'activité anti-radicalaire des extraits a été exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation (ASADI *et al.*, 2010):

$$\% \text{ Inhibition} = ((\text{Abs}_{\text{contrôle}} - \text{Abs}_{\text{échantillon}}) / \text{Abs}_{\text{contrôle}}) \times 100$$

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C), Quercétine ou le Trolox (acide-6-hydroxy-2,5,7,8-tetraméthylchroman-2-carboxylique) (MOLYNEUX, 2004).

Pour s'affranchir de l'influence de la concentration, la concentration effective EC_{50} de l'antioxydant est déterminée, qui correspond à une réduction de 50% de l'activité du DPPH• dans le milieu réactionnel. La capacité antioxydante d'un composé est d'autant plus élevée que sa EC_{50} est petite.

II.5.1.2. Test de FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)

La méthode FRAP développée par BENZIE et STRAIN (1996) correspond à la réduction d'un complexe tripyridyltriazine ferrique [(Fe(III)-TPTZ)₂] en un complexe tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)₂] par un antioxydant (AH), à un pH de 3,6 pour maintenir la solubilité du fer (Figure 16).

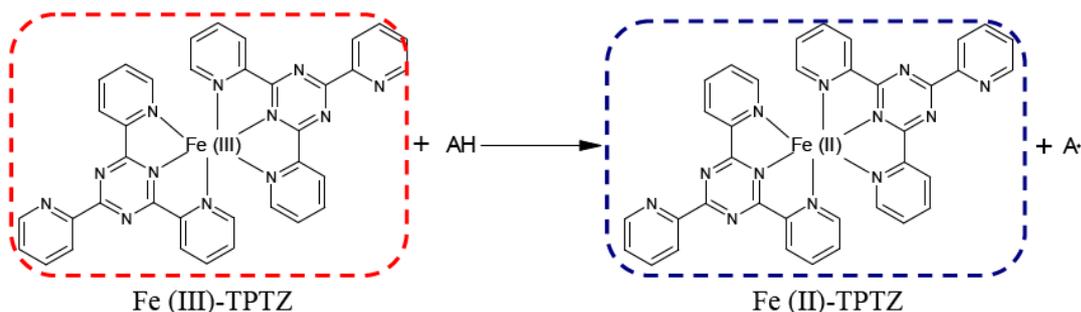


Figure 16 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)-TPTZ et un antioxydant (AH) (MICHEL, 2011).

Lors de la réduction du complexe ferrique en complexe ferreux une coloration bleue intense apparaît, ce qui permet de la quantifier par spectrophotométrie UV-Vis.

On prépare le réactif de FRAP par les mélanges suivants : 25 mL de Tampon acétate (PH 3.6), 2.5 mL TPTZ (10 mmol) et 2.5 mL FeCl₃. 3H₂O (20 mmol).

150 µL d'extrait de différentes concentrations et 2850 µL de la solution du FRAP sont ajoutés. La lecture est réalisée après 30 min à 593 nm contre le blanc. La courbe d'étalonnage d'acide ascorbique à partir différentes concentrations (10-100 µmol/L) est utilisée pour calculer le potentiel d'antioxydant.

II.5.1.3. Test ABTS (*Acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)*)

Le radical cation de l'acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (ABTS) est stable sous sa forme libre. Ce radical est facilement formé à partir de l'acide correspondant par oxydation en présence de persulfate de potassium.

La concentration de ce radical peut être déterminée en mesurant l'absorbance à 734 nm. L'addition d'un antioxydant à une solution de ce radical cation entraîne sa réduction et une diminution de l'absorbance. Cette diminution dépend de l'activité antioxydante du composé testé mais, souvent, aussi du temps et de la concentration (CANO *et al.*, 2000).

La solution ABTS⁺ était préparée en mélangeant 8 mM de sel ABTS avec 3 mM de persulfate de potassium dans 25 mL d'eau distillée, à la température ambiante dans l'obscurité et conservée pendant 16 h avant l'utilisation.

La solution ABTS⁺ a été diluée avec de l'éthanol à 95% (environ 600 µL ABTS⁺ à 40 mL d'éthanol à 95%), afin d'obtenir une absorbance de 0,8 à 0,9 à 734 nm.

Vingt µL d'extrait est ajouté à 1 mL de la solution radicalaire d'ABTS. Le mélange est incubé à 37°C à l'abri de la lumière pendant 30 min. Un contrôle constitué de 20 µL de MeOH et de 980 µL de la solution d'ABTS est lu avec chaque série d'extrait à 734 nm. L'éthanol à 95% utilisé comme un blanc. Tous les tests sont reproduits au moins trois fois.

La capacité de piégeage des radicaux libres a été exprimée par la concentration effective EC₅₀ de l'antioxydant (µg.mL⁻¹) qui représente la concentration nécessaire pour récupérer 50% de radicaux d'ABTS. La capacité de piégeage de EC₅₀ radical libre a été déterminée en utilisant la même équation précédemment utilisées pour la méthode du DPPH.

II.5.1.4. Test phosphomolybdate (Test de PPM)

Le test est basé sur la réduction du molybdate. Cette réduction se matérialise par la formation d'un complexe verdâtre (phosphate /Mo) à un pH acide. On mesure la diminution de coloration du complexe molybdène en présence d'antioxydant. Au cours de ce test, l'hydrogène et l'électron sont transférés du composé réducteur (extrait-antioxydant) vers le complexe oxydant (PPM). Ce transfert dépend du potentiel redox, du pH du milieu et de la structure du composé antioxydant (MUANDA *et al.*, 2009).

La courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique se fait à partir d'une solution mère aqueuse d'acide ascorbique, de concentration massique de 1 mg.mL⁻¹, une gamme d'étalons de solutions filles en milieu aqueux a été préparée. A l'aide d'une micropipette, 400 µL de chaque solution fille ou d'extrait sont mises dans un tube à essai et mélangées avec 4ml du réactif composé de (H₂SO₄ (0,6M), deNa₃PO₄ (28 mL) et de molybdate d'ammonium (4 mM)). Les tubes sont en suite agités et placés au bain Marie pendant 1h minutes à température de 95°C. La lecture de l'absorbance de chaque solution préparée est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible LNICAM-DISCPD2000-1, à une longueur d'onde de 695 nm contre un blanc préparé de la même manière (sans extrait). Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de l'acide ascorbique par milligramme d'extrait (mg EAA/mg d'extrait) (PRIETO *et al.*, 1999).

II.5.2. Activité antimicrobienne des extraits

La méthode de diffusion en milieu gélosé est utilisée pour rechercher l'activité antimicrobienne au laboratoire de bactériologie de l'hôpital Mohamed Boudiaf Ouargla. Le milieu de culture utilisé est la gélose Mueller-Hinton pour les bactéries et le Sabouraud pour les levures (4 mm d'épaisseur). Les souches bactériennes et la levure testées sont représentées dans le tableau suivant

Tableau VIII : Description des différentes souches microbiennes testées

Nom de souche et Code référence	Quelques propriétés des souches testées
<i>Enterobacter cloacae</i> ATCC 13047	Bacilles à Gram négatif, mobiles, non sporulés. Aéro-anaérobies, sensibles aux β -lactamines avec une résistance à l'amoxicilline, l'amoxicilline + l'acide clavulanique et Céfalotine. provoquent une infection urinaire, bactériémie, infection respiratoire, certain infections tissulaires et septicémies (TEIXEIRA <i>et al.</i> , 2007).
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 39452	Bacilles à Gram négatif, mobiles, sensibles à la pénicilline, carbénicilline, kanamycine, gentamicine et résistantes aux sulfamides et à la triméthoprine, provoquent des infections urinaires, plaies, méningites, septicémies. (BEERNESH <i>et al.</i> , 1996).
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	Gram positif anaérobie facultatifs, flore normale du tractus gastro-intestinal, des voies génitales féminines, et de la cavité orale, entraînent des infections des voies urinaires, des plaies et des tissus mous. une endocardite en présence de valvules cardiaques déjà lésées, résistant aux β -lactames, aux aminoglycosides et à la vancomycine (TEIXEIRA <i>et al.</i> , 2007).
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603	Non mobiles, capsulés avec colonies à aspect de muqueuses sensibles à la Gentamicine, Kanomycine, Céphalosporine et Polymyxine B mais pas sensibles à la pénicilline. commensale du tube digestif, provoquent des infections urinaires ou respiratoires parfois compliquées de septicémies et des

	infections nosocomiales. (GARBONNELLE <i>et al.</i> , 1987 ; GIRARD, 2001).
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 27923	cocci à Gram positif, immobiles et disposées en amas, responsables d'infections graves communautaires et nosocomiales, d'infections des plaies, de la peau et du sang, des abcès, ostéites, otites, infections urinaires, endocardites, gastro-entérites et infection pulmonaires. acquiert facilement des résistances aux antibiotiques et en particulier à la pénicilline, à la méthicilline ¹ (MRSA), et aux fluoroquinolones mais sensible au B- lactamines (HART et SHEARS, 2002; PERRY <i>et al.</i> , 2004).
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25853	bacille à Gram négatif, mobile aérobie, non capsulé. Agent pathogène opportuniste actif, résistance à l'ampicilline, céphalothine, triméthoprime et acide nalidixique. provoque des infections nosocomiales, sous forme d'infections urinaires, d'infections du sang, des plaies et de l'appareil respiratoire (LAMBIN et GERMAN, 1969 ; PERRY <i>et al.</i> , 2004).
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Bacilles à gram négatifs asporules, la famille des entérobactéries, fermentent le lactose et le glucose, responsables des infections urinaires, septicémie méningite du nourrisson, de plaies opératoires et gastro-entérites
<i>Candida albicans</i>	Levures avec colonies grandes et rondes, vivant à l'état normal dans la bouche, le vagin et le tube digestif, responsable d'infections fongiques superficielles (le muguet, des vulvo-vaginites) et systémiques chez des individus immunodéprimés (ART et SHEARS, 1997).

Des colonies bien isolées ont été transférées dans des tubes contenant de l'eau distillée stérile afin d'avoir des suspensions microbiennes ayant une turbidité voisine à celle de McFarland 0.5 (10^8 UFC/mL),

L'ensemencement de l'inoculum de 1 mL est réalisé en surface. Les disques (du papier Wathman N°3 et stérilisés à 120°C pendant 30 min) des extraits dissous dans le diméthyl sulfoxyde (DMSO) (\varnothing 0.5 cm), sont déposés à la surface de la boîte de Pétri. Chaque disque est imprégné d'une quantité variable (entre 1 et 10 μ L) de l'extrait

sélectionné. La boîte est incubée à l'étuve à 37°C durant 12 à 18 heures pour les bactéries et à 25°C durant 48 heures pour les levures. A la sortie de l'étuve, l'absence de la croissance microbienne se traduit par un halotranslucide autour du disque, identique à de la gélose stérile, dont le diamètre est mesuré et exprimé en centimètre. Le témoin est une boîte de Pétri ensemencée dans les conditions de l'expérience, sans disque. La lévofloxacine et DMSO a servi de témoins positifs et négatifs, respectivement.

L'action d'un antibiotique ou d'un extrait sur une souche bactérienne aboutit à deux états possibles : L'arrêt de l'augmentation de la population c'est l'effet bactériostatique ; ou la destruction des bactéries : c'est l'effet bactéricide qui aboutit à la lyse bactérienne (BOULAHBAL, 1993).

Lorsque la mesure de la CMI est effectuée selon une technique en milieu liquide, on distribue dans un premier temps, dans une série de tubes à hémolyse stérile, sous un même volume, des concentrations décroissantes d'antibiotique ou d'extrait. Puis on ajoute dans chacun des tubes, sous un même volume une culture de bactéries en phase exponentielle de croissance, diluée de façon à obtenir une concentration finale d'environ 10^6 bactéries/mL (inoculum bactérien optiquement invisible). La CMI de l'antibiotique sur la souche étudiée est définie comme la plus faible concentration inhibant, après 18 à 24 h à 37°C, toute croissance bactérienne visible à l'œil.

Le principe de la technique en milieu solide est identique, l'antibiotique étant ici incorporé dans un milieu de culture solide. L'intérêt de cette technique en milieu solide réside dans la possibilité d'étudier un grand nombre de souches bactériennes. (MOGODE, 2005).

On appelle concentration minimale bactéricide (CMB) la concentration d'antibiotique qui laisse moins de 5% de survivants après 18 heures. Les antibiotiques classés comme bactéricides sont ceux pour lesquels il y a peu d'écart entre la CMI et la CMB (NAUCIEL et VILDE, 2005).

Chapitre III:

Résultats et discussions

III.1. Résultats de l'enquête ethnobotanique

A travers l'enquête menée auprès de la population autochtone, des herboristes, des citadins, des tradipraticiens et des pharmaciens (figure 17) sur les utilisations en médecine traditionnelle des trois plantes médicinales de la région de Tamanrasset : *Teucrium polium geyrri* Maire, *Salvia chudaei* Batt. & Trab., et *Deverra scoparia* Coss. & Dur., nous avons pu avoir un aperçu sur l'importance de ces plantes dans cette région du Sahara méridional.

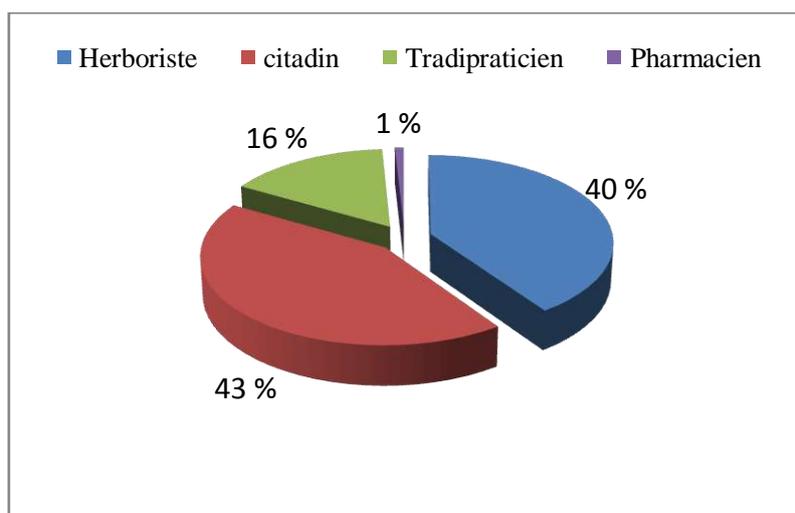


Figure 17 : Répartition en pourcentage des populations questionnées

Il ressort de cette étude que les populations utilisant les espèces étudiées, sont en premier lieu les citadins (43%), suivis des herboristes (40%) et beaucoup moins les tradipraticiens (16%) et enfin les pharmaciens (1%).

L'utilisation des plantes selon le sexe et par classe d'âge, est présentée dans la figure 18. Les femmes sont les plus questionnées avec une proportion de 62%, alors que les hommes représentent 38%. Ceci étant dû au fait que les femmes sont plus détentrices du savoir phytothérapeutique traditionnel. Une étude faite au Maroc par MEHDIOUI et KAHOUADJI, (2007), a montré le même constat (53% contre 47%).

Concernant les âges des personnes questionnées entre 20 et 95 ans sont subdivisées en quatre catégories. Il est considéré que les personnes d'âge compris entre 41 et 60 ans ont été les plus questionnées avec une proportion de 39.5%. Vient ensuite la tranche d'âge 20-40 ans avec une proportion de 32%, puis l'intervalle 61-80 ans avec un pourcentage de 22%, et enfin la classe des personnes la plus âgée (plus de 80 ans) avec une proportion réduite 6.5%.

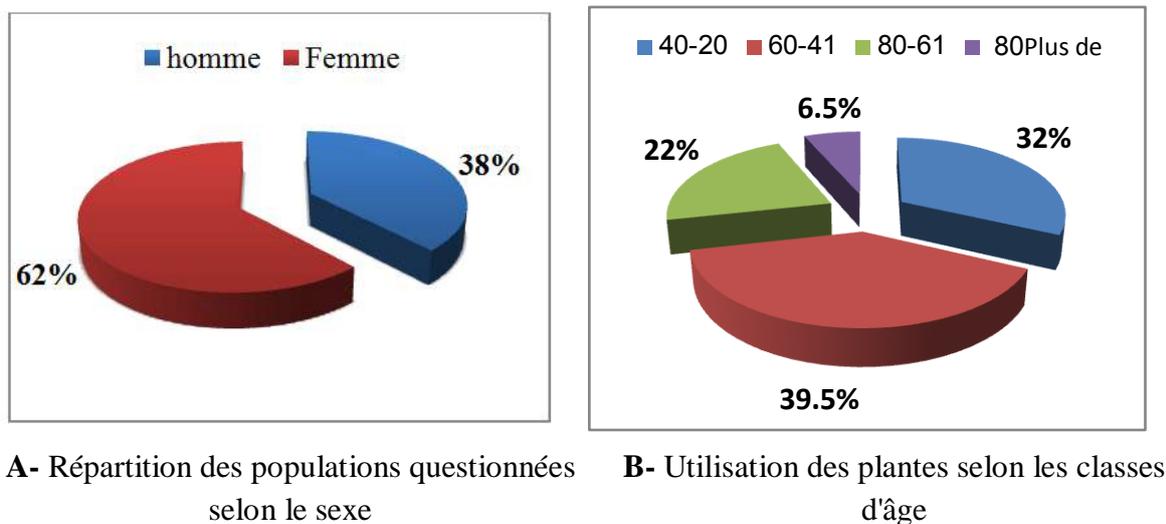


Figure 18: Utilisation des plantes selon le sexe et la classe d'âge des populations questionnées

MEHDIOUI et KAHOUADJI, (2007) ont noté effectivement que les personnes les plus âgées ont plus de connaissances en plantes médicinales par rapport aux autres classes d'âges. L'expérience accumulée avec l'âge constitue la principale source d'information à l'échelle locale au sujet de l'usage des plantes en médecine traditionnelle. On note aussi une perte d'informations sur les plantes médicinales, qui peut s'expliquer par la raréfaction des ressources végétales d'une part et d'autre part, par la méfiance de certaines personnes, particulièrement les jeunes les plus questionnés, qui ont tendance à ne pas trop croire en cette médecine traditionnelle.

Il est bien connu qu'en pharmacopée, différents organes végétaux sont utilisés pour la préparation des remèdes en fonction des recettes. Les recettes thérapeutiques se préparent différemment. Les différentes parties de la plante comme remède pour soigner plusieurs maladies et infections ont été utilisées, mais selon les régions et les populations, leurs usages sont de fréquences variables. La figure 19 illustre les fréquences d'utilisation des différents organes végétaux.

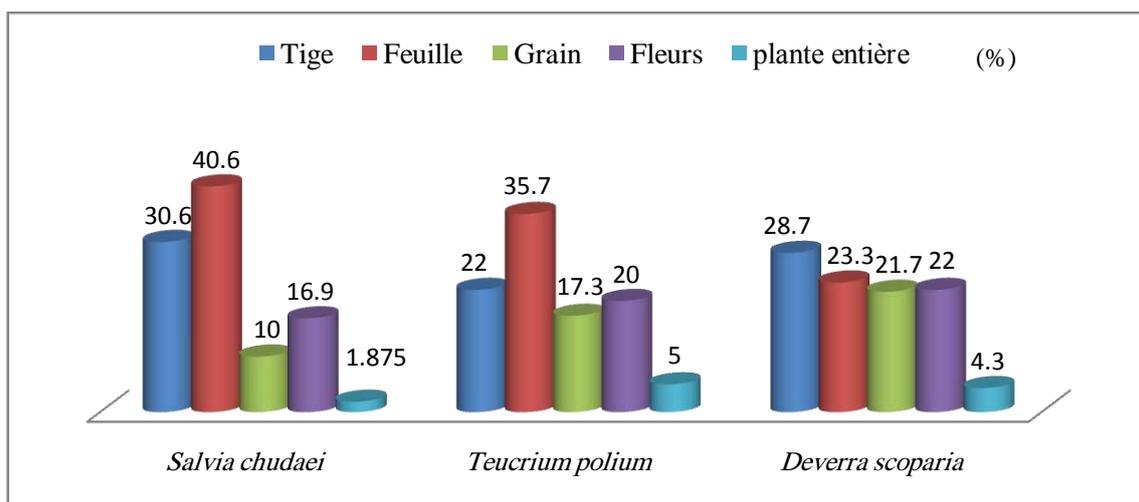


Figure 19 : Fréquences d'utilisation des différents organes végétaux par les populations questionnées.

L'utilisation des plantes par les populations varie en fonction de la plante et en fonction du mode de préparation du remède. D'une façon générale, la partie aérienne est la plus utilisée et plus précisément les feuilles et les tiges pour les trois espèces *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Teucrium polium geyrri* Maire et *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

L'utilisation des organes végétaux varie selon les espèces, et la dominance d'utilisation des feuilles peut s'expliquer par le fait qu'elles sont le lieu de la majorité des réactions photochimiques et le réservoir de la matière organique qui en dérive (CHAMOULEAU, 1979). Les travaux de LAHSISSENE et KAHOUADJI (2010) et de MEHDIOUI et KAHOUADJI, (2007), signalent que les feuilles sont la partie la plus utilisée avec un pourcentage de 30%. OULD EL HADJ *et al.* (2003), ont enregistré un taux de 37.3% et enfin CHEHMA et DJEBBAR (2008), notent un taux d'utilisation de 84% pour la partie aérienne dont les feuilles.

Sur le terrain, les utilisateurs ont tendance à arracher la plante entière au lieu de s'intéresser uniquement à la partie souhaitée (principalement les feuilles). Sachant qu'il existe une relation entre la partie utilisée de la plante et leurs effets thérapeutiques (CUNNINGHAM, 1996).

L'utilisation en pharmacopée de la plante oblige une cueillette dans une période bien

précise. Elle dépend du temps de développement de la plante et du cycle de vie (vivace ou temporaire). L'importance de la connaissance de cette période de cueillette est de comparer les quantités de substances actives d'une période à une autre. Ce qui est prévisible objectivement est qu'il faudra choisir la période de collecte adéquate pour le meilleur résultat possible (QUEZEL et SANTA, 1963). La figure 20 illustre les fréquences des différentes périodes de cueillette des plantes par les autochtones du Sahara.

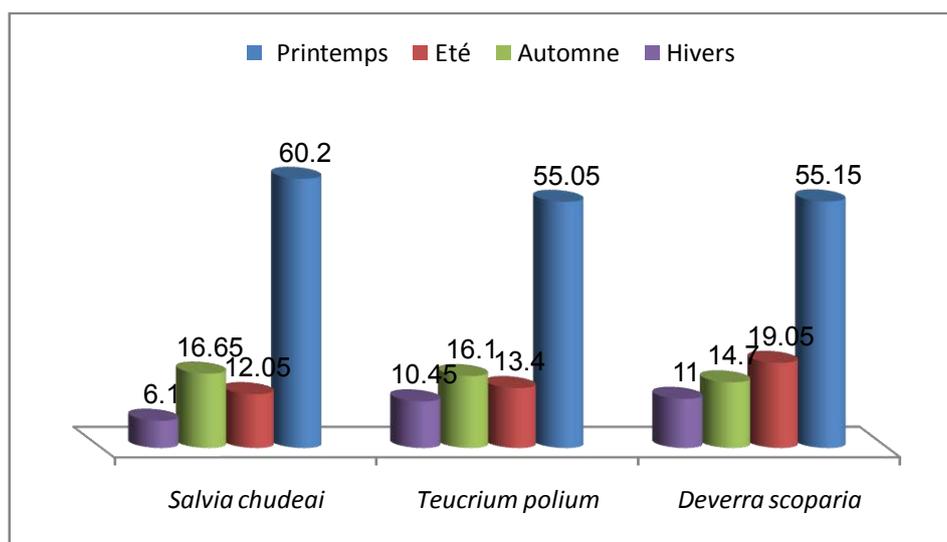


Figure 20 : Fréquences des différentes périodes de cueillette des plantes.

Les périodes de cueillette des trois plantes sont par ordre : le printemps, l'automne, l'été et enfin l'hiver, sachant que les proportions pour *Salvia chudaei* Batt. & Trab. sont successivement de 60.2%, 16.65%, 12.05% et enfin 6.1% ; pour *Teucrium polium geyrri* Maire de 55.05%, 16.1%, 13.4% et 10.45%. Concernant *Deverra scoparia* Coss. & Dur., les proportions sont de 55.15%, 14.7%, 19.05% et enfin de 11% pour la période d'hiver.

D'après CHEVALLIER, (2001), il vaut mieux récolter les organes au moment de leur pleine maturité car ils contiennent une teneur très élevée en composants actifs, ainsi les feuilles au printemps ou en été, l'écorce généralement prélevée au printemps ou en automne.

D'après les populations questionnées, il y a une variation dans les modes de préparation des parties végétales de l'espèce utilisée pour le traitement. Le mode le plus représenté pour les *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est la

décoction avec les proportions 38% et 40.95% respectivement. Le mode poudre pour la plante *Teucrium polium* geyrri Maire est le plus utilisé avec 41.85% (figure 21).

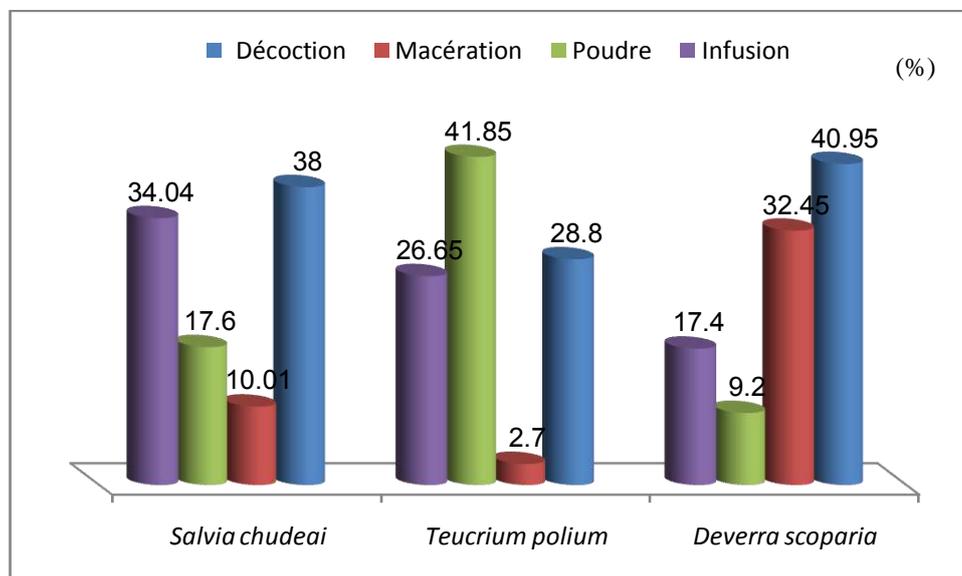


Figure 21 : Fréquence des différents modes de préparation de remèdes par les populations.

La préparation des remèdes est différente selon les principes actifs ciblés, et d'après OULD EL HADJ *et al.*, (2003) l'infusion, la macération et la décoction constituent les principaux modes de préparation des drogues végétales dans la thérapeutique traditionnelle. L'infusion est le mode de préparation qui réserve à la plante ses principes actifs. De même dans les travaux de CHEHMA et DJEBBAR, (2008), la dominance du mode de préparation par infusion est rapportée. BENKHNIGUE *et al.*, (2011), notent que la décoction et le cataplasme sont les deux modes de préparation les plus utilisables avec un taux respectivement de 26.80% et 25.25%.

Les travaux de MEHDIOUI et KAHOUADJI, (2007) au Maroc, rapportent que la décoction constitue le mode de préparation le plus fréquent 47% suivi par la préparation en poudre 25%. Les autres modes (cataplasme, macération, nature, fumigation, goutte, infusion et autres) représentent 28%.

Dans le cadre de la valorisation des plantes spontanées dont l'objectif essentiel en phytothérapie est la connaissance de maladies traitées par les plantes ciblées, il faut déterminer leur utilisation selon les diverses maladies traitée chez l'homme.

