

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université
Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi Faculté des Sciences Exactes et
Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Science de la Nature et de la Vie
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister
en biologie
Option : Biologie et Ecologie végétale

THEME

**L'effet des facteurs d'environnement sur la
variation de quelques métabolites secondaires chez
deux espèces médicinales : *Juniperus oxycedrus* L.
(Cupressacées) et *Schinus molle* L. (Anacardiacees)**

PRESENTE PAR : DJEBAILI HIND

DEVANT LE JURY

PRESIDENT

PR. SNOUSSI M^{ED} MORAD.

UNIVERSITE D'OUM EL BOUAGHI.

RAPPORTEUR

PR. ZELLAGUI AMAR.

UNIVERSITE D'OUM EL BOUAGHI.

EXAMINATEURS

PR. GHERRAF NOUREDDINE.

UNIVERSITE D'OUM BOUAGHI.

DR. BOULAKHSAIM MILOUD.

UNIVERSITE D'OUM BOUAGHI.

Année universitaire : 2012/2013

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Les principales classes de composées phénoliques.	17
02	Différentes classes de flavonoïdes.	21
03	Comparaison entre <i>Juniperus communis</i> L. et <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	41
04	Les noms communs du <i>Schinus molle</i> au monde.	42
05	La situation des stations d'étude.	47
06	Moyenne des données météorologiques d'OEB pour la période (2002 – 2011).	48
07	Moyenne des données météorologique de Biskra pour la période (2002 – 2011).	51
08	Moyenne des données météorologiques d'EL Kala pour la période (2002- 2011).	54
09	Calcul de l'indice de DE MARTONNE pour les 03 stations.	58
10	Classification des stations selon DEMARTONNE.	59
11	Les parties utilisées et la quantité de la prise d'essai pour chaque espèce.	65
12	Composition chimique des HE de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'El Kala.	80
13	Composition chimique des HE de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'Oum El Bouaghi.	82
14	Composition chimique des HE de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région de Biskra.	84
15	Les principales molécules et les plus fluctuées entre les trois régions	90

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Structure chimique de L'isoprène.	11
02	Exemple des composants monoterpéniques.	11
03	Exemple des composants sesquiterpéniques.	11
04	Exemple des composants diterpéniques.	12
05	Exemple des composants triterpéniques.	12
06	Squelette de base des flavonoïdes	18
07	Structure chimique du Rutoside.	20
08	L'espèce de <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	37
09	Morphologie de <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	38
10	Arbre de <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	38
11	Aire de distribution de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. en Algérie.	39
12	Huile de cade.	40
13	Un brûle-parfum de cade.	40
14	Morphologie de <i>Schinus molle</i> L.	43
15	Les différentes parties aériennes du <i>Schinus molle</i> L.	43
16	Carte géographique de distribution du <i>Schinus molle</i> L.	43
17	Variation mensuelle moyenne des précipitations au niveau des trois stations.	56
18	Variation mensuelle moyenne de la température au niveau des trois stations.	57
19	Abaque pour le calcul d'indice d'aridité de De Martonne.	59
20	Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен d'Oum El Bouaghi (2001-2012).	60
21	Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен d'El Kala (2001-2012).	61
22	Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен de Biskra (2001-2012).	61
23	Climagramme du quotient pluviométrique Q2 d'Emberger des 03 stations d'étude.	63
24	Schéma de principe d'une extraction par hydrodistillation.	66
25	Dispositif de l'hydro distillation.	67
26	a. Filtration à travers tissus. b. Filtration sur papier Watman.	69
27	Protocole d'extraction des flavonoïdes	70
28	Evaporation des extraits par Rotavapor (R-210 BUCHI).	71
29	La teneur en HE dans les feuilles de <i>J. oxycedrus</i> L. des différents sites d'étude.	72
30	La teneur en HE dans les fruits de <i>J. oxycedrus</i> des différents sites d'étude.	74
31	La teneur en HE dans les feuilles de <i>Schinus molle</i> L. des différents sites d'étude.	75
32	La teneur en huile essentielle dans les fruits de <i>S. molle</i> L. des différents sites d'étude.	75
33	Le rendement total en HE dans les feuilles et les fruits de <i>J. oxycedrus</i> .	77
34	Le rendement total en HE dans les feuilles et les fruits de <i>S.molle</i> .	77
35	La teneur en HE dans les feuilles et les fruits de <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	78
36	La teneur en HE dans les feuilles et les fruits de <i>Schinus molle</i> L.	78
37	Les constituants majoritaires des HE de <i>J.oxycedrus</i> L. d'El Kala	81
38	Les constituants majoritaires des HE de <i>J.oxycedrus</i> L. d'Oum El Bouaghi	84
39	Les constituants majoritaires des HE de <i>J.oxycedrus</i> L. de Biskra	86
40	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'El Kala.	93

41	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'OEB.	94
42	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région de Biskra.	95
43	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>S. molle</i> L. de la région d'El Kala	96
44	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>S. molle</i> L. de la région d'OEB	97
45	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>S. molle</i> L. de la région de Biskra.	98
46	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>J. oxycedrus</i> L. dans les trois régions	99
47	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>S. molle</i> L. dans les trois régions.	100
48	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>J. oxycedrus</i> L. de trois stations.	101
49	Répartition des différentes fractions flavonoides de <i>S. molle</i> L. de trois stations.	102

Sommaire

Introduction

PATIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Plantes médicinales et métabolites secondaires

I.1 Les plantes médicinales	03
I.1.1 Définition	03
I.1.2 Protocole suivi pour étudier une plante médicinale	03
I.1.2.1 Connaissance de l'origine de la plante	03
I.1.2.2 Identification	03
I.1.2.3 Récolte	04
I.1.2.4 Séchage	04
I.1.2.5 Conservation	04
I.2 La phytothérapie	05
I.2.1 Généralité	05
I.2.2 Définition de la phytothérapie	05
I.2.3 Les variables d'importance à maîtriser dans la phytothérapie	05
I.2.4 Précaution d'emploi de la phytothérapie	06
I.3 Les métabolites secondaires des plantes médicinales	07
I.3.1 Les huiles essentielles	07
I.3.1.1 Définition des huiles essentielles	07
I.3.1.2 La qualité des huiles essentielles	08
I.3.1.3 Répartition Botanique	08
I.3.1.4 Localisation au niveau de la plante	08
I.3.1.5 Rôle des huiles essentielles dans la plante	09
I.3.1.6 Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles	09
I.3.1.7 Composition Chimique des huiles essentielles	10
I.3.1.8 Propriétés pharmacologique des huiles essentielles	13
I.3.1.8.1 Pouvoir antiseptique	13
I.3.1.8.2 Propriétés spasmolytiques et sédatives	13
I.3.1.8.3 Propriétés irritantes	14
I.3.1.9 Utilisation des huiles essentielles	14
I.3.1.10 Méthodes d'extraction	15
I.3.1.10.1 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	15
I.3.1.10.1.2 Extraction par hydro distillation d'huile essentielle	15
I.3.1.10.1.3 Extraction à froid	15
I.3.1.11 Méthodes d'identification des composés des huiles essentielles	15
I.3.1.11.1 Chromatographie en phase gazeuse(CPG)	15
I.3.1.11.2 Le couplage Chromatographie de masse (CG/SM)	16
I.3.2 Les composés phénoliques ou les polyphénols	16
I.3.2.1 Définition	16
I.3.2.2 Structure	16
I.3.2.3 Localisation	16

I.3.2.4 Classification des composés phénoliques	17
I.3.3 Les éléments phénoliques actifs des plantes	18
I.3.3.1 Les flavonoïdes	18
I.3.3.1.1 Présentation	18
I.3.3.1.2 Localisation	18
I.3.3.1.3 Structure	18
I.3.3.1.4 Propriétés des flavonoïdes	19
I.3.3.1.5 Classification	20
I.3.3.2 Les anthocyanes	20
I.3.3.3 Tanins	20
I.3.3.4 Saponosides	22
I.3.4 Les alcaloïdes	22
Chapitre II : Facteur de variabilité des métabolites secondaires	
II Facteurs de variabilité des huiles essentielles	24
II.1 Influence des pratiques culturales	24
II.2 Influence du cycle végétatif	24
II.3 Influence des procédés d'obtention	25
II.4 La récolte	25
II.5 L'organe végétal	25
II.6 Le séchage	26
II.7 La durée de la distillation	26
II.8 Influence des facteurs environnementaux	27
II.8.1 Les facteurs géographiques	27
II.8.1.1. L'origine géographique	27
II.8.1.2. L'altitude	27
II.8.2 Les facteurs édaphiques	28
II.8.2.1 Classification des plantes selon le type de sol	28
II.8.2.2 L'effet de sol sur les plantes médicinales	28
II.8.3 Les facteurs climatiques	29
II.8.3.1 Les facteurs influencent le climat	29
II.8.3.2 Relations des plantes médicinales avec les éléments du climat	30
II.8.3.2. La température	31
III.3.3.2.1 Classification des plantes selon leurs réponses aux degrés de température	31
III.3.3.2.2 L'effet de la température sur les plantes médicinales	32
II.3.3.2 L'eau	33
III.3.3.2.1 Classification des plantes selon leurs exigences hydriques	33
III.3.3.2.2 L'effet de l'eau sur les plantes médicinales	33
III.3.3.3 La lumière	34
III.3.3.3.1 L'effet de la lumière sur les plantes médicinales	34
Chapitre III : Présentation des espèces d'étude	
III.1 Présentation de <i>Juniperus oxycedrus</i> L	35
III.1.1 Présentation de la famille des Conifères	35

III.1.1.1	Description botanique	35
III.1.1.2	Utilisations	35
III.1.2	Présentation du genre <i>Juniperus</i>	36
III.1.2.1	Etymologie	36
III.1.2.2	Caractères	36
III.1.3	Présentation de l'espèce de <i>Juniperus oxycedrus</i>	37
I	II.1.3.1 Classification	37
	III.1.3.2 Description botanique	37
	III.1.3.3 Écologie et habitat	39
	III.1.3.4 Distribution géographique	39
	III.1.3.5 Utilisation	40
	III.1.4 Espèces proches	41
III.2	Présentation de l'espèce de <i>Schinus molle</i>	42
III.2.1	Classification	42
III.2.2	Description botanique	43
III.2.3	Origine et distribution	44
III.2.4	Culture et récolte	44
III.2.5	Principaux constituants	45
III.2.6	Utilisation	45
III.2.6.1	Propriétés thérapeutiques	45
III.2.6.2	Utilisation commerciales	46

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : présentation des sites d'étude

I.	Présentation des sites d'études	47
I.1	Présentation de la station d'OEB	47
I.1.1	Aspect géographique	47
I.1.2.	Aspect physique	48
1.1.2.1	Relief	48
1.1.2.2	Climat	48
I.1.3	Les données météorologiques de la région d'OEB	48
1.1.3.1	Les précipitations	48
1.1.3.2	La température	49
1.1.3.3	L'humidité relative de l'air	49
1.1.3.4	Le vent	49
I.2.	Présentation de la station de Biskra	50
I.2.1	Aspect géographique	50
I.2.2	Aspect physique	50
I.2.2.1	Climat	51
I.2.3	Les données météorologiques de la région de Biskra	51
I.2.3.1	Les précipitations	51
I.2.3.2	La température	51
I.2.3.3	Les vents	51
I.2.3.4	L'humidité relative de l'air	52

I.2.3.5 L'évaporation	52
I.3 Présentation de la station d'El Kala (P.N.E.K)	53
I.3.1 La végétation	53
I.3.2 Aspect physique	53
I.3.2.1 Relief	53
I.3.2.2 Climat	53
I.3.3.1 Les précipitations	54
I.3.3.2 La température	54
I.3.3.3 Humidité relative de l'air	54
I.3.3.4 Les vents	55
I.4 Variation des précipitations entre les trois stations	56
I.4.1 Variation annuelle des précipitations	56
I.4.2 Variation saisonnière des précipitations	56
I.5 Variation des températures entre les trois stations	57
I.5.1 Variation annuelle de la température	57
I.5.2 Variation saisonnière des températures	57
I.6 Synthèse climatique	58
I.6.1 Indice d'aridité de DEMARTONNE	58
I.6.2 Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен	60
I.6.3 L'indice pluviométrique d'EMBERGER	62
Chapitre II : Matériels et Méthodes	
II.1 Matériel	64
II.1.1 Le choix du matériel végétal	64
II.2 Méthodes	64
II.2.1 Extraction des huiles essentielles	65
II.2.1.1 Récolte et séchage des échantillons	65
II.2.1.2 Broyage	66
II.2.1.3 Extraction	66
II.2.2 Identification des constituants des huiles essentielles	68
II.2.2.1 Définition	68
II.2.2.2 Le couplage Chromatographie phase gazeuse/Spectrométrie de masse (CG/SM)	68
II.2.3 Extraction des flavonoïdes	69
II.2.3.1 Principe	69
II.2.3.2 Mode opératoire	69
II.2.3.3 Méthode de calcul du rendement	71
Chapitre III : Résultats et Discussion	
III.1 L'évaluation quantitative des huiles essentielles ⁷²	
III.1.1 L'évaluation quantitative des huiles essentielles contenant dans la partie aérienne de <i>Juniperus oxycedrus</i> L	72
III.1.1.1 La teneur des feuilles de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. en HE	72
III.1.1.2 La teneur des fruits de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. en HE	74
III.1.2 L'évaluation quantitative des huiles essentielles contenant dans la partie aérienne de <i>Schinus molle</i> L	75

III.1.2.1 La teneur des feuilles de <i>Schinus molle</i> L. en HE	75
III.1.2.2 La teneur des fruits de <i>Schinus molle</i> L. en HE	75
III.1.3 Comparaison entre les teneurs en HE dans les feuilles et les fruits de <i>J. oxycedrus</i>	77
III.1.4 Comparaison entre les teneurs en HE dans les feuilles et les fruits de <i>S. molle</i>	78
III.1.5 L'évaluation du rendement en HE en fonction de lieu de récolte	78
III.2. Identification des huiles essentielles de <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	79
III.2.1 Identification des HE de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'El Kala	80
III.2.2. HE de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. de la région d'OEB	82
III.2.3 Identification des HE de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région de Biskra	84
III.2.4 Variabilité des principales molécules présentées dans les HE des trois régions	89
III.3 L'évaluation quantitative du rendement en flavonoïde	92
III.3.1 Le rendement en flavonoïde chez l'espèce <i>J. oxycedrus</i> L.	92
III.3.1.1 Rendement en flavonoïdes de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'El Kala	93
III.3.1.2 Rendement en flavonoïdes de <i>J. oxycedrus</i> L. de la région d'Oum El-Bouaghi	94
III.3.1.3 Rendement en flavonoïde de <i>Juniperus oxycedrus</i> L. de la région de Biskra	95
III.3.2 Le rendement en flavonoïde chez l'espèce <i>Schinus molle</i> L.	96
III.3.2.1 Rendement en flavonoïdes de <i>S. molle</i> L. de la région d'El Kala	96
III.3.2.2 Rendement en flavonoïde de <i>S. molle</i> L. de la région d'Oum El Bouaghi	97
III.3.2.3 Rendement en flavonoïde de <i>S. molle</i> L. de la région de Biskra	98
III.3.3 La comparaison entre les rendements en flavonoïdes en fonction de lieu de récolte	99
III.3.4 La comparaison entre les rendements de chaque station en fractions flavonoidiques	101

Conclusion**Références bibliographiques****Annexe****Résumé**

Introduction

Les plantes véritable usine chimique ne cessent de nous épater encore et encore par la richesse des constituants qu'elles synthétisent que par les multiples utilisations qu'elles trouvent dans notre vie quotidienne. L'homme les considère comme des compagnes fidèles vers lesquelles il se retourne en raison des bienfaits qu'elles procurent et pour leur grande utilité, ce sont de vraies panacées et de véritables pharmacies naturelles (Beloued, 1998).

On a longtemps employé des remèdes traditionnels à base de plantes sans savoir à quoi étaient dues leurs actions bénéfiques (Bahorun, 1997). Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie en alimentation, en cosmétologie et en dermopharmacie sont devenus le centre d'un enjeu économique et environnemental international.

Cela nous fait ouvrir les yeux sur la terre, sur sa végétation et sur les possibilités médicinales car malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, l'homme n'a eu que les plantes pour le guérir et prévenir depuis la nuit des temps du fait que les plantes présentent des remèdes naturels bien acceptés par l'organisme (Bahorun, 1997).

Actuellement plus de 80 % de la population africaine ont recours aux drogues faites essentiellement de matières végétales qui poussent autour de leur ville. En plus dans le monde, près de 25% des prescriptions sont à base de plantes et 60 à 70% des médicaments antibactériens et anticancéreux sont des substances d'origine naturelle (Diallo, 2005). Mais malheureusement, parmi plus de 250000 espèces que compte la flore Algérienne, jusqu'à présent, seul un petit nombre a été étudié et très peu exploitées alors qu'elles pourraient avoir de fortes retombées socio-économiques, scientifiques et environnementales.

L'Algérie, de part sa position géographique, jouit de plusieurs facteurs de pédogenèse et de grandes variations climatiques auxquels s'ajoutent les ressources hydriques, tous favorables au développement des cultures intensives des plantes aromatiques et médicinales.

L'étude des différents facteurs du milieu constitue une partie importante de l'écologie végétale qui étudie les rapports des végétaux avec le milieu dans lequel ils vivent. La quantité et la qualité des huiles essentielles et des polyphénols dépendent d'un grand nombre de paramètres environnementaux d'origines différents notamment les conditions géographiques et climatiques. Le climat présente l'ensemble des actions de l'atmosphère, c'est un facteur écologique déterminant pour la croissance et le développement des plantes, il intervient directement par ses effets sur les différents processus physiologiques et métaboliques et la succession des stades phénologiques (Ramade, 1984).

Les conditions climatiques méditerranéennes de l'Algérie favorisent, aussi bien le développement des plantes médicinales spontanées (*Juniperus oxycedrus* L.) que cultivées (*Schinus molle* L.). Pour une meilleure connaissance du matériel végétal local et dans le but d'évaluer la variabilité, plusieurs caractères ont été étudiés chez ces deux espèces. La température et les précipitations sont des facteurs climatiques de toute première importance

car elles contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

Pour le besoin de la présente étude, nous essaierons de proposer quelques substances bioactives que nous avons extraites à partir de deux plantes algériennes *Juniperus oxycedrus* L. et *Schinus molle* L. parmi les plantes médicinales qui sont moins connues mais présentent un potentiel thérapeutique et ayant un impact écologique et économique fort intéressant. .

Juniperus oxycedrus L. ou genévrier cade appartenant à la famille des cupressacées est un petit arbre dioïque fréquent en région côtière méditerranéenne (Montagne, 1999) présente des capacités remarquables de résistance aux environnements hostiles, il ne craint ni la sécheresse ni le froid, et se contente d'un sol médiocre (Moreno et al., 1998; Sanchez et al., 1994). L'huile de cade contient des sesquiterpène ; -cadinène, cadalène, calacorène et des phénols (guaïacol, crésol), est utilisée pour sa vertu cicatrisante, réputée parasiticide, désinfectant et antiseptique (Adams, 1998; Guerraet al., 1987; Milos et Radonic, 2002).

Schinus molle L. aussi appelé faux-poivrier, est un arbre cultivé appartenant à la famille des anacardiées (Marongiu et al., 2004). Sa forte plasticité écologique lui permet de supporter tous les types de sols, même les plus pauvres. Cet utilisé comme brise vent en haies vives. Il fixe et stabilise les talus. Il comporte plusieurs substances actives, comme les terpènes (principalement mono-et sesquiterpènes), les tanins, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, Sa gomme-résine qui s'appelle résine de mollé est antigoutteuse, antirhumatismales, antifongique, antibactérien et purgative (Gundidza, 1993). Les extraits huileux de faux poivrier ont un effet anti-inflammatoire, antiseptique, antispasmodique et expectorant (Duke et al., 1985 ; Murray et al., 2005)

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance de substances bioactives de *Juniperus oxycedrus* L. et de *Schinus molle* L. plantes médicinales récoltés de trois régions en Algérie qui présentent des étages bioclimatiques très différents ; la région de Biska (hyper aride), la région d'Oum El Bouaghi (semi-aride) et la région de El kala (sub-humide), et de découvrir l'effet des variations climatiques à savoir les précipitations, l'humidité et la température sur la teneur et la composition chimique de certains métabolites secondaires.

Nous avons tenté de déterminer le rendement en huiles essentielle extraites par hydrodistillation et les teneurs en flavonoïdes chez les deux espèces, et de définir les chémotype de la plante de *Juniperus oxycedrus* L. suivant le lieu de récolte. Nous allons analyser les huiles obtenues par GC et GC/MS qui nous a permis de déterminer la composition chimique de l'huile essentielle dans le but de comparer nos résultats en fonction de lieu de récolte et à ceux de la littérature pour déterminer les conditions climatiques les plus favorable à la production des métabolites secondaires.

I.1 les plantes médicinales

I.1.1 Définition

Les végétaux ont toujours été employés, de manière empirique, à des fins thérapeutiques, par voie externe ou interne. On soupçonne, dès la préhistoire, l'utilisation de plantes médicinales par l'homme de Neandertal. Des découvertes archéologiques laissent penser que les plantes médicinales tenaient une place importante dans la pharmacopée traditionnelle des populations locales, leurs propriétés médicales sont dues à l'existence d'éléments actifs, qui, lorsqu'ils sont identifiés, sont reconstitués par synthèse (Hachette, 1998).

L'Organisation mondiale de la santé (O.M.S) considère que dans de nombreux pays peu développés, les plantes et leurs composants représentent la première source de remèdes. L'Organisation prépare d'ailleurs actuellement une gigantesque base de données afin d'y consigner la totalité des principes phytochimiques découverts à ce jour. A chaque fois qu'elle le peut, l'industrie pharmaceutique s'efforce de synthétiser les principes de ces produits naturels.

I.1.2 Protocole suivi pour étudier une plante médicinale

I.1.2.1 Connaissance de l'origine de la plante :

Les plantes médicinales sont subdivisées en deux groupes :

- **Plantes de cueillette :**

Ce sont des plantes spontanées, récoltées pour certains de leurs effets thérapeutiques reconnues par les pharmacopées traditionnelles mais celles-ci présentent un certain nombre d'inconvénients : dispersion géographique, irrégularité de leur croissance, qualité inégale et quantité insuffisante. De plus, leur récolte qui nécessite une main d'œuvre abondante et qualifiée, se révèle aujourd'hui insuffisante.

- **Plantes de culture :**

Ce sont des plantes de cueillette cultivées par des techniques agricoles. Ces cultures de plantes médicinales offrent de nombreux avantages :

- matière première abondante, homogène et de bonne qualité ; offrant une possibilité d'amélioration.
- récolte aisée, souvent mécanisée.
- frais de main d'œuvre réduits.
- traitement de matière végétale au voisinage des champs de culture évitant l'altération des principes actifs.
- risque très faible de substitution ou de falsification (Paris, 1986).

I.1.2.2 Identification

Avant toute utilisation, les plantes doivent être identifiées. Le nom scientifique d'une plante, exprimé en latin, comprend le nom de genre suivi d'un nom d'espèce, ainsi que

l'initial ou de l'abréviation du botaniste qui, le premier, a décrit la plante en question. Éventuellement il est complété par celui de la sous espèce ou de la variété.

Si le moindre doute subsiste, ne pas utiliser la plante, de nombreux cas d'intoxication sont dus à une erreur d'identification

I.1.2.3 Récolte :

La période de la récolte est très importante car au cours du temps, des saisons, des mois, voire des journées, des poussées de biosynthèse peuvent engendrer une accumulation plus ou moins importante de certains constituants des chaînes métaboliques ; certaines études ont même montré que, dans les cas extrêmes, le profil chimique d'une huile essentielle de la plante peut être différent au cours de la journée.

Des études scientifiques ont permis de définir le moment optimal de la récolte. En premier lieu, il faut attendre la saison propice (Paris, 1986). Ne cueillir que les plantes qui sont saines et propre. Les feuilles sont récoltées avant et pendant la floraison avec précaution une à une, sans blesser les pétales. Les fruits sont récoltés au moment de la maturité. La racine est récoltée au moment du repos végétatif, dégagée pour être sectionnée en partie et laisser ainsi la plante répartie éventuellement, pour l'année suivante. Les graines sont récoltées mures, habituellement en fin de saison (Philips et Foy, 1991)

I.1.2.4 Séchage :

Une fois récoltée, la plante se fane et meurt, ils apparaissent alors des processus de dégradation préjudiciable à l'activité thérapeutique de la plante. Pour éviter ce processus de dégradation on procède au séchage des plantes (Salagno *et al.*, 1989)

Le séchage dépend de la plante et le but fixé. Il existe des plantes qui sont utilisées fraîches sans séchage pour arriver à obtenir l'effet demandé où elles ne perdent pas l'agent ou la molécule active. Dans ce cas, les applications thérapeutiques sont obligatoires juste après la récolte. Dans d'autres où la plante est utilisée après séchage, il faut :

- Étaler la plante le plus rapidement possible après la cueillette en une seule couche sur la gaze ou sur un papier non imprimé, dans un endroit à l'ombre et bien aéré sans jamais les laver au préalable.
- Retourner les régulièrement au cours des premiers jours.
- Attendre le temps qu'il faut pour qu'il ne subsiste plus aucune trace d'humidité.

Dans certains cas, on peut utiliser l'étuve voire les rayons solaires pour sécher les plantes, à condition que ça ne touche pas les molécules actives. Les huiles essentielles sont volatiles à température élevée donc on doit sécher la plante à l'air libre (Callery et Emma, 1998).

I.1.2.5 Conservation :

Étant donné que la moindre trace d'humidité déclencherait un processus de moisissure, les drogues séchées doivent être placées immédiatement dans les récipients bien secs, dans des sacs de papier, dans des boîtes en fer blanc ou dans des caisses. La conservation se fait à l'abri de l'air et au sec (Callery et Emma, 1998).

I.2 La phytothérapie

I.2.1 Généralité

Depuis qu'il existe, l'homme cherche à soigner ces maladies. Pour cela, il utilisa les produits immédiatement à sa portée « les plantes ». L'usage des plantes en médecine est très ancien. Ils ont même découvert que les animaux sauvages utilisent instinctivement certaines plantes pour se soigner.

Aujourd'hui, pour que la médecine traditionnelle puisse porter ses fruits à une large échelle, et de manière encore plus efficace, il lui faut rencontrer la médecine dite moderne ou la phytothérapie (Wichtl et *al.*, 2003).

I.2.2 Définition de la phytothérapie

Etymologiquement le traitement par les plantes, vient du mot grec « *phyton* » qui veut dire plante, et « *therapeia* » traitement, est une méthode thérapeutique qui utilise l'action des plantes médicinales.

La phytothérapie est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties ou de préparation à base de plantes. Ce n'est ni une thérapeutique spéciale ni une médecine alternative, car elle fait partie intégrante de la thérapeutique. On peut distinguer deux types de phytothérapie :

➤ **Phytothérapie classique :** Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Selon l'OMS, cette phytothérapie est considérée comme « *une médecine traditionnelle et encore massivement employée dans certains pays dont les pays émergents. C'est une médecine parallèle du fait de l'absence d'étude clinique* ».

➤ **Phytothérapie rénovée :** Une pratique basée sur les avancées scientifiques et la recherche des principes actifs des plantes. Cette phytothérapie est assimilée aux médicaments et selon les pays suit les mêmes réglementations. On parle alors à la pharmacognosie (Roland, 2002 ; Bruneton, 2003)

I.2.3 Les variables d'importance à maîtriser dans la phytothérapie

➤ La plante est un organisme vivant, soumis aux variations de son environnement. Son évolution au cours des millénaires s'est traduite par des définitions à la fois externes et internes, c'est-à-dire morphologiques et biochimiques. Les différenciations morphologiques ont été à l'origine de la naissance de la classification botanique ou systématique, prenant aussi en compte certains critères anatomiques, voire microscopiques. Les différenciations biochimiques ont engendré, par mutations successives, des différences importantes dans les voies de biosynthèse, et dans l'accumulation de métabolites secondaires inédits, ce qui fait d'ailleurs tout l'intérêt de l'usage des plantes thérapeutiques (Roland, 2002 ; Bruneton, 2003)

De son côté, le médicament à base de plantes est un « complexe » de molécules, pouvant être préparé à partir d'une ou plusieurs espèces végétales ; sa présentation moderne sous des formes galéniques de plus en plus innovantes rend l'infusion originelle bien éloignée et souvent démodée. Le prescripteur et le pharmacien n'ont d'ailleurs que l'embarras du choix, mais l'imagination humaine, quelquefois sans limite, peut se heurter à la connaissance imparfaite de l'activité de ses nouveaux produits, de leur biodisponibilité spéciale et de leur métabolisme bien souvent modifié par rapport à ceux des remèdes traditionnels. Cette diversité rend encore plus délicat l'exercice du conseil en phytothérapie, d'autant que selon le type de solvants utilisés, certaines gammes de constituants actifs pourront être sélectionnées et conduite même à des utilisations thérapeutiques différentes (cas d'une poudre, d'une teinture, d'une huile essentielle obtenue à partir de la même drogue).

Ainsi, contrairement aux idées reçues, la phytothérapie qui utilise les plantes médicinales en l'état, des préparations galéniques qui en résultent, et des médicaments à base de plantes, est un art thérapeutique quelquefois difficile à manier.

En conclusion la phytothérapie constitue une thérapeutique à « variables multiples », dont on mesure d'emblée qu'il est indispensable d'en définir et de maîtriser rigoureusement la composition et de contrôler avec soin la fabrication, mais aussi la dispensation.

I.2.4 Précaution d'emploi de la phytothérapie

Certaines plantes contiennent des principes actifs qui peuvent être extrêmement puissants, d'autres sont toxiques à faibles dose. Le fait que l'on utilise que des plantes ne signifie pas que cela est sans danger; la culture libre de certaines plantes est interdites dans certains pays, le cas le plus courant étant le pavot dont la culture est réglementée en France et destinée à la seule industrie pharmaceutique.

La pharmacologie reconnaît l'action bénéfique de certaines plantes et s'attache donc à extraire le principe actif de ces plantes. La consommation « brute » de la plante induit la consommation d'autres produits contenus dans la plante que le principe actif, ne permettant ainsi pas de connaître la dose exacte de principe actif ingéré entraînant un risque de sous dosage ou de surdosage. Pour certains médecins phytothérapeutes, les autres principes vont atténuer les effets secondaires en entrant en interaction. (Roland, 2002 ; Bruneton, 2003)

La composition d'une plante peut varier d'un spécimen à l'autre, dépendant de terrain, des conditions de croissance, humidité, température ; ensoleillement, qui vont déterminer ce que l'on appelle en aromathérapie le « chémotype ».

De même, il ne faut pas utiliser des plantes d'origine douteuses, puisque les facteurs de la pollution, la cueillette et les méthodes de conservation, de stockage peuvent altérer les propriétés des plantes. (Roland, 2002 ; Bruneton, 2003)

I.3 Les métabolites secondaires des plantes médicinales

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à reproduire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire.

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, tannés, composés phénoliques...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelquefois atteindre des valeurs élevées. La notion de « métabolite secondaire » résulte initialement de trois groupes d'observations : d'abord une difficulté à attribuer à ces métabolites une fonction précise dans la physiologie même de la plante, ensuite une répartition très inégale selon les végétaux, quelquefois entre des espèces ou variétés à l'intérieur d'une même espèce, enfin une certaine « inertie biochimique » car ces substances sont rarement remobilisées dans la plante après qu'elles y ont été accumulées (Macheix et *al.*, 2005).

I.3.1 Les huiles essentielles

I.3.1.1 Définition des huiles essentielles

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ces composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante.

La norme AFNOR NF T 75-006 définit l'huile essentielle comme: « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation. L'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques ».

Ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveur généralement forte, extraites à partir des différentes parties de certaines plantes aromatiques, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression, par solvants ou par les techniques d'extractions récentes comme l'extraction par le procédé assisté par micro-ondes ou encore par extraction au fluide supercritique. Les huiles essentielles sont aussi connues sous les noms d'huiles volatiles, d'huiles éthériques ou encore essences. Elles se différencient des huiles fixes par leurs caractères physiques et leurs compositions chimiques. (Bruneton, 1993)

Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante. Les produits obtenus par extraction avec d'autres procédés ne sont pas repris dans la définition d'huile essentielle donnée par la norme de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) (Bruneton, 1993 ; AFNOR, 2000).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.). Il s'agit de la sécrétion naturelle élaborée par le végétal et contenue dans les cellules de la plante, soit dans les fleurs (ylang-ylang,

bergamotier, rosier), soit dans les sommités fleuries (tagète, lavande), soit dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus), ou dans l'écorce (cannelier), ou dans les racines (vétiver), ou dans les fruits (vanillier), ou dans les graines (muscade) ou encore autre part dans la plante (Anton et Lobstein, 2005).

I.3.1.2 La qualité des huiles essentielles

La qualité est mesurée par sa conformité à des normes qui peuvent varier selon l'utilisation de l'huile essentielle. Par exemple, les normes AFNOR (Association Française pour la Normalisation) et ISO (Organisation Internationale de Standardisation) sont les barèmes utilisés pour juger la qualité des huiles essentielles dans le secteur des parfums. En phytothérapie, leur qualité peut être assurée par la présence d'une certaine quantité de substances biologiquement actives ; la qualité des huiles essentielle utilisées comme saveurs peut être considérée mauvaise en raison de la présence de constituants toxiques comme l' -thujone dans l'huile de *Thuja occidentalis*. En pratique, la qualité des huiles essentielles est évaluée de deux façons : premièrement par des analyses chimiques et physico-chimiques et deuxièmement par les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle. La première est effectuée par des laboratoires spécialisés et la deuxième par un panel de personne expérimentées ou encore par un « nez artificiel ».

I.3.1.3.Répartition Botanique

Les HE sont sécrétées par plusieurs plantes connues sous le nom de plantes aromatiques, au nombre de 17500 espèces (Bruneton, 1999). Ces plantes sont regroupées selon Bruneton (1999) et Paris et Hurabeille (1981) dans un assez restreint nombre de familles botaniques ex: Myrtacées, Lauracées, Rutacées, lamiacées, Conifère, Astéracées, Apiacées , Cupressacées , Pipéracées ...etc. Certaines familles ne comportent aucune plante aromatique. Binet et Brunel (1968) signalent que d'autres familles se caractérisent par un grand nombre d'espèces à essences, comme par exemple les Labiées (*Thymus vulgaris* L. *Lavandula officinalis* L. *Origanum compactum* L ...ect), les Apiacées (*Pimpinella anisum* L. *Cuminum cyminum* L.). De très nombreuses conifère sont riches en oléorésines d'où leur nom de résineux comme les genévriers.

I.3.1.4. Localisation au niveau de la plante

Les HE sont réparties dans tous les organes de certains végétaux, dans les fleurs ou sommités fleuries (*Lavandula officinalis* Chaix.) Les feuilles (*Eucalyptus globulus* L.), Les écorces (*Cinnamomum zeylanicum* L.), les bois, les racines, les rhizomes et les fruits (*Anthriscus cerefolium* L.) (Paris et Hurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999).

Les huiles essentielles se trouvent accumulées dans des structures histologiques spécialisées; dans le cytoplasme de cellules isolées caractérisées par une teinte plus jaune et une paroi épaisse chez les Lauracées, sous forme de fine gouttelettes parsemant le protoplasme de cellules épidermiques des pétales de rose. Enfin, Binet et Brunel (1968) signalent que les huiles essentielles s'accumulent en forte quantité en dehors du cytoplasme, soit en repoussant la cuticule, soit en se déversant dans la lumière extracellulaire de canaux sécréteur (Apiacées et Conifères) ou de poches sécrétrices (Citrus). Ces canaux et ces poches sont dits schizogènes, s'ils se forment par écartement des cellules sécrétrices, et lysigène, s'ils

se forment grâce à lyse, mais il est fréquent que les deux modes de formation coexistent (canaux et poches schizolysigènes).(Anton et Lobstein,2005).

Il existe selon Bruneton (1999) ; Belaiche (1979) et Paris et Hurabielle (1981) plusieurs systèmes de sécrétion tels que les poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées) ou les poches sécrétrices schizolysigènes et (Aurantiacées), les canaux sécréteurs (Conifère et Apiacées), les poils sécréteurs (Lamiacées et Astéracées), et les cellules sécrétrices (Lauracées et Pipéracées).

I.3.1.5 Rôle des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont des substances qu'élabore le végétal pour ces propres besoins et à de multiples fins. Le rôle exact que les huiles essentielles jouent est mal connu ; mais la volatilité et l'odeur marquées de ces huiles essentielles en font deux des éléments attractifs vis-à-vis des insectes pollinisateurs comme elles peuvent être insectifuges ou encore un moyen de défense vis-à-vis des prédateurs (micro-organismes, champignons et herbivores) (Deroin, 1988).

Les rôles antibactérien et anti cryptogamique des huiles essentielles ont été prouvés par plusieurs auteurs notamment dans la prévision et la lutte contre les maladies des plantes (Belaiche 1979 ; Bruneton, 1999). Les essences et en particulier, certains terpènes aromatiques pourraient avoir une fonction énergétique : « mis en réserve pendant le jour, ils seraient dégradés durant la nuit en acétyl-CoA » (Guignard et *al.*, 2000). Il leur est attribué également un rôle contre la sécheresse et ce par la préservation dans la plante d'une humidité indispensable, ceci ; dans un bulletin de l'UNESCO, qui signale que la formation des huiles essentielles par certaines plantes semble jouer un rôle dans leur protection contre la sécheresse.

Bruneton (1999) signale qu'ils pourraient, selon quelques auteurs, constituer des supports à une « communication » et ce d'autant mieux que leur variété structurale autorise le transfert de « messages biologiques » sélectifs. Par ailleurs, Rosua et Granados (1987) attribuent aux huiles essentielles un intérêt taxonomique car ils ont pu établir un rapport entre la composition des huiles essentielles et la taxonomie intra-spécifique de *Rosmarinus officinalis* L. dans l'île de la Sardaigne, Benjlali et *al.* (1987) ont également tenté d'établir des corrélations entre la composition et la taxonomie des huiles essentielles lors de deux études portées respectivement sur quelques chémotypes nouveaux d'*Artemisia herba alba* Asso. et sur le polymorphisme chimique des huiles essentielles du Thym du Maroc.

I.3.1.6. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont liquide en température ambiantes généralement incolores ou faiblement colorées lorsqu'elles sont fraîchement extraites, à l'exception des essences renfermant de l'azulène qui sont bleues (ex: *Matricaria chamomilla* L.) Elles se caractérisent par une odeur aromatique et une volatilité très remarquable et sont très réfringentes. Elles ont généralement une densité inférieure à celle de l'eau (0.85 à 0.95%) et sont entraînable à la vapeur d'eau. Seules deux huiles essentielles ont une densité supérieure à celle de l'eau (ex : *Cinnamomum zeylanicum* L. *Eugenia caryophyllata* L.). Elles possèdent un indice de

réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire (Parie et Hurabeille, 1981 ; Duraffourd et *al.*, 1990; Salle et Pelletier, 1991).

Elles s'oxydent facilement et donnent des produits résinifiés par fixation de l'oxygène de l'air sous l'action de la lumière en même temps que leur odeur se modifie, leur point d'ébullition augmente, leur solubilité diminue. Aussi, devrait-on conserver les huiles essentielles dans des flacons bien bouchés, à l'abri de la lumière et à une température de l'ordre de 4°C.

De nature lipophile et hydrophobe, les huiles essentielles sont solubles dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes et elles dissolvent les graisses, l'iode, le soufre et le phosphore (Valnet, 1984). Elles sont très peu solubles dans l'eau ; elles le sont toutefois suffisamment pour communiquer à celle-ci une odeur nette appelée eau distillée florale (Bruneton, 1999).

I.3.1.7.Composition Chimique des huiles essentielles

Les essentielles sont des mélanges complexes de constituants dont un ou plusieurs sont généralement majoritaires et donnent l'aspect odorant particulier à l'huile essentielle (Garnero, 1970).

Les autres apportent en plus, selon Paris et Hurabeille (1981), une finesse plus au moins grande. Les constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes :

- ❖ le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques)
- ❖ le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents.

Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999). Les Principales structures chimiques sont :

Les terpènes sont des composants hydrocarbonés formés d'un ensemble d'isoprène (C₅H₈)_n. Ils représentent la partie majoritaire dans la composition des huiles essentielles sachant que seuls les terpènes les plus volatils : mono et sesquiterpènes sont rencontrés (Chalchat et *al.*, 1997 ; Bruneton, 1999).

En général, les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures.

Les composés terpéniques sont issus d'une voie métabolique secondaire de l'acide mévalonique. Suivant le nombre entier d'unités pentacarbonés (C₅)_n ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène (isoprène), nous pouvons réaliser la classification suivante :

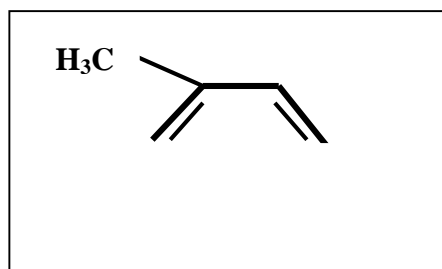


Figure 01: L'isoprène.

- Pour $n = 2$: **les monoterpènes**. Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en C_{10} . Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques.

A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, surtout alcool et aldéhyde.

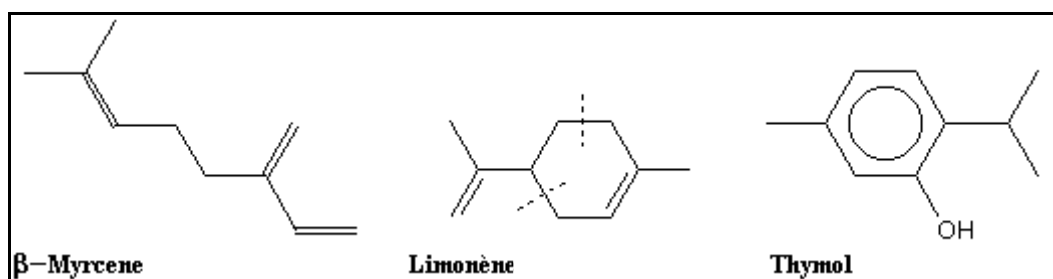


Figure 02 : Exemple des composants monoterpéniques.

- Pour $n = 3$: **les sesquiterpènes**. Ce sont des hydrocarbures de formule C_{15} , soit une fois et demie (sesqui-) la molécule des terpènes (en $C_{10}H_{16}$). Un groupe particulier de sesquiterpènes est représenté par les azulènes, composés instables dont le nom vient de leur coloration bleue et qui sont importants en pharmacognosie en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires. Ces composés, non saturés, sont constitués par deux cycles penta et hepta carbonés. Nous retrouvons dans ce groupe le chamazulène (des essences de camomille et de matricaire).

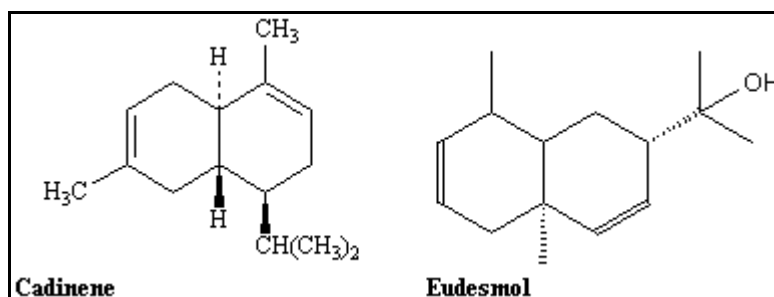


Figure 03 : Exemple des composants sesquiterpéniques.

- Pour $n = 4$: **les diterpènes** qui sont des dérivés d'hydrocarbures en C_{20} . Ces composés, à point d'ébullition élevé, se rencontrent surtout dans les résines.

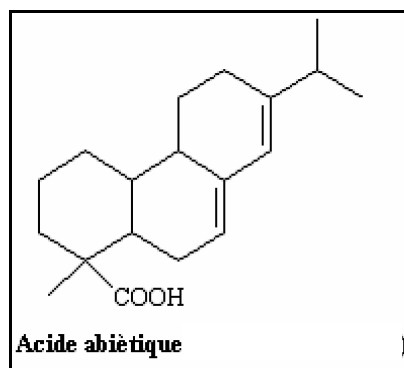


Figure 04 : Exemple des composants diterpéniques.

- Pour $n = 5$: les *sesterterpènes*. Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en C_{25} .
- Pour $n = 6$: les *triterpènes*. Ces composés en C_{30} sont très répandus, notamment dans les résines, à l'état libre, estérifiés, ou sous forme hétérosidique.

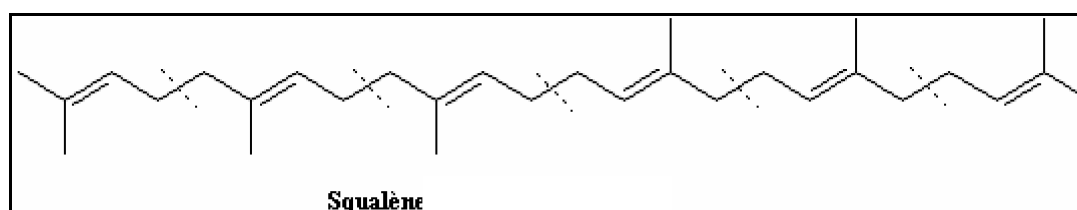


Figure 05 : Exemple des composants triterpéniques.

- Pour $n = 8$ et les polyterpènes le caoutchouc naturel est l'exemple plus nomme. Le caoutchouc naturel est un polymère de l'isoprène. Il est produit par la coagulation par la chaleur de la sève.

Les dérivés du phénylpropane sont moins abondants que les terpénoïdes, ce sont des arènes issues d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique lui-même intermédiaire de la synthèse de la lignine à partir du phénylpropane.

Les composés sont néanmoins importants sur le plan qualitatif et quantitatif chez certaines espèces. Par exemple, le trans-anéthole qui est la molécule responsable en grande partie de l'arôme d'anis, constitue environ 80% de l'huile essentielle de fenouil (1-3% d'essence), et d'anis vrai (3% d'essence). Les dérivés phénylpropanoïques et les terpénoïdes sont associés en nombre et en proportions très variables de telle sorte que le produit est hétérogène et complexe sur le plan chimique. Ils sont biosynthétisés au sein des mêmes organes sécréteurs où ils forment l'essence naturelle.

I.3.1.8. Propriétés pharmacologiques des huiles essentielles

Il est possible de confondre l'activité d'une huile essentielle avec celle de la plante dont elle est issue. Une telle superposition n'est que rarement possible: ainsi l'huile essentielle de romarin est antibactérienne alors que l'infusé de la même espèce est traditionnellement utilisé pour le traitement symptomatique de troubles digestifs divers tels que: le ballonnement épigastrique; la lenteur à la digestion; les éructations; les flatulences, sur la base de propriétés antispasmodiques.

Elle est également utilisée comme traitement adjuvant de la composante douloureuse des colites spasmodiques ; pour faciliter les fonctions d'élimination rénales et digestives ; dans les troubles fonctionnels digestifs attribués à une origine hépatique et dans diverses indications locales (hygiène buccale, antalgique de l'oropharynx, adoucissant et antiprurigineux des affections dermatologiques.

I.3.1.8.1. Pouvoir antiseptique

Produites comme métabolites secondaires par les plantes aromatiques, les huiles essentielles sont toujours utilisées comme agents antimicrobiens en médecine populaire, en aromathérapie et en industrie alimentaire (Baudoux, 2000).

Différentes études récentes ont confirmé, *in vitro*, l'activité antimicrobienne de certaines huiles essentielles (Hammer et *al.*, 1999; Cassella et *al.*, 2002).

Ce pouvoir antiseptique s'exerce à l'encontre de bactéries pathogènes variées, y compris des souches habituellement antibiorésistantes. Certaines huiles essentielles sont également actives sur des champignons responsables de mycoses et sur des levures. Les doses actives sont en générale faibles et celles qui sont déterminées par une expérimentation *in vitro* sont directement transposables pour une utilisation par voie externe ou, *a fortiori*, comme conservateur. Sarriette, cannelle, genévrier, thym, girofle, lavande, eucalyptus sont au nombre des huiles essentielles les plus antiseptiques. Des composés comme le citral, le géraniol, le linalol ou le thymol sont respectivement 5,2 ; 7,1 ; 5 et 20 fois plus antiseptiques que le phénol.

I.3.1.8.2. Propriétés spasmolytiques et sédatives

De très nombreuses drogues à huiles essentielles (menthe, verveine...) sont réputées efficaces pour diminuer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux. Il est fréquent qu'elles stimulent la sécrétion gastrique d'où les qualificatifs de « digestives » et de « Stomachique » qui leur sont décernés, avec toutes les conséquences qui peuvent découler de cette «euepsie»: amélioration de certaines insomnies et de troubles psychosomatiques divers, diminution de la nervosité, etc. Ces effets bénéfiques divers expliquent sans doute que les médecines populaires et les thérapeutiques douces fassent un très large usage de ces drogues.

In vitro, un grand nombre d'huiles essentielles (angélique, basilic, camomille, girofle, mélisse, menthe, thym...) exercent une activité spasmolytique marquée sur l'iléon de cobaye isolé (et, dans une moindre mesure, sur la trachée du même animal): dans quelques cas rares (anis, fenouil) c'est au contraire une augmentation des contractions phasiques de cet organe

qui est observée. D'après des travaux réalisés sur l'HE de schinus, il est possible que ce type d'activité soit lié à une inhibition de l'entrée du calcium dans les cellules.

I.3.1.8.3 Propriétés irritantes

Utilisés par voie externe, des produits comme l'essence de térébenthine provoquent une augmentation de la microcirculation, une rubéfaction importante, une sensation de chaleur et, dans certains cas une légère action anesthésique locale. C'est ce que l'on recherchait autrefois dans les embrocations et les onguents. Aujourd'hui, encore nombreuses sont les pommades, les crèmes ou les gels à base d'huiles essentielles destinés à soulager entorses, courbatures, claquages et autres algies articulaires ou musculaires. Administrées par voie interne, les huiles essentielles déclenchent des phénomènes d'irritation à différents niveaux. Ainsi, celles d'eucalyptus, de pin, de niaouli stimuleraient les cellules à mucus et augmenteraient les mouvements de l'épithélium cilié au niveau de l'arbre bronchique; d'autres favoriseraient l'élimination rénale d'eau par effet local direct comme le genièvre, le faux poivrier. D'autres activités sont attribuées aux huiles essentielles (cholérétique, cicatrisante, neurosédative...) (Bruneton, 1999).

I.3.1.9 Utilisation des huiles essentielles

L'usage commercial des menthes est dû à leurs teneurs élevées en HE. Actuellement, elles trouvent des emplois dans différents secteurs:

I.3.1.9.1 En pharmacie

Dans leur grande majorité, les huiles essentielles sont utilisées en nature, en particulier pour la préparation d'infusions (menthe, mélisse, verveine, fleurs d'orangers) et sous la forme de préparations galéniques simples.

I.3.1.9.2 En parfumerie

C'est le débouché principal des huiles essentielles, des concrètes, des absolues et autres résinoïdes. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs, surtout, les substances odorantes pour les produits de rasage ou autres. Les isolais sont également utilisés en parfumerie comme l'huile de *Schinus molle*, même si le coût souvent élevé des produits naturels conduit parfois à privilégier les produits synthétiques.

I.3.1.9.3 Dans les industries agro-alimentaires

Si certaines drogues sont utilisées en nature (épices et aromates), d'autres le sont sous forme d'huiles essentielles ou de résinoïdes et d'oléorésines dispersés, encapsulés, complexés.

Le développement de nouvelles pratiques culinaires (plats préparés, préparations surgelées industrielles, etc.), le goût pour l'exotisme, les qualités gustatives des produits d'une agriculture intensive et d'autres facteurs conduisent à une augmentation rapide de la consommation de ce type de produits. Tous les segments alimentaires sont consommateurs : boissons non alcooliques, produits laitiers, produits carnés, soupes, sauces, snacks, boulangerie, sans oublier la nutrition animale et les recherches sur l'aromatation de la viande.

I.3.1.10 Méthodes d'extraction

Le procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique (Garnero, 1977). Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants.

I.3.1.10.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic (Richard et Peyron, 1992).

I.3.1.10.2 Extraction par hydro distillation d'huile essentielle

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (Bruneton, 1993).

I.3.1.10.3 Expression à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (Basil *et al.*, 1998).

I.3.1.11 Méthodes d'identification des composés des huiles essentielles

Selon la Pharmacopée Française et Européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants (Pibiri, 2006).

La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse. Il permet de connaître très exactement la composition chimique.

I.3.1.11.1 Chromatographie en phase gazeuse(CPG)

La CPG s'est montrée une méthode appropriée pour la séparation et l'identification des composants d'une HE, elle réalise à la fois une analyse qualitative et quantitative (Paris et Godon, 1979).

L'échantillon est vaporisé et injecté en tête de colonne. L'élution est assurée par un flux de gaz inerte qui sert de phase mobile. La CPG est basée sur le partage de produit analysé entre une phase gazeuse mobile et une phase (liquide ou solide) immobilisée sur la surface d'un support inerte (Skoog *et al.*, 2003).

Les constituants des mélanges appelés généralement « solutés » sont inégalement retenus par la phase stationnaire lors du transit dans la colonne. De ce phénomène appelé « rétention », les solutés injectés se déplacent avec une vitesse inégale entre eux et inférieure à celle de la phase mobile, ceci les conduit à sortir de la colonne les uns après les autres. On enregistre d'abord un signal dit ligne de base en présence du gaz vecteur seul, puis un pic au passage de chaque soluté séparé (Tranchant, 1995).

I.3.1.11.2 Le couplage Chromatographie phase gazeuse/Spectrométrie de masse (CG/SM)

Dans le secteur particulier des huiles essentielles, le couplage CG/SM est, aujourd'hui, la technique de référence (Longevialle, 1981 ; Constantin, 1996). Lorsqu'on soumet un composé moléculaire à cette analyse, on déclenche un processus à plusieurs étapes (Pradeau et Cohen, 1992).

I.3.2 Les composés phénoliques ou les polyphénols

I.3.2.1 Définition

Le terme « *polyphénols* » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux. En fait, il devrait être réservé aux seules molécules présentant plusieurs fonctions phénols. Ce qui exclurait alors les monophénols, pourtant abondants et importants chez les végétaux. Donc la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono-, di- et polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (Macheix et al, 2005).

I.3.2.2 Structure :

Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de substances chimiques. L'élément fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique (aromatique), auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, ou hétéroside (Laraoui., 2007). Ils peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés, de plus de 30000 Dalton, comme les tanins.

I.3.2.3 Localisation :

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) (Charpentier, 2006). Ils sont présents aussi dans diverses substances naturelles : dans les fruits rouges, le raisin. Parmi les composés phénoliques, dont 8000 sont connus : les flavonoïdes, les quinones phénoliques, ligands, les xanthomes, les coumarines et d'autres classes existent en nombre considérable (Laraoui, 2007).

I.3.2.4 Classification des composés phénoliques

Plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui chez les végétaux. Bien qu'étant très diversifiés, ils ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles.

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes (Tableau 01) qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées) ensuite par le degré de modifications de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation), enfin par les liaisons possibles de ces molécules de bases avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques (Macheix et *al.*, 2005).

Tableau 01 : Les principales classes de composées phénoliques (Macheix et *al.*, 2005)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine
C6	Phénols simples	Cathécol	Epices, fraise
C6 - C1	Acides hydroxybenzoïques	P - hydroxybenzoïque	Pomme de terre, pomme
C6 - C3	Acides hydroxycinamiques	Acides caféique, férulique	Citrus
C6 - C4	Coumarines	Scopolétine, esculétine	Noix
C6 - C2- C6	Napthoquinones	Juglone	Vigne
C6 - C3- C6	Stilbènes	Resvératrol	Fruits, légumes, fleurs
(C6 - C3)2	Flavonoides	Kaempférol, quercétine	Fleurs, fruits rouges
(C6 - C3)n	Flavonols	Cyanidine, pélargonidine	Pomme, raisin
(C15)n	Anthocyanes	Catéchine, épicatechine	Citrus
	Flavonols	Narigénine	Soja, pois
	Flavonones	Daidzéine	Pin
	Isoflavonoides	pinorésinol	Bois, noyau des fruits
	Lignanes		Raisin rouge, kaki
	Lignines		
	Tannins		

I.3.3 Les éléments phénoliques actifs des plantes

I.3.3.1 Les flavonoïdes

I.3.3.1.1 Présentation

Les flavonoïdes (du latin *flavus*, jaune) sont des substances généralement colorées ré pondues chez les végétaux ; on les trouve dissoutes dans la vacuole à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes particuliers, les chromoplastes (Guignard, 2000).

Le terme flavonoïdes rassemble une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, possédant un certain nombre de phénols libre ou stabilisés par un sucre. Ce sont des hétérosides très ré pondus chez certaines dicotylédones (Asteraceae, Polygonaceae, Papillonaceae) (Charpentier et *al.*, 2004).

Leur fonction principale semble être la coloration des plantes (au-delà de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bétalaïnes), même si leur présence est parfois masquée par leur présence sous forme "leuco", ce qui explique leur intérêt commercial dans l'industrie alimentaire.

I.3.3.1.2 Localisation

Sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines, bois. Les formes hétérosidiques des flavonoïdes, hydrosolubles, s'accumulent dans les vacuoles et, selon les espèces, se concentrent dans l'épiderme des feuilles ou se répartissent entre l'épiderme et le mésophylles comme chez certaines céréales. Dans le cas des fleurs, elles sont concentrées dans les cellules épidermiques.

Lorsque les flavonoïdes sont présents au niveau de la cuticule foliaire, il s'agit presque toujours de génines libres dont la lipophilie est accrue par la méthylation partielle ou totale des groupes hydroxyle. Cela concerne surtout des plantes de régions arides ou semi arides, souvent pourvues de structures sécrétrices (Bruneton, 1999).

I.3.3.1.3 Structure

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone constitué de deux unités aromatiques, de cycle en C₆ (A et B), reliés par une chaîne en C₃ (figure 06) (Bruneton, 1999).

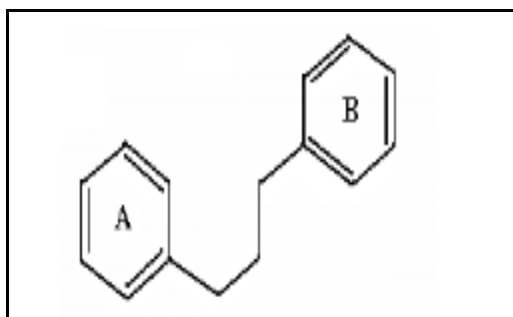


Figure 06 : Squelette de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

I.3.3.1.4 Propriétés des flavonoïdes

Comme on a cité les flavonoïdes sont présents en toutes les parties des végétaux supérieurs. Certains, sont plus spécifiques de certains tissus, comme par exemple les anthocyanes sont plutôt localisés dans les parties externes des fruits, fleurs et feuilles. Les chalcones se retrouvent plus fréquemment dans les pétales des fleurs. Ce sont des pigments naturels au même titre que les chlorophylles (couleur verte) et les caroténoïdes (nuance jaunes et orangées).

- **Propriétés pharmacologiques**

De nos jours, les propriétés les flavonoïdes sont largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités antivirales, anti-tumorales, anti-allergiques et anti-cancéreuses (Middleton et Kardasnam, 1993 ; Ghestem, 2001)

Ils sont essentiellement des médicaments de l'insuffisance veineuse par action sur la microcirculation, ils diminuent la perméabilité des capillaires sanguins et augmentent leur résistance, cette action est appelée « vitaminique P ».

Différents mécanismes sont évoqués pour expliquer cette activité :

- des propriétés antioxydantes, piègeurs de radicaux libres.
- des propriétés inhibitrices d'enzymes.

A côté de cette action principale « vitaminique P », certains flavonoïdes présentent des activités particulières : diurétiques, anti-inflammatoires, antispasmodiques (Ghestem et al, 2001).

- **Propriétés alimentaires**

Les flavonoïdes sont naturellement présents dans les fruits et légumes de notre alimentation. On les retrouve aussi dans de nombreuses boissons : vin, bière, lait de soja, thé et chocolat.

Les études épidémiologiques suggèrent un effet protecteur des fruits et légumes contre les maladies cardiovasculaires et le cancer. Outre les flavonoïdes, de nombreux constituants de ces fruits et légumes peuvent aussi concourir à expliquer cette association : fibres, vitamines et minéraux, glucosinolates, caroténoïdes etc. Les études épidémiologiques des effets sur la santé de la consommation de flavonoïdes concluent que « Les données à l'heure actuelle suggèrent des effets bénéfiques des flavonoïdes et des lignines sur les maladies cardiovasculaires mais pas sur le cancer, avec l'exception possible du cancer du poumon ».

- **Emplois en thérapeutique**

Les flavonoïdes sont indiqués principalement dans le traitement des troubles de la fragilité capillaire au niveau de la peau (pétéchies, ecchymose) ainsi qu'au niveau des muqueuses ; dans le traitement des signes fonctionnelles de la crise hémorroïdaire, des troubles liés à la circulation rétinienne et/ou choroïdienne en association avec d'autres médicaments. Ils sont utilisés dans le traitement des symptômes en rapport avec l'insuffisance veinolympatique ; œdèmes, paresthésies, crampes, jambes lourdes (Charpentier et al., 2004). Principale flavonoïde utilisé en thérapeutique : est le Rutoside

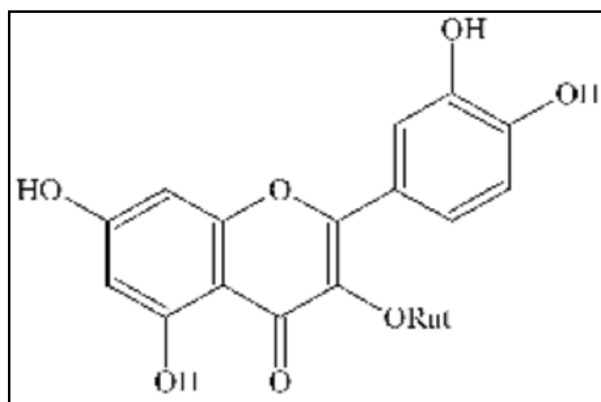


Figure 07 : Structure chimique du Rutoside (Ghestem et al, 2001).

I.3.3.1.6 Classification

La famille des flavonoïdes peut se diviser en sept classes qui diffèrent par leurs structures chimiques: flavones, flavonols, flavanones, isoflavones, chalcones, anthocyanidines. Parmi les nombreux pigments dérivants de cette structure, il convient de citer notamment dans le (Tableau 02).

I.3.3.2 Les anthocyanes

Les anthocyanes (du grec *anthos*, fleur et *Kuanos*, bleu violet) terme général qui regroupe les anthocyanidols et leurs dérivés glycosylés (Guignard, 2000). Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange). Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'oeil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplis d'eau (Guignard, 2000)

Les anthocyanes s'emploient pour améliorer la circulation périphérique, dans la protection du système capillaire et pour éviter les dépôts de polyols dans le cristallin, qui sont un des effets secondaires du diabète insulino-dépendant (Charpentier et *al.*, 2004).

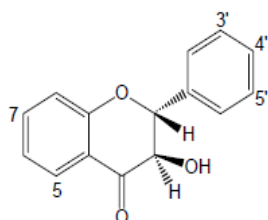
I.3.3.3 Tanins

Les tanins sont des composés polyphénoliques, hydrosolubles, ayant la propriété de tanner la peau, (Bruneton, 1999), c'est-à-dire ce sont des substances qui ont la propriété coaguler les albumines des muqueuses ou des tissus en créant une barrière isolante et protectrice. La plupart des propriétés des tanins découlent de leur capacité à former des complexes avec les macromolécules, en particulier les protéines. Les tanins présentent des propriétés astringentes, antidiarrhéiques, antibactériennes et antifongiques (Charpentier et *al.* 2004).

Les tanins sont utilisés en thérapeutique, dans le traitement des maladies du système veineux et capillaire, comme antidiarrhéiques, comme contrepoisons en cas d'intoxication par les alcaloïdes ou les métaux lourds et en dermatopharmacie, comme toniques astringents.

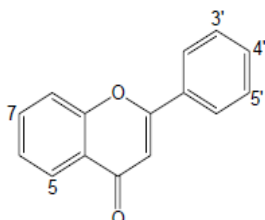
Tableau 02: différentes classes de flavonoïdes

FLAVONOÏDES



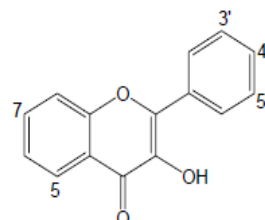
Dihydroflavonols

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Taxifoline	OH		OH	OH	OH	
Fusétine			OH	OH	OH	



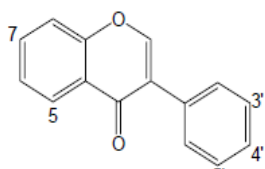
Flavones

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Apigénine	OH		OH		OH	
Chrysin			OH			
Lutéoline	OH		OH	OH	OH	



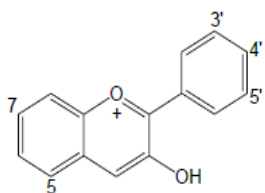
Flavonols

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Kamphérole	OH		OH		OH	
Myricétine	OH		OH	OH	OH	OH
Quercétine	OH		OH	OH	OH	OH



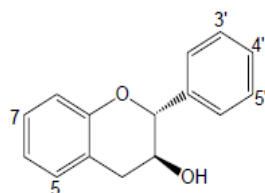
Isoflavones

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Daidzéine			OH		OH	
Génistéine	OH		OH		OH	



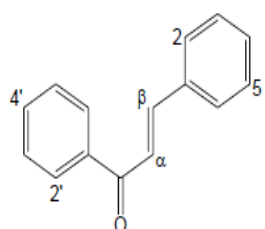
Anthocyanes

Flavonoïde	Substitution					
	3	5	7	3'	4'	5'
Pelargonidine	OH	OH	OH		OH	
Cyanidine	OH	OH	OH	OH	OH	
Delphinidine	OH	OH	OH	OH	OH	OH



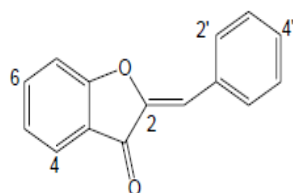
Flavanols

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Catéchine	OH		OH	OH	OH	
Gallocatéchine	OH		OH	OH	OH	OH



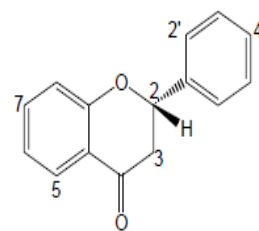
Chalcones

Flavonoïde	Substitution					
	2'	3'	4'	5'	6'	4
Davidigénine	OH		OH			OH
Aéobogénine	OH		OMe			OH



Aurones

Flavonoïde	Substitution					
	4	6	7	3'	4'	5'
Leptosidine	OH	OMe	OH		OH	
Maritimétine	OH		OH	OH	OH	



Flavanones

Flavonoïde	Substitution					
	5	6	7	3'	4'	5'
Eriodictyol	OH		OH	OH	OH	
Hesperitine	OH		OH	OH	OMe	
Naringénine	OH		OH		OH	

I.3.3.4 Saponosides

Ce sont des hétérosides constitués d'osés banals et/ou d'acide uroniques et d'une génine ou aglycone (appelée saponine) d'origine stéroïdique ou triterpénique. Ils possèdent un pouvoir aphrogène (pouvoir moussant plus ou moins important), hémolytique, des propriétés tensio-actives (diminution de la tension superficielle), une toxicité cellulaire pour les animaux à sang froid (poison de pêche).

En thérapeutique, ils sont employés comme dépuratif, expectorant, diurétique, protecteur veineux (en association avec d'autres produits), anti-œdémateux. Dans le domaine industriel pharmaceutique, les sapogénines stéroïdiques sont utilisées pour l'hémi-synthèse de dérivés stéroïdiques progestatifs ou corticoïdes.

I.3.4 Les alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées basiques d'origine végétale, pouvant être préparées par synthèse. Elles sont douées d'une action physiologique notable donnant des réactions de précipitation avec certains réactifs dits « alcaloïdes réactifs ». C'est un groupe hétérogène de substances liées par leur propriété chimique commune : *la basicité*. Tous les alcaloïdes portent une terminaison en «ine», comme la codéine, la caféine, la morphine, etc (Bruneton, 1999).

Elles sont très variées. Ces substances agissent sur le SNC (système nerveux central) comme excitants ou dépresseurs (caféine, morphine) ; sur le SNA (système nerveux autonome). Les alcaloïdes sont actifs à faible dose, mais ils peuvent posséder une forte toxicité à très faible dose. D'autres alcaloïdes, comme l'atropine, présente dans la belladone (*Atropa belladonna*), ont une action directe sur le corps : activité sédatrice, effets sur les troubles nerveux (maladie de Parkinson) (Anton et Lobstein, 2005).

II Facteurs de variabilité des métabolites secondaires

La teneur et la composition des huiles essentielles sont sujettes à plusieurs facteurs de variabilité, facteur externe et interne à la plante, entre autres, la température, l'altitude, la fumure du sol, la récolte, le séchage et la conservation du produit final. En outre, Granger *et al.* (1973), Fournier *et al.* (1989), Rosua et Granados (1987) ont évoqué les facteurs externes, l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques, la conservation du matériel végétal et le mode de séparation. La race chimique, le stade de développement de la plante et l'organe choisi sont parmi les principaux facteurs qui influencent le plus souvent le contenu des huiles essentielles.

II.1- Influence des pratiques culturales

Les pratiques culturales sont également déterminantes sur le rendement et la qualité du produit final. L'apport d'engrais et l'influence des variations N, P, K ont été étudiés pour diverses espèces. L'expérience montre qu'en règles générales l'application de ces pratiques techniques de production (Bruneton, 1999).

Il est important de travailler sur du matériel végétal homogène obtenu dans des conditions de cultures les plus favorables (récolte du matériel végétal lorsque la teneur et la composition de l'huile essentielle sont optimales) (Silou et Loubaki, 2003).