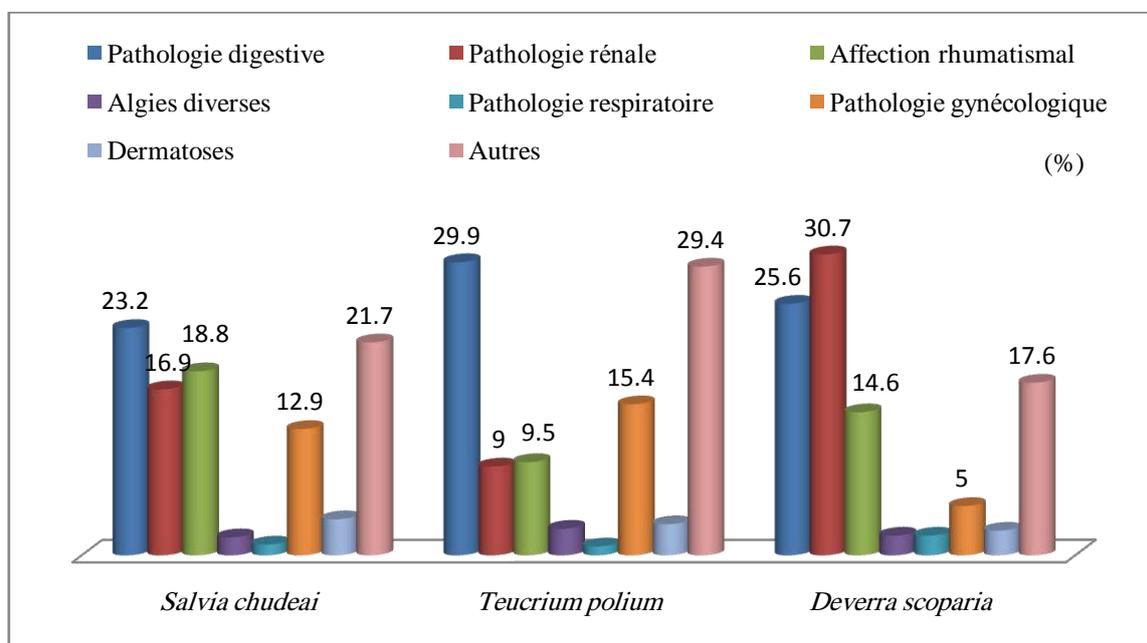


Figure 22 : Répartition des différentes maladies traitées par les remèdes préparés à base des trois plantes

Les résultats obtenus montrent que les symptômes les plus traités sont les pathologies digestives, rénales et les affections rhumatismales ainsi que d'autres maladies comme le stress, l'insomnie, le paludisme, la fièvre, l'anémie, l'hypoglycémie et les pathologies respiratoires. Les maladies les plus représentées dans le cas des espèces *Salvia chudeai* Batt. & Trab. et *Teucrium polium geyrri* Maire, sont les maladies digestives avec des taux de 23.2% et 29.9% respectivement. Concernant l'autre espèce *Deverra scoparia* Coss. & Dur., nous constatons l'ordre décroissant : les maladies rénales (30.7%), digestives (25.6%) et les affections rhumatismales (14.6%).

La prédominance du traitement des symptômes d'indigestion est confirmée par plusieurs auteurs dans le nord africain. En effet, les travaux de MEHDIOUI et KAHOUADJI, (2007) au Maroc, de CHEHMA et DJEBBAR, (2008) et MIARA *et al.*, (2013) en Algérie, ont montré que les symptômes les plus largement traités sont les indigestions et les lésions cutanées représentant respectivement 26% et 24%.

Dans l'étude de OULD ELHADJ *et al.*, (2003), les pathologies digestives dominent avec un taux de 26.4%. HAMMOUCHE et GHEYOUCHE, (1988), rapportent que les problèmes digestifs, les dermatoses et les piqûres de scorpion sont les symptômes les plus traités. Les travaux de SAHKI et SAHKI (2004), révèlent que les tiges sèches entrent dans la préparation de poudres contre les morsures de serpent. Prise en infusion elle facilite la digestion.

Chaque remède est préconisé pour une durée d'utilisation bien définie. L'augmentation ou la diminution de cette durée peut diminuer ou éliminer complètement l'efficacité du remède. Cela pourrait également conduire à des effets secondaires (%) des dangers liés à l'utilisation prolongée des remèdes. En effet, dans la médecine traditionnelle ce paramètre pose un grand problème selon BOUROBOU (2004). La figure 23 illustre les proportions de différentes durées d'utilisation des remèdes.

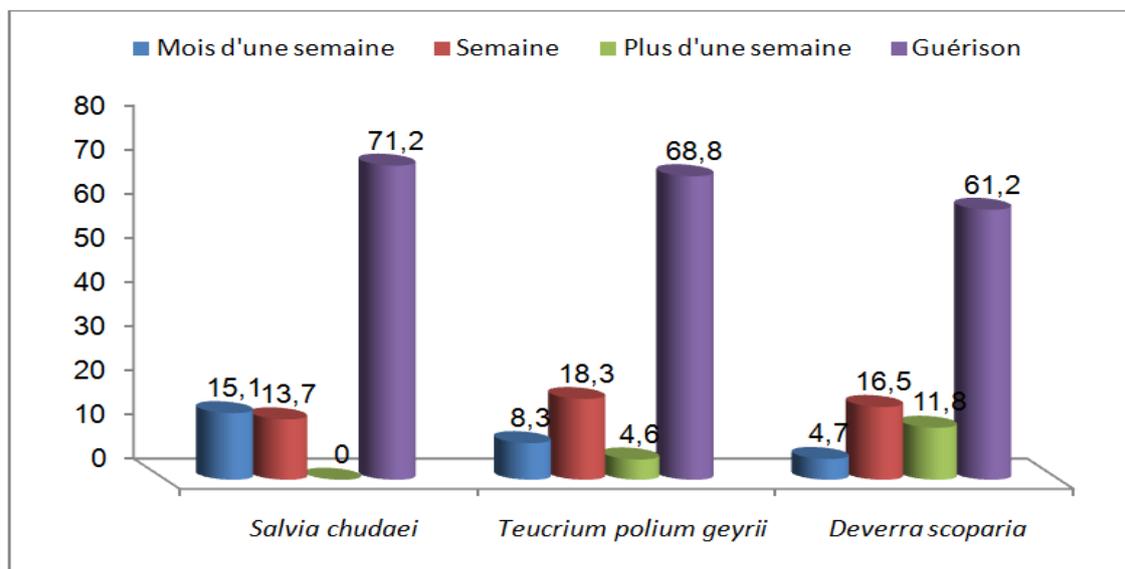
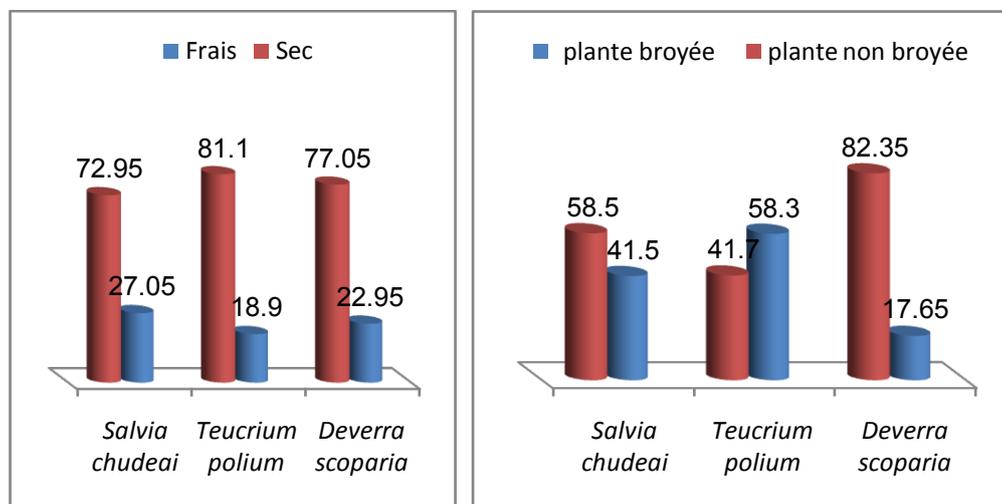


Figure 23 : Répartition des proportions de différentes périodes d'utilisation de remèdes à base des trois plantes

La différence entre les périodes d'utilisation de remède est très remarquable dont l'utilisation jusqu'à la guérison pour toutes les plantes, représente une proportion de 71.2%, 68.8% et 61.2% pour les *Salvia chudaei* Batt. & Trab., *Teucrium polium geyrii* Maire et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. respectivement.

Dans la phytothérapie, il faut prendre en considération l'état de l'utilisation des plantes, fraîches ou sèches, broyées ou non. Les données sont illustrées dans la figure 24



A. Répartition des proportions de l'état d'utilisation des plantes pour la préparation de remède

B. Répartition des proportions de la possibilité de broyage de la plante pour la préparation de remède

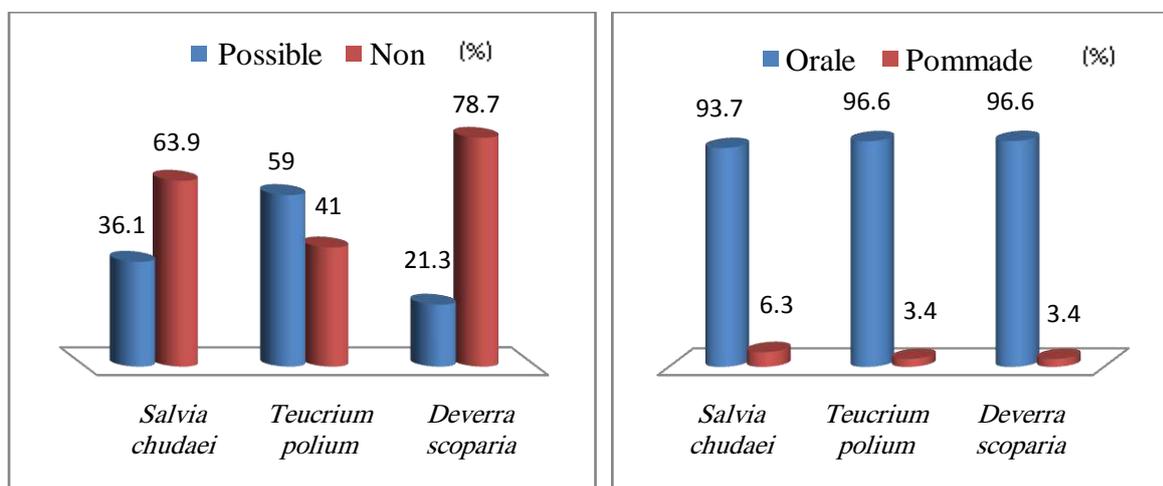
Figure 24 : Répartition de l'état d'utilisation et la possibilité de broyage de plante pour la préparation de remède

L'état sec est plus utilisé pour les espèces *Teucrium polium geyrri* Maire, *Deverra scoparia* Coss. & Dur. et *Salvia chudaei* Batt. & Trab. Par ailleurs, la possibilité de broyage est enregistrée pour l'espèce *Teucrium polium geyrri* Maire (58.3%) contre une utilisation des plantes non broyées pour les espèces *Salvia chudaei* Batt. & Trab. (58.5%) et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (82.35%). Ces résultats semblent être expliqués par la disponibilité et l'aspect morphologique des plantes qui facilite l'utilisation de drogue végétale broyée ou non.

BELOUAD, (1998), recommande l'utilisation des plantes après séchage. Pour conserver les plantes, il faut les débarrasser des parties mortes puis les faire sécher dans un lieu aéré.

L'utilisation des espèces pour les différents traitements n'est pas toujours singulière, mais on accoure souvent à un mélange entre plusieurs espèces pour un traitement donné,

comme on peut avoir les cas où une seule espèce peut être utilisée pour le traitement de plus d'un symptôme. Ce mélange d'espèces est dicté par souci soit d'augmenter l'efficacité d'un traitement ou d'en diminuer les effets indésirables.



A. Répartition de possibilité de mixture des plantes avec d'autres ou avec des substances supplémentaires

B. Répartition des proportions des différentes voies d'administration des remèdes

Figure 25 : Répartition de possibilité de mixture des plantes avec d'autres ou avec des substances supplémentaires et les différentes voies d'administration

Au cours du présent travail, nous avons constaté que la majorité des personnes questionnées n'approuvent pas l'addition de plantes ou des substances supplémentaires dans la préparation des remèdes, comme le cas de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. (63.9%) et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (78.7%). Par contre 59% des personnes questionnées ont admis la possibilité d'addition des plantes comme le Chih, le thé, ou des substances comme le miel, le lait, l'huile d'olive et le sucre dans le cas de *Teucrium polium geyrri* Maire. BENKHNIGUE *et al.*, (2011), ont noté également la possibilité de mélanger des plantes avec d'autres additifs ou avec des substances citées.

La dominance de l'administration par voie orale pour les 3 plantes étudiées est citée par les travaux de OULD EL HADJ *et al.*, (2003); Ils signalent que l'administration orale, regroupant la majorité des modes de préparation (infusion, macération, décoction, tisane,

poudre interne), est la plus préconisée. Pour MIARA *et al.* (2013), le même mode d'administration reste la forme d'utilisation la plus fréquente.

La majorité des personnes questionnées (95%) ont noté que l'utilisation de ces plantes ne présente pas de danger; à l'exception d'une minorité qui ont rapporté d'éventuels risques. L'interdiction de leur utilisation pour la femme enceinte et certains effets secondaires comme l'hypoglycémie, l'allergie, la fièvre, les troubles de sommeil et les œdèmes ont été mentionnés. Le tableau IX illustre les dangers probables et les effets secondaires liés à l'utilisation des trois plantes.

Tableau IX - La liste des dangers probables en cas d'utilisation thérapeutique des trois plantes médicinales

La liste des dangers cités			
Plante	<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	<i>Teucrium polium geyrri</i> Maire	<i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.
Interdiction	-	-	Femme enceinte
Excès	<ul style="list-style-type: none"> - Maux de tête - Allergie 	<ul style="list-style-type: none"> - œdèmes - Hypotension - Fièvre - Brulures gastriques - Troubles de sommeils - Aggravement de symptômes de certaines maladies 	<ul style="list-style-type: none"> - Hypotension, Hypoglycémie - Cécité - Fièvre - Allergie

ADJANOHOUN (1989) a fait remarquer que l'utilisation des extraits des plantes médicinales à l'état brut sous formes de décoctions, d'infusions, de pilules et de collyres est un savoir maîtrisé spécialement par les vrais tradipraticiens. A cela, il faut ajouter le dosage de la drogue, le contrôle de ses effets secondaires et la toxicité de ses espèces (BOUROBOU, 2004).

Les enquêtes ethnobotaniques montrent que l'approche relative à l'usage des plantes dans un écosystème donné reste la même à l'intérieur d'une population appartenant à des groupes ethniques différents (BOUROBOU, 2004).

Les résultats donneront un aperçu général sur le pouvoir curatif de ces plantes sur la base des informations recueillies auprès des guérisseurs dans ces localités. Ces résultats permettront donc d'orienter les recherches sur les principes actifs de ces plantes et de vérifier *in vitro* leurs activités biologiques.

Par ailleurs l'étude monographique a été réalisée afin d'identifier les trois espèces étudiées et leur répartition.

III.2. Etude monographique

L'étude monographique et la récolte des plantes se sont faites dans la région de Tamanrasset sur différents biotopes des plantes. Les lieux de récoltes des espèces sont déterminés par GPS. Les résultats de cette étude sont résumés ci-dessous :

- ***Deverra scoparia* Coss. & Dur.**

Famille : Apiaceae

Nom latin : *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Nom vernaculaire Français : Fenouil sauvage

Nom Tamahaq : Tattayet

Etude botanique

Description générale

- Plante herbacée en touffes importantes dispersées, suit l'écoulement d'oued caillouteux.
- Toute la plante dégage un arôme agréable.
- Espèce endémique au Nord-Africain, se rencontre dans les lits pierreux des oueds et sur les pentes et ravins rocaillieux des montagnes.

Partie aérienne

- Hauteur : entre 70 – 110 cm,
- Feuilles : réduites à des écailles,
- Tiges : brunes jaunâtres droites ramifiées à la base
- Fleurs : blanches jaunâtres, l'inflorescence groupée en ombelle.

Partie sous-terrainne

- Profondeur : presque 20 cm,
- Racines : pivotantes, marrons non ramifiées.

Récolte

- Date : 25/10/2010,
- Lieu : Oued TASSENA (10 km de Tamanrasset ville),
- Coordonnées géographiques : Nord 22° 47' 672", Est 005° 35' 429",
- Altitude : 1436 m.

- ***Teucrium polium geyrri* Maire**

Famille : Lamiaceae

Nom latin : *Teucrium polium geyrri* Maire

Nom vernaculaire Français : germandrée tomenteuse

Nom Tamahaq : Takmazzut

Etude botanique

Description générale

- Sous-arbrisseau persistant,
- Rencontré en touffes.

Partie aérienne

- Hauteur : ne dépassant pas 20 cm,
- Feuilles : allongées, petites, dentelées sur les bords qui sont un peu enroulés sur eux-mêmes,
- Tige : droites, peu ramifiées.
- Fleurs : laineuses, jaunes pâles, en grappes denses à l'extrémité des tiges,
- Espèce méditerranéenne, prospère en Ahaggar, dans le lit pierreux des oueds dans les rochers, en altitude.

Partie sous terrainne

- Profondeurs : presque 20 cm,
- Racine : pivotantes, marrons non ramifiées.

Récolte

- Date : 01/11/2010,
- Lieu : Oued INMGHRA (225 km de Tamanrasset ville),
- Coordonnées géographiques : Nord : 23° 26' 885" Est : 005° 47' 167",
- Altitude : 1850 m.

- ***Salvia chudaei* Batt. & Trab.**

Famille : Lamiaceae

Nom latin : *Salvia chudaei* Batt. & Trab.

Nom vernaculaire Français : sauge sauvage

Nom Tamahaq : Awhihat

Etude botanique

Description générale

- La plante entière dégage une odeur puissante et agréable, un peu camphrée,
- Se trouvant dans les oueds rocaillieux ou dans les sables grossiers,
- Rencontré par petite colonies en altitude,
- Espèce endémique du Sahara central.

Partie aérienne

- Hauteur : environ 30 à 40 cm
- Feuilles : étroites, allongées, crispées sur la marge
- Tige : très feuillues,
- Fleurs : les inflorescences en épis portant de longs poils laineux masquent les petites fleurs bleu pâles.

Partie sous-terrainne

- Profondeurs : 20-25 cm.
- Racines : pivotantes, avec des ramifications secondaires, de couleur marron jaunâtre.

Récolte

- Date : 03/11/2010,
- Lieu : Oued TICHNSAWAK commune d'Idèles (220 Km de Tamanrasset ville),
- Coordonnées géographiques : Nord : N 23° 81' 756" Est : E005° 93' 888",
- Altitude : 1399 m.

III.2.1. Caractérisation chimique

III.2.1.1. Analyse qualitative

Une investigation chimique préliminaire a été entreprise et a permis de mettre en évidence certains métabolites secondaires.

Le Tableau X regroupe les résultats des tests chimiques réalisés sur les trois plantes *Teucrium polium geyrri* Maire, *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Tableau X : Résultats des tests chimiques de *Teucrium polium geyrri* Maire, *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Test chimique	<i>T. polium geyrri</i>	<i>S. chudaei</i>	<i>D. scoparia</i>
Saponosides	+	+	+
Flavonoïdes	+	+	+
Tanins	+	+	+
Alcaloïdes	+	+	+
Les huiles essentielles	+	+	+
Cardénolides	+	+	+
Stéroïdes	+	+	+
Stérols	+	+	+
Polyphénols	+	+	+

Au vu de ces résultats, nous déduisons que les plantes *Teucrium polium geyrri*, *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. de la région de Tamanrasset, comme d'autres espèces des familles Lamiaceae et Apiaceae, sont riches en divers métabolites

secondaires. Ceci explique l'intérêt et l'attention particulière portée par les chercheurs à travers les études scientifiques sur ces plantes (NAGHIBI *et al.*, 2005).

III.2.1.2. Analyse quantitative

Les résultats des dosages des protéines, des lipides, des fibres brutes, les substances minérales et la teneur en cendres, effectués sur les poudres végétales, issues des parties aériennes des trois plantes, sont représentés sur le tableau XI.

Tableau XI- Composition chimique et biochimique des plantes médicinales échantillonnées

Composition		Espèce végétale étudiée		
		<i>T. polium geyrii</i>	<i>S. chudaei</i>	<i>D. scoparia</i> Coss. & Dur.
Cendres (%)		14.32 ± 0.6	6.41 ± 0.23	6.29 ± 0.59
Éléments minéraux (ppm)	Ca	10.23 ± 0.65	63.34 ± 3.87	201.57 ± 8.65
	Na	82.05 ± 4.86	53.34 ± 3.70	112.17 ± 8.01
	K	128.21 ± 1.46	87.97 ± 5.16	262.59 ± 8.58
Protéines (%)		4.55 ± 0.10	6.61 ± 0.76	6.03 ± 0.76
Osés totaux (%)		54.87 ± 0.22	34.38 ± 1.15	20.94 ± 1.08
Lipides (%)		1.06 ± 0.25	2.42 ± 0.04	0.18 ± 0.02
Fibres (%)		28.63 ± 0.78	25.22 ± 2.01	31.67 ± 0.15

Les résultats des analyses chimiques des plantes étudiées montrent que les teneurs en cendres sont 14.32 ± 0.6% de la matière sèche de *T. polium geyrii*, 6.41 ± 0.23% de pour *S. chudaei* et 6.29 ± 0.59% pour *D. scoparia* Coss. & Dur. Les plantes se caractérisent également par une richesse minérale exprimée en ppm par rapport à la matière sèche (MS) pour les trois éléments dosés. Les valeurs sont comprises entre 10.32 et 262.59. D'autre part, l'espèce *Salvia* présente, particulièrement, une teneur élevée en potassium (87.97 ± 5.16 ppm MS), suivi du sodium (82.05 ± 4.86 ppm MS) et le calcium (10.23 ± 0.65 ppm MS). Le taux de potassium dans la plante *Teucrium* est estimé à 128.21 ± 1.46 suivi par le Calcium avec 63.34 ± 3.87 et 53.34 ± 3.70 ppm de sodium. Par contre la plante *D. scoparia* Coss. & Dur. est caractérisée par des taux de 262.59 ± 8.58, 201.57 ± 8.65 et 112.17 ± 8.01 pour le potassium, le calcium et le sodium respectivement. HUSSAIN *et al.*, (2013) ont trouvé un

taux de cendres dans *T. polium* estimé à 15.60 ± 0.42 et des teneurs de 55,7 en calcium et 17.10 en potassium. FARAHAT et LINDERHOLM, (2013) ont signalé que *Deverra tortuosa* est caractérisée par 2.5 g.kg^{-1} MS de potassium, 1 g.kg^{-1} MS de sodium et 22 g.kg^{-1} MS de calcium. Dans le cas de *Leonotis leonorus* (Lamiaceae), l'analyse a montré que le pourcentage en cendres est estimé à 12.0% (JIMOH *et al.*, 2010). Dans une autre étude, le taux de cendres des graines du cumin *Cuminum cyminum* L. (Apiaceae) était de 3.98% par SHAHNAZ *et al.* (2004). Ce dernier représente presque la moitié par rapport à celui trouvé par SOWBHAGYA *et al.*, (2007) 6%. Les pourcentages de calcium, potassium et sodium étaient de 1,22 et 0.22% respectivement. Les graines de *Trachyspermum ammi* L. Sprague ex. Turill. (Apiaceae) contiennent 7. 1% de matière minérale, dont 1. 42% de calcium et 0.30% de phosphore d'après PARTHASARATHY *et al.* (2008). Les variations rencontrées dans la teneur en éléments minéraux et le taux de cendres de nos échantillons comparés à certains travaux antérieurs, peuvent être dues à certains facteurs écologiques, l'âge de la plante, la période du cycle végétatif, ou même à des facteurs génétiques.

Pour les protéines, *S. chudaei* s'est révélée la plus riche avec $6.61 \pm 0.76\%$ par rapport à la matière sèche, alors que pour les plantes *T. polium* et *D. scoparia* Coss. & Dur., les pourcentages étaient de $4.55 \pm 0.10\%$ et $6.03 \pm 0.79\%$ respectivement. La teneur en protéines estimée chez une espèce du même genre en l'occurrence *Salvia sclarea* L. récoltée en cinq années consécutives, de 2006 à 2010, varie entre 21.97 et 22.96% (TULUKCU *et al.*, 2012). HUSSAIN *et al.*, (2013) ont signalé des teneurs de protéines de $9.10 \pm 0.16\%$ dans la plante *Teucrium polium* issue de Sultanat Oman. Tandis que, JUAN *et al.* (2004) ont rapporté des taux variables dans les teneurs en protéines de 21 espèces du genre *Teucrium*, allant de 6.4% pour *T. dunense* à 43.8% pour *T. algarbiense*. La teneur en protéines observée dans le cas des herbes (herbes annuelles ou vivaces) était plus élevée que pour les arbustes. A titre d'exemple, pour les herbes telles que *T. aristatum* et *T. campanulatum*, les teneurs étaient de 25.7 et 30.9%, respectivement, alors qu'elles étaient dans le cas des arbustes comme *T. fruticans* de 17.8% et de 14% pour *T. pseudo-chamaepitys*. Les graines de *Trachyspermum ammi* L. Sprague ex. Turill. (Apiaceae) ont montré un taux de 15.4% de protéines dans l'étude de PARTHASARATHY *et al.* (2008). *Deverra tortuosa* renferme 422 mg.g^{-1} MS des protéines selon FARAHAT et LINDERHOLM, (2013).

Au vu des résultats de la présente étude, *Teucrium polium* est la plus riche en oses totaux avec $54.87 \pm 0.22\%$ par rapport à la matière sèche, alors que la partie aérienne de *Salvia chudaei* et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. apparaissent avec des pourcentages de 34.38 ± 1.15 et $20.94 \pm 1.08\%$, respectivement. Les travaux menés par SEGURA-CAMPOS *et al.* (2013) sur *Salvia hispanica* L. ont révélé qu'elle renferme 3.39% de glucides. Les feuilles de *Leonotis leonorus* (Lamiaceae) renferment à leur tour 51% en glucides d'après JIMOH *et al.*, (2010). Selon FARAHAT et LINDERHOLM, (2013) la quantité des glucides de *Deverra tortuosa* est estimée à 51.6 mg.g^{-1} MS. Les graines de *Trachyspermum ammi* L. Sprague ex. Turill. et *Foeniculum vulgare* Mill (Apiaceae) contiennent 38.6% et 36.6% de glucides respectivement (PARTHASARATHY *et al.*, 2008).

Les faibles teneurs en lipides obtenues pour les 3 espèces étudiées (entre 0.18 - 2.42% MS) sont compatibles avec les teneurs trouvées dans la littérature. Celles-ci varient en général, de 1 à 3% dans les légumes (FAVIER *et al.*, 1996). Une valeur de $4.90 \pm 0.01\%$ de matière grasse est enregistrée chez *Teucrium polium* (HUSSAIN *et al.*, 2013) devant 6.0% chez *Leonotis leonorus* (Lamiaceae) selon JIMOH *et al.*, (2010). Un taux de 18.1% de matière grasse est observé chez les graines de *Trachyspermum ammi* L. Sprague ex. Turill. (Apiaceae), alors que ce taux était de 22% et 14.9% chez les graines de *Cuminum cyminum* et *Foeniculum vulgare* Mill respectivement (Apiaceae) (PARTHASARATHY *et al.*, 2008).

Les fibres représentent des pourcentages de $28.63 \pm 0.78\%$, $25.22 \pm 2.01\%$ et $31.67 \pm 0.15\%$ de la matière sèche chez *Teucrium polium*, *Salvia chudaei* et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. respectivement. Selon l'étude réalisée sur *Teucrium polium* par HUSSAIN *et al.* (2013), cette espèce renferme $20.20 \pm 0.09\%$ de fibres. Pour *Salvia hispanica* L., 22% de fibres ont été trouvés (SEGURA-CAMPOS *et al.*, 2013). JIMOH *et al.*, (2010) ont signalé des taux de l'ordre de 12.02% de fibres brutes dans les feuilles de *Leonotis leonorus* (Lamiaceae). Un taux de 11.9% de cellulose brute a été observé chez les graines de *Trachyspermum ammi* L. Sprague ex. Turill. (Apiaceae), 11% chez les graines de *Cuminum cyminum* (Apiaceae) et 15.7% de fibres chez *Foeniculum vulgare* Mill (PARTHASARATHY *et al.*, 2008).

III.3. Huiles essentielles des plantes**III.3.1 Extraction des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation sur un appareil de Clevenger. A la fin de chaque expérience, l'échantillon d'huile essentielle est récupéré, séché sur du sulfate de sodium anhydre, puis conservé au réfrigérateur.

L'huile essentielle obtenue avec un rendement de 0.1% à partir de la partie aérienne de *Teucrium polium geyrii* possède une couleur jaune clair et une odeur agréable.