La fertilisation azoté avec un régime hydrique convenable à la floraison influence positivement la production et donne des rendements élevés en matières sèches et HE (Mitchell, 1996; Usha et Patra, 2002). Le phosphate joue un rôle de métabolite central et pivot et un rôle régulateur dans le procédés physiologique et biochimique des plantes, comme la photosynthèse, la conservation d'énergie et la coordination inter et intra-cellulaires du métabolisme des glucides (Abel *et al.*, 2002). Le phospho-enol-pyruvate (P.E.P) occupe une position clé en servant de substrat isoprénogène pour les huiles volatiles dans les plastides (Mahmoud et Croteau, 2002).

Il faut noter que les plantes sauvages récoltées loin de régions polluées, donnent des produits généralement plus actifs, que les plantes cultivées, ces dernières devant être de culture naturelle ou biologique, car les produits organiques utilisés comme pesticides ou désherbants, tels DDT, lindane, passent à la distillation. Chez les Aurantiacées, les cellules sécrétrices des plantes à huiles essentielles sont très superficielles donc accessibles de subir des atteintes par les produits chimiques de traitements (Viaud, 1993).

II.2- Influence du cycle végétatif

Pour une espèce donnée, la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du cycle de développement. Il découle des travaux de Rasmussen *et al.* (1972) et Belgat (1987), que les constituants terpéniques (camphre, verbénone, acétate de bornyle et -terpinéol) se trouvent en forte concentration dans les feuilles jeunes, puis diminuent avec l'âge de la plante.

Granger *et al.* (1973) indiquent que la quantité des huiles essentielles demeure relativement fixe, présentant seulement un léger maximum en période estivale et, par conséquent, c'est surtout de mars à juillet que s'effectuent les distillations d'essence. Ils ont indiqué aussi que la qualité des composants secondaires (bornéol, verbénone, linalol) reste toute l'année stable. Cependant, ils

ont remarqué que celle du camphre et du 1,8-cinéole augmente en juillet. Rasmussen et *al.* (1972) ont indiqué qu'une différence notable dans la quantité des monoterpènes des feuilles est constatée au printemps.

II.3- Influence des procédés d'obtention

La labilité des constituants des huiles essentielles explique selon Bruneton (1999), la composition du produit obtenu par hydrodistillation qui soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal. Au cours de l'hydrodistillation, l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse des esters mais aussi des réarrangements, des isomérisations, des oxydations ...etc.

Bruneton (1999) évoque qu'un produit obtenu par hydrodistillation sera rarement identique à celui qui résulte d'une extraction par les solvants volatils. Ceci découle de la labilité et de la réactivité importante des molécules constituant ces mélanges naturels, exemple: le caryophyllène présent dans l'huile essentielle hydrodistillée d'*Eugenia caryophyllata* L, n'existe pas dans la concrète obtenue par extraction.

Les paramètres répertoriés qui influent sur le rendement de l'extraction de l'huile essentielle sont le temps, la température, le débit de condensation ; le facteur de division de la matière végétale, le rapport de matière végétale/ masse d'eau, la perte en eau par la matière végétale (Denny, 1991; Goupy, 2001).

II.4- La récolte

La teneur en huiles essentielles dépend aussi du moment de la récolte. Les sommités fleuries et les feuilles doivent être récoltées avant la floraison, car, selon Salle et Pelletier (1991), après la floraison, 70 % des huiles essentielles s'évaporent dans l'air. Par contre, la plante entière est généralement récoltée pendant la floraison (Fluck, 1942).

La qualité des huiles essentielles est également influencée par la météorologie au moment de la récolte, l'heure de la récolte et la période de la végétation. Par exemple, Il ne faut pas récolter par temps couvert ou humide, sous peine de nuire à la qualité. Une huile essentielle de cade ne présente pas la même composition selon qu'elle soit extraite à partir des plantes récoltées le matin, au milieu ou en fin de journée. Le taux de thuyone de la *Salvia officinalis* variété *dalmate* est de 26 % pour une récolte de printemps et de 51 % pour une récolte d'automne (Fluck, 1942)..

II.5- L'organe végétal

Le rendement et la composition des huiles essentielles varient selon les différents organes végétaux. Une étude effectuée sur *Juniperus communis* L. par Fathy et *al.* (1965) a révélé selon la partie analysée les pourcentages d'huiles essentielles suivants : 0,092 % dans les rameaux, 0,05 % dans les feuilles et 0,061 % dans la plante entière. Les feuilles et les rameaux représentent respectivement 70 % et 30 % de la plante. Guenther (1972) insiste sur le fait que les différentes parties de la plante fournissent des huiles essentielles dont la quantité et la qualité diffèrent. Il a indiqué que les feuilles contiennent une huile essentielle riche en ester.

Dans une étude sur *Rosmarinus laxiflorus* de Noé dans l'Est Algérien, Belgate (1987) a signalé une élévation du pourcentage des composés en C₁₃ (19,9 %) et en C₁₄ (10,6 %) dans l'huile volatile extraite des tiges, et un faible pourcentage de ces composés dans l'huile obtenue de fruits, des feuilles et des fleurs. L'auteur a également remarqué que le taux du camphre est très élevé (2,2 %) dans les feuilles par rapport aux autres organes.

II.6- Le séchage

Fathy et al. (1965) ont étudié l'effet de diverses conditions de séchage sur la teneur en huile essentielle du *Juniperus communis* L. et d'autres plantes aromatiques. Il a conclu que le séchage direct au soleil provoque une perte des huiles essentielles supérieure à 20 %, alors que pour un séchage à l'ombre, cette perte ne varie que de 2 à 10 %. Fathy et al. (1965) signalent une perte de 1,64 % des huiles essentielles dans le cas de séchage à l'ombre pendant deux jours. Cependant, Granger et al. (1973) croient plutôt que la dessiccation des tissus facilite l'extraction de l'essence et modifie à la longue la proportion relative des composés.

Belgat (1987) a montré dans une étude sur *Rosmarinus laxiflorus* de Noé que les différentes parties de la plante fraîche fournissent une plus grande quantité d'huile essentielle par rapport aux mêmes parties sèche. Dans le même but, on a intérêt à distiller des plantes fraîchement cueillies. Les Menthes, par contre, sont difficiles à distiller fraîches. Après 48 heures de séchage naturel, l'huile essentielle est obtenue bien plus facilement et la distillation est plus courte.

Les fleurs de *Canangium odoratum*, qui fournissent l'huile essentielle d'Ylang Ylang, doivent impérativement être distillées immédiatement après la cueillette pour éviter la fermentation et l'évaporation de l'huile essentielle, le séchage provoque une perte partielle des huiles essentielles, mais, ce taux est minimisé par le séchage à l'ombre. Etant donné que le séchage est le procédé le plus fréquemment utilisé pour conserver les plantes médicinales, ainsi que les semences qui conservent intacte pendant de longues années les cellules contenant les essences, alors que les huiles essentielles extraites sont plus difficiles à conserver, s'oxydant plus au moins vite selon les conditions de stockage.

Le séchage doit être fait soigneusement afin de préserver la qualité et la quantité d'huile essentielle contenue dans la plante. Ceci doit être effectué selon Flück (1942) immédiatement après la récolte, à l'ombre et dans un endroit aéré et à une température de 20 à 35 °C. Il est indispensable aussi d'étendre les plantes et ne jamais les superposer pendant le séchage. Enfin, les plantes séchées doivent être emmagasinées dans un endroit sec, dans des caisses ou dans des sacs ou encore dans des boîtes en fer blanc.

II.7- La durée de la distillation

Bruneton (1999) signale que la cinétique de distillation n'est pas la même pour tous les constituants d'une huile essentielle (carbures, alcools, cétones, etc.). La composition du distillât varie en fonction du temps de la distillation.

La durée de la distillation influe sur la quantité et la qualité des huiles essentielles. Granger et al. (1973) ont démontré que l'entraînement à la vapeur doit être suffisamment prolongé pour assurer l'extraction des substances de tension de vapeur réduite. Ils ont signalé aussi que

l'épuisement de l'huile essentielle n'est total que pour un rapport donné entre le volume du distillât et le poids de matériel. Fathy et *al.* (1965) ont conclu qu'on peut avoir 62,9 % d'huile essentielle dans le premier litre de distillât, 31,81 % dans le deuxième litre et 5,25 % dans le troisième litre.

Belgat (1987) signale que certains constituants de l'huile volatile sont influencés par la durée de distillation, ainsi le taux de cinéole est de 36,8 %, 38 %, 3,9 % et 1,2 % respectivement dans la 1ère, la 2ème, la 3ème et la 4ème heure de distillation, au même titre que le camphre qui est de 30,8 %, 29,8 %, 19,4 % et 10,3 %. Enfin, Lawrence (1978) a indiqué qu'on peut avoir la presque totalité des constituants des huiles essentielles dans une durée de deux heures.

II.8 Influence des facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux, en particulier climatiques et pédologiques sont parmi les facteurs qui influencent directement la production et la qualité des métabolites secondaires (Rosua et Granados, 1987 ; Bruneton, 1999).

Les exigences écologiques fondamentales des plantes sont de natures climatique, édaphique et géographique. Le bain bioclimatique répond à la première de ces exigences, le terreau nourricier à la seconde. Les écologies individuelles (autécologie) varient selon les espèces : chaque plante possède un profil écologique, qui contient les limites de tolérance et l'optimum pour chacun des facteurs écologiques (Fluck, 1942).

II.8.1 Les facteurs géographiques

II.8.1.1 L'origine géographique

L'origine géographique doit être spécifiée avec toute la rigueur souhaitable car l'effet de l'origine géographique n'est plus à démontrer en génétique des populations et l'expression phénotypique des espèces est fonction de l'impact de l'environnement (Phénotype = Génotype + Environnement). L'environnement joue un rôle déterminant dans la spéciation des êtres vivants végétaux (Kukreja et *al.*, 2000).

Il faut reconnaître les appellations traditionnelles pour lever toute ambiguïté. A titre d'exemple, on parle souvent d'origan et d'huile essentielle d'origan sans spécifier s'il s'agit de l'origan de Grèce *Origanum vulgare* L., de l'origan d'Espagne *Corydothymus capitatus* L., de l'origan du Mexique *Lippia graveolens* ou de l'origan de Turquie *Origanum onites* L. qui sont toutes différentes du point de vue botanique et composition chimique. Autre exemple, le bois de santal, *Santalum album* L. (Sapindaceae) et différent du bois de santal des Indes *Amyris balsamifera* L. (Rutaceae) et du bois de santal d'Australie *Santalum spicatum* (Bruneton, 1993).

II.8.1.1 L'altitude

L'altitude est un facteur important dans la culture et la production de plantes médicinales et aromatiques, ainsi il affecte la quantité et la qualité de substances actives de ces plantes. Nous savons que la température décroît avec la hauteur au-dessus du niveau de la mer, ceci sera conduit à un changement des conditions environnementales malgré le lieu géographiquement n'a pas été changé, et cette diminution de la température entraîne une diminution de la croissance

végétative de la plante et la réduction de cette période provoque souvent une accélération des fonctions biologiques. (هيكل، 1993، عطيات، 1995).

L'altitude qui convient le mieux pour la culture des plantes aromatiques est variable. La plupart des plantes aromatiques préfèrent, cependant, une altitude comprise entre 800 et 1300 m (Fluck, 1942). Il a été trouvé chez le genre *Mentha* que les basses altitudes (300 m d'altitude) produisent des herbes riches en HE (menthol, menthyle acétate et menthofurane) que celles poussant à haute altitude (1290 et 1900 m d'altitude), (Shahi et al., 1999). Chez *Laurus nobilis*, la teneur en huile essentielle des feuilles exposées au sud est plus importante que celle des feuilles exposées au nord.

II.8.2 Les facteurs édaphiques

Le sol est le produit de l'altération du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent. Les végétaux ancrent leurs racines dans le sol dans lequel ils trouvent l'eau et les minéraux nécessaires à leur synthèse de matière organique (Baldy et Stigter 1993 ; Ghestem et al., 2001).

Les facteurs édaphiques sont les suivants:

- La texture (argile, sable, limon) :

- **Texture sableuse** : sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique.
- **Texture limoneuse** : l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques. Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium.
- **Texture argileuse** : sol chimiquement riche, mais à piètres propriétés physiques; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (état humide), ou de la compacité (sol sec). Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables.
- **Texture équilibrée** : elle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts (Moeys, 2009).

II.8.2.1 Classification des plantes selon le type de sol

***Oxylophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols acides (*Camellia japonica* L.)

***Halophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols salins (*Suaeda*).

***Psammophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols sablonneux (*Panicum turgidum* L.).

***Lithophytes** : les plantes qui s'installent sur les roches (*Asplenium ceterach* L.)

***Chasmophytes** : les plantes qui s'installent sur les fissures des roches (Polypodium) (1986)

II.8.2.2 L'effet du sol sur les plantes médicinales

Le sol est considéré comme le support des plantes à racine, cultivées ou non, ainsi il fonctionne comme un réservoir d'eau qui alimente les racines et en tant que fournisseur de matières alimentaires nécessaires à la croissance des plantes, il constitue une zone d'échanges

d'ions, de compétition pour l'eau, l'oxygène (Lemanceau et Heulin, 1998) où l'activité microbienne est stimulée par la libération de composés organiques. Et c'est ainsi que le sol est considéré comme un facteur important pour la croissance et la détermination de type de végétation. L'obtention d'une grande quantité de métabolites secondaires demande une bonne terre nutritive (Fluck, 1942), mais pour garantir une qualité tout à fait naturelle des huiles, il faut éviter toute utilisation d'engrais chimiques (Salle et Pelletier, 1991).

Les sols se diffèrent selon leur structure et leur texture, ils peuvent être de gravier, de sable, d'argile ou d'alluviale, tous sont différents également dans leur contenu en matière organique et minérales, et leurs propriétés physico-chimiques surtout la capacité d'échange cationique, le pH et la teneur en eau (1986). Chaque plante médicinale favorise un type de sol pour leur croissance. Dans ce cas, on peut citer des exemples sur quelques plantes médicinales :

- *Cassia Angustifolia* L., *Aloe vera* L. et *Urginea maritima* L. Favorisent les sols sablonneux.
- *Apium Graveolens* L., *Pimpinella anisum* L. et *Carum carvi* L. Favorisent les terres jaunes légères et limoneuses.
- *Datura stramonium* L. Favorise les terres calcaires riches en calcium Ca^{+} (2002) (Vilain, 1987).

II.8.3 Les facteurs climatiques

Le bioclimat ou bain bioclimatique, défini comme la ressource que le climat offre aux plantes, aux formations végétales et aux biocénoses. Les variables climatiques y sont considérées dans la mesure où elles agissent sur le développement végétal (Baldy et Stigter 1993). La température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents exercent une influence directe, surtout chez les espèces qui possèdent des structures histologiques de stockage superficielles (ex. : poils sécréteurs des *Lamiaceae*), lorsque la localisation est plus profonde la qualité est beaucoup plus constante.

Le climat se caractérise par ses éléments climatiques, dans une région déterminée. Ces éléments climatiques sont mesurables (pression, précipitations, humidité, vents, température,...). A leur tour, les éléments climatiques sont influencés par plusieurs facteurs qui regroupent les caractéristiques géographiques locales. (Vilain, 1989).

II.8.3.1 Les facteurs influencent le climat

II.8.3.1.1 La latitude

Les météorologues ont divisé la terre en 5 parties. Chacune de ces parties ont une durée de jour et des températures assez semblables pour toutes les régions qui en font partie.

II.8.3.1.2 L'altitude

L'altitude, c'est la hauteur d'un lieu précis par rapport au niveau de la mer. Plus on monte, plus la température et la pression atmosphérique baissent et influencent les précipitations. Les températures moyennes décroissent régulièrement avec l'altitude selon un gradient moyen de l'ordre de $-0,55\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Pour ce qui est de la quantité de précipitations reçues, l'élévation des

masses d'air humide au contact du relief favorise la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique (Belgat, 2001).

II.8.3.1.3 Les étendues d'eau

Les étendues d'eau plus ou moins grandes ont une grande influence sur le climat, car l'eau absorbe et dégage de la chaleur bien plus lentement que le sol et les rochers. Les hivers sont donc plus doux et les étés plus frais sur les côtes et les zones proches de la mer et des lacs. Les mers et les lacs influencent l'humidité de l'air et provoquent des précipitations. Les mers influencent aussi le climat par des courants marins, chauds ou froids, en fonction de leur origine et de leur parcours (Belgat, 2001).

II.8.3.1.4 La végétation

La végétation est un autre facteur climatique important. Avec sa transpiration, elle absorbe de la chaleur et dégage beaucoup de vapeurs. Les régions où il y a beaucoup de végétation ont un taux d'humidité élevé auquel correspond une température inférieure.

II.8.3.1.5 La topographie

Le relief d'une région intervient sur le climat moyen sous deux aspects : l'altitude moyenne et la position du lieu ou de la région considérés par rapport à d'éventuels massifs montagneux environnants. Dans les régions tempérées, la disposition et les caractéristiques du relief jouent beaucoup sur le climat. Les montagnes ont des caractéristiques différentes sur les deux versants. On a plus de précipitations sur le versant balayé par le vent que sur le versant opposé dont l'air est plus sec. Aux pôles et à l'équateur, les reliefs n'influencent pas beaucoup le climat (Belgat, 2001).

II.8.3.2 Relations des plantes médicinales avec les éléments du climat

Les interactions des espèces végétales avec les facteurs d'environnement et les éléments du climat se ressemblent lorsqu'elles ont développé dans la même région. L'influence des facteurs climatiques sur les plantes médicinales apparaissent sous forme de réponses fonctionnelles, les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses, tels que le manque de capacité synthétique des métabolites secondaires et la perturbation de quelques rôles physiologiques essentiels comme la photosynthèse et la respiration(2004 يساوي).

La variation des facteurs climatiques peut influencer la distribution géographiques et la croissance de certaines espèces, par exemple, la culture des graines de l' *Ammi visnaga* L. dans un milieu différent de son origine géographique, comme l'Arizona aux États-Unis a provoqué une forte croissance végétative et une production des graines à haut rendement, dont le fruit était totalement dépourvu de substances bioactives comme le visnagin , notant que ce produit naturel se trouve en quantités majeures dans les graines produites par les plantes cultivées dans leurs milieux naturels favorables tels que l'Egypte, ce qui confirme l'impact des facteurs environnementaux (William, 2003)

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs climatiques, affectent les conditions de croissance et le rendement végétal (Teres, 2007). Les espèces végétales montrent

se diffèrent souvent dans leurs réponses aux variations climatiques. Il existe certains facteurs qui ont des effets directs sur les plantes, d'autres, ils affectent la plante indirectement. Parmi les facteurs directs les plus importants pour les espèces végétales et qui varient d'un endroit à un autre sont: l'eau, le taux d'humidité, la température et la lumière (2004, مجاهد, 1986) (2004).

La capacité synthétique des métabolites secondaires est optimum où la lumière incidente est saturante, la température est optimale et le potentiel hydrique est satisfaisant, la réduction de l'activité synthétique est la conséquence d'un déficit ou un excès de chacun des éléments essentiels (William, 2003).

1. La température :

La croissance des plantes médicinales est le résultant de nombreuses réactions biochimiques sensible à la température (Vilain, 1989). La meilleure teneur en essence sera lorsque la plante s'est développée dans la zone moyenne de son habitat naturel (Fluck, 1942).

1.1 Classification des plantes selon leurs réponses aux degrés de température

Les métabolites secondaires ne sont pas vitaux pour l'organisme mais jouent nécessairement un rôle important de part la machinerie enzymatique complexe sensible à la température. Les seuils thermiques exprimés comme la température maximale au-delà duquel la plante présente des troubles dans leurs systèmes métaboliques (Teres, 2007). On peut classer les plantes en fonction de leurs réponses au stress thermique en :

- **Plantes psychrophiles** : Ils comportent les plantes qui se développent et terminent leur cycle de vie dans des milieux où la température comprise entre 0 et 20°C provoquant un stress thermique. Il contient les bactéries, les champignons et les algues qui vivent dans les milieux froids.

- **Plantes mésophiles** : On appelle mésophiles les plantes qui vivent dans des habitats où la température comprise entre 10 °C et 30°C.

- **Plantes thermophiles** : On appelle mésophiles les plantes qui vivent dans des habitats où la température comprise entre 30°C et 45°C (2008).

1.2 L'effet de la température sur les plantes médicinales

La température est un des éléments les plus importants du climat, elle est liée avec tous les autres éléments climatiques tels que la pression atmosphérique, les vents et les différents processus de condensation. Elle joue un rôle majeur dans la distribution des plantes sur la surface terrestre, et elle a un impact direct sur la photosynthèse.

La température a également un rôle d'orienter la croissance et la production des plantes médicinales, ainsi leurs teneurs en substances bioactives. La production des métabolites secondaires est le résultat de nombreuses réactions biochimiques sensible à la température, ces réactions sont dominées par des systèmes enzymatiques caractérisés par une température optimale dans laquelle l'activité est maximale, et au-delà duquel la plante présente des troubles métaboliques (2004, مجاهد, 1995, عطيات, 1993, هيكل).

Les seuils thermiques varient beaucoup selon l'espèce et l'origine géographiques. Les plantes des régions tempérées ont un maximum qui se situe entre 15°C et 25°C, tandis que les plantes d'origine tropicale peuvent avoir un maximum qui se situe entre 30 et 45°C. De même, les limites à la tolérance au froid et au chaud sont différentes -2°C à 0°C et 40 - 50°C, pour les plantes des régions tempérées, et +5°C à 7°C et +50 à 60°C pour les plantes des régions tropicales (Vilain, 1989).

Des études précédentes ont trouvé que la plupart des plantes médicinales qui contiennent leurs substances bioactives dans des organes tubéreuse, des tubercules, des bulbes ou des rhizomes, ces composants chimiques atteints leurs teneurs maximales à la fin de l'été par rapport aux autres saisons. Comme le cas des rhizomes et des racines du *Rheum emodi* qui favorisent la production des métabolites secondaires sous la forme active « Anthraquinones » sauf dans la saison chaude. (1995, عطيات, 1993, هيكل, 1986)

Certains auteurs ont trouvé que l'espèce du *Colchicum autumnal* est dépourvue d'alcaloïde Colchicine à l'automne, mais elles sont riches de ce composé en été, ainsi que la teneur du poivron en alcaloïdes Capsaïcine augmente lorsque la température est élevée. Bien qu'il existe certaines plantes dont ces composés bioactives augmentent avec la température, par contre, chez d'autres espèces, la production de ces composants diminue avec la croissance de la température, par exemple, nous constatons que le contenu biochimique du *Datura Stramonium* L. augmente avec la décroissance de la température.

La température affecte directement le rendement végétal en métabolites secondaires, elle peut également avoir un impact sur leurs compositions. Nous constatons que les huiles volatiles de Cacahouète cultivé dans les régions tropicales contiennent une quantité importante d'acides gras saturés, dont les huiles de la même plante cultivée dans des zones moins tempérées et plus loin de l'équateur contiennent une grande quantité d'acides gras non saturés. (1995, عطيات, 1993, هيكل).

2. L'eau

L'eau est un élément nécessaire à la plante au niveau cellulaire où elle s'effectue toutes les réactions métaboliques. Elle constitue le milieu dans lequel les différents solutés nécessaires à la vie. Au niveau de l'organisme, elle alimente la sève des plantes qui transporte les éléments nutritifs indispensables à leur croissance. L'eau contribue au port dressé des végétaux dépourvus de tissus de soutien (xylème secondaire, sclérenchyme...), elle permet le maintien des organes et des cellules et elle participe à l'allongement cellulaire (Ghestem et al., 2001)

Le facteur hydrique ne dépend pas seulement du total de pluviométrie mais bien du rapport Pluviométrie/Evapotranspiration. Les végétaux sont classifiés en fonction du facteur hydrique et leur besoin en eau.

2.1 Classification des plantes selon leurs exigences hydriques

***Hydrophytes ou hygrophytes :** On appelle hydrophytes ou hygrophiles les plantes qui vivent dans des habitats fortement humides, ou même mouillés (fossés, marécages, étangs, lacs, rivières, etc.). Les caractéristiques du milieu aquatique sont suffisamment marquées pour modifier profondément la morphologie et la biologie des hydrophytes.

***Mésophytes :** Nom donné (synonyme : plantes mésophiles) aux végétaux qui ont des besoins moyens en eau du sol et en humidité de l'air, et qui ne peuvent pousser ni en habitats secs (comme les xérophytes), ni en habitats mouillés (comme les hydrophytes). La catégorie des mésophytes comprend la majorité des espèces, et, en particulier, de nos plantes cultivées.

***Xérophytes :** On appelle xérophytes les plantes (dites xérophiles) qui vivent dans des habitats classés comme secs, soit par le substrat, soit par l'atmosphère, soit par l'ensemble des deux. On connaît l'importance vitale de l'eau pour les plantes. Comme chez tout être vivant, l'eau prend part à la structure du cytoplasme et, donc, à l'organisation cellulaire (2002).

2.2 L'effet de l'eau sur les plantes médicinales

L'eau est l'un des matériaux les plus abondants sur la surface terrestre, couvre environ 80% de sa superficie, et fournit ainsi un milieu de vie pour un grand nombre d'espèces végétales et animales. L'eau est considérée comme le composant principal de la matière vivante et fournit un milieu indispensable pour toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules, et l'un des facteurs principaux qui affectent la distribution et la croissance des plantes en général, et médicinales, en particulier, de telle sorte que l'eau sous ses formes diverses affecte directement ou indirectement la croissance et le contenu biochimique des plantes médicinales en substances bioactives en termes de quantité ou de qualité (2004, مجاهد, 1997 عطيات, 1995).

Dans le cas de la production de *Citrullus colocynthus* L. et de *Urginea maritima* L., ils ont trouvé que la croissance du potentiel hydrique du milieu conduit généralement à la production des fruits riches en eau et caractérisés par une faible teneur en glycosides à capacité thérapeutique très réduite en comparaison avec les glycosides produits sous un système d'irrigation limitée. L'augmentation du potentiel hydrique provoque chez l'espèce « *Hyosiyamus muticus* » la réduction de la teneur en alcaloïdes et peut provoquer aussi la croissance de la teneur et la qualité des substances bioactives chez certaines espèces. La teneur en huile essentielle chez les feuilles et les fruits de *Coriander sativum* L. et du genre « Valériane »

augmente lorsqu'ils sont cultivés dans les habitats fortement humides.

(هيكل، 2002، عطيات، 1995)

3. La lumière

Indispensable à la photosynthèse. Chez Certaines espèces, leurs exigences en lumière varient en fonction de leur stade de croissance. Par exemple, les jeunes plantules de l'hêtre se développent à l'ombre dont l'arbre adulte se développera bien mieux au soleil (Vilain, 1989 ; Ghestem *et al.*, 2001)

3.1 L'effet de la lumière sur les plantes médicinales

La lumière est l'un des facteurs importants dans la vie végétale, c'est un facteur environnemental affectant la morphologie, le développement de plantes vertes et la structure des tissus foliaires. Elle détermine aussi la distribution géographique des espèces végétales

La lumière est considérée comme la seule source d'énergie nécessaire pour les échanges photosynthétiques et respiratoires, pour la production des métabolites et des phytohormones et d'autres composés nécessaires à la construction de tissu végétal (هيكل، 1993)

On peut résumer les effets de la lumière sur les plantes médicinales comme suit :

- L'effet de la lumière sur la croissance et la dispersion des racines.
- L'effet de la lumière sur la respiration.
- L'effet de lumière sur la floraison.
- L'effet de la lumière sur la qualité des plantes médicinales.
- L'effet de la lumière sur les métabolites secondaires de plantes médicinales et aromatiques.

L'Algérie est un des pays disposant d'un important réservoir de plantes médicinales et phyto-thérapeutiques qui doivent être valorisées pour leur exploitation dans différents usages notamment la fabrication de médicaments.

III.1 Présentation de *Juniperus oxycedrus* L.

Le Genièvre ou Genévrier oxycède (*Juniperus oxycedrus* L.) est un arbrisseau conifère.

III.1.1 Présentation de la famille des Conifères

Les Conifères forment un grand groupe d'arbres et d'arbustes à inflorescence en cônes qui compte environ 48 genres et plus de 500 espèces. Ce groupe fait partie du sous-embranchement des Gymnospermes (arbres sans fleurs et à graines nues) et inclut les plus vieux (pin aristé, plus de 4000 ans) et les plus grands (séquoia, plus de 100 m de hauteur) êtres vivants qui soient. . Leur habitat se situe majoritairement dans les régions froides et tempérées. Il existe une multitude d'espèces (surtout dans les pinacées) dont voici les plus courantes: Sapins, Pins, Cèdres, Epicéas, Cyprés, Thuyas et Genévriers. (Djerromi, 2004)

III.1.1.1 Description botanique

À maturité, les troncs et les racines sont constitués principalement d'un cœur central de bois (xylème) produit par le cambium (couche méristématique). Le xylème achemine l'eau et les minéraux et sert de support à l'arbre. Le cambium constitue aussi, du côté externe, le phloème qui transporte les substances nutritives telles que le sucre. Du côté externe du phloème, le phélogène forme l'écorce (périderme), qui protège le tronc et les racines. Les anneaux de croissance sont visibles dans le xylème (Iserin, 1996).

Le bois de printemps ou bois initial est constitué de trachéides de grand diamètre. Celui d'été ou bois final est plus sombre et est constitué de trachéides au diamètre plus petit et aux parois plus épaisses. Le bois de certains Conifères contient des canaux résinifères.

Les feuilles sont adaptées pour prévenir les pertes d'eau : la surface cireuse (cuticule) est épaisse et les pores (stomates) sont profonds. Généralement, chaque feuille présente une grande nervure (faisceau vasculaire) et plusieurs canaux résinifères. La plupart des feuilles de Conifères sont disposées en spirale, mais l'arrangement et la forme des feuilles peuvent varier au cours de la croissance de l'arbre (Ghestem, 2001 ; Djerromi, 2004)

III.1.1.2 Utilisations

L'industrie des produits forestiers est la plus importante industrie de ressources naturelles au Canada, et les Conifères en constituent la matière principale. La plus grande partie du bois d'œuvre et du bois utilisé pour la fabrication des pâtes et papier provient des Conifères, principalement d'espèces comme les épinettes, les pins, les sapins, les pruches et le Douglas taxifolié. Le bois des Conifères est classé comme un bois mou, par comparaison avec les bois durs des arbres à feuilles caduques (érables, chênes, bouleaux et frênes). Les Conifères fournissent également de la résine (poix), de la térébenthine et des huiles diverses. (Ghestem, 2001)

Le tanin, utilisé pour le tannage du cuir, provient de l'écorce des mélèzes. Les « baies » de genévrier sont utilisées comme aromates (gin) et les graines (pignons) de certaines espèces sont comestibles. Plusieurs espèces sont utilisées comme plantes ornementales (Iserin, 1996 ; Adams, 2004).

III.1.2 Présentation de genre *Juniperus*

Le genre *Juniperus* ou genévrier comprend 60 espèces d'arbres ou arbustes à feuillage persistant et aromatique répartis dans tout l'hémisphère Nord en Europe, Asie et Amérique du Nord, de la bordure méridionale de l'Arctique jusqu'à l'Atlas, au Caucase et à l'Himalaya. (Adams, 2004).

III.1.2.1 Etymologie

Juniperus serait une altération latines de termes celtes signifiant " *buisson âpre*" car ses petites baies sont amères.

III.1.2.2 Caractères

Cet arbre atteint couramment 4 à 15 m de haut dans la nature, et même 25 à 30 m pour certaines espèces Il supporte les sols pauvres, éventuellement calcaires, sablonneux et secs, jusqu'à 4500 m d'altitude. Certaines espèces de genévrier peuvent vivre plus de 1000 ans.

La plupart conservent des feuilles juvéniles (aciculaires, pointues, souvent groupées par 3 et disposées sur plusieurs plans; leur base étroite ne masque pas les rameaux bruns). Le feuillage juvénile en aiguille se transforme parfois avec l'âge en écailles. Le bois odoriférant comme celui du cèdre.

Ce sont les seuls membres de la famille à porter des baies résultant de la fusion des écailles charnues du cône ; cônes mâles petits, solitaires ou en groupe, cônes femelles et mâles sur la même plante ou pas, sphériques avec de 3 à 8 écailles devenant ligneuses à maturité en 1 à 3 ans. (Adams, 2004). Plusieurs espèces ont des propriétés curatives, antiseptiques et diurétiques entre autres.

Genévrier Oxycède, Cade (*Juniperus oxycedrus* L)

III.1.3 Présentation de l'espèce *Juniperus oxycedrus* L

Le genévrier cade (*Juniperus oxycedrus* L.), ou encore oxycède, est un petit arbre ou un arbrisseau fréquent en région côtière méditerranéenne (du Maroc à l'Iran), où il est l'une des plantes caractéristiques des garrigues et des maquis. Les cônes, comestibles frais, sont bruns à orange. On distingue couramment deux sous-espèces (Lebreton et *al.*, 1991).

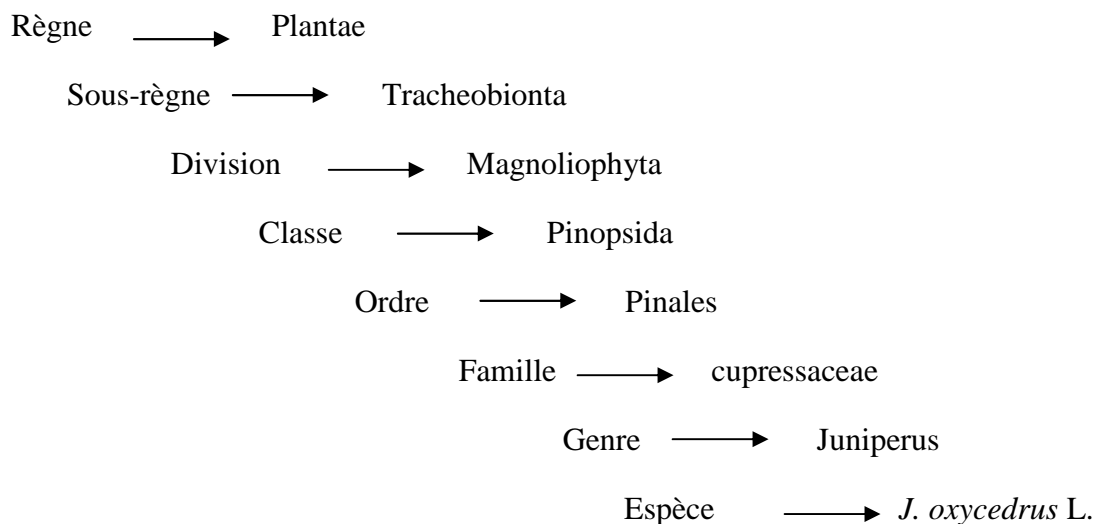


Figure 08 : *Juniperus oxycedrus* L.

- ✓ subsp. *oxycedrus*, à port érigé, à feuilles très étroites, à fruits petits ;
- ✓ subsp. *macrocarpa*, plus buissonnant et à gros fruits.

À noter cependant que, dans une monographie récente consacrée au genre *Juniperus*. (Adams, 2001) propose de faire de *macrocarpa* une espèce à part entière (*J. macrocarpa*) et de diviser la sous-espèce *oxycedrus* en deux : *J. oxycedrus* dans l'ouest du bassin méditerranéen et *J. deltoides* dans l'est du bassin.

III.1.3.1 Classification



III.1.3.2 Description botanique

Arbre pouvant atteindre 14 mètres, mais dont les dimensions sont en général beaucoup plus modestes (1 à 2 mètres, parfois moins). Écorce grise ou rougeâtre, plutôt rugueuse. Feuillage persistant se présentant sous forme d'aiguilles. Ces aiguilles, à pointe fine et piquante, sont disposées en verticilles de 3 sur 6 rangs. Leur face supérieure porte deux bandes blanches, ce qui permet de faire la distinction avec le genévrier commun (aiguilles à une seule bande blanche). (Maire, 1953 ; Barrero et *al.*, 1993)

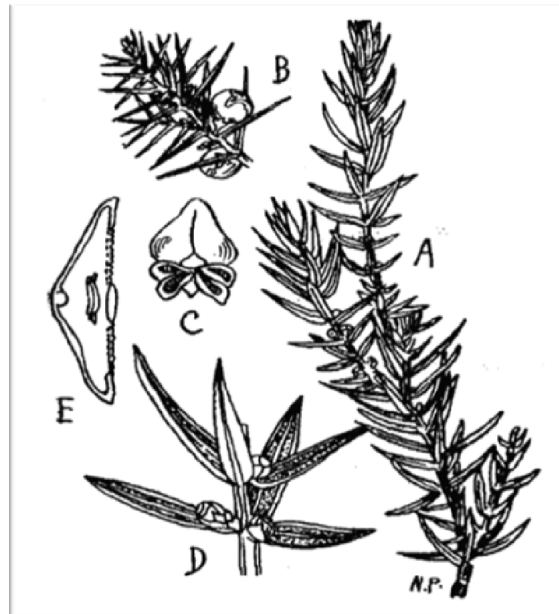


Figure 09 : morphologie de *Juniperus oxycedrus* L.

A, Rameau avec fleurs ; B, Ramule fructifère; C, Microsporophylle ; D, Feuilles, face inférieure; E, Coupe de la feuille. (Maire, 1953)

Le genévrier cade est un arbrisseau dioïque, dont les fleurs mâles et femelles ne poussent pas sur la même plante. Les fleurs mâles et femelles forment des petits cônes.

Les fruits de genévrier cade sont des cônes bacciformes arrondis ou piriformes, de 6 à 15 mm de diamètre (taille d'un petit pois). Les cônes femelles prennent peu à peu l'apparence de baies, les écailles se soudant les unes aux autres. Ces cônes arrivent à maturité au bout de deux ans environ, contenant 2 à 3 graines. Cela forme des baies brillantes, brun rougeâtre ou pourprés (Quezel et Santa, 1962 ; Guerra et *al.*, 1987)



Figure 10 : Arbre de *Juniperus oxycedrus* L.

III.1.3.3 Écologie et habitat

Le genévrier cade est le plus courant des genévriers méditerranéens, on le rencontre dans l'ensemble du bassin, dans les garrigues et les maquis c'est à dire sur tout type de sol, versants rocailloux et pinèdes. Reconquiert friches et espaces brûlés. Il apprécie les lieux arides, sur calcaire ou sur sols acides, où il est fréquemment associé au chêne vert et au chêne kermès (Quezel et Santa, 1962). (Lebreton et *al.*,1991)

- ✓ Floraison : mai
- ✓ Pollinisation : anémogame
- ✓ Dissémination : endozoochore

III.1.3.4 Distribution géographique

Toute la Méditerranée, c'est le genévrier le plus courant en Méditerranée. Souvent parasité par un petit parasite, *Arceuthobium oxycedri*. Recolonise les friches et les espaces brûlés du Sud de l'Europe à l'Iran.

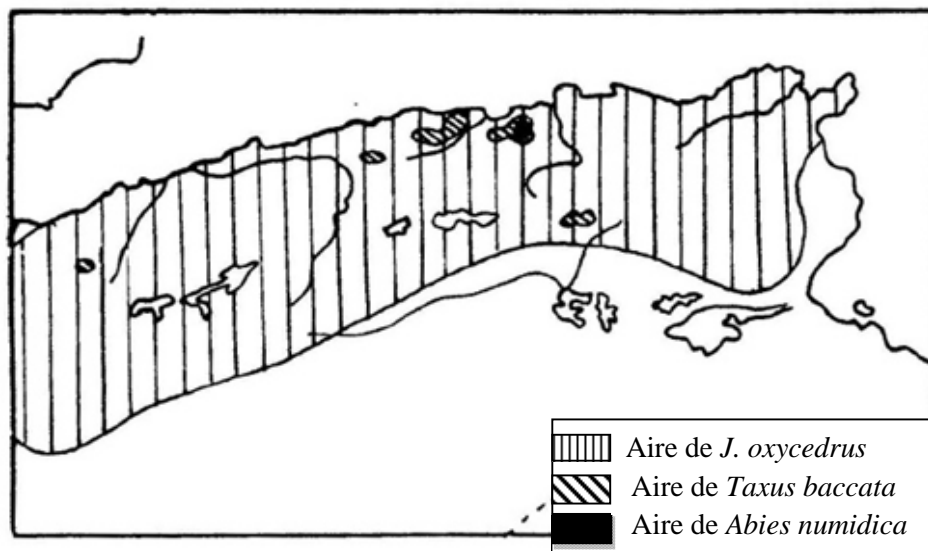


Figure 11: Aire de distribution de *Juniperus oxycedrus* L. en Algérie (Quezel et Santa, 1962)

III.1.3.5 Utilisation

Propriétés thérapeutiques

Huile de cade est la fraction la plus légère obtenu après pyrogénéation du bois et feuilles du *Juniperus oxycedrus* L., cupressaceae de la région méditerranéenne. Produit très coloré et d'odeur empyreumatique, l'huile de cade contient des sesquiterpène ; - cadinène, cadalène, calacorène, etc, et des phénols (guaiacol, crésol), utilisée autrefois pour ses vertus cicatrisantes, réputée parasiticide, désinfectant et antiseptique, elle est très efficace dans l'éloignement des rongeurs, ainsi que comme répulsif d'insectes, elle a été employée en pommades pour le traitement d'affections de la peau (kératoses, eczémas, névrodermites...) (Loizzo et al., 2007), pour les psoriasis et les dermites séborrhéiques (en traitement local d'appoint). Elle sert aussi à soigner le cuir chevelu (anti-pelliculaire et anti-poux), donne éclat et brillance aux cheveux et des ongles (fortifie). Frédéric Mistral y fait allusion dans le *Trésor du Félibrige* en parlant d'une huile âpre dont les bergers se servent contre la gale". (Bruneton, 1999)



Elle demeure utilisée en médecine vétérinaire et dans divers produits d'hygiène (shampooings, dermites séborrhéiques du cuir chevelu). Les applications doivent être de courte durée (risque cancérigène). On l'utilisait autrefois dans le Gers pour éviter que les canards ne s'attaquent entre eux en mettant quelques gouttes sur leur croupion. (Lebreton et al., 1991)

Leurs fumées assainissent et désodorisent la maison. Le cade est aussi connu pour sa capacité à faire fuir les insectes. Elles donnent à l'intérieur un parfum naturel de bois.. Leurs parfums apportent ici des notes méditerranéennes et buissonnières.





L'huile de Cade est mariée avec des variétés d'essences précieuses, sélectionnées pour leurs propriétés. Doucement chauffé dans son brûle parfum, l'esprit de Cade libère des senteurs délicatement parfumées, en utilisant un brûle-parfum (figure 14).



III.1.4 Espèces proches

Le genévrier commun se distingue du genévrier cade (*Juniperus oxycedrus*) par ses aiguilles n'ayant qu'une seule large bande blanche (alors que les aiguilles du cade ont deux bandes parallèles plus étroites), et par des fruits plus petits et plus sombres (Tableau 03).

Tableau 03: comparaison entre *Juniperus communis* et *Juniperus oxycedrus*

<i>Juniperus communis</i> L.	Aiguilles de genévrier commun : une seule bande blanche	
	Baies » mûres de genévrier commun	
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Aiguilles de genévrier cade : deux bandes blanches	
	Baies » mûres de genévrier cade	


Faux poivrier (*Schinus molle* L)

III.2 Présentation de l'espèce de *Schinus molle*

Le genre *Schinus* comprend une trentaine d'espèces, principalement réparties l'Amérique du sud

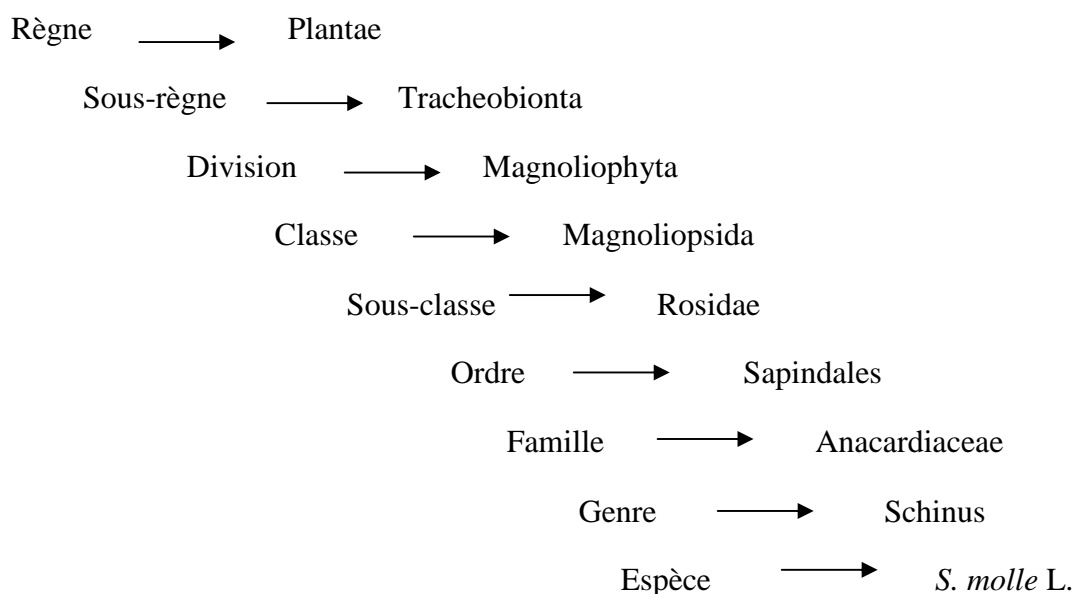
- ✓ **Nom scientifique :** *Schinus molle*
- ✓ **Noms communs :** Arbre à résine du Pérou, Poivre rose, Café de Chine, Poivre de la Réunion, Poivre des Bourbon, Faux poivrier, Poivrier sauvage, *Schinus areira* (Kasimala et Kasimalab, 2012).

Tableau 04: Les noms communs du *Schinus molle* au monde

langue	Nom commun	
Arabe	Felfel kazib, filfil rafie	
Anglais	Pepper tree, mastic tree, weeping pepper, pink pepper, Peruvian pepper .	
Italien	Albero del pepe, Pepe del Peru, Schino	
German	Rosé pfeffer, Brasilianischer pfeffer	

Schinus molle

III.2.1 Classification



III.2.2 Description botanique

Schinus molle, aussi appelé *Schinus areira* ou plus souvent faux-poivrier, est un arbre gracieux, à tronc noueux, cime arrondie, rameaux effilés pendant avec grâce, à feuillage persistant originaire d'Amérique du Sud, et plus particulièrement du Pérou (Somon, 1987). C'est un arbre qui pourra atteindre rapidement 15 m de hauteur, il se multiplie par semis. Les baies roses et décoratives de cet arbre ont une odeur proche de celle du poivre. (Marongiu et al., 2004)

Le faux-poivrier est un arbre de développement rapide, au port ornemental et pleureur. Il est modérément résistant au froid, mais qui résistera tout de même à des gels brefs de l'ordre de -5°C . Le *Schinus* se plait généralement bien sur le littoral Méditerranéen. Il préfère un sol bien drainant, il supporte l'alcalinité et la salinité de sol et les sécheresses passagères (Anderson, 1996).



Figure 14 : Morphologie de *Schinus molle* L.

a. feuilles, b-f. Fleurs male, g-i. fleurs femelle j, diagramme florale. (Tomlinson, 1980)

Les feuilles sont composées, alternes, persistantes, de 10 à 23cm de long, pennées de 15 à 37 folioles, lancéolées de 2 à 6,5cm de long, écumées et presque glabres, froissées, elles émettent une odeur poivrée (Zahed et al., 2011)

Les fleurs de *Schinus molle* sont en particules coniques, de couleur blanc-jaunâtre, de 4mm de diamètre, elles apparaissent de juin à septembre. Chaque fleur est accompagnée de petites bractées, elle a un calice court à 5 lobes, 5 pétales étalés, 10 étamines, un ovaire et une loculaire à 3 stigmates. Les fleurs sont disposées en grappes pendantes et accompagnées. (Somon, 1987).

Les fruits sont des baies roses et possèdent une odeur poivrée de la taille des grains de poivre, en touffes denses, pendantes, persistant pendant l'hiver. Elles mesurent environ 8 mm de diamètre. Bien que parfois utilisées comme condiments, elles sont réputées toxiques sans traitement approprié.

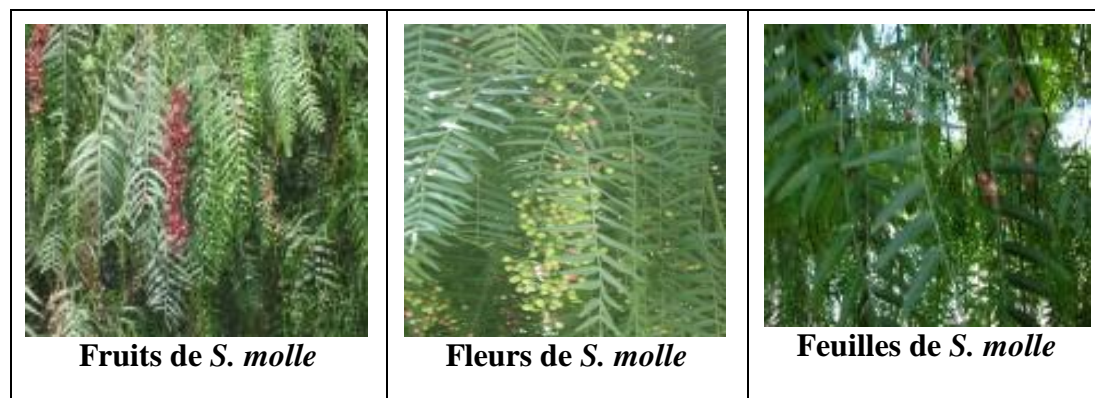


Figure 15 : les différentes parties aériennes du *Schinus molle* L.

III.2.3 Origine et distribution

Originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique du sud ou ses fruits sont employés comme condiment. Plante en avenues sur le littoral méditerranéen.

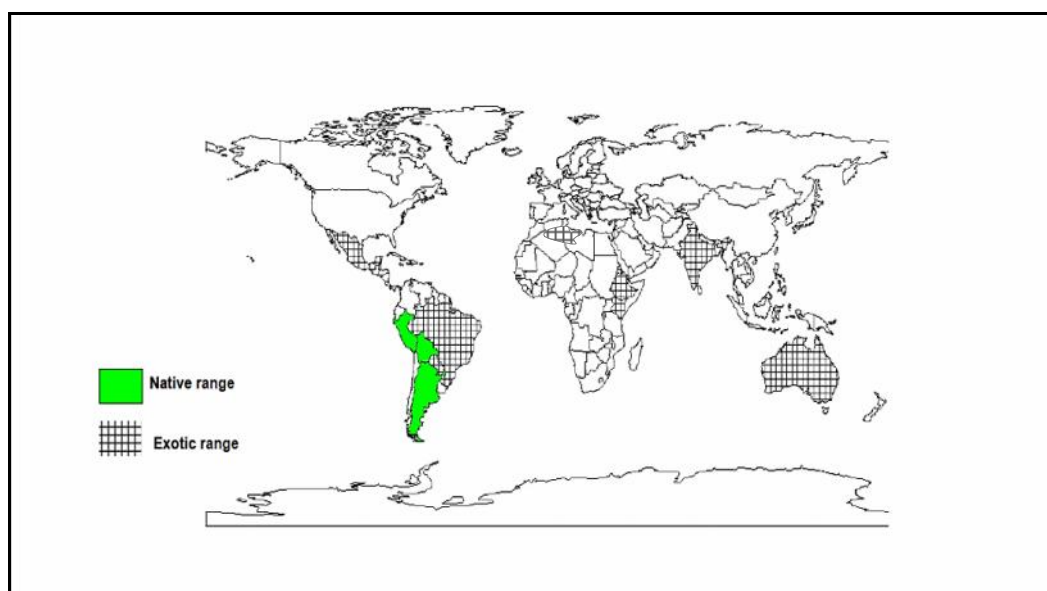


Figure 16 ; Carte géographique de distribution du *Schinus molle* L.

III.2.4 Culture et récolte

On le croise du Pérou au Chili, au sud du Brésil et en Uruguay, en passant par les Andes. Il est cultivé dans les régions méditerranéennes ainsi qu'en Afrique du Sud.

Schinus molle requiert les expositions suivantes: lumière, soleil, il préfère un sol bien drainant et il supporte des sécheresses passagères (Kasimala et al., 2012)

III.2.5 Principaux constituants

Le *Schinus molle* comporte plusieurs substances actives, comme les terpènes (principalement mono-et sesquiterpènes), les tanins, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les gommes, l'acide linoléique, l'oléorésine, principalement dans les feuilles et les fruits qui ont des propriétés diverses (Barroso et al., 2011). Certaines études sur les effets insecticides et répulsifs d'extraits de *S. molle* dans différents insectes ont été publiées récemment (Wimalaratne et al., 1996; Steinbauer and Wanjura, 2002; Ferrero et al., 2007; Hayouni et al., 2008).

III.2.6 Utilisation

III.2.6.1 Propriétés thérapeutiques

➤ **Parties utilisées :** L'écorce, les fruits et les feuilles

Les fruits du *Schinus molle* sont diurétiques, stomachiques et toniques. Son écorce et ses feuilles s'emploient sur les plaies et les ulcères, les feuilles ou leurs fragments déposés sur l'eau s'y meuvent par saccades dues aux expulsions de jets de l'huile qu'ils contiennent (Chopa et al., 2006).

Sa gomme-résine qui s'appelle résine de mollé ou mastic d'Amérique est antigoutteuse, antirhumatismales et purgative ; elle est employée au Chili et au Pérou comme masticatoire, elle sert aussi dans l'industrie des vernis. Les extraits huileux de faux poivrier ont un effet anti-inflammatoire, antiseptique, antispasmodique et expectorant (Duke et al., 1985).

Les huiles essentielles de *S. molle* réputée antifongique, (Dikshit et al., 1986), antibactérien (Gundidza, 1993). L'huile a montré une toxicité absolue contre les agents pathogènes d'origine animale et de l'activité légère contre les champignons de stockage. Les concentrations efficaces de l'huile varient de 200 à 900 ppm. La toxicité de l'huile a persisté jusqu'à 80° C et 90 jours de stockage (Dikshit et al., 1986).

L'huile a été caractérisée par ses diverses propriétés physico-chimiques. Il a été constaté pour comprendre 50 constituants, il est apparu que certains changements dans les constituants du pétrole au cours du stockage affecté son activité antifongique (Dikshit et al., 1986).

Les extraits de feuilles de *S. molle* étaient efficaces comme insecticides sur les adultes de *Xanthogaleruca luteola*, atteignant la mortalité de près de 100% lorsqu'il est obtenu avec l'éthanol, et à des concentrations de 4,3 et 4,7% w / v (Huerta et al., 2010).

Chirino et al. (2001) ont rapporté des effets répulsifs des extraits bruts à partir de fruits de *S. molle* dans les larves nouveau-nées de *Cydia pomonella* L. Par ailleurs, Ferrero et al. (2006) rapporte que des extraits de feuilles et de fruits de cette plante étaient très répulsifs pour les nymphes premières de *Triatoma infestans*.

➤ **Indications :** Maux de dent, Rhumatismes, Bronchite, Goutte, Blessures, Désordres menstruels

I. Présentation des sites d'étude

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (Emberger, 1930).

Les facteurs climatiques jouent un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol (Boulaine, 1971 ; Torrent 1995), son analyse à l'échelle d'une région se base sur des données fournies par des stations météorologiques, nous avons fait une synthèse climatique de notre régions d'étude sur trois stations représentatives :

Tableau 05 : La situation des stations d'étude

Wilaya	Station
Oum El Bouaghi	Djbel Sidi Rghis
El Kala (Taref)	Cap Rosa
Biskra	Djbel Ain Zatout

Les principaux paramètres climatiques retenus sont la température de l'air, la précipitation, humidité relative, l'évapotranspiration. De ce fait nous avons pu avoir les moyennes couvrant une période de 10 ans (2002- 2011).

I.1 Présentation de la station d'OEB:

La wilaya d'Oum El Bouaghi se situe dans la zone des hauts plateaux, au centre des wilayas de l'est Algérien, elle s'étend sur une superficie de 6187km² et compte une population estimée au début de l'année 2009 à 633 222 habitants avec une densité de 166 A/km² (Anonyme, 2009).

I.1.1 Aspect géographique :

Située à une altitude variant entre 700 et 1000 m, elle est limitée ;

- Au Nord par la Wilaya de Guelma.
- Au Nord-Ouest par la Wilaya de Constantine.
- A l'Ouest par la Wilaya de Mila.
- Au Sud-ouest par la Wilaya de Batna.
- Au Sud-est par la Wilaya de Tebessa.
- Au Nord-est par la Wilaya de Souk Ahras.

Cette wilaya est organisée en 12 Dairas et 29 communes (Anonyme, 2002).

1.1.2. Aspect physique :

1.1.2.1 Relief :

Le territoire de la wilaya est constitué de hautes terres entrecoupées de chaînons calcaires. Les plaines et collines occupent 63.8%, les montagnes 17.3%, les plateaux et autre 18.9% (Anonyme, 2002).

1.1.2.2 Climat :

Le climat est le type continental Froid et pluvieux en hiver, chaud et sec en été, il se compose d'un ensemble de facteurs énergétique (la lumière et la température), de facteurs hydrologiques (les précipitations et l'hygrométrie) et de facteurs mécaniques (le vent et la neige) (Ramade, 2002).

1.1.3 Les données météorologiques de la région d'OEB

La zone d'étude est caractérisée sur le plan climatique à partir de séries de données météorologiques fournies par les différentes stations.

Tableau 06 : Moyenne des données météorologiques d'OEB pour la période (2002 – 2011).

	T° moyenne (c°)			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)
	Mini	Max	Moy		
Janvier	3,05	11.45	7,25	36,77	75.92
Février	3,42	13.04	8,23	34,17	71.44
Mars	7,08	16	11,54	33,81	68.62
Avril	10,35	19.67	15,01	44,83	64.40
Mai	13,97	25.15	19,56	49,20	60
Juin	20,74	30.56	25,65	24,15	51
Juillet	23,6	34.7	29,15	12,54	44.22
Août	21,82	33.9	27,86	25,38	49.15
Septembre	17,15	28.35	22,75	38,15	59.92
Octobre	13,62	23.64	18,63	30,04	66
Novembre	10,43	16.67	13,55	36,14	73
Décembre	10,62	12.24	11,43	47,43	78.18

(Source : station météologique (ONM) d'Oum El Bouaghi)

1.1.3.1 Les précipitations :

La précipitation annuelle dans la région d'étude équivaut à 412,66 mm. Ainsi les mois de Décembre et Mai sont les plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 47.43 mm et 49,20 mm. Le mois de juillet est le mois plus sec avec une précipitation moyenne de 12,54mm.

1.1.3.2 La température :

La température est un facteur climatique de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

A partir de ces données nous constatons que le mois de Juillet est le mois le plus chaud avec une température maximale de 29,15°C et que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 3,05°C.

1.1.3.3 L'humidité relative de l'air:

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air (Anonyme,2000) Selon la station météorologique d'Oum El Bouaghi, on souligne que l'humidité relative est élevée durant les mois de novembre, décembre, janvier et février, par rapport à l'humidité pendant les mois les plus chaud, Juin, Juillet et Août.

1.1.3.4 Le vent :

Le vent, caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante, est un facteur météorologique non négligeable. D'après Gonde et Jussiaux (1980), le vent est utile en aidant au transport du pollen et néfaste quand il provoque la chute des fleurs et des fruits.

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant, sous l'influence des vents violents la végétation est limitée dans son développement, Le vent a tout d'abord une action indirecte :

- en abaissant ou en augmentant la température,
- en augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant (Anonyme, 2009).

I.2. Présentation de la station de Biskra

La wilaya de Biskra est située à la porte du désert, elle se situe au Sud-est de l'Algérie, elle occupe une superficie de 21.671 Km², son altitude est de 128 mètre/au niveau de la mer. Elle est caractérisée par un climat froid en hiver, chaud et sec en été.

Elle est avantagée par ses importantes ressources hydrauliques notamment souterraines ainsi que par ses sols très fertiles, la Wilaya de Biskra est de vocation agricole, essentiellement dans les cultures maraichères et du palmier dattier.

I.2.1 Aspect géographique :

La wilaya de Biskra est limitée par :

- Au nord par la Wilaya de Batna
- A l'est par de la Wilaya Khenchela
- A l'ouest par la Wilaya de Djelfa
- AU sud par la Wilaya de Ouargla

On trouve une chaîne montagneuse et les hauts plateaux au nord ; avec l'altitude de djebel Tekriout 1942 m. les grand plateaux se trouvent au sud de la wilaya notamment sur la région de Ouled Djellal ; et Sidi Khaled. Les plaines steppiques s'étendent sur l'axe El-Outaya et Doucen

I.2.2 Aspect physique

I.2.2.1 Climat

La région de Biskra est située dans une zone saharienne, son climat sec désertique est caractérisé par une aridité qui s'exprime par une sécheresse permanente, l'irrégularité et la rareté des précipitations.

I.2.3 Les données météorologiques de la région de Biskra

Tableau 07 : Moyenne des données météorologique de Biskra pour la période (2002 – 2011).

	T° moyenne (c°)			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)
	Mini	Max	Moy		
Janvier	6,45	18,10	12,27	11,90	55,40
Février	7,40	21,10	14,20	8,65	50,02
Mars	9,20	23,60	16,40	12,62	43,80
Avril	11,90	27,70	19,80	13,20	38,80
Mai	17,40	33,60	25,50	11,74	35,60
Juin	21,60	37,80	29,70	1,80	29,40
Juillet	25,60	41,60	33,60	6,00	28,40
Août	26,00	41,50	33,00	7,85	29,90
Septembre	20,50	35,10	27,50	15,70	39,40
Octobre	14,84	29,50	22,10	6,37	45,90
Novembre	9,80	33,70	16,70	6,83	54,70
Décembre	7,26	19,50	13,38	10,80	57,80

(Source : station météorologique (ONM) de Biskra)

I.2.3.1 Les précipitations

Dans la région de Biskra, les pluies sont rares et irrégulières d'un mois à un autre et à travers les années. Les pluies tombent essentiellement au printemps et en automne avec un maximum en septembre de 15,70 mm après une période sèche du mois de mai à août. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 42,37 mm (O.N.M, 2011).

La quantité de pluie moyenne annuelle relevée sur une période de 27 ans est de 133,46 mm, elle reflète la faiblesse de la pluviométrie dans la région de Biskra.

I.2.3.2 La température

La température moyenne annuelle est de 22,77°C avec un maximum en juillet de 35,03°C, et un minimum en janvier de 11,09°C (O.N.M, 2011).

Selon Rouvillois-brigol (1975), les températures de Biskra sont nettement plus contrastées que dans les autres oasis sahariennes. Les extrêmes absolus observés depuis quarante ans environ varient entre 52,7°C et -6,9 °C. Les moyennes annuelles des minima sont comprises entre 10 et 15 °C, et les maxima entre 25 et 30 °C (Dubief, 1950).

I.2.3.3 Les vents

Le vent dans la région de Biskra souffle pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 2,90.m/s en novembre à 5,01 m/s en juin pour. Les vents les plus forts à vitesse supérieure à 20 m/s (72 km/h) soufflent du Nord-Est et du sud et les plus fréquents du Nord (Rouvillois, 1975). En hiver, ce sont les vents d'Ouest qui prédominent. Au printemps, ils proviennent du Nord, du Nord Est et de l'Ouest. En été et en automne, ils viennent du Nord vers le Sud (Rouvillois-brigol, 1975, Dubief, 1963).

Le Sirocco, vent chaud et sec, et les vents de sable sont ceux les plus fréquents dans la région de Biskra et sont très redoutables pour les arbres.

I.2.3.4 L'humidité relative de l'air

A Biskra, l'humidité relative de l'air (H) est faible avec une moyenne annuelle de 42,43% (2002-2011), elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet pendant l'été, elle diminue jusqu'à 28,40% au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds. Elle s'élève en hiver et atteint une moyenne maximale de 57,80% au mois de décembre (O.N.M, 2011).

I.2.3.5 L'évaporation

Dans la région de Biskra comme partout en milieu aride, l'évaporation est toujours plus importante sur une surface nue que sous le couvert végétal surtout en été. Cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air et des vents desséchants.

Elle est d'une moyenne de l'ordre de 2279,46 mm/an avec un minimum de 85,68 mm en janvier et un maximum de 314,36 mm en août (O.N.M, 2011).

1.3 Présentation de la station d'El Kala

El Kala est situé à l'extrême Nord-Est du pays à 70 Km à l'Est d'Annaba, il est inclus administrativement dans la wilaya d'El-Taref. D'une superficie de 76 438 Ha, il est naturellement limité à l'est par la frontière algéro-tunisienne, au Nord par le littoral Méditerranéen, à l'Ouest par le système dunaire de Righia et enfin au Sud par les contreforts des monts de la Medjerda.

I.3.1 La végétation

La biodiversité y est très importante. Selon De Belair (1990), il existe environ 850 espèces. La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne. Le patrimoine floristique est ainsi constitué par 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes. Sur le plan botanique, ce sont incontestablement les Angiospermes qui dominent. Quant aux Gymnospermes, ils ne sont représentés que par deux familles taxonomiques, les Cupressaceae et les Pinaceae.

I.3.2 Aspect physique

I.3.2.1 Relief

Le relief est un facteur déterminant pour la répartition des éléments climatiques sur le territoire. Les dépressions ou bombements offrent autant de stations abritées ou exposées dont la flore peut varier en fonction des affinités écologiques des espèces. D'une manière générale, le relief d'El-Kala se compose d'une juxtaposition dépressions ; donc le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et par de hautes collines aux formes variées tels que des dômes, des escarpements et des alignements de crêtes, couverts par une végétation dense (De Belair, 1990).

I.3.2.2 Climat

La région d'El-Kala compte parmi les régions les plus abondamment arrosées en Algérie. D'une manière générale la région d'El-Kala est située dans le climat méditerranéen subhumide à hiver chaud avec des températures pouvant atteindre 50 °C Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver, avec 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Les mois les plus froids sont janvier et février tandis que juillet et août sont les plus chauds. (Hacini, 2007).

Tableau 08 : Moyenne des données météorologiques d'EL Kala pour la période (2002- 2011).

	T° moyenne (c°)			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)
	Mini	Max	Moy		
Janvier	9,5	16,06	12,78	65,54	76,06
Février	9,69	16,25	12,97	64,42	74,5
Mars	11,33	18,21	14,77	54,83	74,63
Avril	13,81	20,51	17,16	63,38	74,08
Mai	16,42	24,7	20,56	20	71,89
Juin	19,65	28,83	24,24	5,61	67,62
Juillet	23,67	30,91	27,24	10,01	72,45
Août	22,79	31,61	27,2	13,06	72,9
Septembre	20,79	29,57	25,18	55,51	73,72
Octobre	18,7	26,4	22,55	58,39	79,33
Novembre	12,44	18,32	15,38	95,17	74,8
Décembre	11,32	17,18	14,25	102,35	76,61

(Source : station météorologique (ONM) de Annaba)

I.3.3.1 Les précipitations

Les précipitations sont très variables d'une année à l'autre. En 2002-2011 la pluviométrie moyenne annuelle a atteint 608,27 mm.

Les précipitations mensuelles sont présentées dans le tableau N°3. L'observation de ce tableau montre la distribution irrégulière des précipitations dans le temps. Le caractère d'irrégularité des pluies reste valable quand on s'intéresse à leur distribution. L'histogramme établi à cette fin confirme cette variabilité pluviale (Hacini, 2007).

I.3.3.2 La température

Dans un essai d'interprétation du bilan thermique des moyennes de dix ans, nous apportons les remarques suivantes (Tableau 08)

La température la plus basse a été enregistrée au mois de janvier (9,5 °C) tandis que la température la plus élevée (moyenne des maxima) a été enregistrée au mois d'Août (31,61 °C) et la température moyenne annuelle est de 18,52 °C.

Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle (19,47°C) de Mai à Octobre (20,75°C) à l'inverse pour les autres mois. Ce qui divise l'année en deux grandes saisons (Benyacoub, 1998).

I.3.3.3 Humidité relative de l'air :

D'après Semadi (1989) mesurée en pourcentage, l'humidité relative de l'air est assez constante durant toute l'année comprise entre 72 et 78%. Ceci est dû principalement à l'action modératrice de la mer et des plans d'eau qui contribuent au maintien d'une hygrométrie élevée en été réduisant la durée et l'intensité de la sécheresse estivale. Rien que l'appellation de complexe de zones humides attribuée à la région d'El-Kala liée à la présence de nombreuses

espèces d'Odonates (libellules), dont certaines sont qualifiées de tropicales, impliquent l'existence d'un degré hygrométrique de l'air élevé et de températures assez chaudes dans le parc national (Hacini, 2007)

I.3.3.4 Les vents :

La connaissance des vents dominants n'est pas dépourvue d'intérêt. Puissants en hiver et modérés à faibles en été, les vents à dominance nord-ouest sont permanents durant toute l'année. (Hacini, 2007) (Benyacoub, 1998)

I.4 Variation des précipitations entre les trois stations

I.4.1 Variation annuelle des précipitations

La moyenne annuelle est d'environ 113,46 mm répartie sur 33 jours pluvieux à Biskra, 412,61 mm, répartie sur 48 jours pluvieux à Oum El Bouaghi et environ 608 ,27 mm répartie sur 87 jours pluvieux à El Kala. La quantité d'eau reçue annuellement reste un facteur essentiel pour les fonctions physiologiques végétales.

Pour les sols, la valeur maximum de précipitation a une grande importance. Elle accentue les processus d'érosion hydrique et favorisent les migrations des éléments les plus solubles (sels, gypse, calcaire)

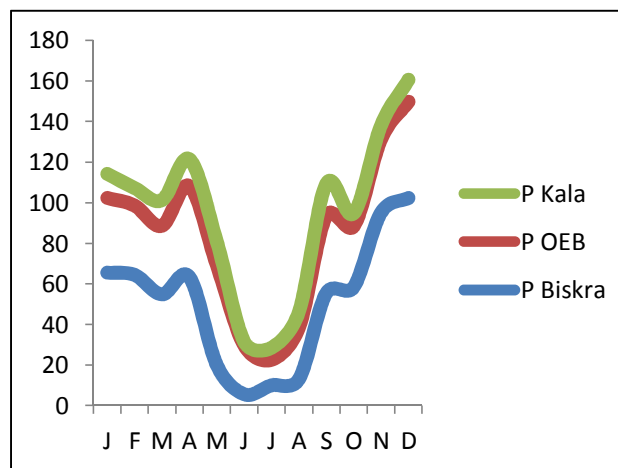


Figure 17: variation mensuelle moyenne des précipitations au niveau des trois stations

I.4.2 Variation saisonnière des précipitations :

Les précipitations saisonnières sont calculées à l'aide de valeurs mensuelles inter annuels. La répartition saisonnière des pluies (Figure 20) dans les trois stations, fait ressortir un maximum se produisant en hiver (27,63%) et printemps (33,10%) à Biskra, en hiver (28,68%) et printemps (30,98%) à O.B.G, et en automne (34,37%) et hiver (38,19%) à El kala.