L'huile essentielle de la plante *Salvia chudaei* Batt. & Trab. caractérisée par un rendement de 0.4 à 0.6%, possède une couleur jaune foncée et son odeur est agréable.

L'huile essentielle des parties aériennes de la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est obtenue avec un rendement d'environ 0.55%. On a remarqué que quelques gouttelettes flottaient sur la phase aqueuse, au même temps qu'une mince phase huileuse en bas de la phase aqueuse. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette huile contient certains composés plus denses que l'eau et d'autres moins denses. Cette huile possède une couleur jaune claire et une odeur forte et agréable.

Nous avons pu observer des rendements d'extraction variant considérablement entre les différents essais. Ces variations sont le résultat de différents facteurs notamment les facteurs climatiques (chaleur, froid, stress hydrique...). Plusieurs chercheurs ont montré que le rendement d'extraction des huiles essentielles varie en fonction de l'origine de la plante.

On peut citer l'exemple de la variation en rendement obtenu dans le cas de la sauge officinale (*Salvia officinalis*) en fonction de l'origine de la plante : France (2.05%), Hongrie (2.50%), Portugal (2.90%), Roumanie (2.30%) (CHALCHAT *et al.*, 1998), Tunisie : Djebel ouest (2.55%) et Marsa (1.80%) (FELLAH *et al.*, 2006), Algérie (0,08%) (DJEDDI *et al.*, 2012). Le rendement en huiles essentielles des espèces *Salvia pratensis* et *Salvia berolonii* de la Serbie sont 0.073% et 0.0016% respectivement (ANACKOV *et al.*, 2009). Une étude réalisée par AKIN *et al.*, (2010) en Turquie montre un rendement de 0,5% pour l'espèce *S. heldreichiana* et 0.4% pour *S. cryptantha*. Le rendement en huile essentielle de *S. aramiensis* était de 2.2% et celui de *S. cyanescens* était de 0.04%. ces deux espèces ont été récoltées également en Turquie (KARAMAN *et al.*, 2007).

Des rendements différents ont été obtenus pour la plante *T. polium*, dans diverses études en fonction de l'origine de l'espèce. Pour celle d'Algérie, des rendements de 0.21% et de 1.7% sont obtenus respectivement par BELMEKKI *et al.* (2013) et KABOUCHE *et al.* (2007). ABURJAI *et al.* (2006) a noté une valeur de 0.8% pour celle récoltée en Jordanie. Alors que MOGHTADER, (2009) a rapporté un rendement 0.7% pour celle d'Iran. L'extraction par hydrodistillation des feuilles de *Teucrium yemense* de la région du Yémen, a donné une huile brune foncée avec une odeur agréable, son rendement était de 0.45% (AWADH ALI *et al.*, 2008). Cette valeur est supérieure à celle obtenue à partir des parties aériennes fleuries récoltées au Portugal de *T. lusitanicum* (0,1%) et *T. algarbiensis* (0,3%) (CAVALEIRO *et al.*, 2004).

Les extractions d'huiles essentielles des parties aériennes de *Pituranthos tortuosus* Benth (Egypte), ont été faites par hydrodistillation (HD), hydrodistillation simultanée-solvant (n-pentane) (DE) et une extraction par solvant volatil classique (SE). Les rendements obtenus par les 3 méthodes précédentes sont respectivement de 0.8%, 0.6% et 1.5% (ABDALLAH et EZZAT, 2011). LOGRADA *et al.*, (2013) ont observé des rendements différents, des huiles essentielles de *Pituranthos scoparius* d'Algérie, issues des régions de Boussaada (0.85%), T'Kout (0.47%), Mechouneche (1.04%) et Elkantra (2.29%).

Une étude réalisée dans la région sud de la Tunisie a montré que le rendement en huile essentielle varie selon l'origine de la plante. Les valeurs obtenues en fonction de la région de récolte : (Gabès, Médenine et Benguerdane 0.36%, 0.60% et 0.30%, respectivement). Le 2^{ème} paramètre considéré était le mois de la récolte, les valeurs observées sont de 0.32%, 0.42% et 0.15% respectivement pour les mois d'Août, Novembre et Avril) (NEFFATI et al 2009). Le rendement d'huile essentielle de *Pituranthos tortueux* de l'Egypte a été estimé à 0.56% par ALGABY et ALLAM, (2000).

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

III.3.2. Analyse physico –chimique des huiles essentielles

Les propriétés physico-chimiques telles que le pouvoir rotatoire, l'indice de réfraction, l'indice d'acide etc., constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'huile essentielle. Ces essais sont réalisés selon un protocole précis et obéissent à des normes édictées par l'Organisation Internationale de Normalisation (I.S.O). Ces analyses sont reportées dans le tableau XII.

Tableau XII- Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles des plantes investiguées

	<i>S. chudaei</i> Batt. & Trab.	<i>D. scoparia</i> Coss. & Dur.	<i>T. polium geyrii</i> Maire
Densité	0.939 à 25°C	0.967 à 26.3°C	0.824 à 25°C
I_R (20 °C)	1.4810	1.5170	1.3952
[α]_D²⁵ (pouvoir rotatoire)	+119	+128	+91
Indice d'acide	2.80	2.51	2.24
Indice de peroxyde	16800	24000	3200

Le tableau XII montre que les propriétés physico-chimiques des huiles essentielles des plantes investiguées sont différentes.

Les faibles indices de réfraction des huiles essentielles (1.3952 à 1.5170) indiquent leur réfraction de la lumière, ce qui pourrait favoriser leur utilisation dans les produits cosmétiques (BOUKHATEM *et al.*, 2010 ; KANKO *et al.*, 2004).

Les indices de réfractons de *Salvia chudaei* (1.4810) et *Teucrium polium* (1.3952) sont supérieurs à celui de l'eau à 20 °C (1.3356) et celui de l'huile d'olive à 20 °C (1.4684). Ceci montre leur richesse en composants qui dévient la lumière polarisée (HILAN *et al.*, 2006). Ils sont proches de ceux de *Salvia officinalis* de la Tunisie qui se situent entre 1.4415 et 1.46821 (FELLAH *et al.*, 2006), *Thymus fontanesii* d'Algérie (1.4999) (HADDOUCHI *et al.*, 2009) et *Rosmarinus officinalis* cueillies dans trois régions différentes de la Tunisie entre 1.469 et 1.474 (AYADI *et al.*, 2011). D'après NGOM *et al.*, (2012) les indices de réfractons des huiles essentielles des feuilles et fleurs de *Ocimum basilicum* sont de 1,401 et 1,3945 respectivement et pour les feuilles et les fleurs d'*Hyptis suaveolens*, les valeurs sont de 1.4034 et 1.4112 respectivement.

L'indice de réfraction de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. indiqué sur le tableau III (1.5170) est proche de ceux des espèces de la famille Apiaceae. *Foeniculum vulgare* Mill de l'Algérie (1.6896) (LAZOUNI *et al.*, 2007).

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

Les valeurs de la densité obtenues pour les huiles des deux espèces de la famille Lamiaceae étudiées *T. polium geyrii* Maire et *S. chudaei* Batt. & Trab. sont de 0.824 à 25 °C et 0.939 à 25 °C, respectivement. Celle des huiles essentielles de *Salvia officinalis* rapportée par FELLAH *et al.*, (2006) était de 0.914 à 0.929 à 20 °C. Concernant *Thymus fontanesii*, HADDOUCHI *et al.*, (2009) ont mentionné une valeur de 0.9219 à 20 °C. et celle des huiles de *Rosmarinus officinalis* était de 0.897-0.918 selon AYADI *et al.*, (2011). L'espèce *Ocimum basilicum* est caractérisée par des densités des huiles de ses feuilles égales à 0.8947, celle des fleurs est de 0.8105. Pour *Hyptis suaveolens*, celle-ci caractérisée par une valeur de 0.7978, pour ses feuilles et 0.8526 pour ses fleurs (NGOM *et al.*, 2012).

Le tableau XII montre que la densité de l'huile *D. scoparia* Coss. & Dur. est la plus élevée parmi les espèces investiguées avec une valeur de 0.967 à 26.3 °C. Celle-ci est supérieure à celle de *Foeniculum vulgare* Mill (0.895) étudiée par LAZOUNI *et al.*, (2007).

Les valeurs du pouvoir rotatoire ($[\alpha]_{\lambda}^{25}$) des trois plantes *S. chudaei* Batt. & Trab., *D. scoparia* Coss. & Dur. et *T. polium geyrii* Maire sont de +119 °, +128 ° et +91 ° respectivement. Ces valeurs montrent leurs richesses en composants qui dévient la lumière polarisée. Ces valeurs sont supérieures aux résultats rapportés dans la littérature concernant *Salvia officinalis* (+ 16.3 à + 28.3 °) (FELLAH *et al.*, 2006), *Thymus fontanesii* (+ 3.43 °) (HADDOUCHI *et al.*, 2009), *Rosmarinus officinalis* (+ 3 à + 11 °) (AYADI *et al.*, 2011) et *Foeniculum vulgare* Mill (+ 78.21 °) (LAZOUNI *et al.*, 2007).

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

L'Indice d'acide de *Salvia officinalis* de Tunisie est de 0.49 à 1.41 (FELLAH *et al.*, 2006), devant un indice d'acide de 2.75 pour la sauge algérienne (DJEDDI, 2012) et 1.458

pour *Thymus fontanesii* (HADDOUCHI *et al.*, 2009). L'indice d'acide des huiles de *Foeniculum vulgare* Mill est 0.90 selon LAZOUNI *et al.*, (2007).

Les indices de peroxydes calculés pour nos 3 plantes, sont de 24000, 16800 et 3200 pour *D. scoparia* Coss. & Dur., *S. chudaei* Batt. & Trab. et *T. polium geyrii* Maire respectivement. HADDOUCHI *et al.*, (2009) ont signalé un indice de peroxyde de 8000 pour les huiles essentielles de *Thymus fontanesii*.

La détermination des propriétés physico-chimiques est une étape nécessaire mais demeure insuffisante pour caractériser les huiles essentielles. Il sera donc nécessaire de déterminer le profil chromatographique de ces huiles notamment par CG et CG/SM.

III.3.3 Analyse des huiles essentielles par CPG/FID et CPG/SM

L'analyse des huiles essentielles des 3 plantes étudiées *Salvia chudaei*, *Deverra scoparia* Coss. & Dur. et *Teucrium polium geyrii* a été conduite dans un premier temps par chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID). Dans un deuxième temps, des injections des huiles essentielles en chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CPG/SM), sont réalisées afin d'identifier les constituants des huiles, aussi bien les composés majoritaires que les minoritaires.

L'identification des différents constituants chimiques des huiles essentielles des trois plantes est réalisée selon l'ordre d'élution, leurs teneurs relatives et grâce à la comparaison de leurs indices de rétention de Kovats avec ceux donnés dans la littérature. Ces indices ont été calculés selon l'équation de Van Den Dool et Kratz et grâce aux temps de rétention d'une série *n*-alcanes avec une interpolation linéaire. Les spectres de masse obtenus sont ensuite comparés avec ceux des produits de référence contenus dans les bibliothèques informatisées commerciales disponibles : (NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, Wiley Registry of Mass Spectral Data et ceux de base de données spectrales Adams (VELASCO-NEGUERUEL et PEREZ-ALONSO, 1990).

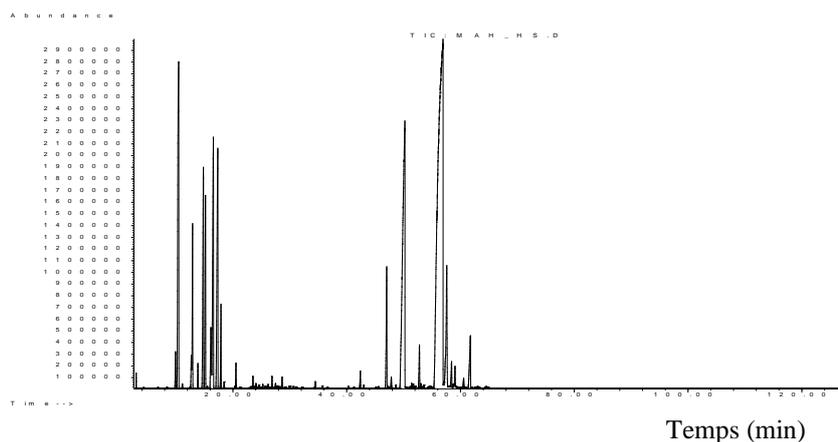


Figure 26 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de *Salvia chudaei* Batt. & Trab.

20 composés, représentant 94,72% de l'huile essentielle de *Salvia chudaei* Batt. & Trab., ont été identifiés. Le dillapiole (43.18%) est le composé majoritaire de cette huile suivi par la myristicine (14.82%) (Figure 29) et l' α -pinène (7.82%). Les sesquiterpènes oxygénés (61.73%) sont les composés principaux de l'huile essentielle analysée, suivie par les monoterpènes hydrocarbonés (30.65%). Les principaux sesquiterpènes oxygénés sont la myristicine, le dillapiole et β -eudesmol, alors que, l' α -pinène, l' α -phellandrène, le limonène et le Cis-ocimène sont les principaux monoterpènes hydrocarbonés identifiés. Le trans-caryophyllène et le germacrène D sont les sesquiterpènes hydrocarbonés les plus abondants dans cette huile essentielle. Ces composés ont été signalés dans les huiles essentielles d'autres espèces du genre *Salvia*, mais avec des pourcentages différents. Ces derniers dépendent de plusieurs facteurs dont la saison, l'origine géographique, les facteurs environnementaux, les méthodes d'extraction, l'organe de la plante, le stade phénologique, les techniques d'échantillonnage et les différences génétiques (PERRY *et al.*, 2003 ; GRAUSGRUBER-GRÖGER *et al.*, 2012 ; ABU DARWISH *et al.*, 2013).

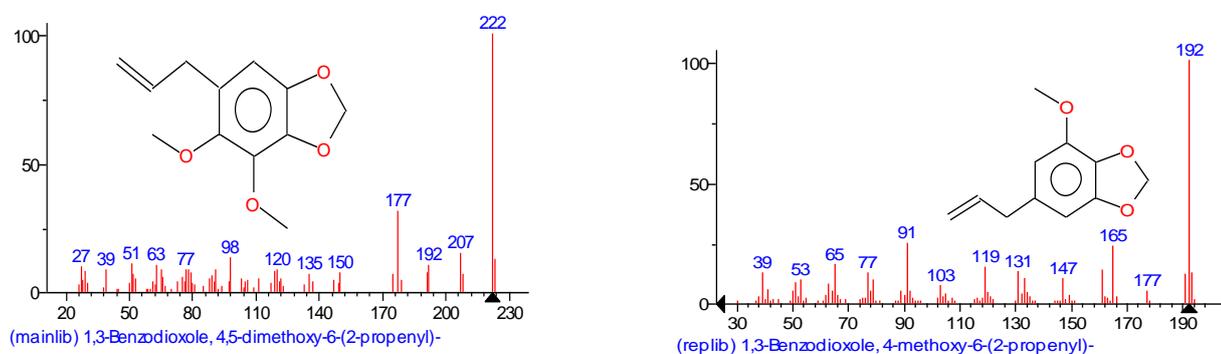


Figure 29 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de *Salvia chudaei*

Tableaux XIII. Composition chimique des huiles essentielles de *Salvia chudaei*.

Composants	IK	(%)
α -thujène	662	0.54
α -pinène	666	7.82
Camphène	672	0.04
Sabinène	686	0.53
β -pinène	688	2.04
β -myrcène	696	0.32
α -phellandrène	1006	4.13
δ -3-Carène	1011	2.74
o-Cymène	1025	1.37
dl-limonène	1030	5.28
Cis-ocimène	1041	5.36
α -terpinolène	1086	0.33
Alloocimène	1127	0.15
terpinène-4-ol	1173	0.15
Trans-caryophyllène	1400	0.24
germacrène-D	1475	1.95
Myristicine	1530	14.82
Dillapiole	1651	43.18
β -eudesmol	1663	3.32
Butylidènephthalide	1679	0.41
Total		94.72

L'étude de la composition chimique de l'huile essentielle de *Salvia sclarea* L. de Bulgarie a montré que les monoterpènes oxygénés étaient le principal groupe représentant (84.57%) de la teneur totale en huile, suivie par les sesquiterpènes (12.34%), les monoterpènes (1.47%) et les sesquiterpènes oxygénés (0.61%). Les principaux composés détectés ont été les suivants : l'acétate de linalyle (56.88%), le linalool (20.75%), le germacrène D (5.08%) et le β -caryophyllène (3.41%) (HRISTOVA *et al.*, 2013).

ANAÇKOV *et al.*, (2009) signalent que les sesquiterpènes hydrocarbonés (53,7%) sont la principale catégorie de composés de l'huile essentielle de *Salvia pratensis* suivie par les composés aliphatiques (15.7%). Par contre, les monoterpènes oxygénés ont été trouvés avec pourcentage de 35.1% dans l'huile essentielle de *Salvia bertolonii*, suivis par les sesquiterpènes hydrocarbonés (21.9%) et les composés aliphatiques (10.8%). Les composés majoritaires identifiés dans cette huile sont le trans-caryophyllène (26.4%), l'Epi-bicyclosesquiphellandrène (5.6%), le Z- β -farnésène (6.0%) et le β -cubébène (5.6%).

Dans *Salvia hydrangea*, le camphre (54.2%), l' α -humulène (4.0%), le Cis-sesquisabinène hydraté (2.8%), le myrténol (2.6%), le β -bisabolol (2.2%) et le 1,8 -cinéole (2.1%) ont été rapportés comme composés majoritaires. Cette huile essentielle a été également caractérisée par une quantité relativement élevée en monoterpènes oxygénés (69.6%) (KOTAN *et al.*, 2008).

L'étude réalisée par AKIN *et al.*, (2010) a montré que le camphre (19.1%), le 1,8-cinéole (16.4%), le bornéol (11.9%), et l'acétate de bornyle (2.4%) sont les principaux constituants de l'huile de *Salvia cryptantha*. Alors que le linalool (9.4%), l' α -pinène (5.6%), le 1,8-cinéole (5.6%), le bornéol (5.6%), la cryptone (5.3%), l'acétate de linalyle (4.9%), l' α -terpinéol (4.4%) sont les principaux constituants de l'huile de *Salvia heldreichiana*.

D'après DJEDDI *et al.*, (2012), L'analyse de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* a montré des résultats différents à ceux de la présente étude. Une prédominance des monoterpènes oxygénés (66.7%) dont les composés majoritaires sont l' α -tujone (24.9%) et β -tujone (15.6%) a été signalée. Ces composés sont suivis par les monoterpènes hydrocarbonés (17.2%) parmi eux le myrcène (5%) et l' α -pinène (3.2%) comme principaux composés. Cependant, ces auteurs n'avaient pas mentionné la présence des sesquiterpènes dans ces huiles.

L'espèce *Salvia libanotica* cueillie sur la côte ou en montagne libanaise a montré la présence de l'eucalyptol comme constituant majeur (62% et 55%) à côté des autres composés

dont le camphre (8% et 10%), le β -pinène (6% et 5.2%), le bornéol (5% et 4.5%), l' α -pinène (3.7% et 4%), le camphène (2.6% et 5%), le myrcène (3% et 3%), la thuyone (2.1% et 3%) et le caryophyllène (2% et 1%) (HILAN *et al.*, 2006).

Le 1,8-cinéole (60%), le β -pinène (9%), le myrcène (3.7%), l' α -pinène (3.4%) et le germacrène-D (2.9%) sont les principaux constituants de l'huile de *Salvia aramiensis*. Par contre, dans *Salvia cyanescens*, le spathulénol (32.5%), le myrténal (7.8%), l' α -pinène et le β -pinène (6.9%) et le *para*-cymène (5.7%) ont été signalés comme les principaux composés (KARAMAN *et al.*, 2007).

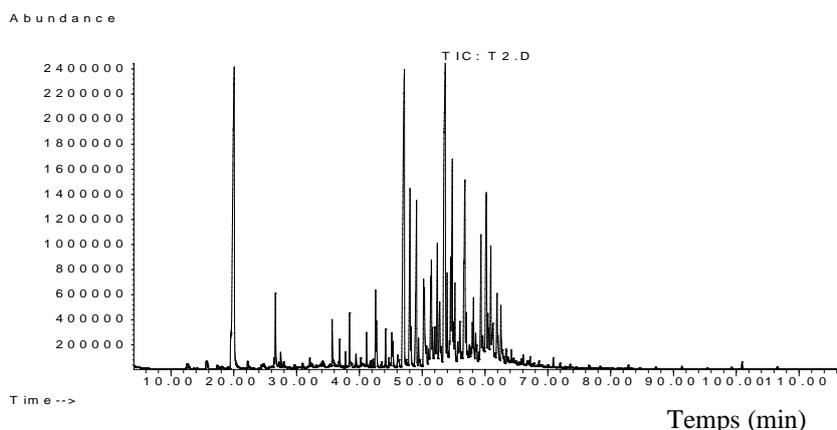


Figure 27 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de *Teucrium polium geyrii*.

Dans la figure 27 et le tableau XIV sont reportés 79 constituants identifiés dans l'huile essentielle des parties aériennes de *T. polium geyrii*. Ces derniers représentent 85.74% de cette huile. Le dl-Limonène (11.18%) est le composé principal, suivi du δ -cadinène (10.02%) et le trans-caryophyllène (9.15%) (Figure 30). D'autres composés étaient présents avec des quantités considérables, comme le τ -cadinol (6.48%), le caryophyllène oxyde (4.75%), le cis- α -bisabolène (3.43%) et l' α -humulène (3.20%). Cette huile est caractérisée par une teneur plus élevée en sesquiterpènes oxygénés (48.07%) suivis par les sesquiterpènes hydrocarbonés (20.41%), les monoterpènes hydrocarbonés (11.99%) et enfin les monoterpènes oxygénés (4.99%).

La littérature a montré une variation entre les compositions chimiques en fonction de l'origine géographique (KOVACEVIC *et al.*, 2001; BOULILA *et al.*, 2008 ; BAKKALI *et al.*, 2008) de l'espèce. Par exemple, le myrcène (15.3%), le germacrène D (9.0%), l' α -pinène (6.6%) et l' α -cadinol (5.1%) ont été les principaux composants de l'huile essentielle du *Teucrium polium* L. tunisien (BOULILA *et al.*, 2008), les principaux composés rapportés

pour *T. polium* de l'Iran ont été l' α -pinène (12.52%), le linalol (10.63%), l'oxyde de caryophyllène (9.69%), le β -pinène (7.09%) et le β -caryophyllène (6,98%) (MOGHTADER, 2009). Les principaux composés de *T. polium* du Nord-Ouest algérien étaient le germacrène D (25.81%), le bicyclogermacrene (13%), le β -pinène (11.69%) et le carvacrol (8.93%) (BELMEKKI *et al.*, 2013). Le composé majeur de l'huile essentielle *T. polium* jordanien étant le 8-cedren-13-ol (24.8%) (ABURJAI *et al.*, 2006). Dans le cas de l'huile essentielle de *T. polium* investiguée par HUSSAIN *et al.*, (2013), les pourcentages des composés majoritaires sont les suivants : le ledeneoxyde (II) (20.47%), l'acétate de linalyle (11.16%), le β -eudesmol (11.59%), et l' α -trans-Bergamatene (6.81%).

La composition des huiles essentielles des Lamiaceae est caractérisée par une grande diversité entre les espèces. Chaque plante possède ses propres empreintes (HILAN *et al.*, 2006).

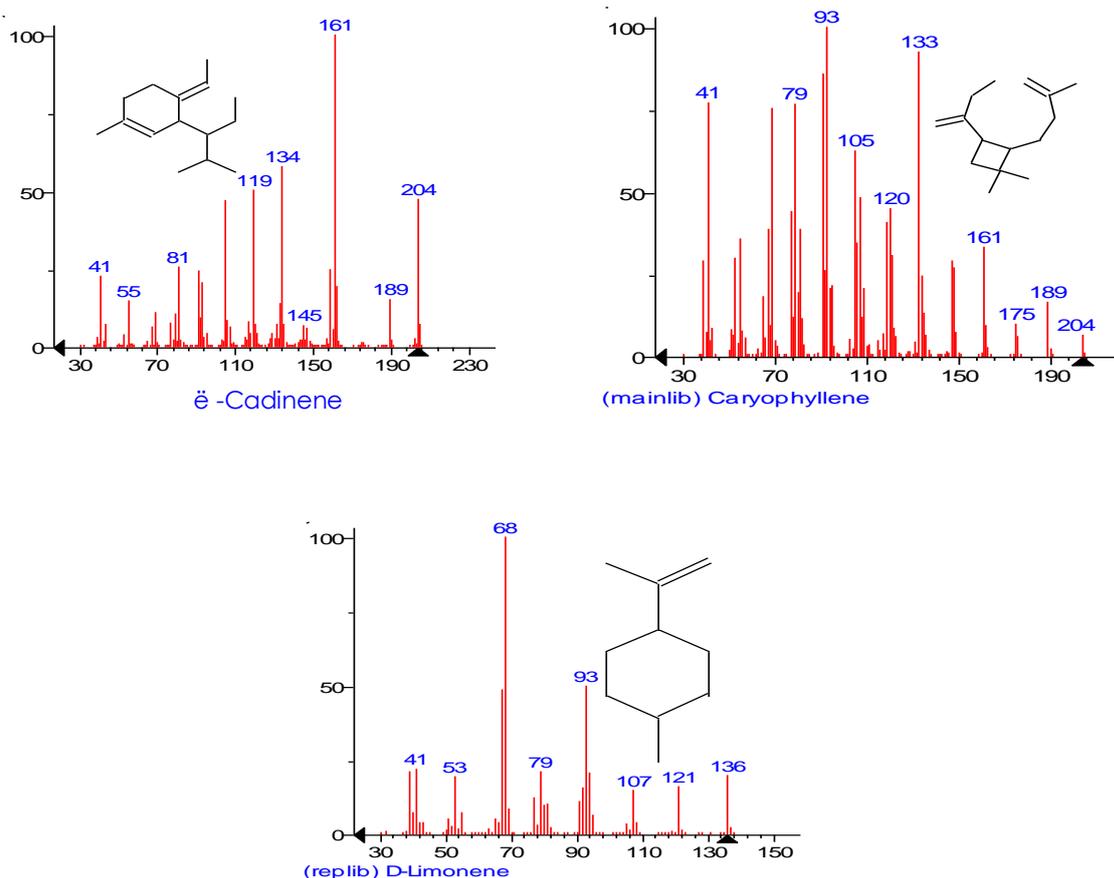


Figure 30 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de *T. polium*

Tableau XIV Composition chimique des huiles essentielles de *Teuicium polium*

COMPOSANTS	(%)	IK	COMPOSANTS	(%)	IK
β -pinène	0.25	953	β -Cadinène	1.51	1434
β -Myrcène	0.11	977	Germacrène D	0.30	1440
α -Phellandrène	0.08	987	β -Cubebène	1.29	1452
dl-Limonène	11.18	1014	Epizonarène	1.22	1454
γ -Terpinène	0.15	1041	Calarène	0.61	1457
α -terpinolène	0.08	1070	α -Muuroolène	0.88	1465
Dehydro-p-cymène	0.14	1073	β -Maaliène	2.11	1472
β -thujone	0.20	1095	γ -Cadinène	1.42	1479
Octen-1-ol, acétate	1.08	1098	Germacrène D-4-ol	0.41	1483
Campholénal	0.10	1105	δ -Cadinène	10.02	1495
4-Terpinéol	0.08	1155	α -Guaiène	0.19	1504
Myrténal	0.21	1171	Eudesma-3,7(11)-diène	0.30	1506
Verbénone	0.03	1185	α -Calacorène	1.45	1509
Cis-carvéol	0.17	1199	Cis- α -Bisabolène	3.43	1512
(+)-Carvone	0.75	1220	Germacrène B	1.28	1519
Linalool acétate	0.05	1235	9-Methoxycalamenène	0.52	1525
Chrysanthenyl acétate	0.35	1237	Caryophyllène alcool	1.08	1530
L-bornyl acétate	0.69	1259	Caryophyllène oxyde	4.75	1542
4-Terpinenyl acétate	0.18	1274	Eremophilène	0.23	1548
Antioxine(Carvacrol)	0.04	1290	Alloaromadendrène	0.61	1552
(-)-Myrtenyl acétate	0.40	1298	Globulol	0.34	1556
α -Cubebène	0.91	1318	τ -cadinol	6.48	1591
α -Terpinéol acétate	0.60	1320	β -Eudesmol	0.56	1597
Ledène	0.03	1328	α -Cadinol	2.02	1602
β -Bourbonène	0.13	1347	Isoaromadendrène	0.35	1605

		epoxide			
β -Damascenone	0.08	1350	Bisabolol oxide A	1.13	1608
β -Cubebène	0.46	1353	Cadalène	1.31	1621
β -Elemène	0.40	1356	Uroazulène	0.68	1623
Isocaryophyllène	0.24	1366	Anymol	1.06	1632
α -Gurjunène	0.15	1369	Valencène	0.27	1640
Trans -caryophyllène	9.15	1381	Longipinocarvone	0.21	1653
γ -Elemène	0.15	1385	Spathulenol	0.30	1663
Germacrène B	3.07	1393	Cubénol	0.18	1718
α -Guaiène	0.53	1396	n-Octadécane	0.13	1745
α -Humulène	3.20	1410	Isopropyl myristate	0.03	1772
Aromadendrène	0.36	1416	Nonadécane	0.04	1844
Trans- β -Farnesène	0.16	1420	Heneicosane	0.03	2253
Cis-Z- α -Bisabolène epoxide	1.02	1431	Dotriacontane	0.02	2462
			Tetratetracontane	0.03	2670
			Total	85.74	

En ce qui concerne l'huile essentielle obtenue à partir des parties aériennes de la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur., 22 produits ont pu être identifiés, ce qui représente 87.07% de l'huile essentielle. Les résultats sont illustrés sur le tableau XV et la figure 28. Les composés majoritaires sont : L- α -bornyl acétate (31.99%), l' α -pinène (12.05%), le (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrène (8.41%) et l'eremophelène (8.15%). Notons que les principaux composés observés dans cette essence sont les monoterpènes oxygénés (32.52%) suivis par les sesquiterpènes hydrocarbonés (29.25%), les monoterpènes hydrocarbonés (18.11%) et enfin les sesquiterpènes oxygénés (7.19%).