I.5 Variation des températures entre les trois stations

I.5.1 Variation annuelle des températures :

Les espèces végétales sont plus sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et par conséquent à l'amplitude de leurs oscillations. En plus ce sont ces éléments qui caractérisent le mieux le régime thermique en un lieu donné.

De la même façon que les précipitations nous avons fait une synthèse des données de températures pour les trois stations représentatives de notre région d'étude.

La moyenne annuelle est de l'ordre de 22,01°C à Biskra, 17,55°C à O.E.B et 19,52°C à El kala.

La température maximale enregistrée en juillet est de l'ordre de 33,6°C à Biskra, 29,15°C à O.E.B et 27,24°C à Batna

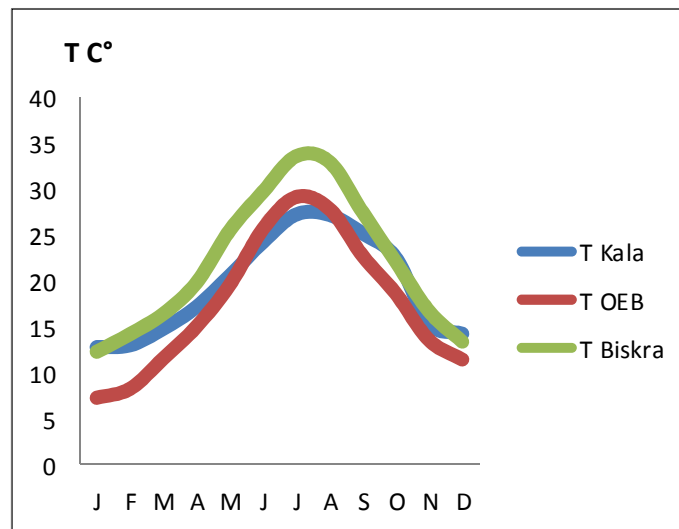


Figure 18: variation mensuelle moyenne de la température au niveau des trois stations

I.5.2 Variation saisonnière des températures :

La température moyenne saisonnière est calculée à l'aide des valeurs moyennes mensuelles.

On remarque que toutes les saisons sont caractérisées par :

* Un été chaud avec des températures variant entre 33,58°C à El kala, 39,24°C à O.E.B et 36,45°C à Biskra.

* Un hiver froid avec des températures variant entre 5,69°C à El kala et 12,77°C à O.E.B et un hiver chaud à Biskra (15,08°C).

* Un printemps où la température varie de 14,16°C à El kala, 18,45°C à O.E.B et 22,81°C à Biskra.

* Un automne avec des valeurs de la température atteignant 10,23°C à El kala, 16,71°C à O.E.B et 21,67°C à Biskra.

I.6 Synthèse climatique:

D'une manière générale, le climat représente le facteur qui influe le plus sur la variation des métabolites secondaires, une exploitation complète des données climatiques doit être réalisée pour définir le climat exact de notre zones d'études, cela impose l'utilisation de quelques indices climatiques.

D'où l'intérêt de formules climatiques proposées par les auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation. Biologiquement, le climat méditerranéen est avant tout une question de rythme pluviométrique (Emberger, 1941 ; Belgat, 2000).

De nombreux indices et formules ont été élaborés pour caractériser le climat d'une région, ils font intervenir essentiellement, la conjonction température- pluviométrie qui sont les deux facteurs limitant pour la vie végétale (Belgat, 2000 ; Meziani, 1984). .

I.6.1 Indice d'aridité de DE MARTONNE

Pour évaluer l'intensité de la sécheresse, l'indice de De Martonne, calculé pour chaque station, nous offre plus de facilité et d'efficacité dans les calculs.

$$I = P / (T + 10)$$

* P : précipitation annuelle (mm).

* T : température moyenne annuelle (C°).

Cette formule est caractérisée par sa simplicité dans laquelle le chiffre 10 ajouté à la température, permet d'éviter d'avoir un indice négatif. Cet indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide. Nous avons appliqué cette formule aux trois stations climatiques courant notre zone d'étude ; nous avons obtenu la classification suivante :

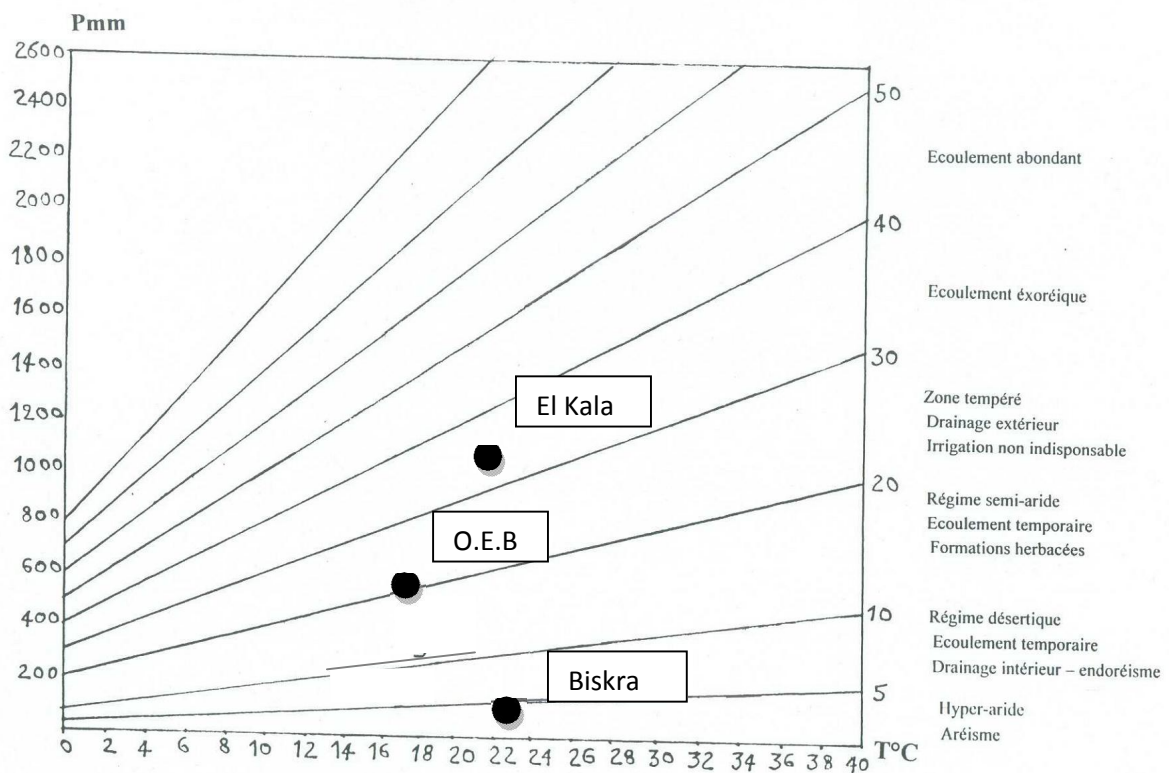
Tableau 09: Calcul de l'indice de DE MARTONNE pour les 03 stations

Stations climatiques	Valeurs d'indice
El Kala	20,59
Oum El Bouaghi	14,98
Biskra	3,54

Tableau 10: Classification des stations selon DEMARTONNE (Guyot, 1999):

Stations climatiques	Valeur de l'indice	Type de climat
Biskra	$0 < I < 5$	Hyper aride
	$5 < I < 10$	Aride
Oum El Bouaghi	$10 < I < 20$	Semi aride
El Kala	$20 < I < 30$	Sub humide
	$30 < I < 50$	humide

En plaçant ces indices sur le tableau De Martone, on s'aperçoit que la station de Oum El Bouaghi à un climat semi- aride, la station d'El Kala, un climat humide et la station de Biskra un climat hyper- aride.

**Figure 19 : Abaque pour le calcul d'indice d'aridité de De Martonne**

I.6.2 Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен nous permet de mettre en évidence la période sèche de notre zone d'étude. Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures. (Bagnouls et Gausсен, 1957). La saison sèche apparaît lorsque la courbe des précipitations rencontre et passe sous celle des températures.

En se basant sur les données météorologiques des stations d'étude (Tableau : 06-07-08). Cette représentation fait ressortir les mois secs dans l'année. Pour GAUSSEN un mois est sec, si $P < 2T$, comme il apparaît clairement sur les figures (27-28-29), la période sèche de la région d'Oum El Bouaghi s'étale du mois mai jusqu'à la fin du mois de novembre. Pour la région d'El Kala, nous observons une saison sèche qui s'étale sur cinq mois, allant de mois de mai jusqu'à la fin d'octobre. et toute l'année pour la région de Biskra.

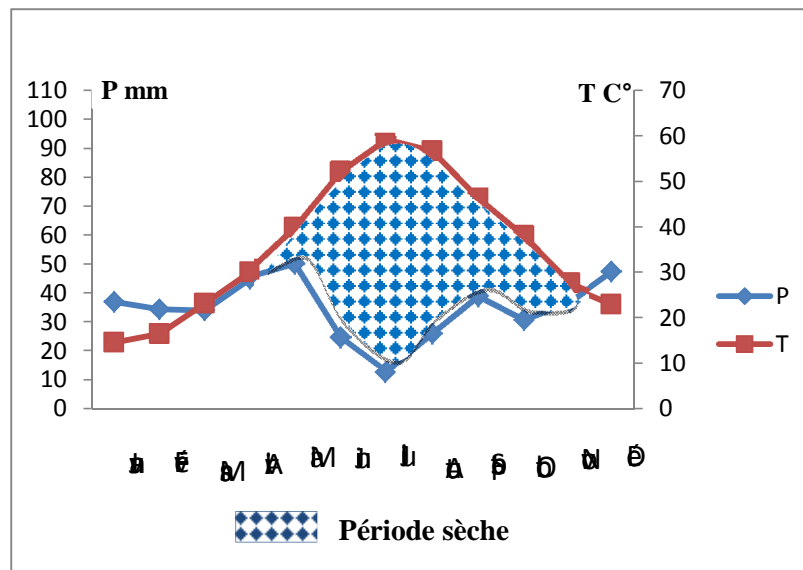


Figure 20: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен d'Oum El Bouaghi (2001-2012).

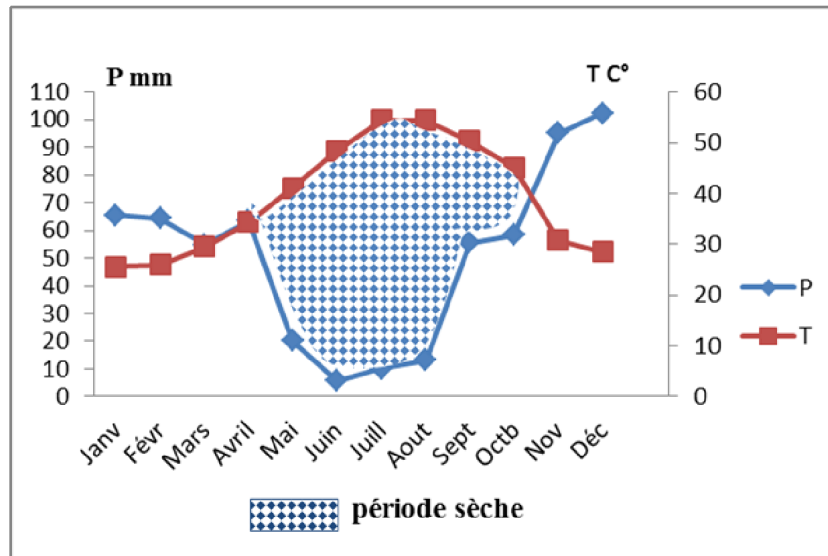


Figure 21: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен d'El Kala (2001-2012).

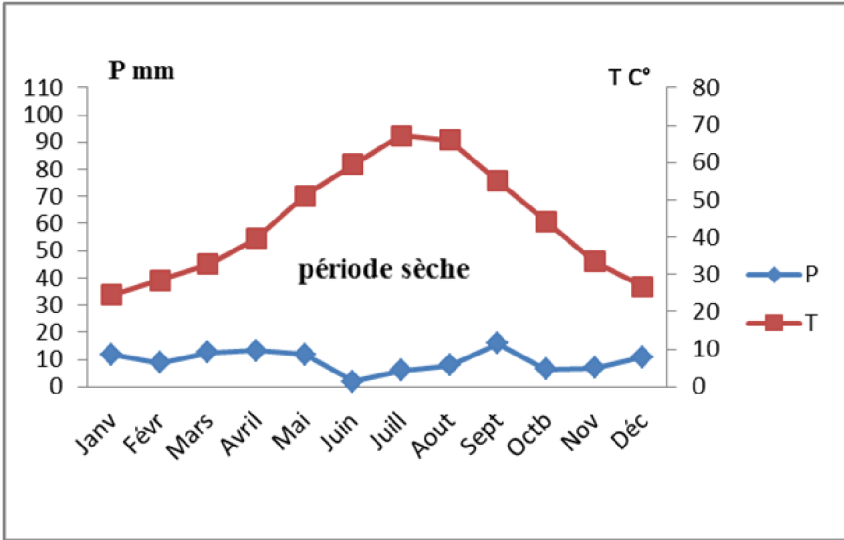


Figure 22: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен de Biskra (2001-2012).

I.6.3 L'indice pluviométrique d'EMBERGER (Les étages bioclimatique)

L'indice pluviométrique d'EMBERGER nous aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haut montage. (Emberger, 1955).

Son principe se base sur le régime des précipitations et des températures qui s'exprime selon la formule suivante:

$$Q_2 = \frac{1\ 000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Q_2 = quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P = précipitation annuelle moyenne (mm).

M = Température des maxima du mois le plus chaud (°K).

m = Température des minima du mois le plus froid (°K).

$1K = T^\circ + 273$

Le climat est d'autant plus sec que Q_2 est plus faible. L'observation du climagramme d'Emberger nous permet de situer les 03 stations d'étude comme suit :

- Oum El Bouaghi appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver frais. ($Q_2 = 37.18$).
- El Kala appartient à l'étage bioclimatique de végétation sub-humide à hiver chaud ($Q_2 = 94,36$).
- Biskra appartient à l'étage bioclimatique de végétation saharien à hiver chaud ($Q_2 = 13.02$).

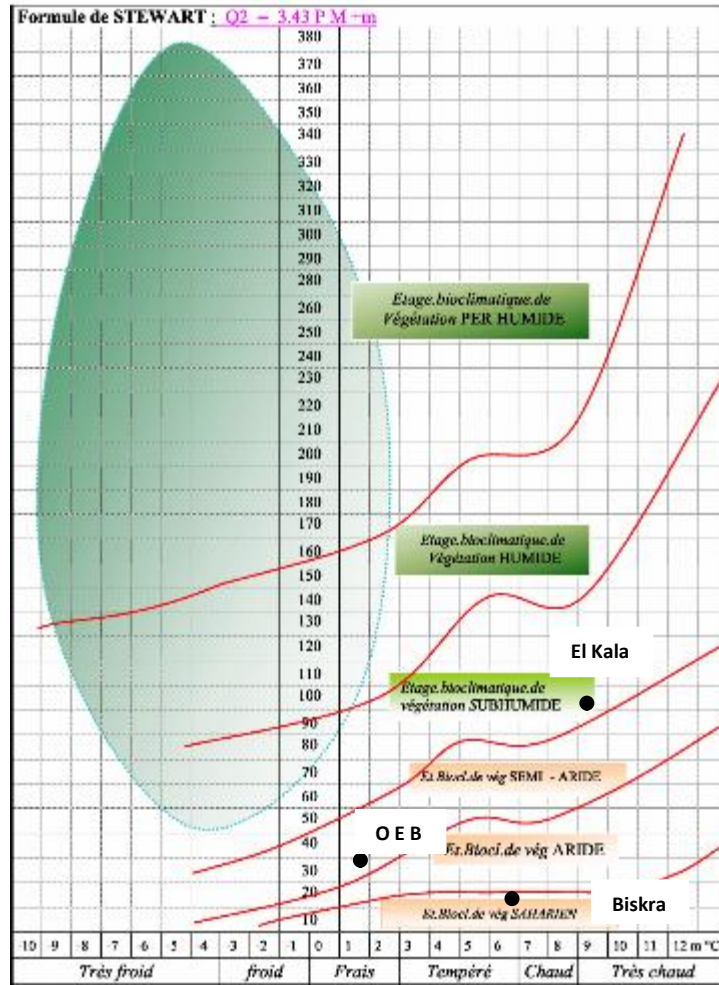


Figure 23: le climagramme du quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger des 03 stations d'étude.

Objectif de travail

En vue d'étudier l'effet des facteurs d'environnement notamment les facteurs climatiques sur la composition qualitative et quantitative des huiles essentielles et d'autres métabolites secondaires chez deux espèces ; *Juniperus oxycedrus* et *Schinus molle* poussant aux trois stations de différents étages bioclimatiques ;

- El Kala, zone littorale sub-humide
- Oum El Bouaghi qui est une zone forestière semi-aride à variante fraîche avec sol limoneux-sablonneux
- Biskra est une zone saharienne aride

Lors du choix des stations, on a tenu compte de l'altitude, l'homogénéité de la formation des plantes récoltées et le choix aléatoire des arbres sains et mûrs.

II.1 Matériel

II.1.1 Le choix du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué de deux espèces : *Schinus molle* et *Juniperus oxycedrus*. Le choix a obéi à des considérations bibliographiques tout à bord, et néanmoins orienté par la présence des espèces qui ont montré une chimio-diversité remarquable de ces deux espèces à travers des travaux effectués sur des échantillons provenant d'Iran et Turquie. La consultation des travaux précédents, ainsi que les sorties sur terrain nous ont montré que les peuplements sont présents dans les 3 régions.

Nous avons voulu, pour notre part, apporter une contribution à cette chimio-diversité par l'étude de la variété pédoclimatique Algérienne. Le deuxième critère de choix se rattache aux vertus médicinales de cette plantes et leur intérêt écologique comme fixateur du sol.

Les parties aériennes des deux espèces collectées respectivement en fin du mois de mai et début de mois de juillet 2011 au niveau des trois stations d'étude. Les plantes sont triées puis séchées à l'ombre à la température ambiante. Les feuilles et les galbules sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur électrique. Les deux parties de la plante sont soumises à l'entraînement à la vapeur durant 3 heures dans un essencier de type Clevenger (Clevenger, 1928). En opérant sur des pesés d'essais de 150 g de matériel végétal.

II.2 Méthodes

II.2.1 Extraction des huiles essentielles

Une étude phytochimique d'une plante passe impérativement par les étapes suivantes :

- Récolte de la plante.
- Extraction.
- Séparation et purification.
- Identification structurale des produits isolés.

II.2.1.1 Récolte et séchage des échantillons

Nos échantillons de faux poivrier proviennent de la cueillette directe des jardins de maisons vu que c'est une espèce cultivée, tandis que ceux de genièvre oxycèdre ont été prospectés et prélevés des sols des stations suivantes ;

- La forêt de sidi Rghis à Oum El Bouaghi,
- La zone littorale de cap rosa à El Kala,
- La forêt de Ain Zaatout à Biskra.

Il faut garder en mémoire les périodes de récolte favorables ; feuilles juste avant la floraison et galbules à maturité complète. Dans ce but, le ramassage des parties aériennes, feuilles et fruits, de *Schinus molle* L. et de *Juniperus oxycedrus* L. a été réalisé dans des conditions climatiques et un état de floraison semblable entre le mois de mai et la fin du mois de juillet 2011, par échantillon de 2 kg environ de feuilles comprenant les fruits ou les galbules.

Tableau 11 : Les parties utilisées et la quantité de la prise d'essai pour chaque espèce

éch	Echantillon	Parties utilisés	Prise d'essai (g)
01	<i>Schinus molle</i> L.	Feuilles	150 g
		Fruits	150 g
02	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Feuilles	150 g
		Fruits	150 g

Lors du ramassage, on a tenu compte de la station et du stade phénologique, vu que la quantité et la composition des huiles essentielles varient selon la provenance géographique et le degré de maturité (Bruneton, 1999). L'échantillonnage est effectué d'une manière aléatoire et à partir de plusieurs points du site, de telle façon à pallier les effets dus aux variations individuelles des arbres puis, les plantes sont triées puis séchées à l'ombre à la température ambiante.

L'influence des facteurs climatiques était souvent remarquable à vue d'œil. Les variations morphologiques entre les plantes de la même espèce prélevées de différentes stations étaient exprimées surtout par le volume des galbules et la surface des feuilles.

II.2.1.2 Broyage

Les plantes séchées à l'ombre pendant quatre jours environs, broyées en poudre, puis mis dans des bocaux hermétiques et conservés à sec (température ambiante) à l'abri de l'humidité en attendant l'analyse. Le broyage de la plante permet d'augmenter la surface de contact solvant-échantillon, une meilleure filtration du solvant au sein du matériel végétal ce qui a pour conséquence une augmentation de l'extraction (solide-liquide).

II.2.1.3 Extraction

Le poudre végétal est soumis à l'entraînement à la vapeur durant 3 heures dans un essencier de type Clevenger. En opérant sur des pesés d'essais de 150 g de matériel végétal (Tableau 11).

➤ Matériel

L'hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal (broyé en poudre) à traiter dans l'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Bruneton, 1995).

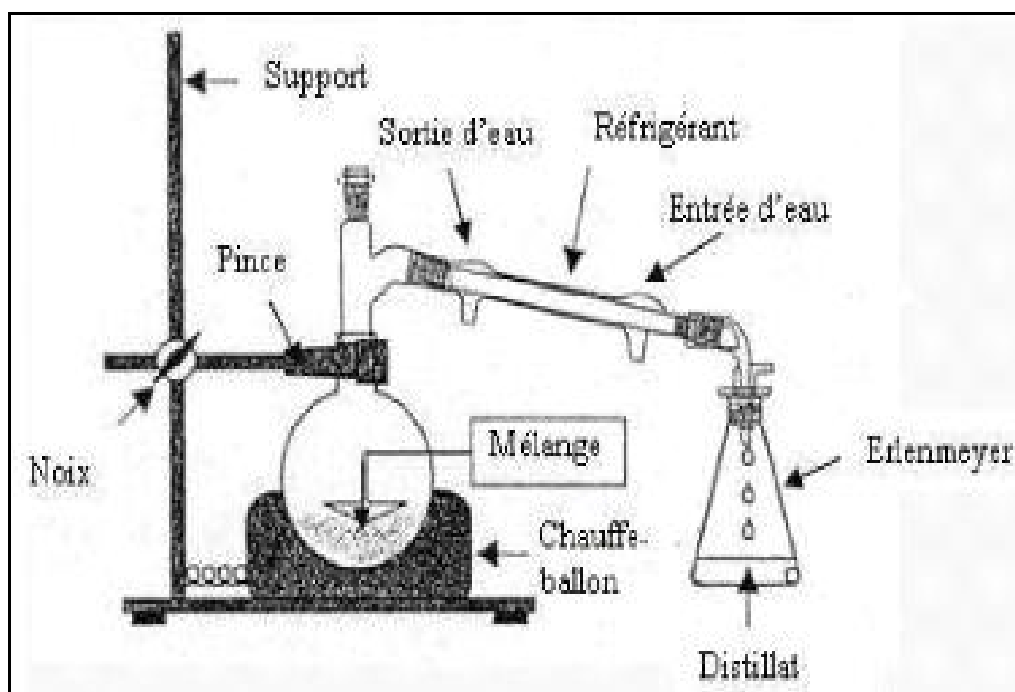


Figure 24: Schéma de principe d'une extraction par hydrodistillation

➤ Mode opératoire

L'opération a lieu dans un appareil qui se compose de quatre parties répondant chacune à une fonction très précise (Figure 24) :

- A- Ballon monocol,
- B- Col de cygne,
- C- Un réfrigérant,
- D- Un essencier,



Figure 25: dispositif de l'hydro distillation

Dans la première partie, on obtient l'évaporation de l'eau et volatilisation des huiles essentielles. Ces vapeurs sont dirigées vers le col de cygne et de là, dans le réfrigérant où elles se condensent rapidement et tombent alors dans le récipient collecteur.

Le ballon est en verre, le matériel végétal est immergé dans une quantité d'eau représentant 3 à 5 fois son poids et le chauffage est assuré par un bec Bunsen situé au-dessous du ballon. Le feu placé directement sous le ballon donne à l'opération son nom de «distillation à feu direct».

Le col de cygne, qui ferme ce ballon et sur lequel se branche le tube réfrigérant permet l'expansion des vapeurs et leur refroidissement initial. Il est hermétiquement fixé au ballon.

Le réfrigérant de type LIEBIG est composé d'un tube cylindrique totalement immergé dans un réservoir rempli d'eau courante froide provenant du bain marie. En sortant du ballon, les vapeurs entrent en contact avec la surface froide du réfrigérant, se condensent et grâce à leur poids, tombent dans un récipient collecteur dit « essencier », qui permet la séparation immédiate de l'eau et de l'essence. A l'échelle industrielle, l'appareil de distillation porte le nom d'alambic. (Bruneton, 1995), (Balansard et al, 1991).

➤ Dosage volumétrique

C'est une méthode d'identification quantitative qui permet après l'extraction ; le calcul direct de la quantité du principe actif à l'aide d'une balance sensible, ainsi que le rendement final (%) en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter (Carré, 1953) qui est en relation avec la pesée de la prise d'essai (g).

$$\text{Le rendement} = \frac{\text{Quantité de principe actif (g)}}{\text{Quantité de la prise d'essai (g)}} \times 100$$

Quantitativement ; les teneurs en huile essentielle (HE) sont plutôt faible, assez souvent inférieures à 1%. (Belaiche, 1991).

II.2.2 Identification des constituants des huiles essentielles

II.2.2.1 Définition

Cette méthode de séparation des principes immédiats repose sur les différences de leurs vitesses de déplacement sur un support poreux, parcouru par un solvant approprié.

Les mécanismes physico-chimiques mis en jeu sont des phénomènes d'adsorption, d'échanges d'ions ou de partage entre deux phases. La durée d'analyse varie entre 30min à 2h suivant le solvant et l'adsorbant, (méthode rapide). (Paris et Moyses, 1976).

II.2.2.2 Chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (GC / MS)

L'huile a été analysée par GC / MS en utilisant un détecteur sélectif de masse Agilent 5973EI couplé à un chromatographe en phase gazeuse Agilent GC6890A, équipé d'un PH réticulée 5% ME siloxane HP-5MS colonne capillaire (30 m x 0,32 mm, Epaisseur de pellicule 0.25µm).

Conditions de fonctionnement:

Le débit de gaz vecteur était de 1,6 ml He / min, pression de la colonne était de 100 Kpa. Les températures d'injection et de détection étaient de 220 ° C et 250 ° C respectivement. La température de la colonne a été maintenue à 60 ° C pendant 1 min, puis porté de 60 C° à 200C° à 10C° / min et on la maintient pendant 5 min et de 200 ° C à 240 ° C à 10 ° C / min et maintenu pendant 6 min. Le programme a été exécuté en mode sans division avec une gamme de masse de 50-400 u, et l'intervalle de balayage est de 0,5 s. Détecteur de tension a été fixé à 1,5 kV.

L'appareillage CG/SM permet de fournir un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectres de masse correspondants à chaque pic chromatographique, ce qui permet l'identification précise de la majorité des constituants séparés par la CG.

II.2.3 Extraction des flavonoïdes

II.2.3.1 Principe

Tous les flavonoïdes n'ont pas la même propriété de solubilité car certains flavonoïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool alors que d'autres ont des propriétés hydrosolubles extrêmement faible (Bruneton, 1999) de ce fait le principe utilisé pour l'extraction des flavonoïdes est basé sur le degré de solubilité des flavonoïdes dans des solvants organiques de polarité croissante.

II.2.3.2 Mode opératoire :

Environ 50g de matière sèche (feuilles) finement broyée de *Schinus molle* et *Juniperus oxycedrus* trompé dans 200 ml de Méthanol (80%). Le mélange est filtré sur un tissu 24 heures plus tard. Après deux extractions successives avec le Méthanol 80%, les filtrats sont combinés. La verrerie utilisée (Béchers, Ampoule à décanté, pipettes, entonnoirs et fioles), est préalablement lavée et séchée (Seghiri, 2008).



Figure 26 a. Filtration à travers tissu

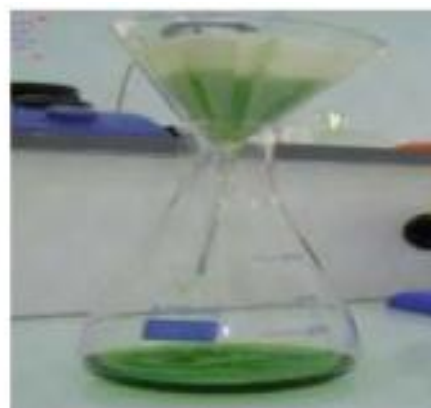


Figure 26 b. Filtration sur papier Watman

Après filtration sur tissu (Figure 26.a) et sur papier Watman (Figure 26.b), Les filtrats obtenus subissent une évaporation sous vide dans un Rotavapor à basse pression à 45°C (Rotavapor R-210 BUCHI), jusqu'à l'obtention d'extraits sec. L'extrait sec est pesé puis solubilisé par un volume d'eau distillée.

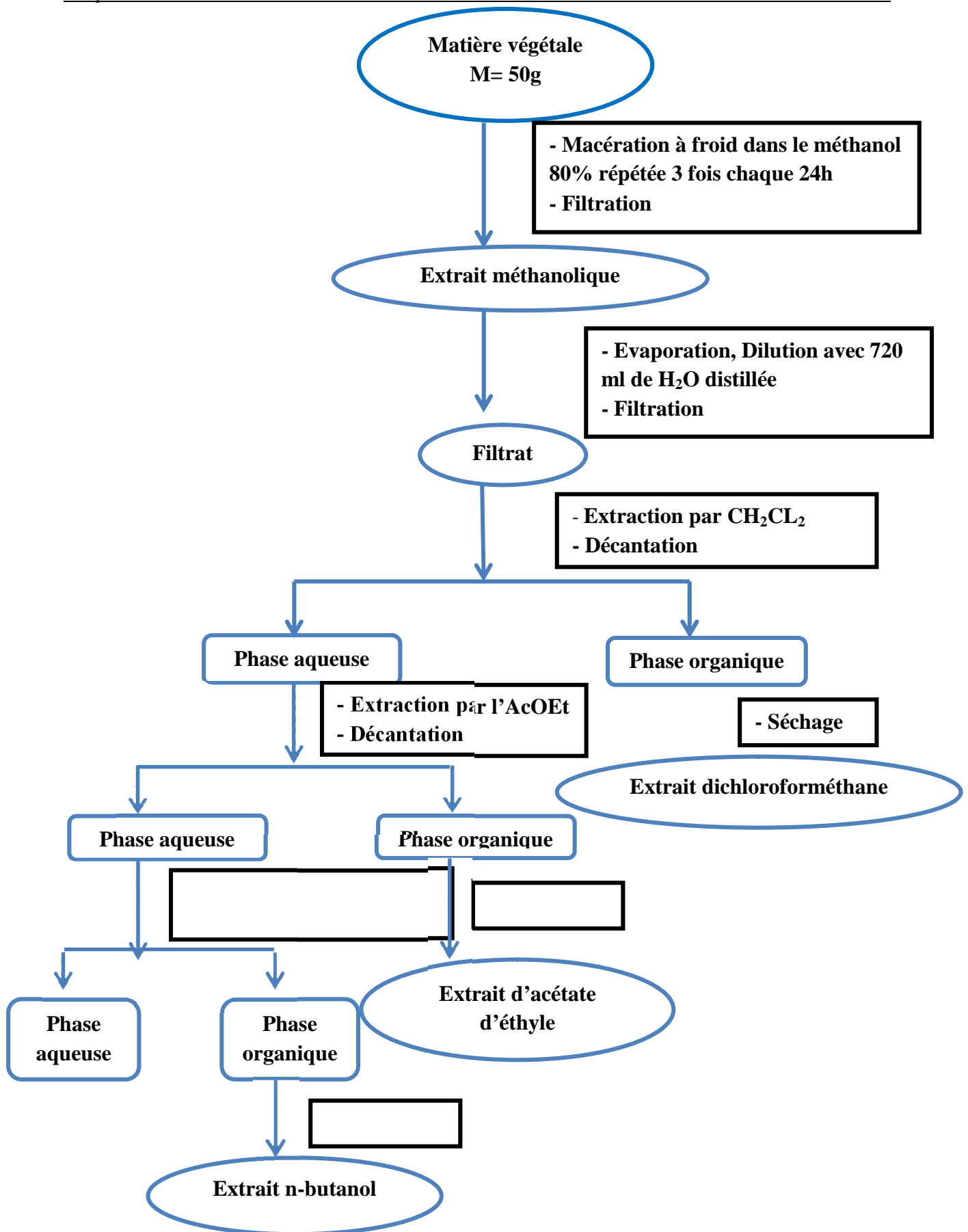


Figure 27 : Protocole d'extraction des flavonoïdes



Figure 28: Evaporation des extraits par Rotavapor (R-210 BUCHI).

La phase aqueuse ainsi obtenue est conservée pendant 24 heures puis filtrée (figure 27).. Le filtrat est mélangée à volume égale avec du dichlorométhane dans une ampoule à décanter. Le mélange est agité énergiquement puis laissé reposer jusqu'à ce qu'il y ait séparation totale de deux phases : une phase organique et une phase aqueuse.

La phase organique contenant les flavonoïdes aglycones et les aglycones méthoxylés, la phase aqueuse restante subit une série d'extraction avec l'acétate d'éthyle (2 fois) afin de récupérer dans la phase organique certains flavonoïdes aglycones, mais surtout les mono-*O*-glycosides et les di-*O*-glycosides. La phase aqueuse restante contient les flavonoïdes glycosylés plus polaires comme les di, tri et tetraglycosides qui sont obtenus avec le *n*-butanol. Les extraits obtenus sont dénommés selon le solvant qui a permis leur séparation : extrait chloroformique et extrait d'acétate d'éthyle et extrait de butanolique. Les trois fractions récupérées sont soumises à une évaporation par Rotavapor (R-210 BUCHI) puis pesé pour déterminer les rendements d'extraction exprimés par rapport à 50g de matière sèche.

II.2.3.3 Méthode de calcul du rendement

Après chaque étape de purification, l'extrait est évaporé à sec et le résidu obtenu est pesé. Le rendement, exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ, est déterminé par la relation suivante :

$$R = \frac{(P_c - P_v) \times 100}{Q}$$

P_c : poids du ballon avec le contenu (en g)

P_v : poids du ballon vide (en g)

Q : poids du matériel végétal de départ (en g)

III.1 L'évaluation quantitative des huiles essentielles

III.1.1 L'évaluation quantitative des huiles essentielles chez le *Juniperus oxycedrus* L.

Il serait indispensable de savoir quelles conditions climatiques sont les plus favorables à une teneur élevée du principe qui fait tout l'intérêt de la plante en question. Les renseignements d'ordre général relatifs à l'influence des climats sur la teneur des plantes en principes médicamenteux sont rares. Ils ont été déjà, pour la plupart, passés en revue par Fluck (1942).