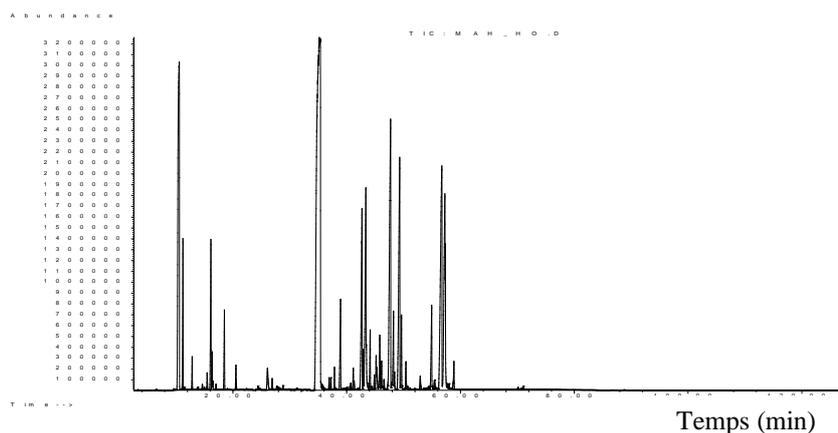


Figure 28 : Chromatogramme de CPG/SM d'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

La composition de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur., est caractérisée par le chémotype de la plante comme dans le cas des autres espèces aromatiques. Elle dépend également de la partie de la plante utilisée, de son stade de croissance ainsi que la nature du sol et des conditions de culture.

A titre d'exemple, l'analyse de l'huile essentielle de *Deverra scoparia* effectuée par ATTIA *et al.*, (2011) a révélée l' α -pinène comme étant le constituant le plus abondant (31,95%), suivi par le sabinène (17,24%) et le δ -3-carène (16,85%).

Les résultats d'analyse des huiles essentielles de *Pituranthos scoparius* issues de différentes régions d'Algérie montrent 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%), de l'acétate de bornyle (tr-9,6%), myristicine (tr-31,1%) et l'anethapiole (0,4 à 47,3%) (GOURINE *et al.*, 2011).

LOGRADA *et al.*, (2013) ont étudié la variation de la composition des huiles essentielles des feuilles de *Pituranthos scoparius* provenant de quatre régions d'Algérie (Boussaada, Elkantra ,T'kout et Mechouneche) où les composés majoritaires étaient : le sabinène (14,8 à 24,8%), l' α -pinène (8,3 à 23,3%), l' α -terpinène (3,7 à 7,7%) et de le β -pinène (2,8 à 5,1%).

Tableau XV : Composition chimique des huiles essentielles de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

COMPOSANTS	IK	%
α -pinène	667	12.055
Camphène	673	1.67
β -pinène	687	0.346
α -terpinène	1015	0.196
o-Cymène	1025	2.1
dl-Limonène	1028	0.364
γ -Terpinène	1058	1.023
α -terpinolène	1086	0.359
Borneol	1162	0.528
L- α -bornyl acétate	1290	31.997
Trans-Caryophyllène	1416	4.347
α -Humulène	1447	0.344
Eremophelène	1486	8.15
1,5-diméthyl-8-(1-méthyléthényl)-1,5 - Cyclodecadiène	1497	0.225
γ -Cadinène	1514	6.293
L-calamenène	1519	1.065
α -Muuroolène	1533	0.408
(-)-Caryophyllène oxyde	1579	0.232
(+)-Epi- bicyclosésquiphellandrène	1648	8.419
β -Eudesmol	1658	5.225
1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro- $\alpha,\alpha,4a,8$ -tétraméthyl-2 Naphthalène méthanol	1659	1.294
α -Bisabolol	1686	0.445
Total		87.08

La figure suivante présente quelques composés majoritaires des huiles essentielles de plante *Deverra scoparia*.

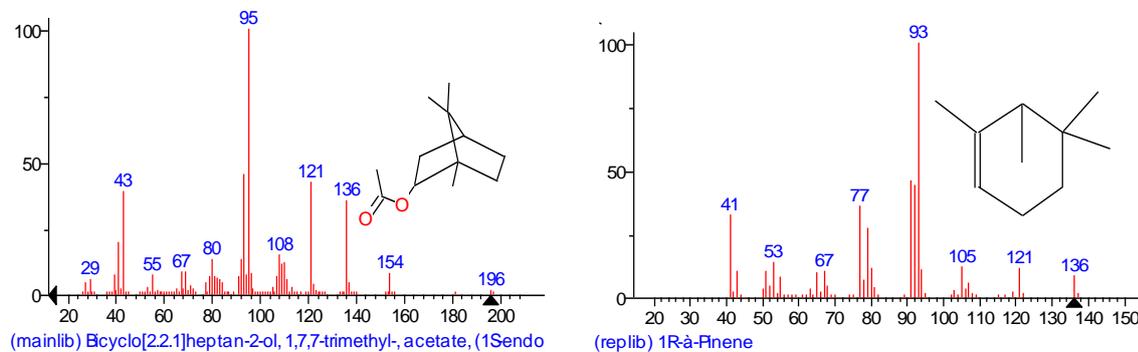


Figure 31 : Spectres de masses de quelques composés majoritaires des huiles essentielles de plantes *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

III.4. Composés phénoliques des plantes

III.4.1. Extraction assistée par Ultrasons (EAU) des composés phénoliques

Les plantes *Salvia chudaei*, *Teucrium polium* et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. ont été soumises à l'extraction des composés phénoliques par macération sous ultrasons.

III.4.1.1. Effet du type de solvant sur la teneur des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques s'est faite par différents solvants : l'acétone (60%), le méthanol (60%) et l'éthanol (60%). Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant:

Tableau XVI : Rendement et couleur des extraits phénoliques des plantes sélectionnées

Plantes	Extrait	Couleur	Rendement%
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	Méthanol	Marron foncé	7.93 ± 0.01
	Acétone	Vert	4.44 ± 0.00
	Éthanol	Jaune marron	14.80 ± 0.00
<i>Teucrium polium</i> geyrii	Méthanol	Jaune marron	4.81 ± 0.96
	Acétone	Jaune	3.11 ± 0.17
	Éthanol	Jaune claire	2.80 ± 1.00
<i>Deverra scoparia</i>	Méthanol	Vert foncé	11.16 ± 1.00
	Acétone	Vert	8.64 ± 1.16
	Éthanol	Vert claire	11.30 ± 0.91

Les résultats d'extraction de la plante *Teucrium polium* ont montré le rendement le plus élevé pour le méthanol (4.81 ± 0.96%), ensuite celui de l'extrait à l'Acétone (3.11 ± 0.17%) et celui à l'éthanol (2.80 ± 1.00%). Pour *Deverra scoparia* Coss. & Dur. le rendement le plus élevé est celui obtenu avec l'éthanol (11.30 ± 0.91%) suivi par celui au méthanol (11.16 ± 1.00%) et celui de l'extrait à l'acétone (8.64 ± 1.16%). Le rendement le plus élevé chez *Salvia chudaei* Batt. & Trab. est celui à l'éthanol (14.80 ± 0.00%) puis le méthanol (7.93 ± 0.01%) et enfin le moins important est celui de l'extrait à l'acétone (4.44 ± 0.00%).

La teneur en composés phénoliques de chaque extrait a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et exprimée en milligrammes d'équivalent d'acide gallique par gramme de la matière sèche.

On remarque d'après les résultats illustrés par le tableau XVII que l'extrait méthanolique présente la valeur la plus élevée de composés phénoliques (16 ± 1.87 mg EAG/g d'extrait) suivis par l'extrait à l'acétone (15.69 ± 0.19 mg EAG/g d'extrait) et celui à l'éthanol (12.61 ± 0.89 mg EAG/g d'extrait). D'après les résultats précédents, nous avons opté pour le méthanol comme solvant d'extraction des composés phénoliques pour la plante *Teucrium polium*.

Tableau XVII : Effet du type de solvant sur le TPC des plantes

Plantes	Type de solvant	TPC (mg EAG/g d'extrait)
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	Méthanol	6.02 ± 0.86
	Acétone	34.84 ± 2.20
	Éthanol	42.73 ± 1.91
<i>Teucrium polium geyrii</i>	Méthanol	16 ± 1.87
	Acétone	15.69 ± 0.19
	Éthanol	12.61 ± 0.89
<i>Deverra scoparia</i>	Méthanol	3.07 ± 0.20
	Acétone	5.33 ± 0.50
	Éthanol	3.21 ± 0.28

La comparaison des résultats obtenus pour les extraits phénoliques de *Deverra scoparia* nous a permis de déduire que l'extrait à l'acétone a le taux le plus élevé de composés phénoliques totaux (5.33 ± 0.5 mg EAG/g d'extrait), suivis par l'extrait éthanolique (3.21 ± 0.28 mgEAG/g d'extrait) et l'extrait méthanolique (3.07 ± 0.20 mg EAG/g d'extrait). L'acétone a été choisie comme solvant adéquat pour l'extraction des composés phénoliques.

L'extrait éthanolique de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. a montré une concentration plus ou moins importante en TPC (42.73 ± 1.91 mg EAG/g d'extrait), suivis par l'extrait à acétone (34.84 ± 2.20 mg EAG/g d'extrait) et enfin l'extrait méthanolique (6.02 ± 0.86 mg EAG/g d'extrait). A l'issu de ces résultats, nous avons constaté que l'éthanol serait le solvant le plus indiqué pour l'extraction des composés phénoliques.

III.4.1.2. Effet de la concentration du solvant sur la teneur des composés phénoliques

L'effet de la concentration en solvant sur le contenu phénolique pour les trois plantes à caractère médicinal étudiées est illustré sur le tableau XVIII.

Tableau XVIII Effet de la concentration en solvant sur le TPC des plantes

Plantes	Concentration de solvant (%)	TPC (mg EAG/g d'extrait)
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	20	18.72 ± 0.69
	40	28.72 ± 0.87
	60	33.20 ± 1.69
	80	45.48 ± 0.89
	100	134.72 ± 0.57
<i>Teucrium polium geyrii</i>	20	8.24 ± 0.49
	40	8.26 ± 0.45
	60	7.47 ± 0.21
	80	9.99 ± 0.72
	100	9.57 ± 0.11
<i>Deverra scoparia</i>	20	0.83 ± 0.01
	40	1.52 ± 0.15
	60	1.80 ± 0.05
	80	5.67 ± 0.28
	100	3.89 ± 0.42

Une augmentation de la concentration des composés phénoliques a été observée en fonction des pourcentages d'éthanol utilisés pour la plante *Salvia chudaei* Batt.& Trab. Elle a atteint la valeur maximum de 134.72 ± 0.57 mg EAG/g d'extrait avec 100% d'éthanol.

Le pourcentage (80%) de méthanol a permis d'obtenir un maximum de taux de composés phénoliques de (9.99 ± 0.72 mg EAG/g d'extrait) à partir de *Teucrium polium*.

Pour la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur., une augmentation de la TPC est montrée en fonction des proportions d'acétone utilisées pour l'extraction. La valeur la plus élevée (5.67 ± 0.28 mg EAG/g d'extrait) est obtenue avec un pourcentage de (80%) et la

valeur la plus faible de TPC (0.83 ± 0.01 mg EAG/ g d'extrait) est celle à l'acétone (20%). Selon YAP et al, (2009), une proportion élevée en eau dans le système de solvant favoriserait l'extraction des composés phénoliques totaux.

Les systèmes acétone à 80%, méthanol à 80% et éthanol à 100% ont été choisis pour la détermination de l'effet du temps et de la température d'extraction sur la TPC pour les plantes *Deverra*, *Teucrium* et *Salvia* respectivement.

III.4.1.3. Effet de la température d'extraction sur la teneur des composés phénoliques

Le choix de la température d'extraction est une étape importante dans une série d'expériences effectuées pour optimiser les conditions d'extraction. Les résultats sont présentés au tableau XIX.

Une variation irrégulière de la TPC chez la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est constatée en fonction de l'élévation de la température d'extraction. La valeur la plus importante de TPC est obtenue à la température ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$), (6.52 ± 0.60 mg EAG/g d'extrait).

Concernant *Salvia chudaei* Batt. & Trab., une diminution de la TPC est relevée. Elle varie de 88.75 ± 1.21 mg EAG/g d'extrait à 64.61 ± 2.64 mg EAG/g d'extrait pour les températures inférieures à $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cependant, une TPC de 78.14 ± 1.62 mg EAG/g d'extrait à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ puis une valeur de 66.06 ± 0.7551 mg EAG/g d'extrait est obtenue à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dans le cas de *Teucrium polium*, une valeur maximale de TPC (17.14 ± 1.12 mg EAG/g d'extrait) est calculée à la température $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, alors qu'une valeur minimale de TPC (4.17 ± 0.34 mg EAG/g d'extrait) est obtenue à la température de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Un maximum de TPC a été déterminé à la température $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6.52 ± 0.60 mg EAG/g d'extrait) contre un minimum (5.83 ± 1.48 mg EAG/g d'extrait) à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

Tableau XIX : Effet de la température d'extraction sur la TPC des plantes

Plantes	Température d'extraction (°C)	TPC (mg EAG/g d'extrait)
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	15	88.75 ± 1.21
	25	72.98 ± 0.70
	30	64.61 ± 2.64
	40	78.14 ± 1.62
	60	66.06 ± 0.75
<i>Teucrium polium</i> <i>geyrii</i>	15	17.14 ± 1.12
	25	4.17 ± 0.34
	30	14.17 ± 0.86
	40	16.75 ± 0.75
	60	16.47 ± 1.33
<i>Deverra</i> <i>scoparia</i>	15	6.52 ± 0.60
	25	6.06 ± 0.44
	30	6.15 ± 0.54
	40	6.24 ± 0.56
	60	5.99 ± 0.51

Le contenu phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs, citons la température et le temps. Notons que l'augmentation de la température favorise l'extraction en améliorant à la fois la solubilité du corps dissous et le coefficient de diffusion. Cependant, une température trop élevée, peut également induire la dégradation de quelques composés phénoliques (YA-QIN *et al.*, 2008).

Dans la présente étude, une diminution des teneurs des extraits a été également constatée par l'EAU à température élevée. YA-QIN *et al.*, (2008) ont signalé qu'après traitement par ultrasons à 40 °C pendant 20 minutes, la dégradation des acides cinnamiques en acides caféiques est la plus significative avec un rendement de 48.90%. Cette dégradation se poursuit pour donner successivement les acides sinapiques, les acides *p*-coumariques et enfin les acides féruliques avec une gamme de rendements allant de 12.89 à 48.23%.

III.4.1.4. Effet de la durée d'extraction sur la teneur des composés phénoliques

Le tableau XX présente la TPC des extraits de la plante *Teucrium polium* pour différentes durées d'extraction. La TPC s'accroît en passant de 40 min (24.38 ± 0.43 mg EAG/g d'extrait) à 30 min (21.99 ± 0.54 mg EAG/g d'extrait), mais une diminution est observée à 15 min (17.31 ± 0.57 mg EAG/g d'extrait).

Les valeurs de TPC des extraits de *Salvia chudaei* augmentent en fonction du temps, ils ont montré une valeur maximale (72.42 ± 0.09 mg EAG/g d'extrait) relevée à 40 min. La diminution observée à 60 min pourrait être due à l'oxydation des composés actifs pendant le temps prolongé de contact selon YAP *et al.*, (2009).

Pour la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur., la valeur de TPC (9.93 ± 0.55 mg EAG/g d'extrait) déterminée à 25 min est plus élevée, que celle (2.78 ± 0.40 mg EAG/g d'extrait) relevée à 40 min.

Tableau XX Effet de la durée d'extraction sur la TPC des plantes étudiées

Plantes	Temps d'extraction (min)	TPC (mg EAG/g d'extrait)
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	15	51.47 ± 0.00
	25	53.03 ± 0.01
	30	54.20 ± 0.09
	40	72.42 ± 0.09
	60	52.19 ± 0.80
<i>Teucrium polium geyrii</i>	15	17.31 ± 0.57
	25	11.30 ± 0.60
	30	21.99 ± 0.54
	40	24.38 ± 0.43
	60	13.42 ± 0.82
<i>Deverra scoparia</i>	15	6.00 ± 0.38
	25	9.93 ± 0.55
	30	7.45 ± 0.32
	40	2.78 ± 0.40
	60	7.95 ± 0.15

Cette différence résulte vraisemblablement du fait que le dosage par le réactif de Folin-Ciocalteu n'est pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup d'autres composés peuvent réagir avec ce réactif, donnant un taux phénolique apparent élevé (ATHAMENA *et al.*, 2010).

La plupart des études antérieures se sont intéressées beaucoup plus aux résultats qualitatifs et quantitatifs d'extraction qu'aux phénomènes se produisant lors de l'extraction par ultrasons. La distribution des métabolites secondaires peut changer pendant le développement de la plante. Ceci peut être lié aux conditions climatiques hostiles (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité) qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires tels que les polyphénols. En effet, la teneur phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétiques) et extrinsèques (conditions climatiques, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte et les conditions de stockage) (FALLEH *et al.*, 2008).

De plus, l'effet mécanique des ultrasons sur la matrice végétale induit une meilleure pénétration du solvant dans les cellules, ce qui améliore ainsi le transfert de masse et augmente le rendement d'extraction et la cinétique d'extraction. Cependant une dispersion non homogène de la phase solide peut contribuer à l'atténuation des ondes ultrasons, et la zone qui subit les ultrasons est alors restreinte à une zone localisée près de l'émetteur ce qui peut réduire le rendement d'extraction (WANG et WELLER, 2006).

III.4.2. Extraction des composés phénoliques par macération avec gradient de polarité croissante

Pour extraire le maximum de molécules polyphénoliques contenues dans les parties aériennes des plantes (*Teucrium polium*, *Deverra scoparia* et *Salvia chudaei*) des solvants organiques à polarité croissante ont été utilisés. Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage du poids d'extrait sec par rapport au poids du matériel végétal soumis à l'extraction.

Les résultats montrent un rendement plus élevé dans le cas de l'extraction réalisée par le chloroforme pour les deux plantes *Salvia chudaei* (8.9%) et *Tecrium polium geyrri* Maire (6.11%). Le rendement le moins important est observé pour l'hexane. Cette différence peut être attribuée au pouvoir extractif du chloroforme plus important par rapport à celui de l'hexane.

Chez la plante *Deverra scoparia*, le rendement le plus élevé est obtenu dans l'extrait éthanolique (3.68%). Ce solvant permet l'extraction des composés à polarité élevée tels que les flavonoïdes hétérosidiques, tandis que le moins important est l'extrait à acétate d'éthyle (1,46%) qui permet l'extraction des composés à polarité modérée (DEHGHAN *et al.*, 2007).

Tableau XXI- Rendement des extraits phénoliques des 3 plantes étudiées.

Plantes	Extrait	Couleur	Rendement%
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	Hexane	Vert foncé	1.85
	Chloroforme	Vert foncé	8.9
	Acétate d'éthyle	Vert olive	2.66
	Éthanol	Vert olive	4.59
<i>Teucrium polium geyrii</i>	Hexane	Vert	0.96
	Chloroforme	Vert	6.11
	Acétate d'éthyle	Vert claire	1.26
	Éthanol	Vert jaune	4.52
<i>Deverra scoparia</i>	Hexane	Vert	2.68
	Chloroforme	Vert	3.29
	Acétate d'éthyle	Vert claire	1.46
	Éthanol	Vert jaune	3.68

III.4.3. Quantification des composés phénoliques

Les métabolites secondaires constituent une large gamme de molécules végétales, dont leur nature chimique et teneurs sont extrêmement variables d'une espèce à l'autre. L'analyse semi-quantitative des phénols totaux et des flavonoïdes des extraits phénoliques a été réalisée par la procédure décrite précédemment, en se référant à des étalons tels que l'acide gallique (phénols totaux) et la rutine (flavonoïdes). La teneur en composés phénoliques de chaque extrait de plante a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage et exprimée en milligrammes d'équivalence d'acide gallique et ou de rutine par grammes d'extrait.

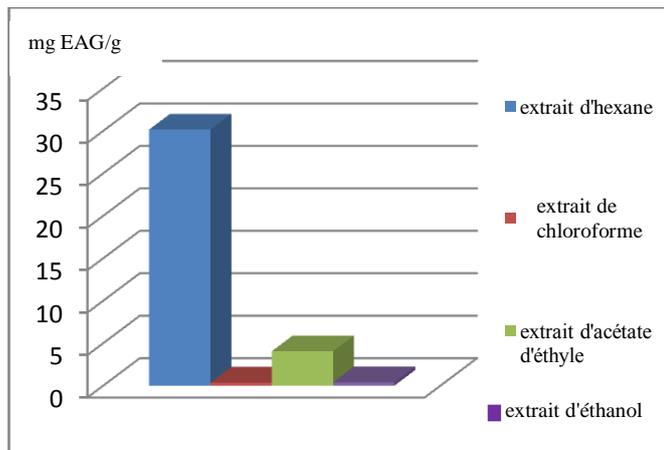


Figure 32 : Teneur en polyphénols totaux de la plante *Tecrium polium*

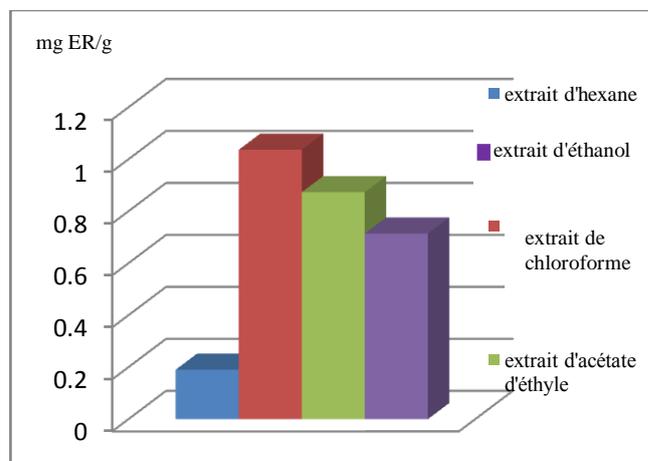


Figure 33 : Teneur en flavonoïdes de la plante *Tecrium polium*

Les résultats du dosage des polyphénols des extraits de *Tecrium polium* (Fig. 32 et 33) montrent que l'extrait brut d'hexane représente le taux le plus élevé (30.16 ± 2.12 mg EAG/g d'extrait). On a remarqué que l'extrait d'acétate d'éthyle et l'extrait de chloroforme sont les plus riches en flavonoïdes avec des teneurs de (0.87 ± 0.013 mg ER/g d'extrait) et (1.04 ± 0.014 mg ER/g d'extrait) respectivement.

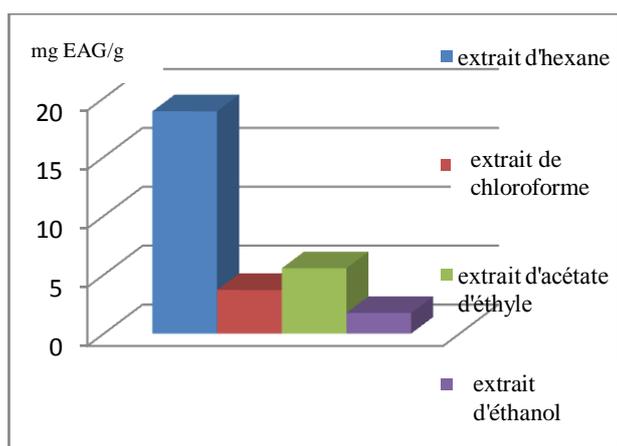


Figure 34 : Teneur en polyphénols totaux de la plante *Deverra scoparia*

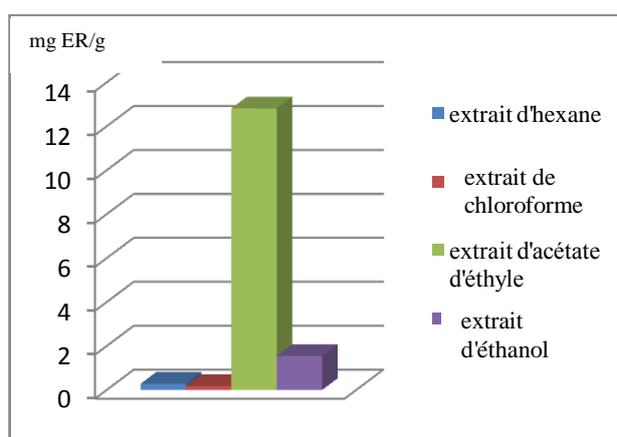


Figure 35 : Teneur en flavonoïdes de la plante *Deverra scoparia*

D'après les résultats les figures 36 et 37 on remarque que la quantité des composés phénoliques dans l'extrait d'hexane de plante *Deverra scoparia* est importante (18.87 ± 0.59 mg EAG/g d'extrait) contrairement à l'extrait méthanolique qui présente la valeur la plus faible (1.74 ± 0.25 mg EAG/g d'extrait).

L'extrait d'acétate d'éthyle de la plante *Deverra scoparia* est le plus riche en flavonoïdes avec une valeur de (12.81 ± 0.16 mg ER/g d'extrait). Celle-ci était plus importante que celles des extraits de méthanol, d'hexane et d'acétate d'éthyle.

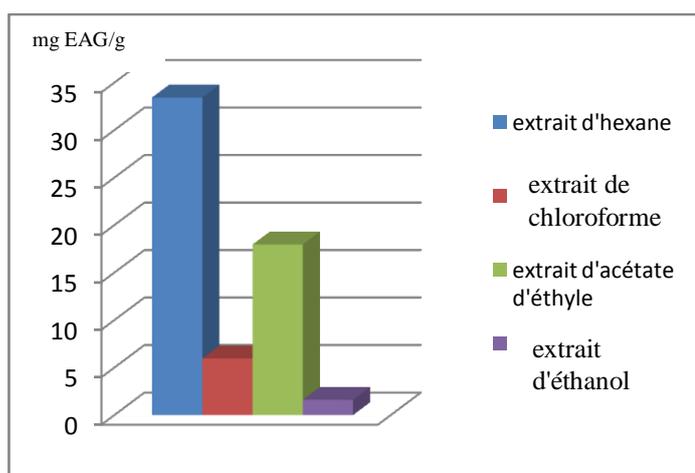


Figure 36 : Teneur en polyphénols totaux de la plante *Salvia chudaei*

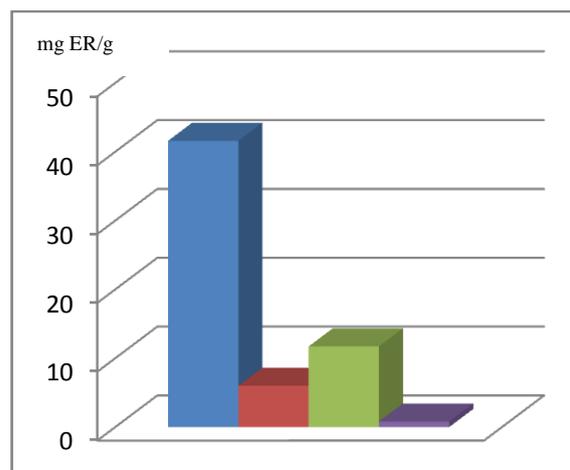


Figure 37 : Teneur en flavonoïdes de la plante *Salvia chudaei*

Selon les résultats illustrés ci-dessus, on constate que l'extrait d'hexane de la plante *Salvia chudaei* est le plus riche en phénols totaux (33.34 ± 1.67 mg EAG/g d'extrait) et même en flavonoïdes par rapport aux autres extraits. Les niveaux de phénols totaux de la sauge sclérée (*Salvia sclarea* L.) récoltée en cinq années consécutives (de 2006 à 2010) ont été déterminés dans la plage de 7.71 à 13.21 mg GAE / g d'extrait sec (TULUKCU *et al.*, 2012).