III.1.1.1 La teneur des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. en HE

Comme noté dans la partie bibliographique, les extraits des plantes traités ne renferme que des traces d'huile, vue le matériel utilisé, nous n'avons pu récupérer qu'une infime quantité huileuse c'est ainsi que le rendement tend vers zéro.

Le rendement en HE des feuilles de *J. oxycedrus* était largement variable lisiblement montré dans la figure (29) où le *J. oxycedrus* qui pousse dans la région de Biskra (aride) présente la teneur la plus importante, qui est de l'ordre (0,44 %) en comparaison avec le rendement de *J. oxycedrus* provenant d'OEB (semi-aride) (0,36%) et le rendement de *J. oxycedrus* provenant d'El Kala (sub-humide) avec la très faible teneur 0,02%.

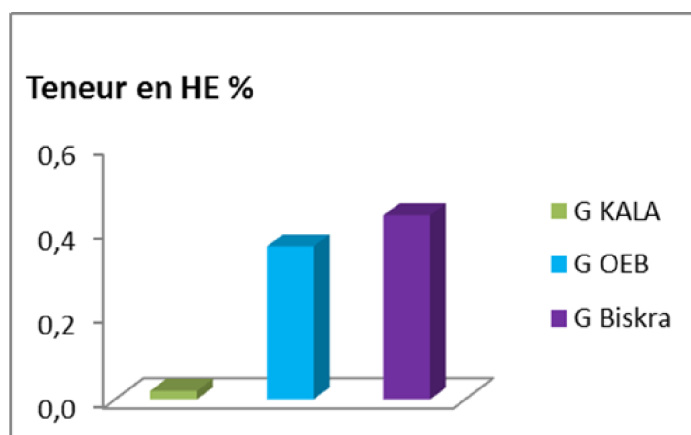


Figure 29 : La teneur en HE des feuilles de *J. oxycedrus* L. des différents sites d'étude

Ces variations de teneurs peuvent être dues à plusieurs facteurs cités dans la bibliographie notamment le degré de maturité, l'interaction avec l'environnement (type de climat, sol) et le moment de la récolte (Besombes, 2008). Lee et *al.* (2003). ont signalé que le rendement en HE varie beaucoup selon la plante utilisée, la partie de la plante utilisée, le matériel employé pour l'extraction et la méthode d'extraction, aussi bien et les conditions d'environnement -sol et climat- de l'origine de la plante (Chalchat et *al.*, 1998 ; Mansouri et *al.*, 2011), la température et les précipitations affectent également tout le contenu total en huile essentielle, phénols et flavonoïdes.

Selon les résultats obtenus, on observe que le milieu aride est le plus favorable pour la production des HE de *J. oxycedrus*, dont cela, Chopra et *al.* (1960) ont montré que la formation d'huile essentielle par certaines plantes semble jouer un rôle dans leur protection

contre la sécheresse, ce serait ainsi un caractère xérophytique. Les *Citrus* par exemple ont une teneur plus importante en huile essentielle lorsque la température est élevée (Bruneton, 1999). Il semble bien d'ailleurs que les plantes à essence sont plus nombreuses dans les habitats arides que dans les régions humides (Chopra et al., 1960).

Nos rendements sont comparables à ceux obtenus dans d'autres études sur le genre *Juniperus*. En effet, Emami et al. (2010) ont montré par leurs études sur le *Juniperus. excelsa* subsp. *polycarpus* récolté du Nord-Est de l'Iran que le rendement en huile essentielle obtenues par hydrodistillation des feuilles des femelles arbres est de 1.00% dont les feuilles des mâles de *J. excelsa* subsp. *polycarpus* est de l'ordre de 0.62% d'huiles de couleur jaune pâle. Les deux rendements sont supérieurs à ce qu'on a obtenu mais proche de rendement en huile essentielle extraite des feuilles séchées de *Juniperus phoenicea* récoltées de la région de Medenine (Sud de la Tunisie) qui était de 0,5% (Bouzouita et al, 2008)

L'hydrodistillation des rameaux (tiges + feuilles) de *Juniperus communis* du Maroc fournit $0,23 \pm 0,02$ % en huiles essentielles (Mansouri et al, 2011). Les rameaux et les fruits des sous-espèces *lycia* (plaine) et *turbinata* (montagne) de *Juniperus phoenicea* (Cupressacées), cueillis au Maroc présentent un rendement de $0,98 \pm 0,03$ pour Assif Almal et $0,90 \pm 0,05$ pour Mehdia. Toutefois, ces taux restent plus élevés que ceux des *Juniperus phoenicea* de la Grèce (0,21 %) (Adams et al., 1996), de la sous-espèce *turbinata* d'Espagne (0,30 %) (Adams et al., 1996), de Matmata (Tunisie) (0,70%) (Akrouit, 1999) d'Égypte (0,36 %) (Mansouri et al., 2011).

III.1.1.2 La teneur des fruits de *Juniperus oxycedrus* L. en HE

Selon la figure (33), On a obtenu une teneur élevée en HE des fruits de *J. oxycedrus* de Biskra extraite par hydrodistillation avoisine 0,41%, un rendement faible de 0,36% pour l'échantillon d'OEB et très faible (0,10%) pour le *J. oxycedrus* provient de la région d'El Kala, la baisse des teneurs qui est toujours concrète cette station

Il est intéressant de constater dans la figure (30) que les résultats des rendements en HE des fruits confirment avec celles des feuilles que l'origine de la plante et la variation des facteurs climatiques influence beaucoup la sécrétion en huile essentielle d'une plante aromatique (Adams et al., 1996 ; Mansouri et al., 2011).

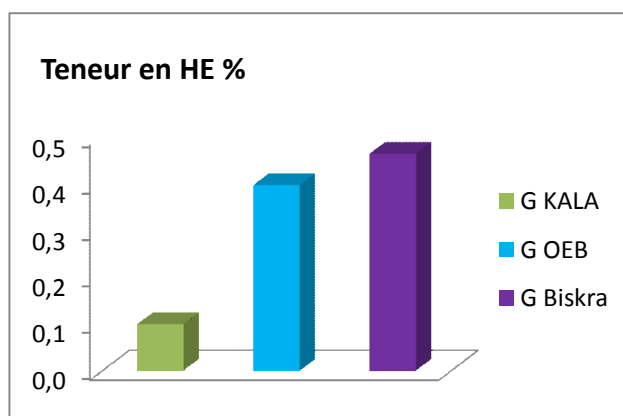


Figure 30: La teneur en HE des fruits de *J. oxycedrus* des différents sites d'étude

Bouzouita et al. (2008) ont montré que l'huile volatile isolée des fruits de *Juniperus excelsa* subsp. *excelsa* présente un rendement de 1,50%, supérieur à nos rendements, et aussi au rendement des fruits de *J. oxycedrus* provenant de Lebanon qui est de 0.72% (Loizzo et al., 2007). Ainsi, des échantillons de fruits des deux sous-espèces de *J. phoenicea* ssp. *turbinata* et *J. phoenicea* ssp. *lycia* du Maroc qui présentent respectivement un rendement de 1,10 % et 1,02 % (Mansouri et al., 2011).

On peut baser pour interpréter les rendements élevés en HE dans la région aride par les interprétations de Rovesti et Flück, (1955), tenant compte de la pression osmotique, admettant que les huiles essentielles forment un film qui abaisse la tension de vapeur, ce qui fournit un mécanisme possible de leur adaptation à des climats arides. Comme le cas des rhizomes et des racines du *Rheum emodi*, ils favorisent les potentiels thermiques élevés pour la production des métabolites secondaires (1986).

III.1.2 L'évaluation quantitative des huiles essentielles chez le *Schinus molle* L.

III.1.2.1 La teneur des feuilles de *Schinus molle* L. en HE

Les résultats illustrés ci- dessous (figure 31) indiquent que les feuilles de *Schinus molle* provenant de la région d'El Kala sont les plus riches en HE avec un taux de (0,66%) par rapport au rendement des feuilles de faux poivrier d'OEB et de Biskra, dont leurs teneurs contiennent respectivement 0,54%, 0,48%. Erazo *et al.*, 2006 ont trouvé que l'huile essentielle obtenue des feuilles de *Schinus polygamus* présente un rendement de 0,44 % .

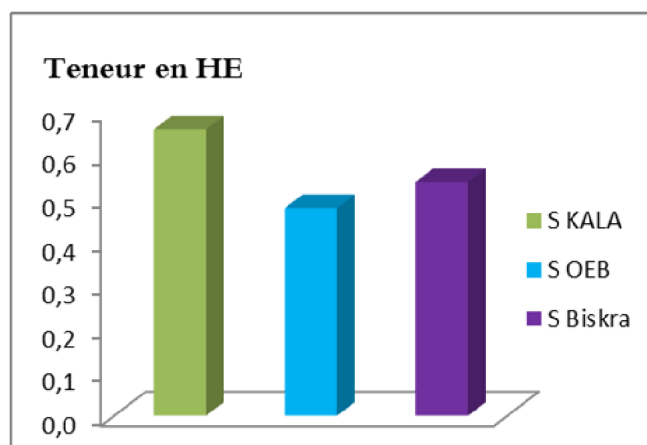


Figure 31 : la teneur en HE des feuilles de *S. molle* des différents sites d'étude

III.1.2.2 La teneur des fruits de *Schinus molle* L. en HE

Pour les extraits huileux des baies de *S. molle*, les mêmes résultats s'observent également en ce qui concerne la variation de la teneur en HE en fonction de lieu de récolte, dont le rendement présente toujours un taux élevé de 0,53% au niveau de la région d'El Kala. Cette teneur diminue de manière significative et atteint 0,48% pour les extraits d'OEB et 0,26% pour les extraits de Biskra.

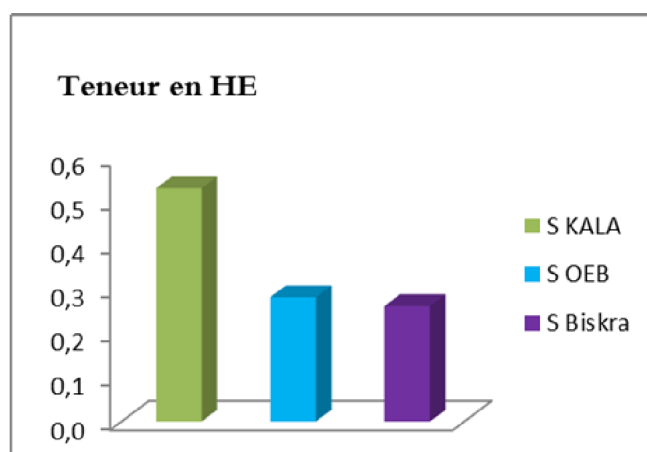


Figure 32 : La teneur en HE dans les fruits de *S. molle* L. des différents sites d'étude

Les résultats révélant que la formation et l'accumulation des HE de *S. molle* au niveau des feuilles et des fruits favorisent le climat humide, dont le potentiel hydrique (humidité de l'air et de sol). Par exemple, chez les feuilles et les fruits de Coriander et de Valériane, la teneur en huile essentielle augmente lorsqu'ils sont cultivés dans des habitats fortement humides

L'huile essentielle des fruits de *S. molle* L., recueillies à partir de quatre endroits en Tunisie a été obtenue par hydrodistillation, Le rendement le plus élevé (4,13%) a été obtenu dans les usines d'El Kef (nord-ouest de la Tunisie), tandis que le rendement le plus faible (0,05%) a été observée dans l'INRAT (Tunisie nord). Différences qualitatives et quantitatives ont été observées entre les différentes huiles. Erazo et *al.* (2006) ont montré que l'huile essentielle obtenue de fruits de *S. polygamus* présente un rendement de 2,5%.

III.1.3 Comparaison entre les teneurs en HE dans les feuilles et les fruits de *J. oxycedrus*

Nous assistons selon les résultats ci-dessous (figure 33) que la formation des huiles essentielles est plus concentré au niveau des fruits que feuilles dont leurs teneurs contiennent respectivement 0,96% et 0,82%. Les rendements en huiles essentielles sont variables selon l'espèce et la partie de la plante étudiée (Mansouri et *al.*, 2011).

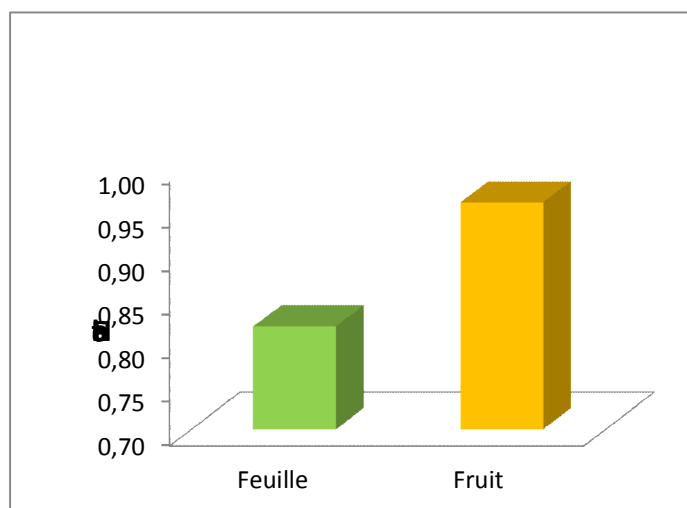


Figure 33 : Le rendement total en HE dans les feuilles et les fruits de *J. oxycedrus*

III.1.4 Comparaison entre les teneurs en HE dans les feuilles et les fruits de *S. molle* L.

D'après les résultats de la figure (34), il est intéressant de remarquer que la teneur en huile essentielle est beaucoup plus importante dans les feuilles de *S. molle* (1,66%) que dans les fruits (1,07%). Au contraire, Rossini et *al.*, 1993 ont trouvé que le rendement des fruits de *Schinus molle* L. est supérieur au rendement des feuilles dont les fruits peut contenir jusqu'à 5% d'huile essentielle, et les feuilles peuvent contenir jusqu'à 2% d'huile essentielle.

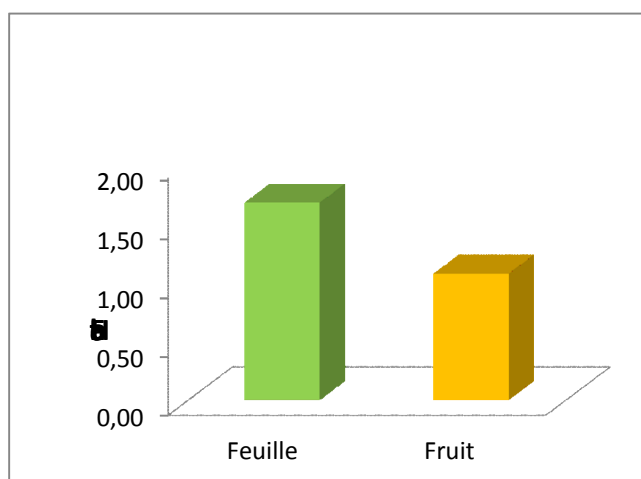


Figure 34: Le rendement total en HE dans les feuilles et les fruits de *S. molle* L.

III.1.5 L'évaluation du rendement en HE en fonction de lieu de récolte

Juniperus oxycedrus : L'influence des facteurs d'environnement sur la variation des rendements en huiles essentielles chez les feuilles et les fruits de *J. oxycedrus* illustrée dans la figure (35) est très significative.

De très nombreuses recherches ont été effectuées sur diverses plantes médicinales en vue de déterminer les conditions les plus favorables à l'obtention d'un rendement maximum en principe actif. Nous renvoyons pour cette question aux rapports du colloque de Wageningen en 1957 partiellement consacrés à l'influence des facteurs externes ainsi qu'à des critiques de Fluck, (1955) concernant l'influence du sol et du climat sur les principes actifs des plantes médicinales (Chopra et al., 1960).

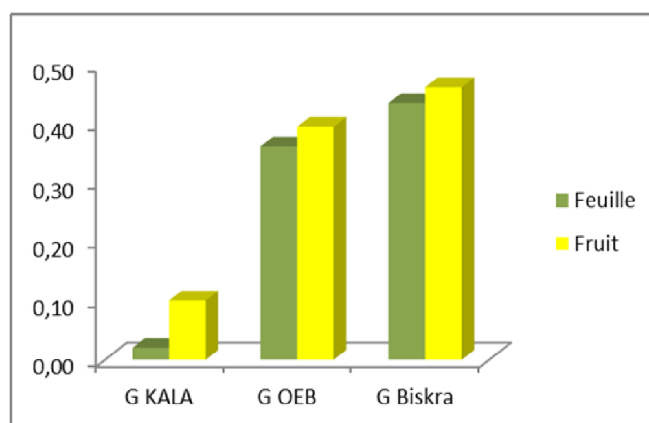


Figure 35: La teneur en HE dans les feuilles et les fruits de *Juniperus oxycedrus* L.

Schinus molle : La variation de la teneur en huile essentielle exprimé sous forme de graphique (Figure 36) montre que la meilleure production de cette substance bioactive chez le faux poivrier se fait dans les milieux subhumides (El Kala) où les conditions climatiques et édaphiques sont les plus favorables.

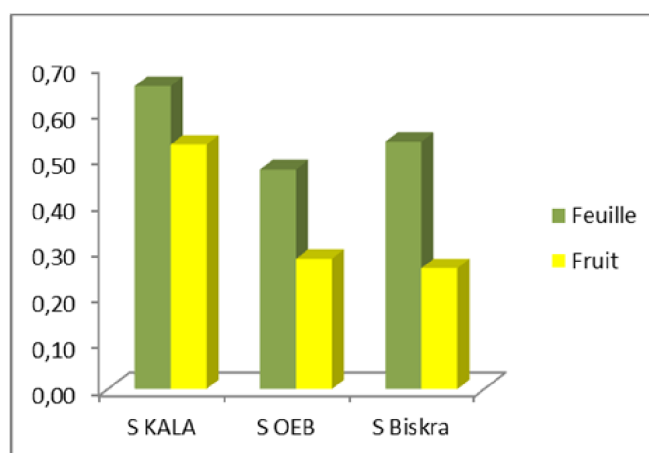


Figure 36 : La teneur en HE dans les feuilles et les fruits de *Schinus molle* L.

III.2 Identification des huiles essentielles des feuilles *Juniperus oxycedrus* L.

La détermination du rendement en HE est une étape nécessaire pour la comparaison entre les trois stations mais non suffisante pour caractériser les HE. Il est donc nécessaire de la compléter par des analyses chromatographiques par GC/MS, souvent utilisé comme moyen analytique complémentaire pour l'analyse structurale des huiles volatiles, ont été employé pour identifier les HE des feuilles de *J. oxycedrus* L. de trois régions en Algérie.

Les analyses chromatographiques ont été effectués pour identifier les constituants chimiques des HE extraites des feuilles de *J. oxycedrus* L. qui pousse dans la région d'El Kala, de même pour les HE récoltées de l'ensemble des genévriers de la région d'OEB et de Biskra, dans lequel les composés identifiés sont listés suivant l'ordre de temps de rétention.

Les tableaux ci-dessous (12.13.14) rassemblent les données expérimentales à savoir le temps de rétention, les pourcentages des différentes molécules, ainsi que le nom de la molécule identifiée par le logiciel (NIST 2) et les données bibliographiques qui ont contribué à identifier ces molécules. Ce tableau présente également les composants chimiques identifiés avec un pourcentage du contenu total de l'huile essentielle.

III.2.1 Identification des HE des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. de la région d'El Kala

L'hydrodistillation des feuilles de *J. oxycedrus* L. de la région d'El Kala présente un rendement de 0,02% d'une huile jaunâtre et possède une forte odeur. La composition et le pourcentage de ces composés sont résumés dans le tableau 12. Quarante-huit composés ont été identifiés dans les huiles essentielles, ce qui représente 84,28% du total de l'huile.

Tableau 12: Composition chimique des HE des feuilles de *J. oxycedrus* de la région d'El Kala

Pic	Constituants chimiques	T _R	%
1	L- α -terpineol	20.483	1.1
2	Copaene	22.376	0.1
3	α -Bourbonene	22.668	tr
4	Elixene	23.261	0.2
5	-Cubebene	23.120	0.3
6	(-)-Isoledene	23.654	0.1
7	Caryophyllene	24.447	1.2
8	1,6,10-Dodecatriene, 7,11-dimethyl-3-methylene-	27.449	0.1
9	ζ -Murolene	27.804	tr
10	Germacrene D	27.963	21.3
11	4a-Methyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene	29.727	1.4
12	Andrographolide	30.161	0.4
13	ϵ -Cadinene	30.464	3.4
14	1-Heptatriacotanol	30.676	0.2
15	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-	30.773	0.1
16	ζ -Eudesmol	31.669	1.6
17	Elixene	31.811	0.2
18	Caryophyllene oxide	32.829	1.8
19	3-Bromomethyl-3,6,6-trimethyl-cyclohexene	33.449	1.5
20	6-[(2Z)-2-Butenyl]-1,5,5-trimethyl-1-cyclohexene	33.476	0.9
21	6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalen-2-ol	34.047	1.5
22	Acide dodecanoïque	34.373	0.18
23	Andrographolide	35.160	1.7
24	7-Tetracyclo[6.2.1.0(3.8)0(3.9)]undecanol, 4,4,11,11-tetramethyl-	37.876	2.3
25	-Cadinol	38.209	1.0
26	Methyl (Z)-5,11,14,17-eicosatetraenoate	39.358	2.2
27	1,5-Dodecadiene	40.318	8.4
28	2,3-Dihydrofarnesol	41.502	0.3
29	2-Nonadecanone	42.134	0.8
30	2-Pentadecanone	42.148	0.3
31	Cis farnesol	43.128	10.9
32	Heptadecane	43.439	1.0

33	7-Tetracyclo[6.2.1.0(3.8)0(3.9)]undecanol, 4,4,11,11-tetramethyl-	45.268	0.9
34	Farnesyl acetate	48.454	0.5
35	Androst-2,16-diene	49.999	0.2
36	Bicyclo[4.3.0]nonane, 7-methylene-2,4,4-trimethyl-2-vinyl-	50.491	0.1
37	Naphthalane	52.206	1.7
38	14,15-Dinorlabdane, 8,13-epoxy-	53.154	8.8
39	Oxide de manoyl	53.117	tr
40	Acide Pentadecanoique	53.616	0.7
41	Isopimaradien	54.020	0.1
42	1-Naphthalenepropionic acid	54.134	0.2
43	7-Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydrophenanthrene	55.067	0.8
44	Eicosane	55.326	0.1
45	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	56.267	0.1
46	1-acide Naphthalenepropionique	56.797	1.0
47	Cembrene	59.108	2.4
48	-Naphthal	60.853	0.2
Total			84,28%

T_R : temps de rétention

% : pourcentage

Les constituants majoritaires de l'huile essentielle sont germacrène D (21,3%), Cis farnesol (10,9%), 14,15 -Dinorlabdane, 8,13-époxy-(8,8%), 1,5-Dodecadiene (8,4%) et certains autres composés étaient seulement présents en quantités mineures.

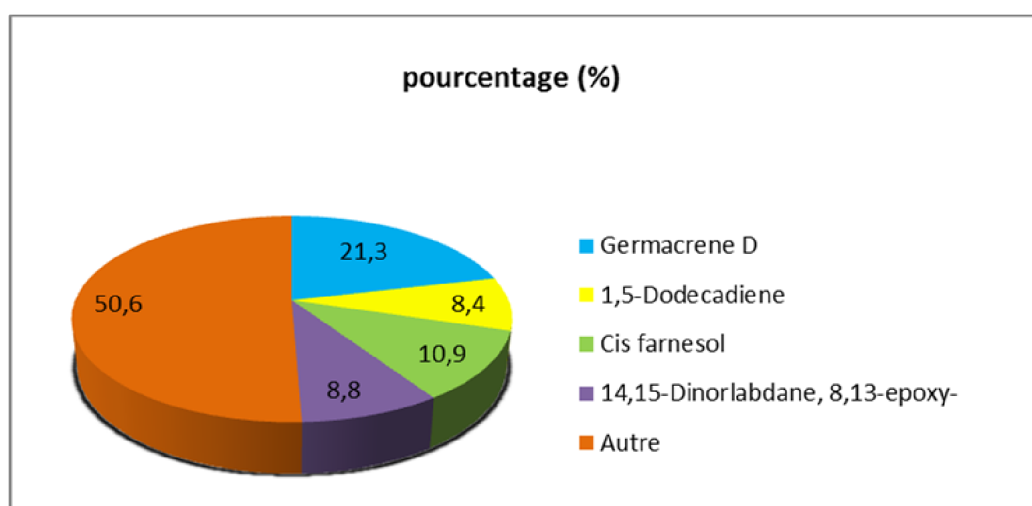


Figure 37: Les constituants majoritaires des HE de *J.oxycedrus* L. d'El Kala

III.2.2 Identification des HE des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. de la région d'Oum El Bouaghi

Les résultats obtenus de l'analyse chromatographique des huiles essentielles des feuilles de *J. oxycedrus* de la région d'OEB sont présentés dans le tableau 14, Cinquante-sept 57 composés ont été identifiés ce qui correspond à un pourcentage de 80,1% par rapport à l'ensemble des constituants isolés.

Tableau 13: Composition chimique des HE des feuilles de *J. oxycedrus* de la région d'Oum El Bouaghi

Pic	Constituants chimiques	T _R	%
1	Acetone	3.086	1.7
2	α-Pinene	3.788	0.3
3	Cyclopropyl 4-picolyl ketone	4.971	0.2
4	-Phellandrene	5.253	0.3
5	Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	5.681	0.8
6	α-Thujene	5.882	0.5
7	D-Limonene	5.945	0.8
8	-Campholenal	8.820	0.2
9	L-pinocarveol	9.493	0.2
10	2-Methyl-3-(3-methylenebicyclo[3.2.1]oct-6-en-8-yl-oxo)cyclohex-2-enone	9.864	0.1
11	Acetylfuran	10.654	0.1
12	1,2,4,5-Tetrazin-3-amine, 6-methyl-	11.053	0.1
13	2-Hexanol, 3,3,5-trimethyl-2-(3-methylphenyl)-	11.372	0.1
14	Acide acetylsalicylique	16.817	0.6
15	Neohexane	19.181	0.3
16	L-α-terpineol	20.483	3.0
17	Copaene	22.376	2.3
18	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	22.472	0.6
19	α-Bourbonene	22.668	2.4
20	1,5-Heptadiene, 2,5-dimethyl-3-methylene-	23.260	0.2
21	-Cubebene	23.120	1.3
22	1,5-Heptadiene, 2,5-dimethyl-3-methylene-	23.260	0.2
23	α-Maaliene	23.649	0.7
24	Caryophyllene	24.447	1.7
25	1,2,5-Thiadiazolidine, 2,5-di-tert-butyl-, 1,1-dioxide	24.933	2.1
26	(E)-2-Phenyl-2-butene	27.000	0.2
27	ç-Murolene	27.804	9.1
28	Germacrene D	27.963	0.6
29	-Farnesene	30.137	0.4
30	ë-Cadinene	30.464	3.9
31	Nonane, 1-iodo-	30.660	0.2
32	3,8-Dimethyl-1,2,3,4-tetrahydro-γ-carboline	30.844	0.2
33	ç-Eudesmol	31.669	3.0

34	Caryophyllene oxide	32.829	2.5
35	3-Isopropylidene-tricyclo[4.3.1.1(2,5)]undecan-10-one	33.653	1.1
36	Epicedrol	33.782	0.9
37	Andrographolide	35.160	1.5
38	Aromadendreneoxide-(2)	37.501	2.0
39	6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalen-2-ol	37.818	5.1
40	3,8-Dimethyl-1,2,3,4-tetrahydro-.gamma.-carboline	38.610	0.1
41	5-Tetradecen-1-ol, acetate, (Z)-	40.207	12.9
42	5-Pentadecen-7-yne, (Z)-	39.317	0.4
43	1,5-Dodecadiene	40.318	tr
44	Cyclohexanepropanol-	41.362	3.5
45	2,3-Dihydrofarnesol	41.502	0.8
46	Cis farnesol	43.128	tr
47	3-Ethoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	43.798	1.8
48	Cyclopentane, (2-methylbutylidene)-	45.517	0.2
49	Diheptyl phthalate	48.476	0.4
50	Lavandulyl acetate	49.325	0.4
51	1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyldodecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethyl-	53.070	3.0
52	14,15-Dinorlabdane, 8,13-epoxy-	53.154	tr
53	Oxide de manoyl	53.117	tr
54	7-Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydrophenanthrene	55.067	1.0
55	Pimar-15-en-8-yl acetate	56.087	2,4
56	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	56.267	1.7
57	Cembrene	59.108	tr
Total			80,1 %

T_R : temps de rétention

% : pourcentage

Les principaux constituants de l'huile essentielle sont : 5-Tetradecen-1-ol, acetate, (Z)- (12.9%) qui apparait comme le constituant majoritaire, ζ -Murokene (9,1%), 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalen-2-ol (5,1%), $\ddot{\epsilon}$ -Cadinene (3,9%).

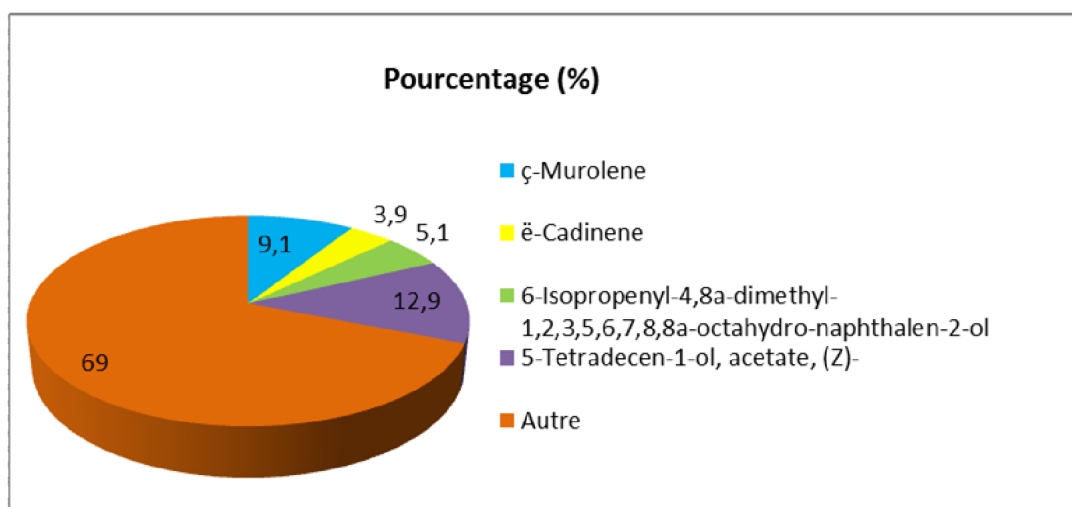


Figure 38: Les constituants majoritaires de l'HE de *J.oxycedrus* d'OEB

III.2.3 Identification des HE des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. de la région de Biskra

D'après les résultats du tableau (15) ci-dessous, 89,4 % des composants de l'huile essentielle des feuilles de *J. oxycedrus* de Biskra représentent la somme des pourcentages de soixante et un (61) composants obtenus qui ont été identifiés.

Tableau 14: Composition chimique des HE des feuilles de *J.oxycedrus* de la région de Biskra

Pic	Constituants chimiques	T _R	%
1	ò-Pinene	3.788	0.1
2	Benzene, 1-méthyl-2-(1-méthylethyl)-	5.681	0.1
3	D-Limonene	5.945	0.1
4	-Campholenal	8.820	0.1
5	L-pinocarveol	9.493	0.1
6	Cis-Verbenol	9.855	0.1
7	Borneol	10.646	0.1
8	L-à-terpineol	11.862	0.1
9	Bornyl acetate	16.824	0.1
10	L-ò-terpineol	20.483	0.2
11	Copaene	22.376	0.1
12	ó-Bourbonene	22.668	0.3
13	Caryophyllene	24.447	0.3
14	Geranyl acetone	26.299	0.5
15	ç-Murolene	27.804	2.0
16	Germacrene D	27.963	tr
17	Torreyol	28.658	0.2
18	2-Tridecanone	29.177	3.5
19	2-Tridecanol	29.987	0.9
20	3-Ethyl-3-hydroxyandrostane-17-one	30.151	0.2

21	ë-Cadinene	30.464	1.0
22	Elemol	31.430	0.6
23	Methyl 4,7-octadecadiynoate	31.653	1.5
24	4,8,12-Tetradecatrienal, 5,9,13-trimethyl	32.444	0.3
25	Caryophyllene oxide	32.829	3.2
26	6-[(2Z)-2-Butenyl]-1,5,5-trimethyl-1-cyclohexene	33.476	0.3
27	1-Heptatriacotanol	33.680	0.1
28	Andrographolide	35.160	2.8
29	Nerolidol	37.079	3.1
30	(+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	37.387	0.8
31	-Cadinol	38.209	1.0
32	Acide Acétique, 3-methyl-6-oxo-9-oxabicyclo[3.3.1]non-2-yl ester	38.782	0.5
33	D-Allethrin	39.078	0.7
34	1,5-Dodecadiene	40.318	25.9
35	-Bisabolol	40.589	1,2
36	1-[2-Methyl-2-(4-methyl-3-pentenyl)cyclopropyl]ethanol	41.185	0.2
37	2-Tridecyloxirane	41.395	1.2
38	2,3-Dihydro-6-trans-farnesol	41.506	2.4
39	2-Pentadecanone	42.148	1.4
40	1,6,10,14-Hexadecatetraen-3-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, (E,E)-	43.018	3.6
41	Cis farnesol	43.128	0.5
42	Z-11-Pentadecenol	44.765	0.9
43	3-Ethyl-3-hydroxyandrostane-17-one	45.486	0.2
44	6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol	45.676	0.7
45	Acide tétradécanoïque	45.888	0.3
46	Acétate dehydrotestosterone	46.094	0.3
47	Acétone hexahydrofarnesyl	48.991	0.4
48	Z-(13,14-Epoxy)tetradéc-11-en-1-ol acetate	49.814	0.3
49	1,1,1,3,5,7,9,11,11,11-Decaméthyl-5-(triméthylsiloxyl)hexasiloxane	50.779	0.1
50	1-Heptatriacotanol	51.473	0.1
51	14,15-Dinorlabdane, 8,13-époxy-	53.154	tr
52	Oxide de manoyl	53.117	10.4
53	n-Acide hexadécanoïque	53.557	0.9
54	7-Isopropyl-1,1,4a-triméthyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydrophénanthrène	55.067	3.7
55	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexaméthyl-3,5,5-tris(triméthylsiloxyl)tétrasiloxane	56.267	0.3
56	15-Isobutyl-(13.alpha.H)-isocopalane	56.476	2,3
57	Cembrene	59.108	2.7
58	Sclareol	58.611	2.9
59	trans-Phytol	58.611	0.2
60	15-Isobutyl-(13. .H)-isocopalane	59.287	0.2
61	4a,10a-Méthano-phénanthrène-9.beta.-ol, 11-syn-bromo-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-	60.579	1.1
Total			89,4 %

les principaux constituants sont 1,5-Dodecadiene (25.97%), Oxide de manoyl (10,4%), 7-Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a- octahydrophenanthrene (3,7%) ,1,6,10,14-Hexadecatetraen-3-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, (E,E)- (3,6%).