D'après les résultats d'ATHAMENA *et al.* (2010), l'extrait méthanolique du cumin est riche en flavonoïdes (243.1 ± 0.00 mg EC/g (équivalent de la catéchine par gramme d'extrait)) et pauvre en polyphénols (75 ± 1 mg EAG/g). Les résultats de notre étude concernant *Deverra* appartenant à la même famille (Apiaceae) concordent avec ceux de ces auteurs.

Les solvants d'extraction entraînent des substances non phénoliques comme les sucres, les protéines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation phénolique (DJERIDANE *et al.*, 2007). Le dosage donne donc une évaluation brute de tous les composés phénoliques d'un extrait, de plus le réactif utilisé n'est spécifique aux polyphénols

(ATHAMENA *et al.*, 2010). Le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement d'une plante à une autre. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs dont nous citons les facteurs climatiques et environnementaux : la zone géographique, sécheresse, sol, agressions et maladies...etc ; le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante. La méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur des phénols totaux. Il a été prouvé que leurs teneurs et celles des flavonoïdes sont élevées lorsque le milieu de vie de la plante n'est pas adéquat, dans ce cas la plante favorise la synthèse des métabolites secondaires afin de s'adapter et de survivre (APAK *et al* 2007).

III.5. Activités biologiques des extraits

Dans la présente étude, l'activité antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles et les extraits des trois plantes médicinales étudiées (*Teucrium polium geyrii* Maire, *Deverra scoparia* Coss. & Dur. et *Salvia chudaei* Batt. & Trab.) sont donnés à fin de valoriser ces plantes.

III.5. 1. Activité antioxydante

Plusieurs essais ont été réalisés pour la mesure de l'activité antioxydante des extraits des 3 plantes investiguées, y compris le test de DPPH• (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle), le test de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), le test d'ABTS (Acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) et le test de phosphomolybdate (PPM).

Les capacités antioxydantes des extraits des plantes étudiées ont été déterminées et comparées aux activités des composés anti-radicalaires étalons, le trolox et l'acide ascorbique. Les résultats obtenus pour les deux tests de DPPH et ABTS, exprimés en termes de concentration inhibitrice de 50% des radicaux (EC_{50}), sont présentés dans le tableau XXII.

Tableau XXII : Résultats de l'activité antioxydante évaluée par les tests DPPH et ABTS des huiles essentielles et des extraits de *Teucrium polium geyrii* Maire, *Deverra scoparia* Coss. & Dur. et *Salvia chudaei* Batt. & Trab.

Plantes	Extrait	EC ₅₀ DPPH	EC ₅₀ ABTS
<i>Salvia chudaei</i> Batt. & Trab.	Huile essentielle	4.22 ± 0.105	12.74 ± 0.216.
	Hexane	0.38 ± 0.20	0.24 ± 0.34
	Chloroforme	0.57 ± 0.20	0.12 ± 0.25
	Acétate d'éthyle	0.28 ± 0.20	0.02 ± 0.17
	Éthanol	0.33 ± 0.41	0.66 ± 0.19
	Ethanol (EE)	5.53 ± 0.31	4.87 ± 0.16
<i>Teucrium polium geyrii</i> Maire	Huile essentielle	19.46 ± 0.14	1.96 ± 0.28
	Hexane	2.88 ± 0.013	26.82 ± 0.01
	Chloroforme	74.69 ± 0.92	23.55 ± 0.00
	Acétate d'éthyle	2.70 ± 0.83	3.33 ± 0.01
	Éthanol	0.99 ± 0.04	0.61 ± 0.00
	Méthanol (EM)	1.90 ± 0.22	0.90 ± 0.10
<i>Deverra scoparia</i> Coss. & Dur.	Huile essentielle	2.99 ± 0.09	1.12 ± 0.06
	Hexane	1.01 ± 0.33	31.95 ± 0.00
	Chloroforme	0.90 ± 0.08	1.06 ± 0.00
	Acétate d'éthyle	0.70 ± 0.08	19.20 ± 0.00
	Éthanol	0.80 ± 0.02	0.04 ± 0.86
	Acétate d'éthyle (EA)	11.86 ± 0.42	10.77 ± 0.86
Étalons	Trolox	26.75 ± 0.01	25 ± 0.001
	Acide ascorbique	42.95 ± 0.001	40.90 ± 0.01

Les valeurs des EC₅₀ sont données en µg.mL⁻¹ pour les huiles essentielles et les étalons, alors qu'elles sont exprimées en mg.mL⁻¹ pour les autres extraits.

L'huile essentielle de la plante *Teucrium* montre un pouvoir important à piéger les radicaux DPPH et ABTS avec des valeurs de EC₅₀ de 19.46 ± 0.14 et 1.96 ± 0.28 µg.mL⁻¹

respectivement. Ces valeurs indiquent que l'huile de cette plante est plus puissante que les étalons. A titre d'exemple, les valeurs mentionnées dans le tableau ci-dessus pour l'acide ascorbique ont montré une activité de l'ordre de $42.95 \pm 0.001 \mu\text{g.mL}^{-1}$ pour le test de DPPH et $40.90 \pm 0.01 \mu\text{g.mL}^{-1}$ dans le test de ABTS.

Dans le test de FRAP, la réduction du complexe ferrique - tripyridyltriazine à sa forme colorée ferreux est évaluée en présence d'antioxydants (BENZIE et STRAIN, 1996). En utilisant ce dosage, l'huile essentielle de *Teucrium* présentait un fort potentiel de réduction par $865.99 \pm 0.007 \text{ mg EAA/mg d'extrait sec}$.

De nombreuses études ont montré un effet antioxydant important de différents extraits de *Teucrium polium* issues de diverses régions (LJUBUNCIC *et al.*, 2006; ARDESTANI et YAZDANPARAST, 2007; SHARIFIFAR *et al.*, 2009).

Pour l'huile essentielle de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. l' EC_{50} dans le test DPPH était de $4.22 \pm 0.105 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Mais dans l'essai de l'ABTS, cette valeur est $12.74 \pm 0.216 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Le test de FRAP indique un pouvoir antioxydant de $5141.73 \pm 0.018 \text{ mg EAA/mg d'extrait sec}$.

Dans la littérature consultée, aucune étude sur l'activité antioxydante de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. n'a été abordée, mais plusieurs études sur l'activité antioxydante des extraits des autres espèces du genre *Salvia* ont été réalisées (KAMATOU *et al.*, 2010 ; TEPE *et al.*, 2005 ; KIVRAK *et al.*, 2009 ; ÖZKAN *et al.*, 2010 ; ASADI *et al.*, 2010 ; GOHARI *et al.*, 2011 ; STAGOS *et al.*, 2013).

L'huile essentielle de *Deverra* est dotée d'un pouvoir antioxydant plus important par rapport à l'acide ascorbique. En effet, la valeur de l' EC_{50} obtenue est en moyenne de $2.99 \mu\text{g.mL}^{-1}$ alors qu'avec l'acide ascorbique, elle était de l'ordre de $42.95 \pm 0.001 \mu\text{g.mL}^{-1}$.

Concernant le test de l'ABTS, les EC_{50} de la capacité antioxydante de l'huile essentielle et du Trolox sont $1,12 \pm 0.06 \mu\text{g/mL}$ et $25 \pm 0,001 \mu\text{g/mL}$ respectivement.

Dans le test de FRAP, cette huile exerce une activité de $273.15 \pm 0.001 \text{ mg EAA/mg d'extrait sec}$. Ces résultats sont en accord avec ceux déjà publiés sur les plantes du genre *Deverra* (Neffati *et al.*, 2009; BEN HADJ AHMED *et al.*, 2011) selon lesquels les huiles essentielles des espèces de ce genre constitueraient une bonne source d'antioxydants naturels.

L'activité antioxydante des huiles essentielles testées est probablement liée aux composés majoritaires qui sont principalement les monoterpènes pour l'huile essentielle de

Deverra et les sesquiterpènes pour les huiles essentielles de *Salvia* et *Teucrium*. Ces composés présentent des propriétés antioxydantes importantes. En général, les huiles essentielles riches en composés oxygénés présentent une activité anti-radicalaire plus marquée que celles à terpènes hydrocarbonés (MILADI *et al.*, 2013).

En ce qui concerne les résultats de l'activité antioxydante des extraits par les solvants organiques (tableau XXII), nous constatons que l'extrait par l'éthanol de la plante *Teucrium polium* présente le pouvoir anti-radicalaire le plus important avec des valeurs de l'EC₅₀ de $0.99 \pm 0.04 \text{ mg.mL}^{-1}$ et $0.61 \pm 0.00 \text{ mg.mL}^{-1}$ pour les deux tests DPPH et ABTS respectivement, puis l'extrait par le méthanol(EM)avec des valeurs de $1.90 \pm 0.22 \text{ mg.mL}^{-1}$ pour le DPPH et $0.02 \pm 0.17 \text{ mg.mL}^{-1}$ pour l'ABTS.

Par contre l'activité antioxydante de l'extrait d'acétate d'éthyle de la plante *Salvia chudaei* est la plus puissante avec des valeurs de l'EC₅₀ pour les deux tests DPPH et ABTS de 0.28 ± 0.20 et $0.61 \pm 0.00 \text{ mg.mL}^{-1}$ respectivement. L'extrait par l'éthanol (EE) a montré le pouvoir le plus faible avec des valeurs d'EC₅₀ pour le DPPH $5.53 \pm 0.311 \text{ mg.mL}^{-1}$ et pour l'ABTS $4.87 \pm 0.16 \text{ mg.mL}^{-1}$.

Pour la plante *Deverra scoparia*, l'extrait d'éthanol a le pouvoir antioxydant le plus important parmi les extraits de cette plante. Il est estimé par des valeurs d'EC₅₀ suivantes : test de DPPH ($0.80 \pm 0.02 \text{ mg.mL}^{-1}$) et test d'ABTS ($0.04 \pm 0.86 \text{ mg.mL}^{-1}$). L'extrait au chloroforme vient en seconde place avec des valeurs d'EC₅₀ pour les deux tests DPPH ($0.90 \pm 0.08 \text{ mg.mL}^{-1}$) et ABTS ($1.06 \pm 0.00 \text{ mg.mL}^{-1}$). Nous notons que toutes les valeurs obtenues pour ces extraits sont moins importantes que celles des références utilisées.

Les résultats du test de FRAP mentionnés sur la figure 38 indiquent que les extraits par l'acétate d'éthyle de *Salvia chudaei*, *Teucrium polium* et *Deverra scoparia* possèdent l'effet antioxydant le plus important, avec les valeurs suivantes $5435.05 \pm 0.00 \text{ mg EAA/mg}$ d'extrait sec, $1942.57 \pm 0.01 \text{ mg EAA/mg}$ d'extrait sec et $2050.87 \pm 0.00 \text{ mg EAA/mg}$ d'extrait sec respectivement.

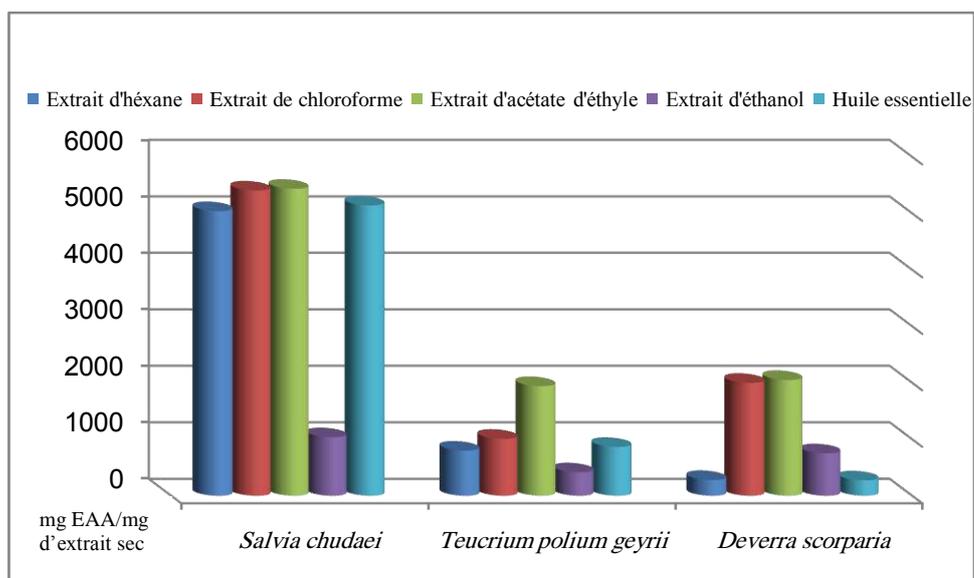


Figure 38: Activité antioxydante de différents extraits des trois plantes *Deverra scorparia*, *Teucrium polium* et *Salvia chudaei* par la méthode de FRAP.

Mais pour le test de PPM (figure 39) les résultats sont différents de ceux des tests précédents. Les extraits au chloroforme de *Salvia chudaei* et *Deverra scorparia* sont les plus actifs avec les valeurs respectives de 124.79 ± 0.01 mg EAA/mg d'extract sec et 64.52 ± 0.00 mg EAA/mg d'extract sec. Pour *Teucrium polium*, c'est l'extrait à l'éthanol avec 75.01 ± 0.00 mg EAA/mg d'extract sec qui est le plus actif. Les résultats de la méthode de Phosphomolybdate pour différentes concentrations des extraits EM, EE et EA présentés dans la figure 40 indiquent que l'EM de *Teucrium polium* a la capacité antioxydante la plus élevée avec une valeur de 171.05 mg EAA/g d'extract à une concentration de 5 mg/mL (100%), suivi par l'EA de *Deverra scorparia* avec une valeur de 79.96 mg EAA/g d'extract à concentration de 5 mg/mL (100%). Enfin, l'extrait éthanolique de la plante *Salvia chudaei*, a montré une valeur maximale de 43.46 ± 0.02 mg EAA/g d'extract en utilisant une concentration de 3 mg/mL (100%).

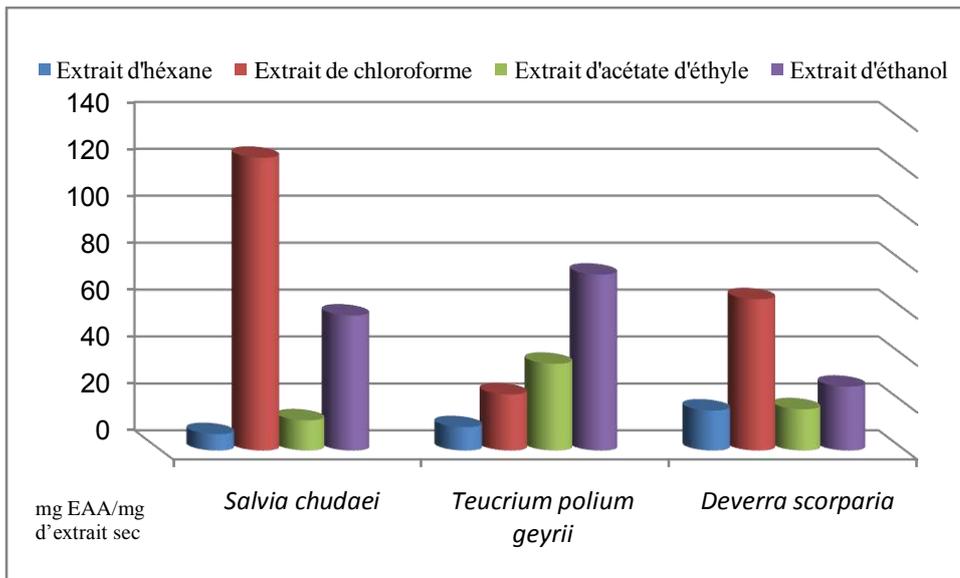


Figure 39: Activité antioxydante de différents extraits des trois plantes *Deverra scorparia*, *Teucrium polium* et *Salvia chudaei* par la méthode de PPM

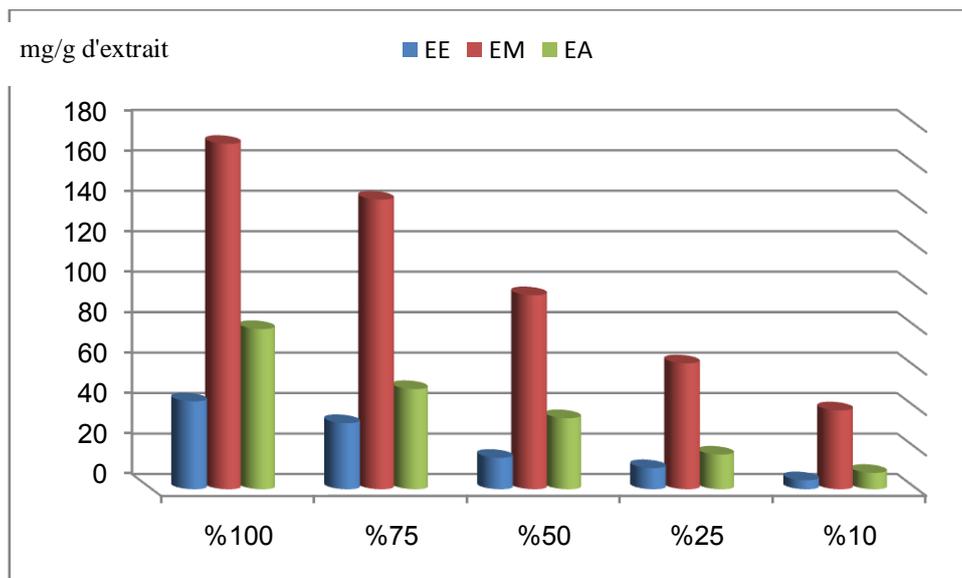


Figure 40 : Activité antioxydante de différentes concentrations des EE *Salvia chudaei*, EM *Teucrium polium* et d'EA *Deverra scorparia* par le test de Phosphomolybdate.

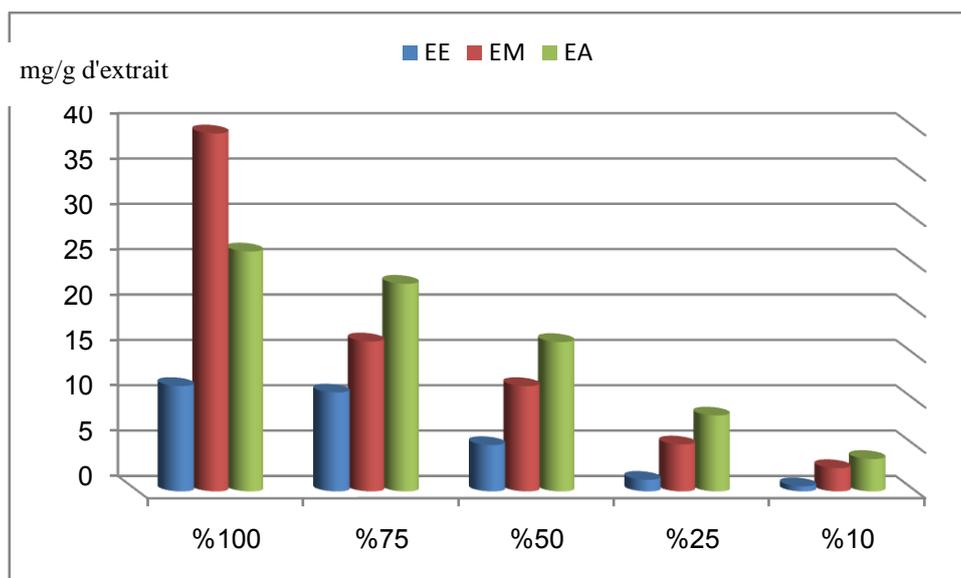


Figure 41 : Activité antioxydante de différentes concentrations des EE *Salvia chudaei*, EM *Teucrium polium* et d'EA *Deverra scoparia* par le test de FRAP.

Selon les résultats illustrés par la figure 41, pour différentes concentrations des extraits EM, EE et EA, nous observons que l'activité antioxydante augmente avec la concentration utilisée. L'extrait EM à concentration de 1 mg/mL (100%) de *Teucrium polium* présente la valeur la plus élevée (39.46 ± 0.03 mg EAA/g d'extrait). Pour la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur., on a observé un maximum d'activité (26.44 ± 0.09 mg EAA/g d'extrait) pour l'extrait EA à une concentration de 5 mg/mL (100%).

Le pouvoir antioxydant augmente avec la concentration de l'extrait éthanolique de la plante *Salvia chudaei*, la valeur la plus élevée (11.62 ± 0.05 mg EAA/g d'extrait) est obtenue à 100% (3mg/mL).

D'après les résultats obtenus dans ces tests, il est évident que l'interaction d'un antioxydant avec le DPPH ou l'ABTS dépend de sa structure chimique. Certains composés réagissent très rapidement avec le DPPH ou l'ABTS. ATHAMENA *et al.*, (2010) ont constaté aussi que cette activité diffère selon le test utilisé. Ce qui peut expliquer cette variation au niveau des résultats obtenus. Ainsi, MICHEL, (2011) montre que plus le temps d'extraction et le nombre de cycles d'extraction augmentent, plus la capacité antioxydante des extraits augmente. Il est important de noter le fait que dans le test de FRAP, toutes les substances réduites (pas seulement les composés phénoliques) réagissent dans le milieu réactionnel (ROJO *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'activité antioxydante dépend non seulement de la

concentration, mais également de la structure et la nature des antioxydants (FALLEH *et al.*, 2008).

III.5.2. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles et des différents extraits obtenus à partir des parties aériennes des trois plantes médicinales à savoir *Teucrium polium geyrii* Maire, *Salvia chudaei* Batt. & Trab. et *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a été testée contre les souches microbiennes : *Staphylococcus aureus* ATCC 27923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Proteus mirabilis* ATCC 39452, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 et *Candida albicans*, en utilisant les méthodes de diffusion par disque et de micro-dilution en bouillon.

Les diamètres des zones d'inhibition, les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et les concentrations minimales bactéricides (CMB) des huiles essentielles contre les microorganismes testés sont présentés dans le tableau XXIII.

Tableau XXIII Résultats des activités antimicrobiennes des huiles essentielles des plantes investiguées

	<i>S. chudaei</i> Batt. & Trab.			<i>Teucrium polium geyrii</i>			<i>D.scoparia</i> Coss. & Dur			Lévofloxacine		
Microorganismes	zones d'inhibitions (mm)	CMI	CMB	zones d'inhibitions (mm)	CMI	CMB	zones d'inhibitions (mm)	CMI	CMB	zones d'inhibitions (mm) ^a	CMI	CMB
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 27923	26	37.5	37.5	12	4.90	4.90	11	6.10	6.10	34	0.30	0.30
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	19	0.569	0.569	10	12.25	19.60	14	6.10	6.10	34	0.30	0.61
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25853	16	37.925	37.925	09	12.25	12.25	10	6.10	6.10	20	0.15	0.30
<i>Candida albicans</i>	15	0.019	0.019	14	2.45	2.45	13	6.10	6.10	ND	ND	ND

^a Testé à une concentration de 5 µg/disque. Les valeurs de CMI et CMB sont données en µg /mL. ND: n'est pas détectée.

Les résultats obtenus indiquent que *Staphylococcus aureus* ATCC 27 923 a été le micro-organisme le plus sensible avec les huiles essentielles de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. Une zone d'inhibition de 26 mm a été mesurée pour ce germe, suivie par *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 avec des zones d'inhibition de 19 et 16 mm respectivement. Une faible zone d'inhibition a été observée (15 mm) contre *Candida albicans*. Toutes les zones d'inhibition étaient inférieures à celles de l'antibiotique de référence lévofloxacine, qui a montré de grandes zones d'inhibition à des concentrations très faibles.

Les résultats illustrés par le tableau XXIII indiquent que les valeurs des CMB et des CMI pour nos extraits sont égaux pour tous les microorganismes testés. *Candida albicans* et *Escherichia coli* ATCC 25922 ont présenté les valeurs de CMI et de CMB les plus faibles (0.019 à 0.569 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ respectivement). A l'opposé, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Staphylococcus aureus* ATCC 27923 ont montré les valeurs de CMI et de CMB les plus élevées (37.925 et 37.5 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ respectivement).

Les résultats de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Salvia chudaei* Batt. & Trab. sont similaires, dans la plupart des cas aux résultats décrits dans la littérature pour les activités antimicrobiennes des autres espèces du genre *Salvia* (KAMATOU *et al.*, 2005 ; LONGARAY DELAMARE *et al.*, 2007 ; KOTAN *et al.*, 2008 ; ESMAEILI *et al.*, 2008 ; KIVRAK *et al.*, 2009 ; DJEDDI *et al.*, 2012 ; HRISTOVA *et al.*, 2013). A titre d'exemple, la Saugue a des effets bactéricides sur *Candida albicans*, *Streptocoques BH*, *Alkaescence dispar*, *Pneumocoque*, *Staphylococcus doré*, *Staphylococcus blanc* et *Proteus* (BOURRET, 1981). Les zones d'inhibition constatées pour l'huile essentielle de cette espèce, utilisée à raison de 2 μL /disque contre *Pseudomonas aeruginosa* allaient de 07 à 10 cm (PIBIRI, 2006).

Généralement, cette activité est attribuée à la présence du 8-cinéole, de la thuyone, du limonène, du trans-caryophyllène et du camphre dans les huiles essentielles des espèces de ce genre selon plusieurs auteurs (KELEN et TEPE, 2008 ; KIVRAK *et al.*, 2009; LI et WANG, 2009 ; EBRAHIMABADI *et al.*, 2010 ; ÖZKAN *et al.*, 2010 ; TENORE *et al.*, 2011).

Les données de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Teucrium polium geyrri* Maire indiquent que *C. albicans* était le micro-organisme le plus sensible avec une zone d'inhibition de (14 mm), suivie par *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 27923 et *P. aeruginosa* ATCC 27853 avec des zones d'inhibition respectives de 12, 10 et 09 mm. Notons toutefois que ces zones d'inhibition sont inférieures à celles des

antibiotiques de référence utilisés. Les résultats de la CMI ont indiqué que l'huile inhibe tous les microorganismes testés. *S. aureus* ATCC 25923 et *C. albicans* avaient des valeurs de CMI faibles mesurées respectivement à 2.45 et 4.9 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, par contre *P. aeruginosa* ATCC 27853 et *E. coli* ATCC 25922 ont montré une CMI de 12.25 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. L'activité des huiles essentielles des plantes de ce genre est liée à leur composition, notamment les composés comme le d- limonène, le δ -cadinène et le β -caryophyllène (BAKKALI et al, 2008 ; LI et WANG, 2009 ; ÖZKAN *et al.*, 2010).

L'huile essentielle de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. a montré une activité inhibitrice plus ou moins importante sur les souches testées, avec une activité plus importante sur *Escherichia coli* d'une zone d'inhibition égale à 14 mm. Les zones d'inhibition de diamètres 13 mm, 11 mm et 10 mm ont été observées autour des disques imprégnés d'huile essentielle sur les souches *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* ATCC 27923 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853 respectivement. Les valeurs de CMI et de CMB pour toutes les souches testées étaient identiques (égale à 6.10 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) et demeurent plus faibles que celles de lévofloxacine.

Dans la réalité, même si l'activité antimicrobienne d'une huile essentielle est souvent attribuée essentiellement à ses composés majoritaires, aujourd'hui il est connu que l'effet synergique ou antagoniste des composés du mélange doit être considéré (BURT, 2004). En outre, les composants des huiles essentielles de quantité plus faible peuvent également contribuer à l'activité antimicrobienne, impliquant probablement un certain type de synergie avec d'autres composés actifs (BELMEKKI *et al.*, 2013).

De nombreuses plantes aromatiques ainsi que les huiles essentielles elles-mêmes possèdent un fort pouvoir antimicrobien. On les utilise même quelquefois comme conservateurs. Ce pouvoir s'exerce à l'encontre des bactéries pathogènes qui altèrent les structures et la fonctionnalité membranaire. En effet, leur caractère lipophile leur permet de se lier aux membranes cellulaires des microorganismes et d'inhiber les échanges d'électrons membranaires lors de la phosphorylation oxydative ce qui freine ainsi le métabolisme cellulaire. De fortes doses en huile essentielle provoqueraient même la lyse membranaire des microorganismes (TEUSCHER *et al.*, 2005).

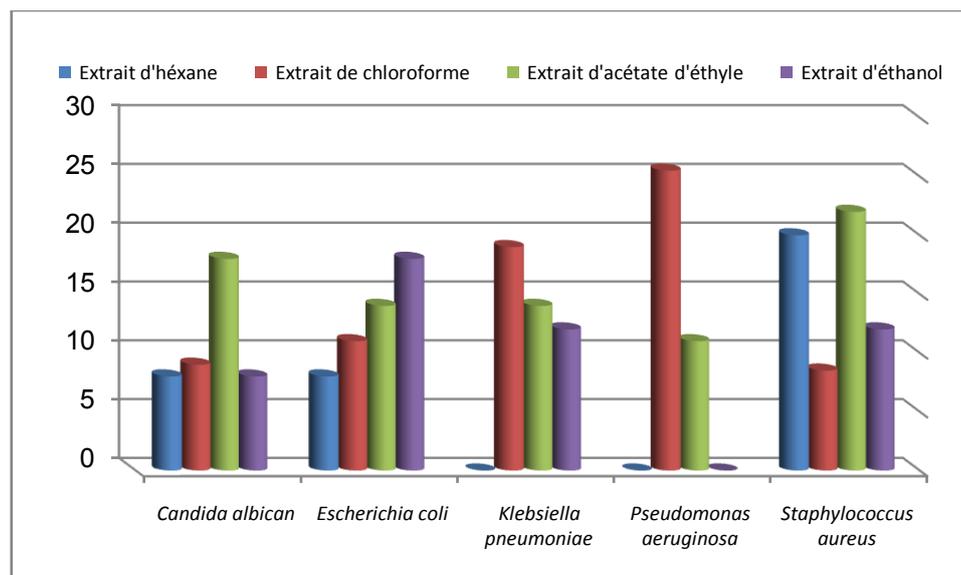


Figure 42 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de *Salvia chudaiei*

Les extraits aux solvants hexane, chloroforme, acétate d'éthyle et éthanol de *Salvia chudaie* sont testés contre une série de microorganismes et les résultats montrent clairement l'effet antimicrobien sur toutes ces souches, mais avec des diamètres d'inhibition différents. Les résultats révèlent que l'extrait au chloroforme exerce un effet antibactérien considérable sur *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853 et *Klebseilla pneumonie* ATCC 700603 avec des zones d'inhibition de 25.5 mm et 19 mm respectivement (Figure 42). Leur action sur les trois autres germes ont été moins remarquables. Cet effet demeure faible par rapport à celui de la lévofloxacine, utilisée comme antibiotique de référence. L'extrait à l'hexane n'a, cependant, produit aucun effet vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 2585 et *Klebseilla pneumonie* ATCC 700603, mais il possède un fort effet bactéricide sur *Staphylococcus aureus* ATCC 27923 (20 mm). Les actions inhibitrices de l'extrait d'acétate d'éthyle ont été remarquables sur *Staphylococcus aureus* ATCC 27923 et *Candida albicans* avec les valeurs 22 mm et 18 mm respectivement. Un diamètre de 14 mm a été observé sur *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Klebseilla pneumonie* ATCC 700603, contre 11 mm sur *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853. En ce qui concerne l'extrait éthanolique, il est plus actif sur *Escherichia coli* ATCC 25922 (18 mm) par rapport aux autres souches.

Selon GALI-MUHTASIB H, al. (2000) ; KAN, (2007) et STAGOS *et al.*, (2013), le genre *Salvia* possède un fort effet inhibiteur contre la croissance bactérienne.

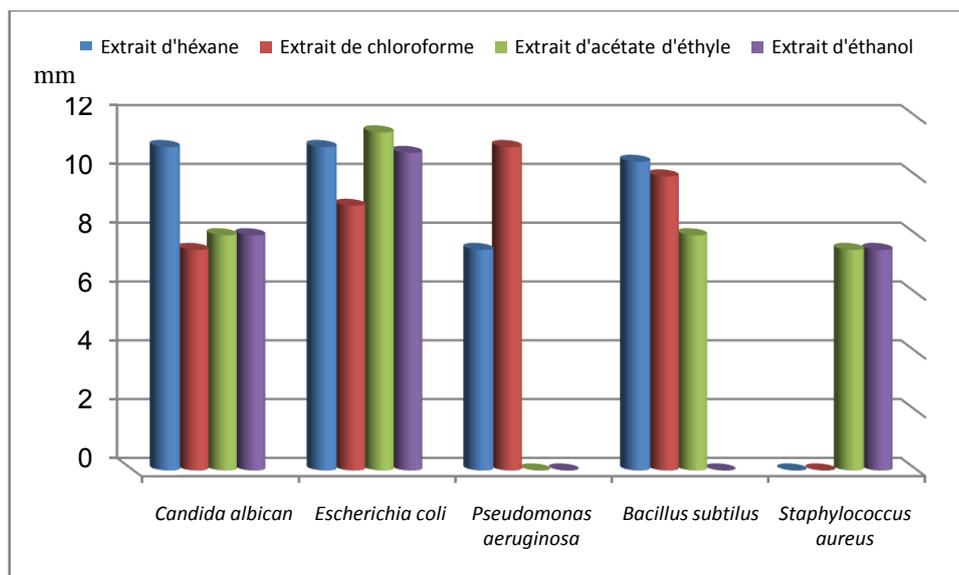


Figure 43 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de *Teucrium polium geyrii*

Les données montrent les effets des quatre extraits du *Teucrium polium geyrii* sur les souches étudiées (Figure 43), où l'extrait d'acétate d'éthyle présente l'effet le plus important par rapport à tous autres testés, avec un maximum d'inhibition de 11.5 mm de diamètre sur *Escherichia coli* ATCC 25922. Les extraits d'hexane et de chloroforme possèdent un large spectre d'action couvrant les grams positif et les grams négatif, à l'exception des *Staphylococcus aureus*, qui ont montré des zones d'inhibitions comprises entre 11 mm et 7.5 mm. D'après la figure 43, l'extrait par l'éthanol exerce des effets antimicrobiens sur les souches *Candida albicans*, *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus*, avec des zones d'inhibitions de 8 mm, 10.8 mm et 7.5 mm respectivement.

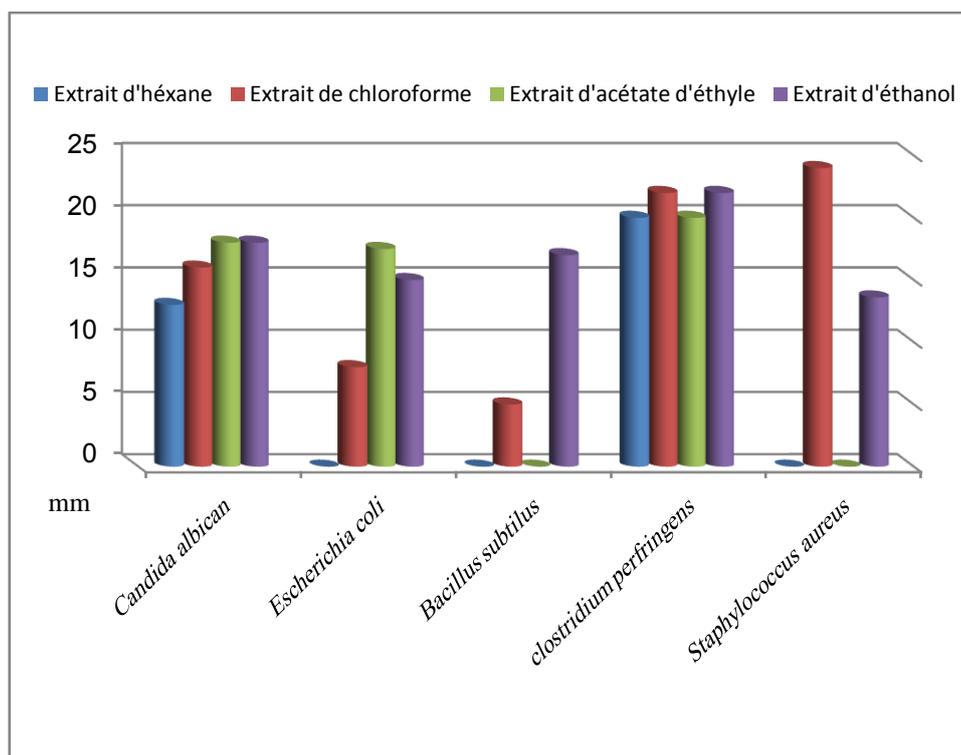


Figure 44 : Résultats des diamètres d'inhibition des extraits de *Deverra scoparia* Coss. & Dur.

La figure 44 montre que l'extrait au chloroforme de *Deverra scoparia* Coss. & Dur. est plus actifs sur *S. aureus* (24 mm) et sur *Clostridium perfringens* (22 mm) que sur *Bacillus subtilis* (5 mm), *E. coli* (8 mm) et *C. albicans* (16 mm). On constate que les extraits d'hexane et d'acétate d'éthyle sont plus actifs sur les germes *Candida* et *Clostridium* que les autres germes testés. La seule exception est le cas d'*E. coli* qui subit une plus forte zone d'inhibition par l'extrait d'acétate d'éthyle (17.5 mm).

D'après la littérature, les extraits des espèces *Deverra* étudiés se sont avéré renfermer des métabolites secondaires biologiquement actifs regroupant spécifiquement les coumarines, les alcaloïdes, les flavonoïdes et les huiles essentielles. Cette diversité de composés pourrait expliquer l'activité antimicrobienne de cette plante (VERNIN *et al.*, 1999 ; HABA *et al.*, 2004 ; DJERIDANE *et al.*, 2008 ; BENMEKHBI *et al.*, 2008 ; DAHIA *et al.*, 2009 ; KRIFA *et al.*, 2011 ; ATTIA *et al.*, 2011; GOURINE *et al.*, 2011).

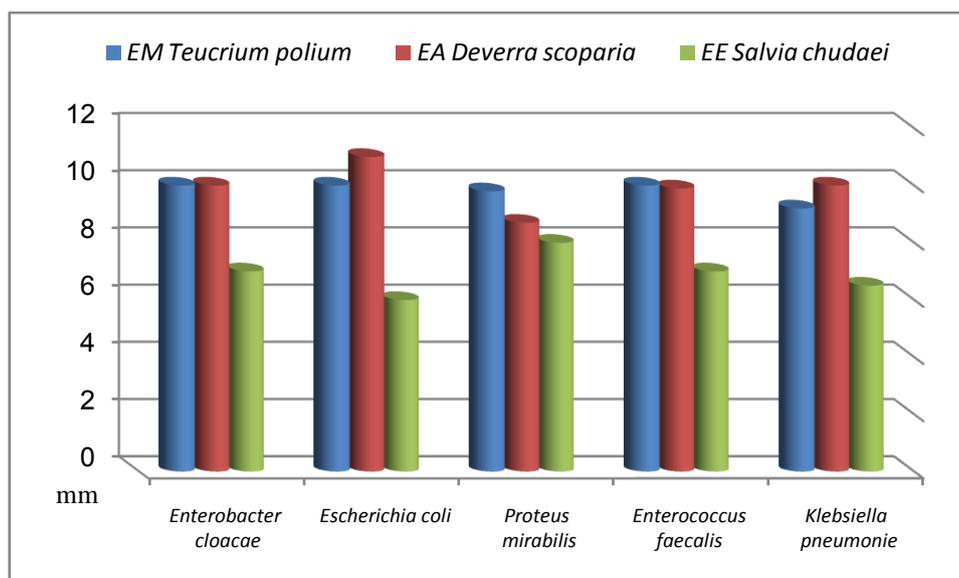


Figure 45 : Activité antimicrobienne des extraits : acétonique (EA) de *Deverra Scoparia* Coss. & Dur., éthanolique (EE) de *Salvia chudaei* et méthanolique (EM) de *Teucrium polium geyrii*

Les résultats montrent l'effet antibactérien de l'extrait éthanolique (EE) de *Salvia chudaei* (à une concentration d'extrait de 0.05 mg.mL^{-1}) contre toutes les souches testées, avec un diamètre d'inhibition entre 6 mm à 8 mm.

L'histogramme de la figure 45 illustre clairement l'effet bactéricide de l'extrait méthanolique (EM) de la plante *Teucrium polium* (à une concentration de 0.05 mg.mL^{-1}) contre toutes les souches testées. Cet extrait possède les effets les plus importants contre *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 et *Escherichia coli* ATCC 25922 avec des diamètres de la zone d'inhibition égaux à 10 mm. Mais pour *Proteus mirabilis* ATCC 39452 et *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, l'EM présente une activité moyenne dont les diamètres de la zone d'inhibition ont des valeurs de 9.8 mm et 9.2 mm respectivement.

Pour l'EA de *Deverra Scoparia* Coss. & Dur., les diamètres des zones d'inhibition varient entre 11 mm avec *Escherichia coli* ATCC 25922 et 8.7 mm avec *Proteus mirabilis* ATCC 39452.

La paroi de *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae* et d'*Escherichia coli* (bactéries à Gram négatives) est très riche en lipopolysaccharides, qui empêchent les molécules comme les terpènes hydrophobes d'adhérer à celle-ci.

D'ailleurs, ces microorganismes sont mobiles, il est probable que ces bactéries se soient déplacées profondément dans la gélose, et par conséquent elles s'échappent ainsi à l'action des métabolites contenus dans les extraits. La plus grande résistance de *Staphylococcus aureus* du Gram positive vis-à-vis des extraits peut être expliquée par la structure de la paroi hétérogène de la bactérie : la présence de l'exopolysaccharide contenant une couche externe (glycocalyx), la présence de certains composants comme l'acide techoïque et quelques liens entre les divers composants donnent au polymère fortement réticulé de parois cette résistance (PERRY et al, 2004 ; BEERNESH *et al.*, 1996).

Les activités antimicrobiennes et antioxydantes plus ou moins importantes montrées par les divers extraits des 3 plantes étudiées justifient l'utilisation des plantes précédentes dans la médecine traditionnelle. Les résultats ont indiqué que plusieurs paramètres peuvent influencer la détermination de l'activité antimicrobienne comme : le type des micro-organismes ciblés, la méthode d'évaluation de l'activité, la concentration, le type de l'extrait, la nature et la structure des molécules bioactives.

Des études plus approfondies *in vivo* seraient nécessaires pour mieux comprendre le mécanisme d'action des molécules bioactives une fois isolées ainsi que leur dose thérapeutique et leur site d'action au niveau de la cellule. Cela permettrait éventuellement de préparer des produits pharmaceutiques de grand intérêt thérapeutique.

Conclusion

La flore du Sahara Algérien est riche en plantes aromatiques utilisées en médecine traditionnelle et un bon nombre d'entre elles sont des espèces endémiques pouvant être valorisées en tant que source de produits bioactifs. Les huiles essentielles et les composés phénoliques de matériel végétal, trouvent des emplois dans divers secteurs.

Les travaux de cette thèse ont concerné premièrement l'étude monographique et la réalisation des herbiers de trois plantes médicinales *Salvia chudaei* Batt. & Trab, (Lamiaceae), *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae) et *Deverra scoparia* Coss. & Dur (Apiaceae) ainsi que l'enquête ethnobotanique. Dans la monographie sont présentées les coordonnées géographiques des lieux des récoltes des trois plantes. Celles-ci ont été prélevées de la région de Tamanrasset (Sahara méridional algérien) et dans différents habitats. La récolte s'est faite pour *Deverra scoparia* dans Oued TASSENA, *Teucrium polium geyrii* dans Oued INMGHRA et *Salvia chudaei* dans Oued de TICHNSAWAK de la commune d'Idèles.

Les résultats de l'enquête ethnobotanique ont fournis une idée générale sur leurs utilisations traditionnelles et ont montré que les espèces étudiées *Salvia chudaei*, *Teucrium polium geyrii* et *Deverra scoparia* sont largement utilisées pour traiter les maladies suivantes : la pathologie digestive (25.6 %, 29.9 % et 23.2 %), rénale (30.7 %, 9 % et 16.9 %) et les affections rhumatismales (18.8 %, 9.5 % et 14.6 %). L'administration orale est la voie d'administration la plus dominante pour les trois plantes alors que le mode de préparation le plus cité est la décoction. Les parties aériennes et plus précisément les feuilles sont les plus utilisées pour la préparation de remèdes.

Le screening phytochimique a mis en évidence divers métabolites secondaires dans les trois plantes : Tanins, saponosides, terpènes, alcaloïdes, stérols, huiles essentielles, flavonoïdes et polyphénols. Diverses classes de composés sont quantifiés, tels que les oses, les lipides, les cendres et certains éléments minéraux.

L'extraction des huiles essentielles, à partir des parties aériennes des plantes, a été réalisée par hydrodistillation par un Clevenger. Les propriétés physico-chimiques tels que :

le pouvoir rotatoire, l'indice de réfraction, l'indice d'acide, l'indice de peroxyde ont été déterminés. L'étude de la composition chimique de ces huiles essentielles a été menée par chromatographie en phase gazeuse seule et couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM) :

20 composées, représentant 94.72 % de l'huile essentielle de *Salvia chudaei* Batt. et Trab., ont été identifiées. Le dillapiole (43.18 %) était le composé majoritaire de l'huile essentielle, suivie par la myristicine (14.82 %) et l'alpha-pinène (7.82 %).

79 constituants, représentant 85.74 % de l'huile essentielle des parties aériennes de la plante *Teucrium polium geyrii*, ont été identifiés. Le dl-limonène (11.18 %) était le composé principal, suivi du δ -cadinène (10.02 %) et le trans-caryophyllène (9.15 %).

22 produits ont pu être identifiés de la plante *Deverra scoparia* Coss. & Dur., ce qui représente 87.07 % de son huile. Les composés majoritaires sont : L- α -bornyl acétate (31.99 %), α -pinène (12.05 %), (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrène (8.41 %), eremophelène (8.15 %) et γ -cadinène (6.29 %).

Les plantes ont été soumises à deux méthodes d'extraction des composés phénoliques, la première est assistée par ultrasons avec une optimisation des conditions d'extraction (solvant, % de solvant, temps, température), et la seconde a été réalisée par macération dans des solvants de polarité croissante. Chaque extrait a été caractérisé par sa couleur et son rendement par rapport à la drogue sèche.

L'analyse semi-quantitative des phénols totaux et des flavonoïdes des extraits phénoliques a été réalisée par colorimétrie. Celle-ci nous a permis de confirmer que les plantes sont riches en composés phénoliques.

La teneur en composés phénoliques des plantes estimées par la méthode de Folin-Ciocalteu est comprise entre 33.34 ± 1.67 et 18.87 ± 0.59 mg EAG/g d'extrait pour les extraits apolaires (hexane). Le dosage des flavonoïdes par la méthode d' AlCl_3 a révélé que l'extrait d'hexane de la plante *Salvia chudaei* a la quantité la plus élevée avec 41.58 ± 0.46 mg ER/g d'extrait.

Les conditions optimales concernant l'extraction des polyphénols par l'ultrason ont été dans le cas de *Teucrium polium* : mélange méthanol/eau à 80%, une durée de 40 min et une température de 15°C. Dans le cas de *Deverra scoparia* : mélange acétone/eau à 80

%, une durée de 25 min et une température de 15 °C. Concernant *Salvia chudaei* : les conditions optimales se sont avérées être l'éthanol comme solvant, une durée de 40 min et une température de 15 °C.

Le potentiel antiradicalaire des extraits a été déterminé par quatre méthodes différentes le test de DPPH, le FRAP, l'ABTS et le test de Phosphomolybdate dont l'essentiel des résultats sont les suivants :

L'huile essentielle de *Deverra scoparia* est dotée d'un pouvoir antioxydant plus important avec une valeur d'EC₅₀ en moyenne de 2.99 µg.mL⁻¹ et dans le test de ABTS, les EC₅₀ de la capacité antioxydante de l'huile essentielle est 1.12 µg.mL⁻¹. Dans le test de FRAP, cette huile exerce une activité de 273.15 ± 0.001 mg EAA/mg d'extrait sec. L'huile essentielle de *Salvia chudaei* a montré une valeur d'EC₅₀ dans le test DPPH qui était de 4.22 ± 0.105 µg.mL⁻¹, mais dans l'essai de l'ABTS, cette valeur était 12.74 ± 0.216 µg.mL⁻¹. Dans le cas du test de FRAP cette huile indique un pouvoir antioxydant de 5141.73 ± 0.018 mg EAA/mg d'extrait sec. Les plantes étudiées présentent un pouvoir antioxydant plus ou moins élevé comparativement aux standards utilisés. Leurs extraits peuvent être considérés comme une source d'antioxydants naturels contribuant à la prévention de diverses maladies en les utilisant comme additifs alimentaires.

Les tests biologiques effectués dans ce travail ont montré un effet antimicrobien remarquable des différents extraits obtenus à partir des parties aériennes des 3 plantes étudiées (*Salvia chudaei*, *Teucrium polium*, et *Deverra scoparia*), et cela contre les souches microbiennes testées : *Staphylococcus aureus* ATCC 27923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Proteus mirabilis* ATCC 39452, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 et *Candida albicans*. Les valeurs des CMI des huiles essentielles varient entre 0.019 ± 0.1 et 37.925 ± 0.00 µg.mL⁻¹. Cette efficacité pouvaient être du à la présence des flavonoïdes et les constituants des huiles essentielles qui sont des métabolites secondaires réputés pour leurs effets antimicrobiens.

En perspectives plusieurs travaux peuvent être envisagés dans la continuité des travaux entamés :

- Déterminer les molécules responsables des activités biologiques, et d'approfondir l'étude phytochimique en utilisant des techniques plus performantes pour la détermination de la structure chimique de ces composés après leur purification;
- Optimisation des conditions d'extraction des métabolites secondaires par plusieurs techniques d'extraction et l'exploitation des résultats par les méthodes statistiques;
- D'élargir le spectre des activités biologiques ciblées, en incluant les activités anti-inflammatoires, anti-enzymatiques, insecticides ou autres;
- L'investigation phytochimique, pharmaceutiques et ethnobotanique des autres plantes médicinales du Sahara algérien.

Références

Bibliographiques

- 1) ABDALLAH H. M., EZZAT, S.M., 2011.- Effect of the method of preparation on the composition and cytotoxic activity of the essential oil of *Pituranthos tortuosus*., Z Naturforsch C., 66(3-4):143-148.
- 2) ABDEL-KADER, MS. 2003.-New ester and furocoumarins from the roots of *Pituranthos tortuosus*. J. Braz. Chem. Soc. 14 (1): 48-51.
- 3) ABDELWAHED, A., HAYDER, N., KILANI, S., MAHMOUD, A., CHIBANI, J., HAMMAMI, M., CHEKIR-GHEDIRA, L., GHEDIRA, K. 2006.- Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Tunisian *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. Flavour And Fragrance Journal, 21 (01):129-133.
- 4) ABDOLLAHI M., KARIMPOUR H., MONSEF-ESFEHANI H R. 2003.- Antinociceptive effects of *Teucrium polium* L. total extract and essential oil in mouse writhing test. Pharmacological Research, 48:31–35.
- 5) ABDULMANEA A.K., PROKUDINA E. A., LANKOVÁ A. P., VANÍ-CKOVÁ A L., KOBLOVSKÁ A R., ZELENÝ B V., LAPCÍK O. 2012.- Immunochemical and HPLC identification of isoflavonoids in the Apiaceae family, Biochemical Systematics and Ecology., 45: 237–243.
- 6) ABU DARWISH M., AL-RAMAMNEH E., SALAMON I., ABU-DIEYEH Z., AL NAWAISEH M., ALBDOUR T. 2013.- Determination of Essential Oil Bioactive Components and Rosmarinic Acid of *Salvia officinalis* Cultivated under Different Intra-row Spacing. Not Sci Biol, 5(2):198-203.
- 7) ABURJAI T., HUDAIB M., CAVRINI V., 2006.- Composition of the essential oil from Jordanian Germander (*Teucrium polium* L.). J. Essent. Oil Res. 18: 97-99.
- 8) ADJANAHOUN E., AHYI M.R.A., AKE-ASSI L., ELEWUDE J.A., DRAMANE K., FADOJU S.O., GBILE Z.O., GOUDOLE E., JOHNSON C.L.A., KEITA A., MORAKINYO O., OJEWOLE, J. A. O., OLATUNJI, A. O., SOFOWORA, E.A., 1991.- Traditional medicine and pharmacopoeia. Contribution to ethnobotanical floristic studies in Western Nigeria, Pub. Organization of African Unity. Scientific Technical and Research Commission Lagos Nigeria. 420 p.
- 9) ADJANOHOUN E-J, AKYI A.M., AKE ASSI L., BANIAKINA J., CHIBON J., CUSSET G., DOULOU V., ENZANZA A., EYME J., GONDOTE E., KEITA A., MBEMBA C., MOLLET J. 1989.- Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin, A.C.C.T. Ed, Paris.
- 10) AFNOR 2000.- Recueil de normes Française: les huiles essentielles. Tome 2., AFNOR, Paris.
- 11) AKIN, M.; DEMIRCI, B.; BAGCI, Y.; CAN BASER, KH. 2010.- Antibacterial activity and composition of the essential oils of two endemic *Salvia* sp. from Turkey. Afr. J. Biotechnol. 9, 2322-2327.