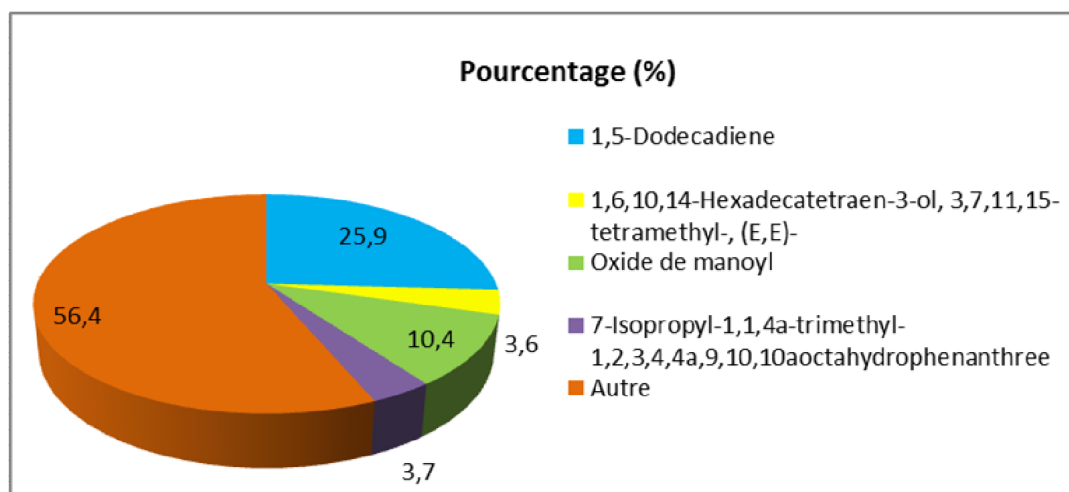


Figure 39: Les constituants majoritaires de l'HE de *J.oxycedrus* de Biskra

Il est intéressant de noter que l'analyse des trois types de l'huile a révélé qu'ils ont montré une grande variation de composés identifiés, leur contenu et leur composition chimique. Cette différence de composition de l'HE est due probablement à diverses conditions notamment l'environnement (Hoerster, 1979), l'origine géographique, la période de récolte, la température et l'humidité (Svoboda et Hampson, 1999).

Ristic et *al.*, (1999) et Fellah et *al.* (2006) ont montré que la variation détectée dans la composition chimique de l'huile essentielle de la *Salvia officinalis* L. issue de différents pays est liée à plusieurs paramètres tels que : le facteur environnemental (Grella et Picci, 1988 ; Bernath et *al.*, 1991), les conditions climatiques et géographiques (Ristic et *al.*, 1999) qui changent d'un pays à un autre. Chu et Kemper (2001) ont signalé que la présence et la concentration de certains constituants chimiques fluctuent également selon l'origine de la plante.

Mansouri et *al.* (2011) ont montré que la différence observée entre la composition chimique de l'huile essentielle de genévrier commun du Maroc et celles des autres origines pourrait s'expliquer par une adaptation de la plante aux facteurs abiotiques tels que, le climat spécifique au Moyen Atlas Oriental, aux facteurs géographiques comme l'altitude et la nature du sol qui orientent la biosynthèse vers la formation préférentielle de produits précis (Baradat et *al.*, 1991 ; Ghamni et *al.*, 2007 ; Mansouriet *al.*, 2010)

La composition de l'huile essentielle dépend de différents facteurs par exemple le chémotype de la plante (Fujita et *al.*, 1971 ; Kapilet et Sinha, 1977) de la partie de la plante utilisée, de son état de croissance (Karnick, 1977) ainsi que de la nature du sol et des conditions de culture (Ochoa et *al.*, 2005).

Au total, la composition de l'huile essentielle de *J. oxycedrus* L. a été considéré comme une source riche en sesquiterpènes (Mansouriet *al.*, 2010). La composition des huiles essentielles des feuilles de genre *Juniperus* est généralement beaucoup plus simple et dominé par les monoterpènes simples (Guerra et *al.*, 1987 ; Loizzo et *al.*, 2007 ; Mansouriet *al.*, 2011) contrairement aux huiles essentielles de *J. sabine*, où les monoterpènes oxygénés (par exemple, camphre) et sesquiterpènes (par exemple cadinols, cédrol) sont les constituants majeurs (Adams , 1991b)

Dans ce qui suit, nous allons comparer la composition chimique de nos huiles essentielles à celles de la littérature et à celles issues principalement du bassin méditerranéen, parce que l'étude de la composition chimique de l'huile de *Juniperus* a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche.

Dans une étude précédente, l'huile essentielle de genre *Juniperus* a été dominée par α -pinène (41,3%), avec des quantités modérées d' β -phellandrène, p-cymène, β -phellandrène, limonène, le myrcène, β -terpinéol, (E) - nérolidol et manoyl oxyde. L'huile de *J. oxycedrus* subsp. *badia* a une grande quantité d' α -pinène (20,7%), très peu de sabinène (0,1%) et une quantité considérable d'oxyde manoyl (10,9%) ce qui est correspond au résultat obtenu chez les HE de Biskra ainsi que plusieurs sesquiterpènes inconnus (Adams , 2000).

Chatzopoulou et Katsiotis (1993) a rapporté que l'huile essentielle de feuilles de *J. communis* du nord de la Grèce a été dominée par l' α -pinène (41,3%) et sabinène (17,4%), tandis que Caramiello et *al.* (1995) ont listé le Sabinène comme l'élément dominant (41,4%) avec 13,4% de α -pinène, mais les huiles de *J. taxifolia* et *J. taxifoliavar. lutchuensis* ont été dominées par l' α -pinène (46,6%) avec une quantité modérée de myrcène et β -pinène. Akimov et *al.* (1976) a rapporté que l'huile des feuilles de *J. oblonga* a été dominée par sabinène (26,9%) et l' α -pinène (16,1%) avec des quantités modérées de sabinol (7,8%), myrcène (7,3%), c-terpinène (6,1%) et le limonène (5,7%).

L'huile de feuille de *J. oxycedrus* du Grèce (Banthrope et *al.*, 1973; Hoster, 1974) a été dominée par l' α -pinène (26,94%) et cédrol (13,88%) avec des quantités modérées de dihydro-p-cymen-8-ol (8,49%), l' α -terpinéol (6,6%) et D-cadinène (4,55 %). Akimov et *al.* (1976) ont rapporté que *J. oxycedrus* de la Crimée contenu limonène 10,2%, α -pinène 7,8% et de petites quantités d'autres terpènes.

Les travaux de Loizzo et *al.* (2007) sur le contenu biochimique de *J. oxycedrus* de Lebanon montrent que les HE de ses fruits caractérisées par l' α -pinène (27,4%) et β -myrcène (18,9%) comme composés majoritaires, l' β -phellandrène (7,1%), limonène (6,7%), epibicyclosquiphellandrène (2,3%) et D-cadinène (2,2%), dont l'huile de bois contient le D-cadinène (14,5%) comme composé majoritaire, accompagnés d'autres constituants ; cisthujopsène (9,2%) et le ζ -Muroloène (4,9%).

La composition chimique de l'HE de *Juniperus phoenicea* L. de la Tunisie comprend comme composés majoritaires l' α -pinène (59,11%), le linalool (3,3%), le germacrène D (1,55%) et le germacrène B (3,22%). Cette huile est caractérisée par un taux élevé d'un monoterpène hydrocarboné (Bouzouita et *al.*, 2008).

Les huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* L. de Matmata (Tunisie) est constituée principalement par α -pinène (67,71%) accompagné de p-cymène (5,86%), β -phellandrène (2,21%) et β -acétate de terpényle (2,71%) (Akrouit et al., 2001).

Trois constituants chimiques dominent l'huile essentielle des rameaux de *J. phoenicea* ssp. *Lycia* du Maroc, il s'agit de l' α -pinène (34,23 %), le β -3-carène (20,64 %) et le limonène (14,56 %) accompagnés de l'acétate d' β -terpényle (6,80 %), α -pinène (4,65 %), terpinolène (4,12 %) et β -phellandrène (2,19 %) (Mansouri et al., 2010)

Les résultats obtenus par l'analyse chimique des HE de *Juniperus communis* L. du Maroc montrent que les rameaux sont riches en composés monoterpéniques (81,68 %) dont principalement le sabinène (27,51 %), le limonène (16,19 %), l' α -pinène (8,82 %) et le terpinène-4-ol (6,52 %) (Mansouri et al., 2011)

Dans la majorité des huiles essentielles du genre *Juniperus* qui ont été étudiées, l' α -pinène a été le composé spécifique de l'huile essentielle de genévrier. Dans notre étude, nous avons noté la présence de ce composé dans l'huile de *J. oxycedrus* de Biskra (0,10%) et d'Oum El Bouaghi (0,30%) mais on note l'absence totale de ce composé dans l'huile de *J. oxycedrus* d'El Kala.

Les facteurs de variabilité dans la composition des HE sont le lieu où poussent les genévriers, dépendra la composition biochimique de leur essence et déterminera donc le chémotype, la spécificité de l'huile et les propriétés thérapeutiques. Ces paramètres étant influencés par des facteurs pédoclimatiques et saisonniers : la composition chimique des HE est affectée par le climat, les températures maximales et minimales, la durée d'ensoleillement et le pic des radiations solaires, la pluviométrie, l'altitude, la nature du sol et son pH (Boukhatem et al., 2006)

III.2.4 Variabilité des principales molécules présentées dans les trois régions

D'après les résultats précédentes on peut suggère les remarques suivantes :

- les huiles essentielles obtenues lors de trois régions n'ont pas la même composition chimique, mais on peut remarquer une certaine ressemblance entre ses constituants. En effet, on a trouvé également que les HE récupérées des trois stations comprennent 124 constituants chimiques différents.
- En général les principaux composants de l'huile essentielle de *J. oxycedrus* sont l' α -Pinène, Germacrene D, D-Limonene, L- β -terpineol, ζ -Murolene, Oxide de manoyl. Des différences quantitatives significatives ont été observées dans les composés de l'huile essentielle, cette différence est très marquée dans les composés majoritaires présentés dans les trois stations, nous pouvons attribuer cette différence aux facteurs environnementaux des lieux de récolte de la plante (Svoboda et Hampson, 1999).
- Dans la majorité des huiles du genre *Juniperus* qui ont été étudiées, l' α -pinène a été le composé spécifique et majoritaire de l'huile essentielle de genévrier. A titre d'exemple les travaux de Banthrope et al. (1973) et Hoster (1974) montrent la prédominance de l' α -pinène

(26,94%) dans l'huile de feuille de *J. oxycedrus* de l'île de Elaphonissos, (27,4%) dans *J. oxycedrus* de Lebanon (Loizzo et al., 2007), (59,11%) dans *J. phoenicea* de la Tunisie (Bouzouita et al., 2008), (34,23 %) *J. phoenicea ssp. Lycia* du Maroc (Mansouri et al., 2010).

- A côté de l' α -pinène, plusieurs travaux ont montré que le Limonene aussi est un composé spécifique de l'HE de *Juniperus*. Dans le tableau ci-dessous, Il apparait dans le tr = 5.945 avec de très faibles quantités dans l'huile d'OEB (0,8%) et de Biskra (0,1%). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par des études précédentes, *J. oxycedrus* de la Crimée (10,2%), *J. oxycedrus* de Lebanon (6.7%) (Loizzo et al., 2007), *J. oblonga* (5,7%), *J. phoenicea* du Maroc (14,56 %), *J. communis* du Maroc (16,19 %) (Mansouri et al., 2011).

- On a conclu par cette comparaison que dans la même espèce, le contenu biochimique de l'HE trouvée dans les feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. varie de manière significative selon où et dans quelles conditions la plante à fait sa croissance.

Tableau15 : Les principales molécules les plus fluctuées entre les trois régions

Pic	Constituants	tr	El Kala	OEB	Biskra
1	L- α -terpineol	20.483	1.1	3.0	0.2
2	ζ -Murolene	27.804	tr	9.1	2.0
3	Germacrene D	27.963	21.3	0.6	tr
4	ϵ -Cadinene	30.464	3.4	3.9	1.0
5	Caryophyllene oxide	32.829	1.8	2.5	3.2
6	1,5-Dodecadiene	40.318	8.4	tr	25.9
7	Cis farnesol	43.128	10.9	tr	0.5
8	14,15-Dinorlabdane, 8,13-epoxy-	53.154	8.8	tr	tr
9	Oxide de manoyl	53.117	tr	tr	10.4
10	Cembrene	59.108	2.4	tr	2.7

On a trouvé également que les HE récupérées des trois stations comprennent 10 constituants chimiques communs (Tableau 15) qui ne semblent qu'après un temps de rétention supérieur à 19.18, dont le premier qui apparaît était L- α -terpineol à Tr = 20.48.

Le Germacrène D qui apparaît comme le constituant majoritaire dans l'HE d'El Kala (21.3%), il présente un très faible pourcentage dans l'HE d'OEB (0.6%) et juste des traces à Biskra. Des résultats similaires ont été obtenus par différents auteurs montrent que le Germacrène D est une molécule présentée dans d'autres espèces du genre *juniperus*, comme *J. brevifolia* (îles) 0,2%, *J. communis* (Suède) 0,7%, *J. sibirica* (Mongolie) 0,3%, *J. oblonga* (Starvopol province, Russie) 1,2%, *J. oxycedrus* (Espagne) 1,0%, *J. naviculaire* (Portugal) 0,2%, *J. formosana* (Chine) 2,3%, *J. rigida* 2,3% (Chine), mais 00 % en deux espèces *J. conferta* (d'origine Japon), *J. cedrus* (Îles) (Adams, 1998), sauf dans les baies de *J. oxycedrus* de l'Espagne recueillies en Septembre, le pourcentage de germacrène D varie de 4,2% de fruits (verts immatures) collection de Septembre à 39,5% de baies (rouge-brun fruits mûrs), tandis que dans le *J. oxycedrus ssp. Badia* varie de 0,4 à 2,6% (Salido et al., 2002).

Le ϵ -Cadinene et L- α -terpineol sont des constituants qui font partie du contenu biochimique des HE de *J. oxycedrus* de trois régions, le pourcentage de chaque constituant chimique fluctue également selon l'origine de la plante. Banthrope et al. (1973) et Hoster, (1974) ont trouvé aussi que l'huile des feuilles de *J. oxycedrus* de l'île de Elaphonissos (S. Grèce) comprend des quantités modérées de L- α -terpinéol (6,6%) et de ϵ -Cadinène (4,55 %).

Les travaux de Loizzo et al. (2007) sur le contenu biochimique de *J. oxycedrus* de Lebanon, ont listé la présence de D-cadinene avec un pourcentage de(2.2%)dans les fruits et(14.5%) dans l'huile de bois comme composé majoritaire, accompagnés d'autres constituants comme le ζ -Murolene (4.9%). Ce dernier fait partie du contenu biochimique de l'HE de *J. oxycedrus* de trois régions avec un pourcentage important de 9,1% à OEB, de 2% à Biskra et des traces de ce composé à El Kala.

L'oxide de manoyl présente le composé majoritaire de l'HE de Biskra avec un pourcentage de 10,4%, des traces de ce constituant sont apparues dans l'huile d'El Kala et de Biskra. Des travaux d'Adams (2000) qui ont été effectué sur l'huile de *J. oxycedrus subsp.*

badia ont présenté une quantité considérable d'oxyde manoyl (10,9%) ainsi que plusieurs sesquiterpènes.

Le composé qui présente la plus grande quantité dans les huiles de *J.oxycedrus* est le 1,5-Dodecadiene avec un pourcentage de 25,6% de la région de Biskra, 8,4% à El Kala et présente des traces à OEB. Les conditions climatiques affectent également tout le contenu total en huile essentielles (Lee et *al.*, 2003). Il est difficile de comparer les résultats avec ceux de la bibliographie, le contenu biochimique n'est que relatif et dépend des conditions climatiques.

III.3 L'évaluation du rendement en flavono de

L'étude quantitative des extraits bruts flavonoïques avait pour objectif la détermination de la teneur totale des extraits flavonoidiques isolés des feuilles des deux espèces médicinales *Juniperus oxycedrus* L. et *Schinus molle* L. en fonction de la variation des facteurs environnementaux entre les trois stations d'étude. L'extraction des flavonoïdes dépend aussi bien du matériel végétal, le lieu de récolte que du type de flavonoïde à extraire.

L'extraction proprement dite est réalisée par trois solvants de polarité croissante, dichlorométhane (CH_2Cl_2), acétate d'éthyle ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$) et n-butanol ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$), après un traitement préalable des feuilles de la plante par un solvant apolaire méthanol (CH_4O) pour la débarrasse des graisses, des stérols et des pigments (chlorophylle et caroténoïdes) (Diallo et al., 2005).

Les extraits récupérés après évaporation à sec ont été pesés pour déterminer le poids sec résultant. Le rendement a été déterminé par rapport à 50g de matériel végétal, les résultats ont été exprimés en pourcentage (p/p).

III.3.1 Le rendement en flavono de chez le *Juniperus oxycedrus* L.

Les travaux concernant l'évaluation quantitative des fractions flavonoïques nous ont fortement influencé pour déterminer l'impact des différentes conditions climatiques sur la teneur des flavonoides par la comparaison entre le rendement d'une même plante qui poussent dans trois régions climatiquement différentes ; El kala (sub-humide), Oum El Bouaghi (semi-aride) et Biskra (aride).

III.3.1.1 Rendement en flavonoïdes des feuilles de *J. oxycedrus* L. de la région d'El Kala

Selon la figure (40) ci-dessous, les feuilles de *J. oxycedrus* L. récoltées de la région d'El Kala ont donné des masses en extrait sec variables. De point de vue rentabilité en poids suivi par les feuilles de *J. oxycedrus*, ont donné les proportions les plus élevées pour l'extrait butanolique avec un rendement de 0,96 %, suivi par l'extrait d'acétate d'éthyle qui est de l'ordre de 0,12% et très peu de l'extrait de dichlorométhane (0,06%).

On peut estimer que les flavonoïdes extraits des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. sont beaucoup plus polaire qu'apolaire, ce qui explique le rendement élevé de l'extrait de n-butanol par rapport aux deux autres extraits. L'ajout du dichlorométhane a permis la séparation en fraction glycosylés et aglycones ; les flavonoïdes glycosylés sont plus abondants que les flavonoïdes aglycones car l'extrait dichlorométhane, dont le quels ils sont solubles, possède le plus faible rendement (Mouhamedi, 2006).

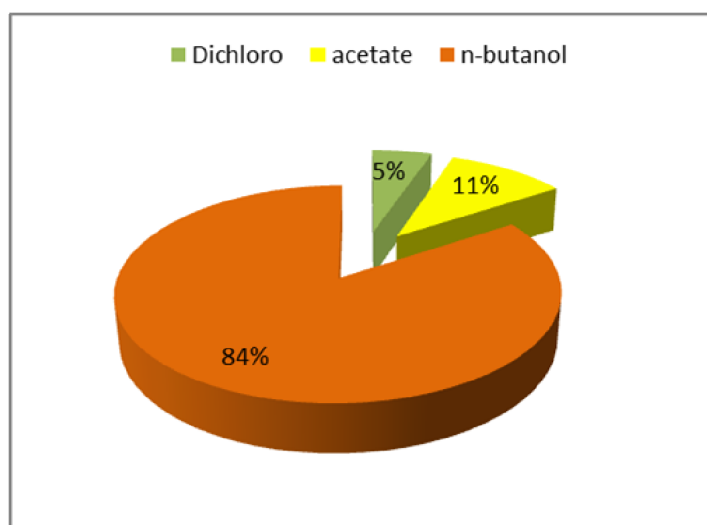


Figure 40 : Répartition des différentes fractions flavonoïdes de *Juniperus oxycedrus* L. de la région d'El Kala

III.3.1.2 Rendement en flavono des des feuilles de *J. oxycedrus* L. de la région d'Oum El Bouaghi

Comme on constate dans la figure ci-dessous (41), la fraction majoritaire est toujours présenté par l'extraits de n-butanol avec une teneur de 0,96%. L'ajout de l'acétate d'éthyle à l'extrait aqueux donne un rendement de 0,18% supérieur à celui de l'extrait de dichlorométhane qui est de 0,08%.

En outre, on peut estimer la prédominance des fractions extraites par n-butanol par rapport aux autres fractions comme signalent plusieurs études (Birt et *al.*,2001 ; Havsteen, 2002), dû peut-être aux différences de masse molaires entre la partie hétérosidique et le reste des flavonoïdes qui présente la partie aglycone.(Böhm, 1998 ; Ababsa , 2009).

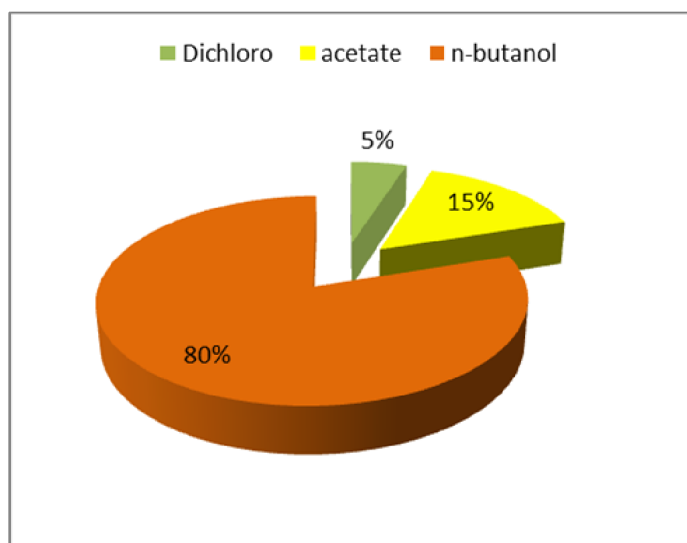


Figure 41 : Répartition des différentes fractions flavono des de *Juniperus oxycedrus* L. de la région d'OEB

III.3.1.3 Rendement en flavonoïdes de des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. de la région de Biskra

Les résultats indiquent que les flavonoïdes extraits des feuilles de *J. oxycedrus* récoltées de la zone aride « Biskra » sont beaucoup plus polaires qu'apolaires, ce qui explique le rendement élevé de l'extrait de n-butanol présenté par une teneur de (0,6%) par rapport aux extraits chloroformique (0,13%) et d'acétate d'éthyle (0,3%).

Ceci peut être expliqué par la grande solubilité des hétérosides, augmentant ainsi la polarité dans le n-butanol, ce qui permet d'entraîner les flavonoïdes dans la dernière phase de leur présence dans l'extrait de n-butanol.

Il est difficile de comparer les résultats avec ceux de la bibliographie. L'origine de la plante affecte également tout le contenu total en phénol et flavonoïdes et les capacités oxydantes (Benayache, 1992; Harborne et Williams. 2000 ; Bentame et al., 2005).

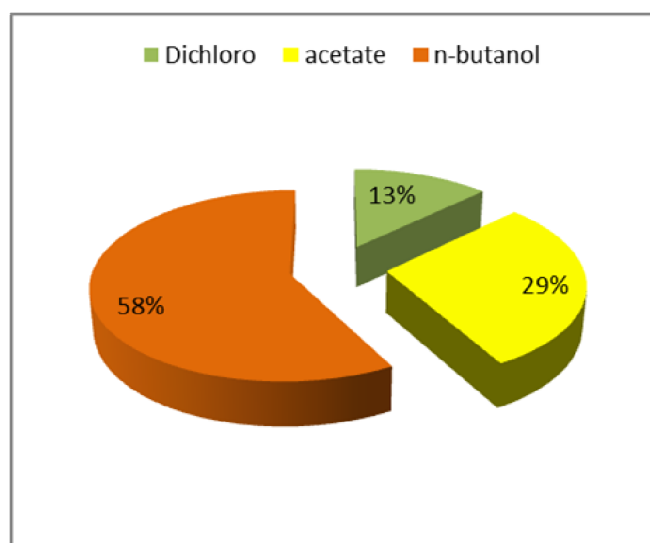


Figure 42 : Répartition des différentes fractions flavonoïdes de *Juniperus oxycedrus* L. de la région de Biskra

III.3.2 Le rendement en flavono des chez le *Schinus molle* L.

La deuxième plante étudiée concerne le *S. molle* dont nous avons extrait les flavonoides de ses feuilles par la même méthode d'extraction successive de type liquide-liquide par des solvants de polarité croissante selon Diallo et *al*, (2004).

En effet, les résultats quantitatifs obtenus sont présentés sous forme de secteurs proportionnels (figures : 43,44,45) et les rendements en extrait sec sont exprimés toujours en pourcentage de matière sèche.

III.3.2.1 Rendement en flavono des des feuilles de *Schinus molle* L. de la région d'El Kala

La figure (43) montre que le rendement de l'extrait d'acétate d'éthyle est élevé par rapport aux rendements de n-butanol (0,32%) et de dichlorométhane (0,12%), ce qui confirme que le faux poivrier d'El Kala est plus riche en aglycones par une quantité majeur de 0,72%.

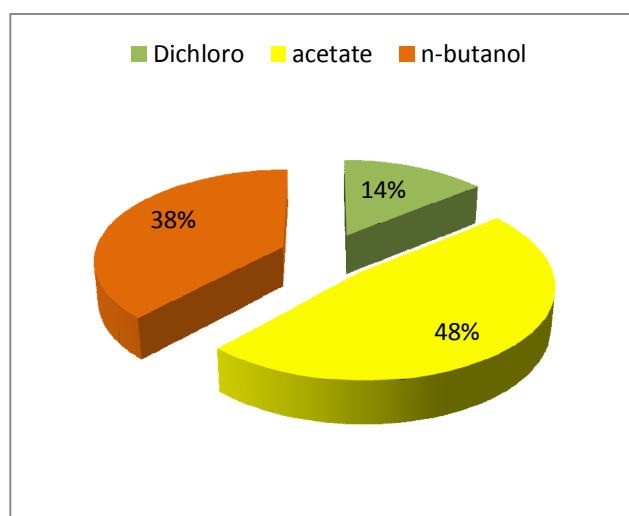


Figure 43 : Répartition des différentes fractions flavono des des feuilles de *Schinus molle* L. de la région d'El Kala

III.3.2.2 Rendement en flavono des des feuilles de *Schinus molle* L. de la région d'Oum El Bouaghi

Les résultats d'extraction selon la méthode utilisée montrent que *S. molle* d'Oum El Bouaghi contient différentes fractions de flavonoïdes.

Les rendements obtenus varient entre 0,12% et 0,92% dont le meilleur est celui de l'extrait butanolique, puis de l'extrait d'acéte d'éthyle avec un rendement de 0,26%, dont le plus faible est celui obtenu par l'extrait chloroformique avec un pourcentage de 0,12%. On peut estimer selon des études précédentes (Benayache, 1992; Bentame et *al.*, 2005) que les flavonoïdes apolaires sont moins présents, presque deux fois moins abondants que les flavonoïdes polaires, du fait du faible pourcentage obtenus avec l'extrait chloroformique

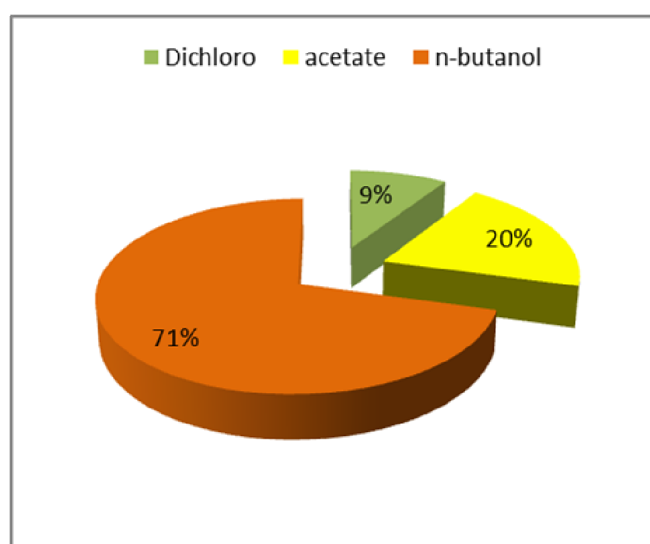


Figure 44: Répartition des différentes fractions flavono des des feuilles de *Schinus molle* L. de la région d'Oum El Bouaghi

III.3.2.3 Rendement en flavono des de *Schinus molle* L. de la région de Biskra

L'évaluation quantitative a montré que les rendements flavonoidiques de *S. molle* de Biskra sont conformes aux précédentes de *S. molle* d'OEB dont l'extrait majoritaire est celui de n-butanol (0,24%). On constate que la teneur en extrait d'acétate et aussi important qui est avoisine 0,2%, dont le dichlorométhane possède le plus faible rendement (0,12%).

En effet, actuellement il n'existe pas de références dans la littérature concernant les rendements en flavonoides chez les deux espèces étudiées.

Ces variations dans la teneur en fractions flavonoiques produites par les plantes sont les résultats de différent intervenant lors de la culture de la plante notamment les facteurs climatiques (chaleur, froid, lumière ...) (Kini , 1991 ; Kasimala, 2012). Les travaux de Voirin et Lebreton (1972) ont montré que la température agit sur l'évolution saisonnière de la teneur en polyphénols (leucoanthocyanes et flavonols) chez *Asplenium trichomanes*

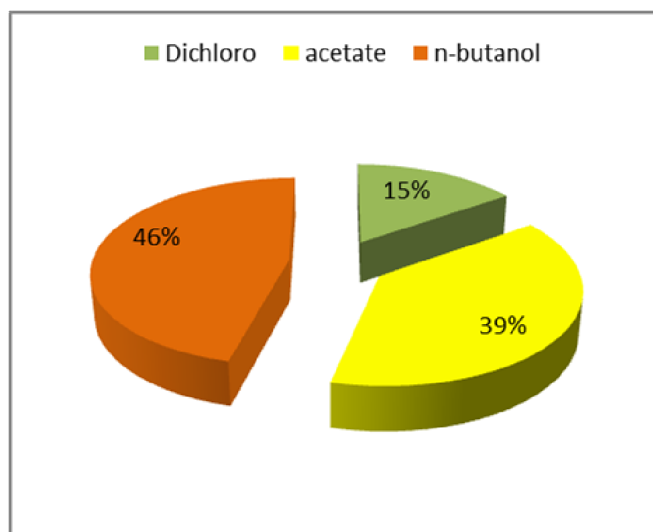


Figure 45 : Répartition des différentes fractions flavono des des feuilles de *Schinus molle* L. de la région de Biskra

III.3.3 La comparaison entre les rendements en flavonoïdes en fonction de lieu de récolte

Les figures suivantes (46,47) regroupent les rendements et les proportions relatives des fractions flavonoidiques des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. et *Schinus molle* L. en fonction de lieu de récolte.

- ***Juniperus oxycedrus* L.**

La comparaison quantitative entre les trois régions a montré l'extrême variabilité de la teneur des flavonoides avec l'origine de la plante. Il est intéressant de constater que les extraits de n-butanol sont les constituants majoritaires pour toute les fractions flavonoidiques des différentes régions.

Nous pouvons constater que la teneur des fractions des flavonoides obtenues par le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle à partir des feuilles de genévrier augmente légèrement avec la température moyenne, en contrepartie, les flavonoides extraites par le n-butanol sont directement proportionnelle avec l'humidité de l'air. Falchi et Soccolini (1980) ont indiqué que l'origine géographique de plante influence sur la teneur et la composition des polyphénols.

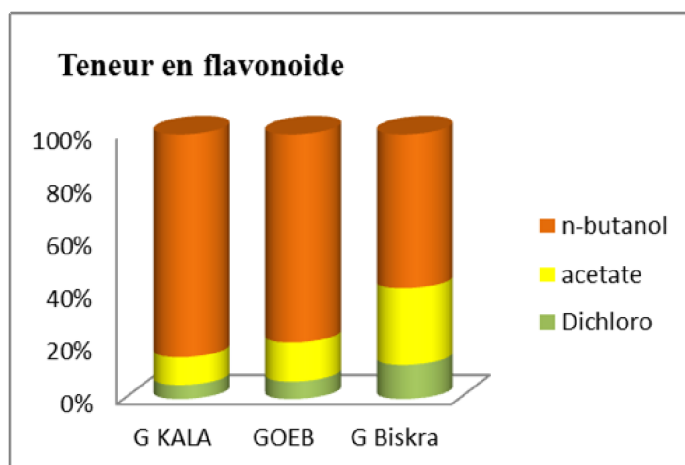


Figure 46: Répartition des différentes fractions flavonoides des feuilles de *Juniperus oxycedrus* L. dans les trois régions

- **Schinus molle L.**

Selon les résultats illustrés ci-dessous (figure 47), on distingue que la teneur des flavonoides totaux n'est pas stable et se diffère d'une région à une autre.

Les résultats indiquent que les feuilles de *S. molle* d'OEB et d'El Kala présentent la teneur la plus élevée en extraits d'acétate d'éthyle, suivi par le rendement de n-butanol dont la plus basse des teneurs est toujours concrète l'extrait chloroformique. Le niveau de la teneur des fractions flavonoidiques entrainées par le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle signale une décroissance importante avec l'augmentation de degré d'humidité, par contre, les flavonoides extraites par le n-butanol augmentent en liaison avec température moyenne.

Cette variation dans les rendements des fractions flavonoidiques peut être attribuée à l'origine de la plante sous l'influence de variations climatiques notamment le degré de température et le potentiel hydrique. Chez la vigne, les composés phénoliques sont localisés essentiellement dans la pellicule (flavonolsquercitrin, anthocyanes) et dans la graine (flavan-3-ols). Il en résulte que les facteurs environnementaux comme l'eau, en modifiant la taille de la baie, changent indirectement la composition du moût et finalement du vin. Un stress hydrique précoce augmente la synthèse des flavonols et diminue celle des flavan-3-ols (Ojeda et al., 2002 ; Deloire et al., 2004),

On ne peut pas contester qu'il existe beaucoup de facteurs externes pouvant influencer la production des métabolites secondaires à côté des conditions climatiques ; la composition du sol est autant un facteur d'ordre environnemental susceptible d'exercer des modifications chimiques (Assad et al, 1997 ; Lopes et al, 1997).

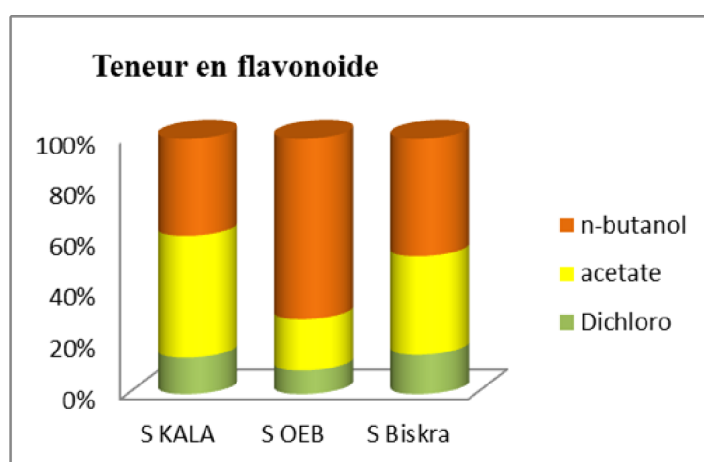


Figure 47 : Répartition des différentes fractions flavonoides des feuilles de *Schinus molle* L. dans les trois régions

III.3.4 La comparaison entre les rendements en fractions flavonoidiques de chaque station

L'extraction avec les solvants (Acétate d'éthyle/ n-butanol/ dichlorométhane v/v/v) nous a permis d'avoir une séparation de quelque composés de l'extrait méthanolique de la matière sèche.