- 12) AL-GABY A. M. et ALLAM R.R. 2000.- Chemical Analysis, Antimicrobial Activity, and the Essential Oils from Some Wild Herbs in Egypt, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 7(1): 15-23.
- 13) ANAČKOV, G.; BOZIN, B.; ZORIC, L.; VUKOV, D.; MIMICA-DUKIC, N.; MERKULOV, L.; IGIC, R.; JOVANOVIĆ, M.; BOZA, P. 2009.- Chemical composition of essential oil and leaf anatomy of *Salvia bertolonii* Vis. and *Salvia pratensis* L. (Sect. Plethiospace, Lamiaceae). *Molecules*, 14: 1-9
- 14) ANONYME 2005.- Guide to medicinal plants in north africa, IUCN, Centre of mediteranean cooperation, Pedro Molino (Spain),
- 15) APAK R., GÜÇLÜ K., DEMIRATA B., ÖZYÜREK M., ESİN ÇELİK S., BEKTAŞOĞLU B., BERKER K.I., ÖZYURT D. 2007.- Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12, 1496-1547
- 16) ARCEUSZ A., WESOŁOWSKI M., KONIECZYNSKI P. 2013.- Methods for Extraction and Determination of Phenolic Acids in Medicinal Plants. *Natural Product Communications*, 8(12): 1821-1829.
- 17) ARDESTANI A., YAZDANPARAST R. 2007.- Inhibitory effects of ethyl acetate extract of *Teucrium polium* on in vitro protein glycoxidation. *Food and Chemical Toxicology*. 45 (12), 2402-2411
- 18) ART T., SHEARS P. 1997.- Atlas de poche de microbiologie. Flammarion.
- 19) ARUOMA O. I., SPENCER J. P., ROSSI R., AESCHBACH R., KHAN A., MAHMOOD N., MUNOZ A., MURCIA A., BUTLER J. et HALLIWELL B. 1996.- An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and provençal herb, *Food and Chemical Toxicology*, 34 (5) : 449-456.
- 20) ASADI S, AHMADIANI A, ESMAEILI MA, SONBOLI A, ANSARI N, KHODAGHOLI F. 2010.- In vitro antioxidant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: a comparative study. *Food Chem Toxicol.* : 48(5):1341-9.
- 21) ASHNAGAR.A., GHARIB N., FOROOZANFAR S. 2007.- Isolation and identification of the major chemical components found in the upper parts of *Teucrium polium* plants grown in Khuzestan province of Iran. *Chinese Journal of Chemistry*, 25:1171-1173.
- 22) ATHAMENA S., CHALGHEMI I., KASSAH-LAOUAR A., LAROUÏ S. et KHEBRI S. 2010.- Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. , *Lebanese Science Journal*, 11(1): 69.
- 23) ATTIA S., GRISSA KL., LOGNAY G., HEUSKIN S., MAILLEUX AC., HANCE T. 2011.- Chemical Composition and Acaricidal Properties

- of *Deverra scoparia* Essential Oil (Araliales: Apiaceae) and Blends of Its Major Constituents Against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(4): 1220-1228
- 24) AWADH ALI N.A., WURSTER M., ARNOLD N., LINDEQUIST U., WESSJOHAN L. 2008.- Chemical Composition of the Essential Oil of *Teucrium yemense* Deflers. *Rec. Nat. Prod.*, 2(2): 25-32
- 25) AYADI S., JERRIBI C., ABDERRABBA M. 2011.- Extraction et étude des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* cueillie dans trois régions différentes de la Tunisie, *Journal de la Société Algérienne de Chimie*, 21: 25-33.
- 26) BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D. 2008.- Biological effects of essential oils, A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- 27) BANDAR H., HIJAZI A., RAMMAL H., HACHEM A., SAAD Z., BADRAN B. 2013.- Techniques for the Extraction of Bioactive Compounds from Lebanese *Urtica dioica*. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*. 1(6):507-513
- 28) BARKHATOV V., ELISSEEV V. 1979.- Guide des travaux pratiques du contrôle technico chimique de la production des conserves. Boumerdes: 23-41.
- 29) BEDIR E., TASDEMIR D., ÇALIS I., ZERBE O., STICHER O. 1999.- Neoclerodane diterpenoids from *Teucrium polium*. *Phytochemistry*, 51: 921-925.
- 30) BEERNESH BUTTIAUX R., TACQUET A. 1996.- Manuel de techniques bactériologiques. 2^{ème} Ed. Paris : 572.
- 31) BELLAKHDAR J. 1997.- Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires, La pharmacopée marocaine traditionnelle, ibis Press.
- 32) BELMEKKI N., BENDIMERAD N., BEKHECHI C., FERNANDEZ X. 2013.- Chemical analysis and antimicrobial activity of *Teucrium polium* L. essential oil from Western Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(14): 897-902.
- 33) BELOUAD A. 1998.- Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications Universitaires. Algérie, 273p.
- 34) BEN HADJ AHMED S., SGHAIER R.M., GUESMI F., KAABI B., MEJRI M., ATTIA H., LAOUINI D., SMAALI I. 2011.- Evaluation of antileishmanial, cytotoxic and antioxidant activities of essential oils extracted from plants issued from the leishmaniasis-endemic region of Sned (Tunisia). *Natural Product Research*, 25 (12): 1195-1201.
- 35) BEN SGHAIER M., CHRAIEF I., SKANDRANI I., BOUHLEL I., BOUBAKER J., KILANI S., NEFFATI A., MAHMOUD A., HAMMAMI M., CHEKRI L. G.

- and GHEDIRA K. 2007.- Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Teucrium ramosissimum* (Lamiaceae). *Chem Biodivers.* 55, 93-98.
- 36) BENCHELAH A C., BOUZIAN H., MAKKA M. 2004.- Fleurs du Sahara, arbres et arbustes, voyage au coeur de leurs usages avec les Touaregs du Tassili. *Phytothérapie*, 6: 191-197.
- 37) BENCHELAH A C., BOUZIAN H., MAKKA M. 2011.- Fleurs du Sahara, Voyage ethnobotanique avec les Touaregs du Tassili. Edition Ibis press, paris. ISBN 978-2-36122-021-1 17. 255P.
- 38) BENKHNIGUE O., ZIDANE L., FADLI M., ELYACOUBI H., ROCHDI A., DOUIRA A. 2011.- Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraa Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 53: 191-216.
- 39) 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: 639-641.
- 40) BENZIE I., STRAIN F.F. 1996.-The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1): 70-76.
- 41) BEZIĆ N., VUKO E., DUNKIĆ V., RUŠČIĆ M., BLAŽEVIĆ I., BURČUL F. 2011.- Antiphytoviral Activity of Sesquiterpene-Rich Essential Oils from Four Croatian *Teucrium* Species. *Journal of molecules*, 16: 8119-8129.
- 42) BLOIS MS. 1958.- Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- 43) BOUAZIZ M., THABET Y., SAMI S., DHOUIB A. 2009.- Disinfectant properties of essential oils from *Salvia officinalis* L cultivated in Tunisia. *Food and chemical toxicology*, 47: 2755-2760.
- 44) BOUDET A. M. 2007.- Evolution and current status of research in phenolic Compounds, *Phytochemistry*, 68(22-24): 2722-2735.
- 45) BOUKEF M. K. 1986.- Médecine traditionnelle et pharmacopée, les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne, 350 p.
- 46) BOUKHATEM M.N., HAMAIDI M. S., SAIDI F., HAKIM Y. 2010.- Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie), *Revue Nature et Technologie* , n° 03: 37 -45.
- 47) BOULAHBAL F. 1993.- Microbiologie S1 Clinique. Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.

- 48) BOULILA A, BEJAOUI A, MESSAOUD C, BOUSSAID M. 2008.- Variation of volatiles in Tunisian populations of *Teucrium polium* L. (Lamiaceae). *Chemistry and biodiversity*.5: 1389-1400.
- 49) BOUROBOU B.H. 2004.-Approches sur la contribution des médicaments traditionnels améliorés dans les soins de santé primaires: étude des cas. *Pharm. Méd. Trad. Afr.*, 13: 35-48.
- 50) BOURRET J.C. 1981.- Le défi de la médecine par les plantes .Ed. EMPIRE, France.414P.
- 51) BRADA M., BEZZINA M., MARIEL 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.
- 52) BRAVO L. 1998.- Polyphenols : chemistry dietary sources; metabolism, and nutritional significance, *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- 53) BRUNETON J., 1999.- Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales. 3^e édition Tec et Doc, Paris.
- 54) BRUNETON J., 2001.-Plantes toxiques, végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. 2^{ème} édition Tec et Doc, Paris.
- 55) BRUNO M., MAGGIO A.M., PIOZZI F., PUECH S., ROSSELLI S., SIMMONDS M.S.J. 2003.-Neoclerodane diterpenoids from *Teucrium polium* subsp. *polium* and their antifeedant activity. *Biochemical Systematic and Ecology*, 31:1051-1056.
- 56) BURT S. 2004.- Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223-253.
- 57) ÇAKIR A., MAVI A., KAZAZ C, YILDIRIM A, KUFREVIOGLU O.I. 2006.- Antioxidant Activities of the Extracts and Components of *Teucrium orientale* L. var. *orientale* *Turk J Chem.*, 30:483 – 494.
- 58) CAMARDA I., 1990.- Ricerche etnobotaniche nel comune di Dorgali, Sardegna centro orientale. *Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali*, 27: 147–204.
- 59) CAMPS F., COLL J., DARGALLOO., RIUS J., MIRAVITLLES C. 1987.- Clerudane diterpenozds from *Teucrium* and *Aguga* plants. *Photochemistry*, 26(5):1475-1479.
- 60) CANO A., ACOSTA M., ARNARO M.B., 2000.- A method to measure antioxidant activity in organic media: application to lipophilic vitamins. *Redox Rep.* 5, 365-370.
- 61) CAPEK P., HRIBALOVA V., SUONDOVA E., EBRINGEROVA A., SASINKOVA V., MASSOROVA C. 2003.- Charecterization of munomodulatory polysaccharides from *Salvia officinallis* L. *Int. J. Biol. Macromol.* ,33:113-119.

- 62) CARREIRAS MC., RODRIGUEZ B, PIOZZI F, SAVONA G, TORRES M R. et PERALES A. 1989.- A chlorine-containing and two neo-clerodane diterpenoids from *Teucrium polium* subsp. *Vzncentznum*. *Phytochemistry*, 28 (5): 1453-1461.
- 63) CARRUBBA A., LA TORRE R., ZAFFUT G. 2006.- Exploitation of native Labiatae in sicily. The *Labiatae*: Advances in Production, Biotechnology and Utilization 22-25 February 2006 - Sanremo, Italy.
- 64) CATIER O., ROUX D., 2007.- Botanique pharmacognosie phytothérapie. Édit.3. Wolters Kluwar . 141 p.
- 65) CAUVET. 1925.- Le chameau. Librairie J-B Baillièere et Fils Paris.
- 66) CAVALEIRO C., SALGUEIRO L.R., MIGUEL M.G., DA CUNHA A. P. 2004.- Analysis by gas chromatography–mass spectrometry of the Volatile components of *Teucrium lusitanicum* and *Teucrium algarbiensis*. *Journal of Chromatography A*, 1033: 187–190.
- 67) CAVALLI, J.F. 2002.- Caractérisation par CPG/IK, CPG/SM et RMN du carbone-13 d'huiles essentielles de Madagascar. Thèse de doctorat, Université de Corse Pascal Paoli.
- 68) CHALCHAT J.C., MICHET A., PASQUIER B. 1998.- Study of clones of *Salvia officinalis* L. Contents and chemical composition of essential oil. *Flavour Frag J* 13:68-70.
- 69) CHAMOULEAU A. 1979.- Les usages externes de la phytothérapie. Ed. Maloine S. A paris, 270p.
- 70) CHEHMA A., DJEBAR M.R. 2008.- Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional Algérien : distribution spatio-temporelle et ethnobotanique. *Revue Synthèse*, 17: 36-45.
- 71) CHEVALLIER A. 2001.- Encyclopédique des plantes médicinales. Identification, préparation, sains. Edition Larousse, Paris, 2^{ème}, 335p.
- 72) CHUNG H., JI X., CANNING C., SUN S., ZHOU K. 2010.- Comparison of different strategies for soybean antioxidant extraction. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 4508–4512.
- 73) COLL J., TANDRO Y. 2004.-Neo-clerodane diterpenes from *Teucrium fruticans* *Phytochemistry*, 65: 387-392.
- 74) COUPLAN F. 2000.- Dictionnaire étymologie de botanique .Nestlé (Ed). Luisane. Paris,
- 75) COX P. A., BALICK M. J. 1994.- The ethnobotanical approach to drug discovery. *Scientific American*. 270(6):82-87.

- 76) CUNNINGHAM A.B. 1996.- Peoples, parc et plantes. Recommandations pour les zones à usages multiples et les alternatives de développement autour du parc national de Bwindi Impénétrable, Ouganda. Documents de travail Peoples et Plantes n° 4. UNESCO, Paris, 66p.
- 77) 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 Communication, 2 (11) : 1159-1162.
- 78) DASTMALCHI, K., DORMAN, H.J.D., OINONEN, P.P., DARWIS, Y., LAAKASO, I., HILTUNEN, R. 2008.- Chemical composition and *in vitro* antioxidative activity of a lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract. Food Science and Technology, 41: 391-400.
- 79) DEGHAN G., SHAFIEE A., GHAREMANI M., ARDESTANI S., ABDOLLAHI M. 2007.- Antioxidant potential of various extracts from *Ferula szovitsiana* in relation to their phenolic content. Pharmaceutical Biology, 45 (9): 691-699
- 80) DEMARNE FE. 1985.- Le géranium rosat. Parfums, Cosmétiques et Arômes, n°62,
- 81) DEYSSON G. 1979.- Organisation et classification des plantes vasculaires, cours de botanique générale quatrième série, tome II, Paris, 529 pp.
- 82) DIALLO D., SANOGO R., YASAMBOU H., TRAORE A., COULIBALY K., MAIZA A. 2004.- Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali, C.R.Chimie, 7:1073-1080.
- 83) DJEDDI S., BOUCHENAK N.S., SETTAR I., HALLI L. 2012.- Screening of chemical composition and antimicrobial potential of Algerian sage essential oil. Global Journal of Medicinal Plant Research, 1(1): 46-49.
- 84) DJERIDANE A., BRUNEL J.M., VIDAL N., YOUSFI M., AJANDOUZ E.H., STOCKER P. 2008.- Inhibition of porcine liver carboxylesterase by a new flavone glucoside isolated from *Deverra scoparia*. Chemico-Biological Interactions, 172 : 22-26
- 85) DJERIDANE A., YOUSFI M., NADJEMI B., VIDAL N., LESGARDS JF., STOCKER P. 2007.- Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds and their antioxidant activity, European Food of Research and Technology, 224 : 801-809.
- 86) DUBOIS M.K., GILLES A., HAMILTON J.K., REBERS P.A., SMITH F. 1956.- Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3): 350-356.

- 87) EBRAHIMABADI AH, MAZOOCHI A, KASHI FJ, DJAFARI-BIDGOLI Z, BATOOLI H. 2010.- Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of the aerial parts of *Salvia eremophila* Boiss. from Iran. Food Chem. Toxicol. 48: 1371-1376.
- 88) EISNER, T., EISNER, M., ANESHANSLEY, D.J., Wu, C.L. et MEINWALD, J., 2000.- Chemical defense of the mint plant, *Teucrium marum*. Chemoecology, Vol.10: 211–216.
- 89) EL OUALIDI J. 1991.- Biosystématique et taxinomie des *Teucrium* de la section *Polium* (Lamiaceae) dans le bassin méditerranéen occidental. Différents aspects de la variation au Maroc, en France et en Espagne. Thèse doctorat, Université de Montpellier, FRANCE.
- 90) ESMAEILI A, RUSTAIYAN A, NADIMI M, LARUJANI K, NADJAFI F, TABRIZI L AND CHALABIAN F. 2008.- Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from leaves, stems, and flowers of *Salvia reuterana* grown in Iran. Chem. Nat. Comp., 44: 393-395.
- 91) ESMAEILI A.M., YAZDANPARAST R. 2004.- Hypoglycaemic effects of *Teucrium Polium*: studies with rat pancreatic islets. J. Ethnopharmacol , 95 : 27–30.
- 92) FALLEH H., KSOURI R., CHAIEB K., KARRAY-BOURAOUI N., TRABELSI N., BOULAABA M., ABDELLY C. 2008.- Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities ,C. R. Biologies, 331: 372-379.
- 93) FARAHAHAT A.E., LINDERHOLM H.W. 2013.- Effects of treated wastewater irrigation on size-structure, biochemical products and mineral content of native medicinal shrubs. Ecological Engineering 60: 235– 241.
- 94) FARNSWORTH N.R., AKERELE O., BINGEL A.S., SOEJARTO D.D., GUO Z. 1986.- Places des plantes médicinales dans la thérapeutique, Bulletin de l'organisation mondiale de la santé , 64 (2) : 159-164.
- 95) FAVIER J., IRELAND-RIPERT J., TOQUE C., FEINBERG M. 1995.- Répertoire Général des Aliments. Table de composition Lavoisier, Tec&Doc, Paris.
- 96) FELLAH S., ROMDHANE M., ABDERRABA M. 2006.- Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, Journal de la Société Algérienne de Chimie, 16(2):193-202.
- 97) FITZPATRICK J.J., AHRNE L. 2005.- Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. Chemical Engineering and Processing, 44: 209-214.

- 98) FRANKEL E.N., MEYER A.S. 2000.- The problems of using one dimensional method to evaluate multifunctional food and biological antioxidant, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1925-1940.
- 99) GABRIELI C.N., KEFALAS P.G., KOKKALOU E.L. 2005.- Antioxidant activity of flavonoids from *Sideritis raeseri*. *Journal of Ethnopharmacology*, 96: 423–428.
- 100) GALI-MUHTASIB H. HILAN C., KHATER C. 2000.- Traditional uses of *Salvia libanotica* (East Mediterranean sage) and the effects of its essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*. 7:513–520.
- 101) GARBONNELLE., DENS F., MARMONIER A., PINON G., VARGUES R. 1987.- Bactériologie médicale Techniques usuelles. SIMEP, Paris. France.
- 102) GAZENGEL J.M., ORECHONIE A.M. 1999.- Guide théorique et pratique en pharmacie. L'Enders, Paris, New York, 963p.
- 103) GHRAIBEH M.N., ELAYAN H.H., SALHAB A.S. 1988.-Hypoglycaemic effects of *Teucrium polium*. *J. Ethnopharmacol*, 24: 93–99.
- 104) GIRARD R. 2001.- Technique d'hygiène hospitalière. Ed. Lyon sud.
- 105) GIRRE L., 2001.- les plantes et les médicaments. Delchaux Nusle SA, Paris.
- 106) GOHARI A.R., EBRAHIMI H., SAEIDNIA S., FORUZANI M., EBRAHIMI P., AJANI Y. 2011.- Flavones and Flavone Glycosides from *Salvia macrosiphon* Boiss, *J Pharm Res*, 10 : 247–251.
- 107) GOULAS V., GOMEZ-CARAVACA A. M., EXARCHOU V., GEROTHANASSIS I. P., SEGURA-CARRETERO A., FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ A. 2012.- Exploring the antioxidant potential of *Teucrium polium* extracts by HPLC–SPE–NMR and on-line radical-scavenging activity detection. *LWT- Food Science and Technology*, 46(1):104-109.
- 108) GOURINE N., MERRAD B., YOUSFI M., STOCKER P., GAYDOU EM. 2011.- Chemical composition of the essential oil of *Pituranthos scoparius* *Nat. Prod. Commun.* 6 (8):1151-1154.
- 109) GRAUSGRUBER-GRÖGER S., SCHMIDERER C., STEINBORN R., NOVAK J. 2012.- Seasonal influence on gene expression of monoterpene synthases in *Salvia officinalis* (Lamiaceae). *J Plant Physiol.* 169:353-359.
- 110) GRUBESIC R.J., VLADIMIR-KNEZEVIC S., KREMER D., KALODERA Z. VUKOVIC J., 2007.- Trichome micromorphology in *Teucrium* (Lamiaceae) species growing in Croatia. *Biologia*, Bratislava, 62(2): 148-156.
- 111) GURIB-FAKIM A. 2006.- Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of Tomorrow, *Molecular Aspects of Medicine*, 27: 1-93.

- 112) HABA H., BENKHALED M., GEORGES M., CHRISTOPHE L., CATHERINE L. (2004) Alkylated Isocoumarins from *Pituranthos Scoparius*, Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters, 18(5): 409-413.
- 113) HADDOUCHI F., LAZOUNI H.A., MEZIANE A., BENMANSOUR A. 2009.- Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut, Afrique Science, 5(2): 246 - 259.
- 114) HALIM A. F., SAAD H.-E. A., LAHLOUB M. F., AHMED A. F. 1995.- Pituranthoside from *Pituranthos triradiatus*, Phytochemistry, 40(3):927-929.
- 115) HAMMICHE V., MAIZA K. 2006.- Traditional medicine in Central Sahara: Pharmacopoeia of Tassili N'ajjer, Journal of Ethnopharmacology 105 :358–367.
- 116) HAMMOUCHE V., GHEYOUCHE R. 1988.- Plantes médicinales et thérapeutiques, 1^e partie : les plantes médicinales dans la vie moderne et leur situation en Alger. Annales de l'INA. El Harrach, Alger, 12 (1) : 419- 433.
- 117) HARBORNE J B., TOME-BARBERAN F A., WILLIAMS C A., GIL MI., 1986.- A chemotaxonomic study of flavonoids from European *Teucrium* species. Phytochemistry, 25(12): 2811-2816.
- 118) HART T., SHEARS P. 2002.- Atlas de poche de Microbiologie Flammarion Médecine Sciences. Paris. P.213.
- 119) HASANI P., YASA N., VOSOUGH-GHANBARI S., MOHAMMADIRAD A., DEGHAN G., ABDOLLAHI M. 2007.- In vivo antioxidant potential of *Teucrium polium*, as compared to a-tocopherol. Acta Pharm, 57: 123–129.
- 120) HENCHIRI H., BODO B., DEVILLE A., DUBOST L., ZOURGUI L., RAIES A., GRELLIER P., MAMBU L. 2009.- Sesquiterpenoids from *Teucrium ramosissimum*. Phytochemistry, 70: 1435-1441.
- 121) HILAN C., SFEIR R., JAWISH D., AITOUR S. 2006.- Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae, Libanaise Science Journal, 7(2): 13-22.
- 122) HISMATH I., WAN AIDA W. M., HO C.W. 2011.- Optimization of extraction conditions for phenolic compounds from neem (*Azadirachta indica*) leaves. International Food Research Journal, 18(3): 931-939.
- 123) HOUGHTON P.J., RAMAN A. 1998.- Laboratory handbook for the fractionation of natural extracts, New York, Ed Chapman and Hall, 208 p.
- 124) HRISTOVA Y., GOCHEV V., WANNER J., JIROVETZ L., SCHMIDT E., GIROVA T., KUZMANOV A. 2013.- Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Salvia sclarea* L. from Bulgaria against clinical isolates of *Candida* species. J. BioSci. Biotech. 2: 39-44.

- 125) HU-QUAN C., YOU-JIN Y., YOUN-CHUL K. 2009.- *Salvia miltiorrhiza* Bunge and its active component cryptotanshinone protects primary cultured rat hepatocytes from acute ethanol-induced cytotoxicity and fatty infiltration, *Food and Chemical Toxicology*, 4: 98-103 .
- 126) HUSSAIN J., UR REHMAN N., AL-HARRASI A., ALI L., KHAN A., ALBROUMI A.M. 2013.- Essential oil composition and nutrient analysis of selected medicinal plants in Sultanate of Oman, *Asian Pac J Trop Dis*, 3(6): 421-428.
- 127) ISERIN P. 2001.- *Encyclopédie des plantes médicinales*, Ed. Larousse-Bordas, Paris.
- 128) JIMOH F.O., ADEDAPO A.A., AFOLAYAN A.J. 2010.- Comparison of the nutritional value and biological activities of the acetone, methanol and water extracts of the leaves of *Solanum nigrum* and *Leonotis leonorus*. *Food and Chemical Toxicology* 48: 964–971
- 129) JINCHAO S., XUEGUANG S. 2005.- A comparison of accelerated solvent extraction, Soxhlet extraction, and ultrasonic-assisted extraction for analysis of terpenoids and sterols in tobacco. *Anal. Bioanal. Chem.*, 383: 1003–1008.
- 130) JUAN R., PASTOR J., MILLA F., ALAIZ M AND VIOQUE J. 2004.-Amino Acids Composition of *Teucrium* Nutlet Proteins and their Systematic Significance, *Annals of Botany* 94: 615–621.
- 131) JUNIO H. A., CORDERO A. A., ETTEFAGH K. A., BURNS J. T., MICKO K. T., GRAF T. N. 2011.- Synergy-directed fractionation of botanical medicines: A case study with goldenseal (*Hydrastis canadensis*). *Journal of Natural Products*, 74: 1621-1629.
- 132) KABOUCHE A., KABOUCHE Z., GHANNADI A., SAJJADI S.E. 2007.- Analysis of the Essential Oil of *Teucrium polium* ssp. *aurasiacum* from Algeria. *J. Essent. Oil Res.*, 19, 44–46
- 133) KABOUCHE A., BOUTAGHANE N., KABOUCHE Z., SEGUIN E., TILLEQUIN F., BENLABED K. 2005.- Components and antibacterial activity of the roots of *Salvia jaminiana*. *Fitoterapia*, 76, 450–452.19.
- 134) KAMATOU G.P.P., VILJOEN A.M., STEENKAMP P. 2010.- Antioxidant, anti-inflammatory activities and HPLC analysis of South African *Salvia* species, *Food Chemistry*, 119: 684-688.
- 135) KAMEL A., SANDRA P. 1994.- Gas Chromatography-Mass spectrometry analysis of the volatile oils of two *Teucrium polium* varieties. *Biochemical Systematic and Ecology*, 22(5): 529-532.

- 136) KAN Y., GOKBULUT A., KARTAL M., KONUKLUGIL B., et YILMAZ G., 2007.- Development and Validation of a LC Method for the Analysis of Phenolic Acids in Turkish *Salvia* Species. *Chromatographia Supplement*, 66: 147–152.
- 137) KANKO C., EL-HADJ SAWALIHO B., KONE S., KOUKOUA G., THOMAS N'GUESSAN Y. 2004.- Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*, C. R. Chimie, 7 :1039–1042.
- 138) KARAMAN S., ILCIM A., ÇÖMLEKÇİOĞLU N. 2007.- Composition of the essential oils of *Salvia aramiensis* Rech. Fil. and *Salvia cyanescens* Boiss. & Bal. *Pak. J. Bot.*, 39(1): 169-172.
- 139) KAWASHTY S.A., GAMAL EL-DIN E.M., SALEH N.A.M., 1997. The favonoid chemosystematics of two *Teucrium* species from Southern Sinai, Egypt. *Biochemical Systematics and Ecology*, 27: 657-660.
- 140) KELEN M., TEPE B. 2008.- Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish Flora. *Bioresour. Technol.*, 99: 4096-4104.
- 141) KHOUDJAA N. K., BOULEKBACHE-MAKHLOUFB L., MADANI K. 2014.- Antioxidant capacity of crude extracts and their solvent fractions of selected Algerian Lamiaceae, Benth & Hook. *Industrial Crops and Products*, 52: 177-182.
- 142) KIN-ICHI O., TADAO K. 2004.- Total synthesis of apigenin 7,4'-di-O- β -glucopyranoside, a component of blue flower pigment of *Salvia patens*, and seven chiral analogues, *Tetrahedron*, 60: 2025–2034.
- 143) KIVRAK I., DURU ME., OEZTUERK M., MERCAN N., HARMANDAR M., TOPCU G. 2009.- Antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial constituents from the essential oil and ethanol extract of *Salvia potentillifolia*. *Food Chem.* 116, 470-479.
- 144) KOLAK U., ARI S., BIRMAN H., HASANCEBI S., ULUBELEN A. 2001.- Cardioactive diterpenoids from the roots of *Salvia amplexicaulis*. *Planta Med.*, 67: 761-763.
- 145) KOLAK U., KABOUCHE A., OZTURK M., KABOUCHE Z., TOPCU G., ULUBELEN A. 2009.- Antioxidant Diterpenoids from the Roots of *Salvia barrelieri*, *Phytochemical Analysis*, 20: 320-327.
- 146) KOTAN A.C.R., KORDALI S., KESDEK M., KAYA Y., KILIC H. 2008.- Antimicrobial and insecticidal activities of essential oil isolated from Turkish *Salvia hydrangea* DC, ex Benth, *Biochemical Systematics and Ecology*, 36: 360-368.

- 147) KOVACEVIC NN., LAKUSIC BS., RISTIC MS. 2001.- Composition of the essential oils of seven *Teucrium* species from Serbia and Montenegro. *Journal of Essential Oil Research*. 13: 163–165.
- 148) KREMER D., KOSIR I.J., KOSALEC I. 2013.- Investigation of Chemical Compounds, Antioxidant and Antimicrobial Properties of *Teucrium arduini* L. (Lamiaceae) *Current Drug Targets*, 14 (9): 1006-1014
- 149) KRIFA M., GHARADA T., HAOUALA R. 2011.- Biological activities of essential oil, aqueous and organic extracts of *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. *Scientia Horticulturae*, 128: 61-67.
- 150) LA TORRE M C., PIOZZI F., RIZK A-F., RODRIGUEZ B., SAVON G. 1986.- 19-acetylteupolin IV, a neo-clerodane diterpenoid from *Teucrium polium* subsp. *pilosum*. *Phytochemistry*, 25 (9): 2239-2240.
- 151) LAGNIKA L. 2005.- Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises, Thèse Doctorat en Sciences, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- 152) LAHSISSENE H., KAHOUADJI A. 2010.- Usages thérapeutiques traditionnels des plantes médicinales dans le Maroc occidental : cas de la région de Zaër. *Phytothérapie* (8):210–217.
- 153) LAMBIN S., GERMAN A. 1969.- Précis de microbiologie. Tome 1.2^{ème} Ed. Masson, Paris.
- 154) LAZOUNI H.A., BENMANSOUR A., TALEB-BENDIAB S.A., D. CHABANE SARI 2007.- Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill, *Journal of Sciences & Technologie* , 25: 7-12.
- 155) LE HOUEROU H.N. 1995.- Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options méditerranéennes. Série B, études et recherches. Edition de l’IAM. Montpellier (CIHEAM) France ISBN 109782853521468
- 156) LI X., WANG Z. 2009.- Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil leaves of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *J. Essent. Oil Res.* 21: 476-480.
- 157) LI Y.G., LIU L.M., HU Z.B, WANG Z.T. 2009.- Advancement in analysis of *Salvia miltiorrhizae* Radix et Rhizoma (Danshen), *J. Chromatogr.*,1216: 1941–1953.
- 158) LJUBUNCIC P., DAKWAR S., PORTNAYA I., COGAN U., AZAIZEH H., BOMZON A. 2006.- Aqueous extracts of *Teucrium polium* possess remarkable antioxidant activity in vitro. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 3: 329–338.

- 159) LOGRADA T., RAMDANI M., KIRAM A., CHALARD P. FIGUEREDO G. 2013.- Variation of Essential Oils Composition of *Pituranthos Scoparius* in Algeria, *Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med.*, 2(1): 1–11.
- 160) LONGARAY-DELAMARE A.P., MOSCHEN-PISTORELLO I.T., ATTI-SERAFINI L.A., ECHEVERRIGARAY S. 2007.- Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chem.* 100: 603-608.
- 161) LOPEZ V., AKERRETA S., CASANOVA E., GARCIA-MINNA J M., YOLANDA CAVERO R et CALVO M. I., 2007.- In Vitro Antioxidant and Antirhizopus Activities of Lamiaceae Herbal Extracts. *Plant Foods Hum Nutr*, Vol.62:151–155
- 162) LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J. 1951.- Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193(1): 265-275.
- 163) MAHMOUDI Y. 1987.- La thérapeutique par les plantes les plus communes en Algérie. Palis des livres, Blida, 105 p.
- 164) MALAKOV P.Y., PAPANOV G.Y., ZIESCHE J. 1982.- Teupolin III, a furanoid diterpene from *teucrium polium*. *Phytochemistry*, 21(10) : 2597-2598.
- 165) MANSOURI A., EMBAREKG., KOKKALOU E., KEFALAS P. 2005.- Phenolic profile and antioxydant activity of the Algerian ripe date fruit (*Phonix dactylifera*), *Food Chemistry*, 89: 411-420.
- 166) MARINO S.D., FESTA C., ZOLLO F., INCOLLINGO F., RAIMO G., EVANGELISTA G., IORIZZI M. 2012.- Antioxidant activity of phenolic and phenylethanoid glycosides from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry*, 133(1):21-28.
- 167) MEHDIOUI R. et KAHOUADJI. A.D., 2007.- Étude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d’Amsittène : cas de la Commune d’Imi n’Tlit (Province d’Essaouira), *Bulletin de l’Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie.* 29: 11-20.
- 168) MESSAILI B. 1995.- Botanique, systématique des spermaphytes. OPU (Ed). Alger, 91p.
- 169) MEYER S., REEB C., BOSDEVEIX R. 2004.- Botanique Biologie et Physiologie Végétales. Editions Maloine, Paris
- 170) MIARA M.D., AIT HAMMOU M., HADJADJ AOUL S. 2013.- Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie* 11:206-218.

- 171) MICHEL T. 2011.- Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Thèse doctorat Université Orléans.
- 172) MILADI H., BEN SLAMA R., MILI D., ZOUARI S., BAKHROUF A., AMMAR E. 2013.- Chemical composition and cytotoxic and antioxidant activities of *Satureja montana* L. essential oil and its antibacterial potential against *Salmonella* Spp. strains. *J Chem.*, 2013: 9-18.
- 173) MOGHTADER M., 2009.- Chemical composition of the essential oil of *Teucrium polium* L. from Iran. *American-Eurasian J, Agric, & Environ, Sci.*, 5(6): 843-846.
- 174) MOGODE D. J. 2005.- Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* Vahl (Caesalpinaceae) utilisée dans le traitement des dermatoses au Tchad. Thèse de pharmacie, FMPOS,
- 175) MOHARRAM FA., MARZOUK, MS ., EL-SHENAWY SM., GAARA AH., EL KADY WM. 2012.- Polyphenolic profile and biological activity of *Salvia splendens* leaves, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 64 : 1678-1687.
- 176) MOLYNEUX P. 2004.- The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, *Songklanakar J.Sci.Technol*, 26 (2): 211-219.
- 177) MUANDA N. F., KONE D., DICKO A., SOULIMANI R., YOUNOS C. 2007.- Phytochemical composition and antioxidant capacity of three Malian Medicinal plant parts, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 109: 1 - 8.
- 178) NABIEL A.M. SALEH ,SAID GABRA, AHMED M. ABU-EYTAA, HANI EL-SAIDA 1983.- Flavone glycosides of *Salvia triloba*, *Phytochemistry*, 22 : 2057–2060.
- 179) NAGHIBI F., MOSADDEGH M., MOHAMMADI MOTAMED S & GHORBANI A. 2005.- Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology, *Iran, J. Pharm. Res.* 2, 63-79.
- 180) NAUCIEL C., VILDE J-L., 2005.- Bactériologie médicale. Masson, Paris.
- 181) NEAL M., 2001.- Pharmacologie médicale, 4^{ème} édition française, Boeck, p 105.
- 182) NEFFATI A., BOUHLELA I., BEN SGHAIERA M., BOUBAKERA J., LIMEMA I., KILANI S. SKANDRANIA I., BHOUIA W., LE DAUPHINC J., BARILLIER D., MOSRATI R., CHEKIR-GHEDIRAA L., GHEDIRAA K., 2009.- Antigenotoxic and antioxidant activities of *Pituranthos chloranthus* essential oils, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 27 :187–194.

- 183) NEUWINGER, H. D. 1996.- African ethnobotany : poisons and drugs - chemistry, pharmacology, toxicology. Chapman & Hall, London.
- 184) NGOM S. , FAYE F. D., DIOP M. , KORNPROBST J. M., SAMB A. 2012.- Composition chimique et propriétés physico-chimiques des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et d'*Hyptis suaveolens* (L.) Poit. récoltés dans la région de Dakar au Sénégal Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 81: 166 – 175.
- 185) OGANESYAN G.B. 2005.- Minor phenolic compounds from *Teucrium hircanicum*. Chemistry of Natural Compounds, 41, No. 2:228-229.
- 186) OGANESYAN G. B. 2007.- On a flavone from *Teucrium orientale*. Chemistry of Natural Compounds, 43(4): 474-475.
- 187) OGANESYAN G.B., GALSTYAN A.M., MNATSAKANYAN V. A., SHASHKOV A.S., GABABYAN P.V. 1991.- Phenylpropanoid glycosides of *Teucrium polium*. Chemistry of Natural Compound, 27: 556-559.
- 188) OLGUIN L J., LA TORRE M. C., ORTEGO F., CASTANERA P. RODRIGUEZ B. 1999.- Structure activity relationships of natural and synthetic neoclerodane diterpenes from *Teucrium* against Colorado potato beetle larvae. Phytochemistry, 50:759-753.
- 189) OLIVEIRA K.B., PALÚ É., WEFFORT-SANTOS A.M., OLIVEIRA B.H. 2013.- Influence of rosmarinic acid and *Salvia officinalis* extracts on melanogenesis of B16F10 cells. Braz. J. Pharmacogn. 23 (2): 249-258
- 190) OMS (Organisation mondiale de la Santé) 2003.- Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle, WHO/TRM/2000.1 ; annexe II : 31-35.
- 191) OULD EL HADJ M.D., HADJ-MAHAMMED M., ZABEIROU H. 2003.- Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional est). Courrier du Savoir. 03 : 47-51.
- 192) OZENDA P., 1977.- Flore du Sahara. 2^{em} ED. CNRS. Paris.
- 193) OZENDA P., 1983.- Flore du Sahara. Ed. 2. Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS.), Paris : 401.
- 194) ÖZKAN G., KULEAOAN H., ÇELIK S., GOKTURK R.S., ÜNAL O. 2007.- Screening of Turkish endemic *Teucrium montbretii* subsp. *pamphylicum* extracts for antioxidant and antibacterial activities. Food Control, 18: 509–512.
- 195) ÖZKAN G., SAGDIC O., GOKTURK RS., UNAL O., ALBAYRAK S. 2010.- Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extract from *Salvia pispidica*. Food Sci. Technol. 43, 186-190.

- 196) PANOVSKA T K., KULEVANOVA S., GJORGOSKI I., BOGDANOVA M., PETRUSHEVSKA G. 2007.- Hepatoprotective effect of the ethyl acetate extract of *Teucrium polium* L. against carbontetrachloride-induced hepatic injury in rats. *Acta Pharm*, 57: 241.248.
- 197) PARSAEE H., SHAFIEE-NICK R. 2006.- Anti-spasmodic and ant nociceptive, Effects of *Teucrium polium* aqueous extract *Iranian Biomedical Journal*. 10(3): 145–149.
- 198) PARTHASARATHY V. A., CHEMPAKAM B., ZACHARIAH T. J. 2008.- *Chemistry of Spices*, CABI North American Office, ISBN 978-1-84593-405-7
- 199) PERE J. P., 1999.- *Techniques spectroscopiques en biochimie analytique*. Centre Régionale de Documentation Pédagogique d'Aquitaine, 150p.
- 200) PERRY J.J., STALEY J.T., LORY S. 2004.- *Microbiologie. Cours et questions de révision*. Ed. Dunod.
- 201) PERRY N. S., BOLLEN C., PERRY E.K., BALLARD C. 2003.- *Salvia* for dementia therapy: review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial, *Pharmacol. Biochem. Behav*, 75, 651–659.
- 202) PIBIRI M. C. 2006.- *Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles*. Thèse Doctorat, EPFL Lausanne.
- 203) PISTRICK K., 2002.- Notes on neglected and underutilized crops Current taxonomical overview of cultivated plants in the family's Umbelliferae and Labiatae, *Genetic Resources and Crop EVolution*, 49: 211-225.
- 204) PRIETO P., PINEDA M., AGUILAR M. 1999.- Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical, Biochem.*, 296:337–341.
- 205) PRIOR, R.L., WU, X., SCHAICH, K. 2005.- Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10): 4290-4302.
- 206) PROESTOS C., SERELI D., KOMAITIS M. 2006.- Determination of phenolic compounds in aromatic plants by RP-HPLC and GC-MS. *Food Chemistry*, 95: 44–52.
- 207) PROESTOS C., SERELI D., KOMAITIS M. 2006.- Ultrasonically assisted extraction of phenolic compounds from aromatic plants: comparison with conventional extraction technics. *Journal of Food Quality*. 29: 567–582.
- 208) QUEZEL P., SANTA S. 1963.- *Nouvelle Flore d'Algérie et des régions Désertiques Méridionales*. Tome I et II. CNRS.

- 209) RAFFAUF R. F. 1996.- Plant Alkaloids: A Guide to their Discovery and Distribution, Ed: Food Products Press, pp: 189- 190.
- 210) RASEKH H.R., KHOSHNOOD-MANSOURKHANI M.J., KAMALINEJAD M. 2001.- Hypolipidemic effects of *Teucrium polium* in rats. *Fitoterapia* ,72 : 937–939.
- 211) RIBEREAU- GAYON P. 1968- Les composés phénoliques des végétaux, DUNOD, Paris, 254 p.
- 212) RICCI D., FRATERNAL D., GIAMPERI L., BUCCHINI A., EPIFANO F., BURINI G., CURINI M. 2005.- Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of *Teucrium marum* (Lamiaceae) *Journal of Ethnopharmacology*, 98 : 195-200.
- 213) RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J. et PAGANGA, G. 1997.- Antioxydant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 2: 152-159.
- 214) ROJO L., BENITES J., LÓPEZ J., ROJAS M., DÍAZ M., ORDÓÑEZ J., PASTENE E. 2009.- Antioxidant capacity and polyphenolic content of twelve traditionally used herbal medicinal infusions from the South American Andes. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.* 8 (6): 498-508.
- 215) SAEIDNIA, SOODABEH.,GHAMARINIA, MITRA.,GOHARI, AHMAD R. 2012.- Terpenes From the Root of *Salvia hypoleuca* Benth. *DARU- Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20:66-72.
- 216) SAHKI A., SAHKI R. 2004.- Le Hoggar promenade botanique. Espèces herbacées. Edition Ésope, p 311.
- 217) SARIKURKCU C., TEPE B., DAFERERA D., POLISSIOU M., HARMANDAR M. 2008.- Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methan extract of *Marrubium globosum* subsp. *globosum* (lamiaceae) three different chemical assays, *Biores. Technol.*, 99:4239-4246.
- 218) SARNI- MANCHADO P., CHEYNIER V. 2006.- Les polyphénols en agroalimentaire. Tec et Doc. Paris.
- 219) SEGURA-CAMPOS M.R., SALAZAR-VEGA I.M., CHEL-GUERRERO L.A., BETANCUR-ANCONA D.A. 2013.- Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT - Food Science and Technology*, 50: 723-731.
- 220) SENOL F.S., ORHAN I., CELEP F., KAHRAMAN A., DOGAN M., YILMAZ G., SENER B. 2010.- Survey of 55 Turkish *Salvia* taxa for their acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant activities. *Food Chem.* 120: 34-43.

- 221) SHAHNAZ H., HIFZA A., BUSHRA K., KHAN J.I. .2004.- Lipid studies of *Cuminum cyminum* fixed oil. Pak J Bot, 36: 395-401.
- 222) SHARIFIFAR F., DEHGHN-NUDEH B.G., MIRTAJALDINI M. 2009.- Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. Food Chemistry. 112: 885–888.
- 223) SHEKARCHI M., HAJIMEHDIPOOR H., SAEIDNIA S., GOHARI A.R., HAMEDANI M.P. 2012.- Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of Labiatae family. *Pharmacogn. Mag.* 8 (29): 37–41.
- 224) SIEBERT D. J. 1994.- *Salvia divinorum* and Salvinorin A: new pharmacologic findings, *Journal of Ethnopharmacology*, 43: 53-56.
- 225) SINGAB A., KHALIFA T., MAHRAN G.H., OKADA Y., MATSUMARU Y., ISHINO H., OKUYAMAT. 1998.- A new flavonoid glycoside from *Pituranthos tortuosus* Desf, Benth & Hook. *Natural Medicine*. 52: 191-194.
- 226) SINGLETON V.L., ROSS J.A. 1965.- Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagent, *Am. J. Enol. Vitic*, 16: 144- 158.
- 227) SONMEZ F., NEBIOGLU M., BESOLUK S., ARSLAN, ZENGİN M., KUCUKISLAMOGLU. 2013.- The first total synthesis of apigenin 7-O-β-D-cellobiosyl-4'-O-β-D-glucopyranoside isolated from *Salvia uliginosa*., *Natural Product research*, 27: 631-638.
- 228) SOSA M. E., TONN C. E. 2006.- Plant secondary metabolites from Argentinean semiarid lands: bioactivity against insects. *Phytochem. Rev.*, 7(1):3-24
- 229) SOUNDARYA DEVI S., MALATHI R., RAJAN S.S., ARAVIND S., KRISHNAKUMARIB G.N., RAVIKUMAR K. 2003.- A new clerodane diterpene with antifeedant activity from *Teucrium tomentosum*. *Acta Cryst.*, 59 : 530-532.
- 230) SOWBHAGYA H.B., FLORENCE SUMA P., MAHADEVAMM S., THARANATHAN R.N. 2007.- Spent residue from cumin - a potential source of dietary fiber, *Food Chem*, 104: 1220-1225.
- 231) STAGOS D., PORTESIS N., SPANOU C., MOSSIALOS D., ALIGIANNIS N., CHAITA E., PANAGOULIS C., RERI E., SKALTSOUNIS L., TSATSAKIS A.M., KOURETAS D. 2012.- Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology*, 50 : 4115–4124
- 232) STELLA S., PREDRAG L. ARIEH B. 2010.- The Effect of an Aqueous Extract of *Teucrium polium* on Glutathione Homeostasis In Vitro: A Possible Mechanism of Its Hepatoprotectant Action. *Advances in Pharmacological Sciences*, 10:1-7.

- 233) STICKEL F., SEITZ H.K., HAHN E.G., SCHUPPAN D., 2001.- Liver toxicity of drugs of plant origin. *Zeitschrift fur Gastroentologie*, 39: 225-232.
- 234) SUZUKI H., SAWADA S., WATANABE K., NAGAE S., YAMAGUCHI M.A., NAKAYAMA T., NISHINO T. 2004.- Identification and characterization of a novel anthocyanin malonyltransferase from scarlet sage (*Salvia splendens*) flowers: an enzyme that is phylogenetically separated from other anthocyanin acyltransferases, *Plant J*, 38: 994-1003.
- 235) SVETAZ L., ZULJAN F., DERITA M., PETENATTI E., TAMAYO G., CACERES A., CECHINEL FILHO V., GIMÉNEZ A., PINZON R., ZACCHINO S. A., GUPTA M. 2010.- Value of the ethnomedical information for the discovery of plants with antifungal properties. A survey among seven Latin American countries. *Journal of Ethnopharmacology* 127 : 137–158.
- 236) TEIXEIRA L.M., CARVALHO M., DA SIQUEIRA G., FACKLAM R.R. 2007.- Enterococcus. In P. R. Murray (Ed.), *Manual of Clinical Microbiology*, pp : 430-442.
- 237) TENORE GC, CIAMPAGLIA R, ARNOLD NA, PIOZZI F, NAPOLITANO F, RIGANO D., SENATORE F. 2011.- Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil of *Salvia lanigera* from Cyprus. *Food Chem.Toxicol.* 49: 238-243.
- 238) TEPE B., DAFERERA D., SOKMEN A., SOKMEN M., POLISSIOU M. 2005.- Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae), *Food Chemistry*, 90: 333–340.
- 239) TEUSCHER E., ANTON R., LOBSTEIN A. 2005.- *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*, Tec & Doc, Paris, , 522 p.
- 240) TOPCU G., ULUBELEN A., TAM T.C., TAO-CHE C. 1996.- Sesterterpenes and other constituents of *Salvia yosgadensis*, *Phytochemistry*, 42 : 1089–1092.
- 241) TOUIL A., RHOUATI S., CRECHE J. 2006.- Flavonoid glycosides from *Pituranthos chloranthus*. *Chemistry of Natural Compounds*, 42 (1):104-105.
- 242) TULUKCUA E., YALCINB H., OZTURKB I., SAGDIC O. 2012.- Changes in the fatty acid compositions and bioactivities of clary sage seeds depending on harvest year, *Industrial Crops and Products*, 39: 69– 73.
- 243) TUNDIS R., BONESI M., DEGUIN B., LOIZZO M.R., MENICHINI F., CONFORTI F., TILLEQUIN F., MENICHINI F. 2009.- Cytotoxic activity and inhibitory effect on nitric oxide production of triterpene saponins from the roots of *Physospermum verticillatum* (Waldst & Kit) (Apiaceae). *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17: 4542–4547.
- 244) ULUBELEN A., TOPCUT W., OLCAL S. 1994.- Rearranged abietane diterpenes from *Teucrium divaricatum* subsp. *vzllorum*. *Phymchmstry*, 37(5): 1371 1375.

- 245) ULUBELEN A. 2003.- Cardioactive and antibacterial terpenoids from some *Salvia* species, *Phytochemistry*, 64: 395–399.
- 246) ULUBELEN A., TOPCU G., KAYA U., 1993.- Steroidal compounds from *Teucrium chamaedrys* subsp. *chamaedys*. *Phymhrmmry*. 36(1):171 -173.
- 247) VALANT-VETSHERA K M., ROITMAN J N., WOLLENEBER E. 2003.- Chemodiversity of exudate flavonoids in some members of the Lamiaceae. *Biochemical systematic and ecology*, 31:1279-1289
- 248) VAN SOEST P.J. ROBERTSON J.B. 1979.- Systems of analysis evaluating fibrous feeds. Cornell University, Ithaca, N.Y.: 01-30.
- 249) VEITCH N.C., GRAYER R.J., IRWIN J.L., TAKEDA K. 1998.- Flavonoid cellobiosides from *Salvia uliginosa*, *Phytochemistry*, 48 : 389–393.
- 250) VELASCO-NEGUERUELA A., PEREZ-ALONSO M. J., 1990.- The Volatiles of six *Teucrium* species from the Iberian Peninsula and the Balearic islands. *Phytochemistry*, 29 (4): 1165 -1169.
- 251) VENTURINI N. 2012.- Contribution chimique a la définition de la qualité : exemples des spiritueux de Myrte (*Myrtus communis* L.) et de Cedrat (*Citrus medica* L.) de corse», Thèse de Doctrat en Chimie, Université De Corse-Pascal Paoli.
- 252) VERNIN G., LAGEOT C., GHIGLIONE C., DAHIA M., PARKANYI C. 1999.- GC/MS Analysis of the Volatile Constituents of the Essential Oils of *Pituranthos scoparius* (Coss et Dur.) Benth. et Hook, from Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 11 (6):673-676.
- 253) VOKOU D., MARGARIS N. S. 1986.-Variation of Volatile Oil Concentration of Mediterranean Aromatic Shrubs *Thymus capitatus* Hoffmag et Link, *Satureja thymbra* L., *Teucrium polium* L. and *Rosmarinus officinalis*. *Int. J. Biometeor*, 30(2): 147-155.
- 254) WANG L., WELLER C.L. 2006.- Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6): 300-312.
- 255) YAP C.F., HO C.W., WAN AIDA W.M., CHAN S.W., LEE C.Y., LEONG Y. S. 2009.- Optimization of Extraction Conditions of Total Phenolic Compounds from Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.) Residues. *Sains Malaysiana*. 38(4): 511–520.
- 256) YA-QIN M., XING-QIAN Y., ZHONG-XIANG F., JIAN-CHU C., GUI-HUA X., DONG-HONG L. 2008.- Phenolic Compounds and Antioxidant activity of extracts from ultrasonic treatment of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) Peels. *J. Agric. Food Chem.*, 56, No. 14, 5682-5690.

- 257) YEŞİLYURTA V., HALFONA B., ÖZTÜRKB M., TOPÇUD G. 2008.- Antioxidant potential and phenolic constituents of *Salvia cedronella*, food chem., 108: 31–39.
- 258) YI M. L., ZHI P.R., LIANG L.Z. 2008.- Evaluation of the Antioxydant Activity of *Syzygium cumini* Leaves, Molecules, 13: 2545-255.
- 259) ZIDORN C., STURM S., DAWSON J. W., KLINK J. W., STUPPNER H., PERRY N.B. 2002.- Chemosystematic investigations of irregular diterpenes in Anisotome and related New Zealand Apiaceae Phytochemistry, 59: 293-304.

Résumé

Le travail effectué constitue une contribution à la valorisation de quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien. Il a permis la mise en évidence de l'activité biologique des extraits des 3 plantes médicinales récoltées de la région de Tamanrasset : *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae), *Deverra scoparia* Coss. & Dur. (Apiaceae) et *Salvia chudaei* Batt. & Trab. (Lamiaceae). L'étude monographique et l'herbier des trois plantes précédentes ont été réalisés à l'issue de la première partie. Cette dernière a concerné également les enquêtes ethnobotaniques qui ont dressée une idée générale sur leurs utilisations traditionnelles.

Le screening phytochimique avait mis en évidence divers métabolites secondaires dans les trois plantes : Tanins, saponosides, terpènes et sesquiterpènes, alcaloïdes, anthraquinones, stérols, flavonoïdes et polyphénols. L'analyse quantitative a permis de doser divers composés tels que les oses, les lipides, les cendres et certains éléments minéraux.

Les huiles essentielles des parties aériennes des plantes sont obtenues par hydrodistillation par un appareil de Clevenger. La connaissance d'indices physiques et chimiques a permis la caractérisation de ces huiles. L'identification de leur composition chimique a été faite par chromatographie en phase gazeuse seule et couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM). Par ailleurs, ces plantes ont été soumises à deux types d'extraction des composés phénoliques, la première s'est faite par l'ultrason avec une optimisation des conditions d'extraction (solvant, concentration, temps, température) et la seconde a été réalisée par macération dans des solvants de polarité croissante.

L'analyse semi-quantitative des phénols totaux et des flavonoïdes des extraits phénoliques a été réalisée par colorimétrie. Celle-ci nous a permis de confirmer que les plantes sont riches en composés phénoliques. Le potentiel antiradicalaire des extraits a été déterminé par quatre méthodes différentes : le test de DPPH, le FRAP, l'ABTS et le test de Phosphomolybdate. Les tests biologiques effectués dans ce travail ont montré un effet antimicrobien remarquable des plantes *Salvia chudaei*, *Teucrium polium*, et *Deverra scoparia*, sur les différentes souches microbiennes testées : *Staphylococcus aureus* ATCC 27923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Proteus mirabilis* ATCC 39452, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 et *Candida albicans*.

Mots clés : Plantes médicinales, extraction, activité antimicrobienne, activité antioxydante, polyphénols, huiles essentielles, CG/SM.

Abstract

The study presented is a contribution to evaluation of some medicinal plants of the southern Algerian Sahara. It allowed the identification of the biological activity of extracts from three medicinal plants harvested in the region of Tamanrasset: *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae), *Deverra scorparia* Coss. & Dur. (Apiaceae) and *Salvia chudaei* Batt. & Trab. (Lamiaceae). In the first part, a monographic study and a herbarium of these three medicinal plants were realized. This was followed by ethnobotanical surveys, the results of which provided information about their traditional uses.

Phytochemical screening identified various secondary metabolites: tannins, saponins, terpenes and sesquiterpenes, alkaloids, anthraquinones, sterols, flavonoids and polyphenols. The quantitative analysis was used to dose various compounds such as saccharides, lipids, ash and some minerals.

Essential oils from the aerial parts of plants were obtained by steam distillation using a Clevenger apparatus. Knowledge of the physicochemical indices allowed the characterization of these oils. Identification of the chemical composition was achieved by gas chromatography alone and gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). Furthermore, these plants were subjected to two methods for the extraction of phenolic compounds, the first used ultrasound with optimization of the extraction conditions (solvent, concentration, time, temperature) while the second exploited solvents of increasing polarity. The semi-quantitative analysis of the total phenols and the flavonoids was performed by colorimetry. This enabled the confirmation that these plants are rich in phenolic compounds.

The antioxidant potential of the extracts was determined by four different methods: the test DPPH, FRAP, ABTS and the test of phosphomolybdat. Biological tests carried out in this work have shown a remarkable antimicrobial effect of plant *Salvia chudaei*, *Teucrium polium* and *Deverra scoparia*, the different microbial strains tested: : *Staphylococcus aureus* ATCC 27923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Proteus mirabilis* ATCC 39452, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Candida albicans*.

Keywords: Medicinal plants, extraction, antimicrobial activity, antioxidant activity, polyphenols, essential oils, GC / MS.

ملخص

العمل المنجز هو مساهمة في تثمين بعض النباتات الطبية من جنوب الصحراء الجزائرية. وقد سمح بتحديد النشاط البيولوجي لمستخلصات من ثلاثة النباتات الطبية حصدت من منطقة تمنراست: *Teucrium polium geyrii* Maire (Lamiaceae), *Deverra scorparia* Coss. & Dur. (Apiaceae), *Salvia chudaei* Batt. & Trab. (Lamiaceae).

تم إجراء دراسة تخصصية اثنوباثية وتحقيق معشبة النباتات الطبية الثلاثة، حيث أعطت النتائج فكرة عامة عن استخداماتها التقليدية.

إن الفحص الكيميائي أكد على تواجد مختلف المركبات الثانوية: العفص، السابونين، تربينات والسكيتربينات، قلويدات، فلافونيدات والبوليفينول. و تم استخدام التحليل الكمي لمركبات مختلفة مثل السكريات والدهون والرماد وبعض المعادن.

تم الحصول على الزيوت العطرية من الأجزاء العلوية للنباتات عن طريق التقطير البخار باستخدام جهاز Clevenger. المؤشرات الفيزيائية والكيميائية سمحت للتعرف على هذه الزيوت. كما تم التعرف على التركيب الكيميائي عن طريق كروماتوغرافية الغاز المرفق بجهاز مطيافية الكتلة (GC-MS). وعلاوة على ذلك، تعرضت هذه النباتات إلى نوعين من طرق استخراج المركبات الفينولية، الأول بواسطة الموجات فوق الصوتية مع دراسة لظروف الاستخراج (المذيبات، التركيز، الوقت ودرجة الحرارة) والثاني باستخدام المذيبات العضوية ذات قطبية متزايدة. تم إجراء تحليل نصف كمي لوني للفينولات و الفلافونويدات. وقد مكن من التأكد من أن النباتات غنية بمركبات الفينول.

كما تم دراسة النشاط المضاد للاكسدة باستخدام أربعة أساليب مختلفة: الاختبار DPPH، FRAP، ABTS واختبار phosphomolybdate. وقد أظهرت التجارب البيولوجية التي أجريت في هذا العمل تأثير مضاد للميكروبات ملحوظ ضد *Staphylococcus aureus* ATCC 27923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Proteus mirabilis* ATCC 39452, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 و *Candida albicans*.

كلمات مفتاحية: النباتات الطبية، استخراج، مضادات الميكروبات، مضادات الأكسدة، بوليفينول، الزيوت العطرية، GC/MS.