- **Juniperus oxycedrus L.**

Le rendement en flavonoïde varie selon l'espèce productrice et l'origine de la plante traitée, cette variabilité de la composition illustrée par les résultats obtenus ci-dessous (Figure 48).

La meilleure teneur en fractions flavonoidiques extraites par le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle sera lorsque l'espèce de *J. oxycedrus* s'est développée dans la zone aride (Biskra) où les degrés de température moyenne annuelle peuvent atteindre 35°C. Ces valeurs sont légèrement diminuées avec la décroissance de la température dans les régions d'OEB et d'El Kala. Les flavonoides sont des polyphénols présents dans les feuilles, les fleurs, le pollen et les fruits, leur concentration augmente avec l'exposition au soleil et constituent de ce fait un écran protecteur contre la thermodégradation (protègent la plante des agressions du rayonnement UV) (Manchado et Cheynier, 2006). Ils participent aussi à la coloration des fleurs et des fruits et existent le plus souvent à l'état naturel sous forme d'hétérosides (Madi, 2009).

Pour les extraits butanoliques, les stations d'OEB et d'El Kala fournies des rendements majeurs et similaires. La croissance des plantes médicinales et la production des substances bioactives sont les résultantes de nombreuses réactions biochimiques sensibles à la température (Baldy, 1993).

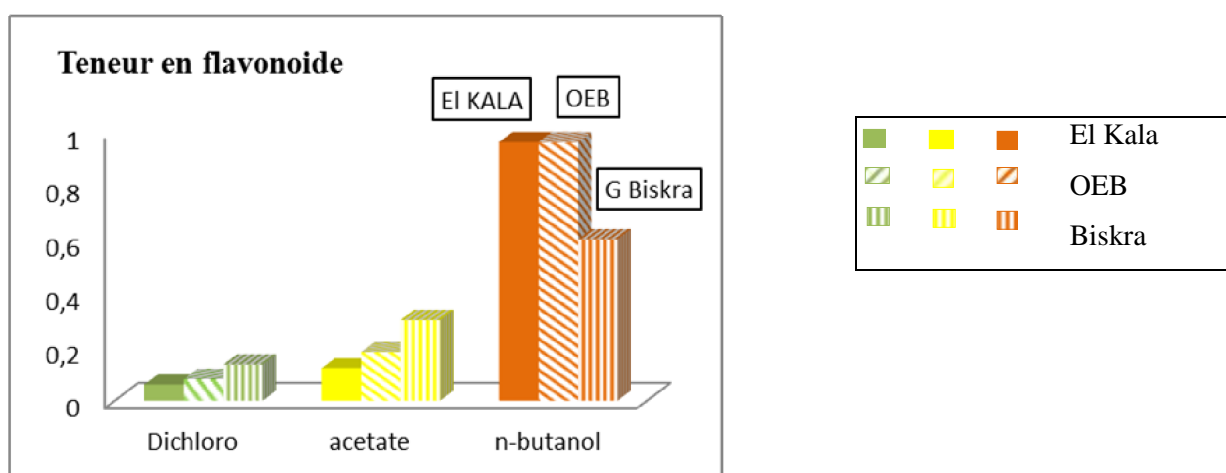


Figure 48 : Répartition des différentes fractions flavonoides des feuilles de *Juniperus oxycedrus L.* de trois stations

- **Schinus molle L.**

Les résultats (figure: 49) révèlent que l'accumulation des fractions aglycones (extrait de dichlorométhane et d'acétate d'éthyle) favorise les conditions climatiques subhumides de la région d'El Kala où le degré de température et le taux d'humidité fournissent un milieu propice à leur production.

Les extraits butanoliques de *S. molle* donnent les rendements majoritaires dans la région d'Oum El Bouaghi et des rendements minoritaires dans la région de Biskra. Les variations des rendements, des propriétés physicochimiques et de la composition chimique avec le lieu de récolte sont dues à un certain nombre de facteurs tels que la situation géographique, les conditions climatiques et pédologiques (Besombes, 2008 ; Mouhamdi, 2006).

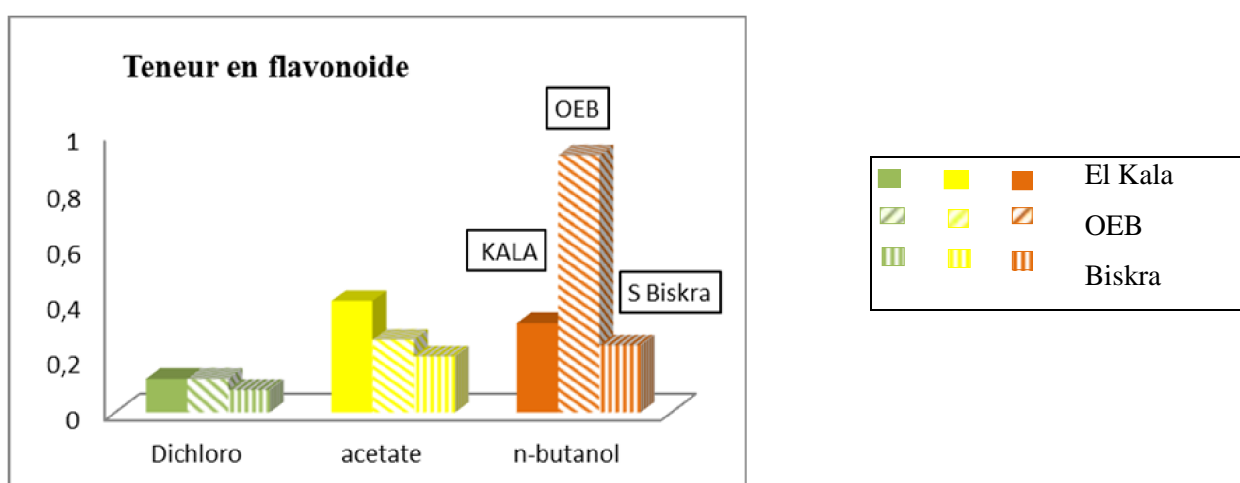


Figure 49: Répartition des différentes fractions flavonoïdes des feuilles de *Schinus molle L.* de trois stations

Conclusion

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des hauts plains et supérieur à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Dans ce présent travail, nous reportons les résultats d'une étude faite sur deux espèces de plantes médicinales très abondantes en Algérie, une espèce spontanée *Juniperus oxycedrus* L., et une espèce cultivée *Schinus molle* L. qui a pour objectif de contribuer à la valorisation des effets des facteurs climatiques sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles et sur le rendement en flavonoïdes bruts chez les deux espèces qui ont été récoltées de trois régions différentes ; El Kala, Oum El Bouaghi et Biskra.

D'une manière générale, le climat représente le facteur qui influe le plus sur la variation des métabolites secondaires, une exploitation complète des données climatiques était réalisée pour définir le climat exact de notre zones d'étude, cela impose l'utilisation des indices climatiques ; l'indice d'aridité de DE MARTONNE, le diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen et l'indice pluviométrique d'EMBERGER. L'étude bioclimatique a montré un gradient pluviométrique décroissant du Nord au Sud qui peut être considéré comme facteur de diversité floristique. El Kala appartient à l'étage bioclimatique de végétation sub-humide, Oum El Bouaghi appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi-aride, et Biskra appartient à l'étage bioclimatique de végétation saharien.

L'étude quantitative a révélé que les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation de *J. oxycedrus* montre un rendement relativement différent en concordance avec le lieu de récolte sous l'influence des variations climatiques, dont le genévrier qui pousse dans la région aride et semi-aride présentent un rendement plus élevé des feuilles (0,44 %) et des fruits (0,41%) en comparaison avec ceux des régions sub-humides semble être que le climat sec et ensoleillé est plus favorable à la production des HE chez *J. oxycedrus*.

Nous avons également, noter que le *S. molle* provenant de la zone sub-humide est le plus riche en HE avec un taux de (0,66%) dans les feuilles et (0,53%) dans les fruits par rapport aux rendements des faux poivriers qui poussent dans les zones arides et semi-arides, ce qui signifie que la formation et l'accumulation des HE de *S. molle* au niveau des feuilles et des fruits favorisent le climat humide, dont le degré d'humidité est élevé et la température moyenne annuelle ne dépasse pas 34°C.

S'agissant de l'étude comparative entre les différentes parties de la plante, nous avons montré que le rendement en huile essentielle de *J. oxycedrus* des fruits est supérieur à celui des feuilles. Par contre la teneur en huile essentielle chez *S. molle* est beaucoup plus importante dans les feuilles que dans les fruits. Les rendements en huiles essentielles sont variables selon l'espèce et la partie de la plante étudiée. L'étude qualitative nous a permis de déterminer cinq composés chimiques des huiles essentielles de *J. oxycedrus* de chaque région

d'étude et d'identifier le chémotype afin de déterminer les structures de substances terpéniques isolées par la méthode GC-MS.

D'après nos résultats, Cinquante-deux composés ont été identifiés ce qui représente 85,7% du total de l'huile de *J. oxycedrus* d'El Kala, Les principaux constituants sont : le Germacrène D (21,3%), 2,6,10-dodécatrien-1-ol, le 3,7,11-triméthyl-, (Z, E) - (10,9%), 14,15-Dinorlabdane, 8,13-époxy-(8,8%), 5-dodécadiène (8,4%). Cette huile a été dominées par une grande quantité de sesquiterpènes (29,1%), sesquiterpènes oxygénés (28,2) et les hydrocarbures monoterpènes (15,1%).

Pour le *J. oxycedrus* d'OEB, soixante composés ont été identifiés ce qui correspond à un pourcentage de 80,3%. Les principaux constituants sont : 5-Tetradecen-1-ol, acetate, (Z)- (12,9%), ζ -Muuroleone (9,1%), 6-Isopropenyl-4,8a-diméthyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalen-2-ol (5,1%), (η)-Cadinene (3,9%).

L'huile de *J. oxycedrus* de Biskra comporte 71 composants dont les principaux constituants sont: 1,5-Dodecadiene (25,97%), Oxide de manoyl (10,16%), 7-Isopropyl-1,1,4a triméthyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a- octahydrophenanthrene (3,66%) ,1,6,10,14-Hexadecatetraen-3-ol, 3,7,11,15-tetraméthyl-, (E,E)- (3,63%).

En effet, la recherche de chémotype spécifique à chaque région s'est avérée peu concluante et confirme l'extrême variabilité de la teneur, et la composition chimique de l'huile essentielle en fonction de la situation géographique et les conditions climatiques.

L'extraction des flavonoïdes bruts basés sur la solubilité différentielle de ces composés, dans trois solvants de polarités différentes afin d'extraire les différentes fractions. Le rendement le plus élevé est observé pour l'extrait de n-butanol qui contient souvent des flavonoïdes di, tri flavonoides glycosylés et qui présentent les constituants majoritaires pour tous les extraits des flavonoides des différentes régions chez les deux espèces. La teneur des fractions des flavonoides aglycones obtenues par le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle à partir des feuilles de *J. oxycedrus* augmente légèrement avec la température moyenne, ce qui est confirmé par plusieurs études, en contrepartie, les flavonoides extraites par le n-butanol sont directement proportionnelle avec l'humidité de l'air.

L'accumulation des fractions aglycone chez le *S. molle* entraînées par le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle signale une croissance importante avec l'augmentation de degré d'humidité, par contre, les flavonoides extraites par le n-butanol augmentent en liaison avec température moyenne. Ce qui montre que le *S. molle* favorise les conditions climatiques sub-humides où le degré de température et le taux d'humidité fournissent un milieu propice à la production des fractions aglycones. Cette variation dans les rendements peut être attribuée à l'origine de la plante sous l'influence de variations climatiques notamment le degré de température et le taux d'humidité. Ces travaux ont également permis de mettre en évidence l'influence de quelques facteurs sur la teneur des huiles essentielles et des flavonoides.

On a trouvé également que les HE récupérées des trois stations comprennent 10 constituants chimiques communs qui ne semblent qu'après un temps de rétention supérieur à 19.18, dont le premier qui apparaît était L- α -terpineol à Tr = 20.48, puis ζ -Murolene, Germacrene D, β -Cadinene, Caryophyllene oxide, 1,5-Dodecadiene, Cis farnesol, 14,15-Dinorlabdane, 8,13-epoxy-, Oxide de manoyl et Cembrene, dont le pourcentage de chaque constituant chimique fluctue également selon l'origine de la plante.

Il s'avéra indispensable de pouvoir approfondir les études sur l'effet des autres conditions environnementaux notamment les conditions pédologiques. L'ensemble de nos travaux nous a permis de dégager comme perspectives, l'étude et la valorisation de l'effet des variations pédologiques sur la teneur et la composition chimique des métabolites secondaires à travers l'utilisation d'autres méthodes d'analyse. De même, nous comptons d'étudier l'activité biologique afin de développer le marché de l'industrie des médicaments à pour faire de cette étude une source supplémentaire de revenu et un outil de développement durable.

Références Bibliographiques

A

- Ababsa, Z.A. (2009).**caracterisationpharmacotoxicologique et etudephytochimique de : *centaureadimorpha*. Memoire de Magister. Univ Constantine
- Adams, R.P.&Demeke, T. (1993).** Systematic relationships in *Juniperus* based on random ampli"ed polymorphic DNAs (RAPDs). *Taxon* 42, 553-571.
- Adams, R. P. (1998).** The leaf essential oils and chemotaxonomy of *Juniperus* sect. *Juniperus* *Biochemical Systematics and Ecology* 26 (1998) 637-645
- Adams, R. P. (1999b).** Systematics of smooth leaf margin *Juniperus* of the western hemisphere based on leaf essential oils and RAPD DNA "ngerprinting. *Biochem. Syst. Ecol.* in press
- Adams, R. P. (2000).** Systematics of *Juniperus* section *Juniperus* based on leaf essential oils and random ampli"ed polymorphic DNAs (RAPDs) *Biochemical Systematics and Ecology* 515-528
- Adams, R.P. (2001).**Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy.Allured Publishing Corporation, Carol Stream.455 p.
- Adams, R.P. (2004),** *Junipers of the World: the Genus Juniperus*, Trafford Publishing Co., Vancouver.
- Adams, R.P. (2007).**Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy.4th edition.Allured Publishing Corporation, Carol Stream.803 p.
- AFNOR(AgenceFrançaise de Normalisation).**(2000).Recueil de normes : les huiles essentielles. *Monographies relatives aux huiles essentielles (H à Y)*. AFNOR, Paris, 661.
- Akimov, A. P., Kuznetsov, S. I., Nilov, G. I., Chirkina, N. N., Krylova, A. P.&Litvinenko, R. M. (1976).**Essential oils of *Junipers* from ancient Mediterranean region. Composition, properties and prospectives of use. *Tr. Nikitsk. Botan.Sad.* 69, 79-93.
- Akrout, A. (2004).**Essential oil study of some pastoral plants from Matmata (south Tunisia) (in French).*Cah.Options. Med.* 62: 289-292.
- Anderson, P. (1996).**Anacardiaceae (cashew family) *Schinus huingan*Mol., *Schinus molle*L. var. *Huingan*(Mol.), *Schinus molle*var. *areira*(L.) DC. Peace Corps, Bolivia
- Anonyme, (1984).**Popular report of plant materiel centre activité manuel, service de la conservation des sols. Arizona. 13p.

Anton, R. & Lobstein, A. (2005). Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris (France).

Assad, Y.O.H., Torto, B., Hassana, H. A., Njagi, P.G.N., Bashir, N.H.H. & Mahamat, H. (1997). Seasonal variation in the essential oil composition of *Commiphora quadricincta* and its effect on the maturation of immature adults of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Phytochemistry* 44, 833-841.

B

Baba Aissa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique d'Orient et d'Occident, p 228, p 252, p 276.

Babouri, S. (2009). Evaluation biochimique *in vivo* d'extrait d'une plante médicinale locale *Myrtus communis*. Thèse de Magistère. Univ. Annaba.

Bahorun, T. (1997). Substances naturelles actives : La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle, *Food and Agricultural Research*, pages 83 - 94.

Baldy, C. & Stigter, C.J. (1993). Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. Paris. 41, 42, 108, 109P

Banthrope, D. V., Davies, H. S., Gatford, C. & Williams, S. R. (1973). Monoterpene patterns in *Juniperus* and *Thuja* species. *Planta Medica* 23, 64-69.

Baron, A., Bertheau, Y., Brillquet, J. M., Cassagne, C., Coleno, A., Gripon, J. C., Hoebler, C., Kotoujansky, A., Mercier, C., Odier, E., Rouau, X., Thibault, J. F., Valin, C. et Verger, R. (1985). Hydrolases et dépolymérase enzymes d'intérêt industriel, P 113, 114, 116

Basil, A., Jimenez-carmona M. M. & Clifford A.A. (1998). Extraction of rosemary by super heated water. *Journal of food chemistry*. 46, p:5205-5209.

Baudoux, D. (2000). Les huiles essentielles - généralités et définitions », dans *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*, éd. Maloine, p. 141-142

Barrero, A. F., Oltra, J. E., Altarejo, J., Barragan, A., Lara, A. & Laurent, R. (1993). Minor components in the essential oil of *Juniperus oxycedrus* L. Wood. *Flavour and Fragrance Journal*, 8, 185-189.

Barroso, M. S. T., Villanueva, G., Lucas, A. M., Perez, G. P., Vargas, R. M. F., Brun, G. W. & Cassel, E. (2011). Supercritical fluid extraction of volatile and non-volatile compounds from *Schinus molle* L. *Braz. J. Chem. Eng. vol.28 no.2 São Paulo*.

Belaiche, P. (1979). *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*. Tome III. Edition Maloine.

- Belgat, S. (1987).** Etude édaphique en vue de l'aménagement du cordon dunaire du littoral de la région de Mostaganem (Algérie). Doct-Ing. Univ. Aix Marseille III. 213p
- Belgat, S. (2001).** Le littoral Algérien : Climatologie, géopédologie, syntaxonomie, édaphologie et relation sol –végétation. Thèse.Doct. Sci. Agr. I.N.A. El Harrach. 261p.
- Beloued, A. (1998).**Plantes médicinales d'Algérie. OPU, Alger
- Benabid, A. (2000).** Flore et écosystèmes du Maroc. Évaluation et préservation de la biodiversité, Édition Ibis press, Paris, France, p. 236.
- Benayache, F., Benayache, S., Medjroubi, K., Massiot, G., Aclinou, P., Drozd, B. and Nowak,G.(1992).** *Phytochemistry*, **31**, 4360.
- Benjilali,B.& Richard, H. (1980).** Study of some populations of *Artemisia herbaalba* from Morocco. Riv. Ital. Essen. 62: 69-74.
- Bentame, A., Benayache, S., Creche, J., Petit, G., Bermejo, B. J., Leon, F. and Benayache, F.(2005).** *Biochemical Systematics and Ecology*, **33**, 1061-1065.
- Benyacoub,S.(1998).** Plan directeur de gestion duparc National d'El Kalaet de complexe de zones humides,
- Besombes, C. (2008).** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse Doctorat. Université de La Rochelle. p :41-45.
- Binet, J.&Brunel, J. P. (1968).** Physiologie végétale. Tome III. Éd. Doin, Paris.
- Böhm, H., Boeing, J.,Hempel, B.,Raab and Kroke,A. (1998).**Flavonole, Flavone und AnthocyanealsnatürlicheAntioxidantien der Nahrung und ihremöglicheRollebei der PräventionchronischerErkrankungen.,*Z.Ernährungswiss*, **37** (2), p 147.
- Boizot, N. et Charpentier, J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier, INRA - Amélioration génétique et physiologie Forestières, Laboratoire d'analyses biochimiques, le cahier des technique de l'INRA, P 79, 80.
- Boughendjioua, H. (2000).** Les plantes médicinales. Mémoire de Magister. Univ Annaba. 11-12 p.
- Bouzouita, N.,Kachouri, F., Ben Halima, M. &Chaabouni, M.M. (2008).** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. J. Soc. Chim. Tunis., **10**, 119-125.
- Bruneton, J. (1993).**Phytochimie. Plantes médicinales. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.
- Bruneton,J. (1999).** Pharmacognosie. Phytochimie - plantes médicinales. 3^{ème}Edit. Paris.
- Bruneton, J. (2003).** Plantes Thérapeutiques. 4^{ème} Edit. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.

C

Clevenger, J.F. (1928).Apparatus for the determination of volatile oil, J. Am. Pharm. Assoc., 17, 341.

Callery & Emma. (1998). Le grand livre des herbes. Le guide pratique de la culture du séchage et des vertus de plus de 50 herbes. Edition Koinemancologue. 128 p.

Caramiello, R., Bocco, A., Buffa, G. & Maffei, M. (1995). Chemotaxonomy of *Juniperus communis*, *J. sibirica* and *J. intermedia*. J. Ess. Oil. Res. 7, 133-145.

Caratini, R. (1985), La médecine, édition Bordas, p 35, p 76, p 100.

Carrero, J. (1996). Métabolites secondaires des plantes fonctionnent comme un moyen de défense contre les dommages possibles par les insectes et sont extraites directement à partir de plantes, Madrid .

Cassella, S., Cassella, J. P. & Smith, T. (2002). Synergistic antifungal activity of tea tree *Melaleuca alternifolia* and Lavender *La vendula angustifolia* essential oil against dermatophyte infection. The international journal of aromatherapy. Vol 12. 2-15 p/

Chalchat, J.C., A. Muhayimana, J.B. Habimana, J.L. Chabard. (1997). Aromatic plants of Rwanda. II. Chemical composition of essential oils of ten Eucalyptus species growing in Ruhunde Arboretum, Butare, Rwanda. Journal of Essential Oil Research, 9 (2): 159-165.

Charpentier, B. (2004). plantes aromatiques épice aromate condiment et huile esentielle, lavoisier

Chatzopoulou, R. S. & Katsiotis, S. T. (1993). Chemical investigation of the leaf oil of *Juniperus communis* L. J. Ess. Oil Res. 5, 603-607

Chopa, C.S. , Raul Alzogaray, R. & Ferrero, E.A. (2006). Repellency Assays with *Schinus molle* var. *areira* (L.) (Anacardiaceae) Essential Oils against *Blattella germanica* L. (Blattodea: Blattellidae). BioAssay 1:6

Chehema, Abdelmadjid. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien, édition Dar elhouda, Ain M'lila, P 14, 18, 38, 51, 66, 73, 137.

Chopra, I. C., Abrol, B. K. & Handa, K. L. (1960). Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. Drug Research Laboratory, Jammu (Inde)

Chirino, M., M. Carriac & A.A. Ferrero. (2001). Actividad insecticida de extractos crudos de drupas de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) sobre larvas neonatas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). Bol. San. Veg. Plagas. 27: 305-314.

Clark, R.J., Menary, R.C. (1980).Environmental effects on peppermint (*Menthapiperita*L.). I. Effect of day length, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. Aust. J. Plant Physiol. 7: 685 -692

Clark, J. (1997).Tocopherols and sterols from soybeans. Lipid technol. 8:111-14.

Constantin, E. (1996).Spectrométrie de masse, Lavoisier Tec & Doc, Paris.p : 1-14.

Cunningham A.B. & M Benkum F.T. (1995).Sustainability of harvesting *Prunusafricana* bark in cameroon: A medicinal plant in international trade. People and plants working paper 2, paris, Unesco.

D

De Belair, G. (1990).*Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est algérien)*. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier 2, Université des sciences et techniques du Languedoc, 326 p.

Deloire, A., Carbonneau, A., Wang Z. P., Ojeda & H. (2004).Vine and water a short review. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 38, 1-13

Denny, E.F.K. (1991).Field distillation herbaceous oil. 2^{ème} édition, Lilyte. Australia. 210 P.

Deroin T, (1988). Biologie florale d'une Annonaceae introduite en Côte D'Ivoire : *Cananga diagnosis* and epidemiology of fungal infections. 36 (1), p: 249-257.

Desjobert, J.M. A. Bianchini, P. Tomi, J. Costa, A.F. Bernardini; AnalisisMag. (1997), 25(6), 13

Djelili, Farida., Madani, Khodir. et Chibane, Mohamed, (2008). Extraction et analyse quantitative de composés phénoliques de quelques plantes de la région de Beni - Djellil, université de Bejaia, pages 159 - 165.

Djerromi, A. & Nacef, M. (2004). 100 plantes médicinales d'Algérie. Edition. Plais de livre.

Diallo, D., Maiga, A., Chiaka, Diakité. et Merlin, Willcox. (2005). development of an antimalarial phytomedicine in Mali. In Traditional Herbal Medicines for Modern times: Traditional medicinal plants and Malaria edited by Merlin Willcox, Gerard Bodeker and Philippe Rasoanaivo, CRC PRESS, London pp. 117-130.

Dikshit, A., Ali, A., Naqvi, A.A. & Husain, A. (1986).*Schinus molle*: a New Source of Natural Fungitoxicant Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Lucknow-226016, India

Duke, J.A. (1985). Handbook of Medicinal Herbs. Boca Raton, CRC Press, 843p

Durrafourd, C.&Lapraz, J. C. (2002). Traité de phytothérapie clinique. Edition Masson. Paris.

E

Emami, S. A., Abedindo.B.F. and Khayyat, M.H. (2010).Antioxidant Activity of the Essential Oils of Different Parts of *Juniperus excelsa* M. Bieb.subsp. *excelsa* and *J. excelsa* M. Bieb. subsp. *polycarpos* (K. Koch) Takhtajan (Cupressaceae).Services Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 10 (4): 799-810

Emberger, L.(1930). La végétation de la région de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gen. Bot, 42. pp : 641-662 et 705-721

Emberger, L.(1942). Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Sci. Hist. Nat. Toulouse, 77 : 97-124

Emberger, L.(1955). Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Lab. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. pp : 3-43

Emberger, L.(1971). Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson. Paris. 520p.

Erazo, S., Delporte, C., Negrete, R., Garcia, R., Zaldivar, M., Ittura, G., Caballero, E., Lopez, J., &Backhouse, N. (2006).Constituents and biologicalactivities of *Schinus molle*. J. Ethnopharmacol., 107(3):395-400

F

Fournier, P. (1989). Plantes médicinales et vénéneuses de France. Tome II. Connaissance et mémoires européennes, Société national d'horticulture de France.

Fellah, S., Romdhane, M.&Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *salviaOfficinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. Unité de recherche physico-chimie moléculaire, *IPEST, BP 51*, Tunisie.

Fengel, D. & Wegener, G. (1983). Wood - chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin.

Ferrero, A., Sánchez, C., Werdin, J., Alzogaray, R., (2007). Repellence and toxicity of *Schinus molle* extracts on *Blattellagermanica*. *Fitoterapia* 78, 311e314.

Ferrero, A., Werdin, J.& Sánchez Chopa, C. (2006).Actividadbiológica de *Schinus molle*L. en *Triatomainfestans*.*Fitoterapia* 77, 381e383.

Flück, H., (1955) The influence of climate on the content of active principles in medicinal plants ", *J. Pharm. Lond.*, 7, 361-383

Fujita, S., Enomoto, Y., Suemitsu, R. & Fujita, Y. (1971). Essential oil of the plant from various territories. XXVIII. Components of the essential oils of *Acorum calamus* var. *angustatus*. *Yakugaku Zasshi*. 91, 571-574.

G

Garnero, J., Benezet, L. & L. Peyron. (1970). Composition of Roman Camomile oil (*Anthenis nobilis*). *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1, 381-383

Garnero, M.J. (1977). Problèmes rencontrés au cours de l'étude de la composition chimique des huiles essentielles in *Parfumes cosmétiques, aromes*. 14, p :31-40.

Gayler, S., Grams, T.E.E., Heller, W., Treutter, D. & Priesack, E. (2008). A dynamic model of environmental effects on allocation to carbon-based secondary compounds in juvenile trees. *Annals of Botany*, 101.

Gayler S. (2010) Modélisation de l'effet de facteurs de l'environnement sur la répartition des ressources dans un système végétal mixte. Académie d'Agriculture de France.

Par sébastien gayler1

Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M. & Orecchioni, A. M. (2001). Le préparateur en pharmacie, dossier 2. botanique-pharmacognosie-phytothérapie-homéopathie. Edition TEC et DOC.

Gilly, G. (1997). Les plantes à parfum et huiles à grasse. Edition Harmattan. Paris.

Girotti, C. C. (2006). Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés d'un derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de *Microtea debilis*, Thèse de Doctorat. p 32, 33, 34, 35.

Granger et al., (1973). L'essence de *Rosmarinus officinalis* L. influence du mode de traitement du matériel végétal.

Grimaldi, A. (2000). Diabétologie, Université Paris - VI, faculté de médecine Pierre et Marie CURIE, questions d'internat, P 23.

Guenther, E. (1972). The essential oils. Volume 4. Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar Florida: 551-668.

Guerra, H. E., Carmen, L. M., & Garcia, V. R. (1987). Determination by gas chromatography of terpenes in the berries of the species *Juniperus oxycedrus* L. and *J. Sabina* L. *Journal of Chromatography*, 396, 416-420.

Guignard, J. L. (2000). Biochimie végétal. 2^o édition. Dunod, Paris, ISBN 2 10004527 X

Gundidza, M. (1993). Antimicrobial activity of essential oil from *Schinus molle* Linn. *Cent. Afr. J. Med.* 39(11):231-234.

H

Hacini, N. (2007). Biologie, Autoécologie et Phytochimie d'une plante médicinale « *Cytisustriflorus* » au niveau de l'aulnaie de Ain Khia, site classé du parc National d'El Kala. Mémoire de Magistère. Univ Annaba. 57-59 p.

Hallard, F. (1988). Phytothérapie, Paris, Masson.

Hames, B.D., Hooper, N. M. et Houghton, J. D. (2000). Biochimie, édition Berti, P 61, 76, 77.

Hammer, K. A., Carson, C. F. & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plants extracts. Appl. Microbiol, 86. 985-990 P

Hayouni, A., Chraïef, I., Abedrabba, M., Bouix, M., Leveau, J., Mohammed, H. & Hamdi, M. (2008) "Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: their chemical compositions and their preservative effects against Salmonella inoculated in minced beef meat." *Int. J. Food Microbiol.*; 125(3): 242-51.

Helmi, A. k. (2004), Les plantes médicinales en Algérie, p 61, p 156

Horn, F., Lindenmeier, G., Grillhosl, C., Moc, I., Berghold, S., Schneider, N. et Munster, B. (2005). Biochimie humaine, édition Flammarion, P 65, 66, 76.

Horster, V. H. (1974). Vergleich der monoterpenfraktionen von *Juniperus drupacea* und *Juniperus oxycedrus*. *Planta Medica* 26, 113-118.

Huerta, A., Chiffelle, I., Puga, K. Azúa, F. & Araya, J.A. (2010). Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogalerucaluteola*

Huerta, A., Italo Chiffelle b, Karla Puga a, Fernando Azúa a, Jaime E. Araya c. (2010), Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogalerucaluteola* *Crop Protection* 29 1118e1123

I

Iserin, P., Masson, M. & Restellini, J. P. (1996, 2001) Encyclopedia of Medicinal plants. (2nd édition). Larousse Dorling Kindersley Limited, Londre. ISBN: 2-03-560252-1

J

Joleaud, I. (1936). Etude géologique de bon et de calle, gouvernement général de l'Algérie, bull, ser de la carte géologique de l'Algérie. 199 P.

Jones, C. G., Hartley, S. E. (1999). A protein competition model of phenolic allocation. *OIKOS*, 86, 27-44 p.

K

Kansolem, M.R. (2009). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités Biologiques de quelques lamiaceae du burkinafaso. Cas de *leucasmartinicensis* (jacquin) r. Brown, *Hoslundiaoppositavahl* et *orthosiphonpallidus* Royle ex Benth. Etudes Approfondies (D.E.A). Univ DE OUAGADOUGOU

Kasimala, M.B., Kasimalab, B. (2012). A review on brazilian pepper plant: *Schinus molle* L. Journal of Atoms and Molecules. ISSN – 2277 – 1247.

Keillor, J. W. (2004). Enzymologie inhibition des réactions enzymatiques, Université de montréal, faculté des arts et des sciences, département de chimie, P 5, 6, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 23, 24.

Kini, F. (1991). Etude qualitative d'analyse d'extraction et de séparation de substances naturelles issues des plantes médicinales du Burkina Faso : cas de *Hyptis spicigera* Lam. Mémoire de DEA.

Kukreja, A. K., Dhawan, O. P., Ahuja, P. S, Shunshil, K. & Kumar, S. (2000). Yield potential and stability behaviour of in vitro derived somaclones of Japanese mint (*Mentha arvensis*) under different environments. J Genet Breed; 54: 109-115.

Kumar, P., Bhatt, R.P., Singh, L., Chandra, H.S., and Prasad R., (2010), Identification of Phytochemical Content and Antibacterial Activity of *Juniperus Communis* Leaves, International Journal of Biotechnology and Biochemistry, 6, 87-91.

L

Laib, I. (2011). Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* sur les moisissures des légumes secs. Thèse de Magistère. I.N.A.T.A.A Skikda.

Laouer, H. (1995). Contribution à l'étude des plantes médicinales du Massif de Boutaleb. Phytomasse de Rosmarinustourneforti de Noé. Thèse de Magistère. Univ. Setif.

Laouer, H. (2004). Inventaire de la flore médicinales utilisée dans les régions de Sétif, Bejaia, Msile et Djelfa. Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoidepusilla*. Thèse de Doctorat. Univ. Setif. 23-50 P.

Laraoui, Habiba. (2007). Etude phytochimique de l'extrait chloroformique de *Bulpleurum atlanticum*, Université El Hadj Lakhdar Batna, Option : chimie organique, p 35. (Thèse de Magister).

Lebreton, P., Bayet, C. & Muracciole, M. (1991). Le statut systématique du Genévrier oxycèdre *Juniperus oxycedrus* L. (Cupressacées): Une contribution d'ordre biochimique et biométrique. *Lazaroa* 12: 21-42

Lemanceau, P. & Heulin, T. (1998). La rhizosphère. Dans "Sol : interface fragile", Stengel, P. et Gelin, S. (Eds). INRA, Paris, France, p. 93-106.

Lévêque, E., Haye, B. et Belarbi, A. (2000). l'amidon et ces dérivés applications industrielles, éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, P17, 18, 19, 20, 21, 35

Loizzo, M. R., Tundis, R., Conforti, F., Saab, A. M., Statti, G. A. and Menichini, F.(2007). Comparative chemical composition, antioxidant and hypoglycaemic activities of *Juniperus oxycedrus* ssp. *oxycedrus* L. berry and wood oils from Lebanon. *Food Chem.* 105: 572-578.

Longevialle, P. (1981). Spectrométrie de masse des substances organiques, Masson, Paris. p :32-35.

Lopes, N. P., Kato, M.J., Aguiar, Andrade, H., Soares Maia, J.G. & Yoshida, M. (1997). Orcadian and seasonal variation in the essential oil from *Violasurinamensis* leaves, *Phytochemistry* 46, 689-693p

M

Madi, A. (2009). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Saugé) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Mémoire de Magister. Univ de Constantine.

Macheix J. J., Fleuriet, A. et Jay, A. C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaire d'importance économique, presses polytechnique et universitaires romandes, p Viii, 1, 3, 5, 7, 10.

Mahmoud, S. & Croteau, R. (2002). Strategies for metabolic engineering of monoterpene biosynthetic capabilities of dectory cell custers isolated from glandular trichomes of pepermint. *Planta* 187. 454 p.

Mansouri a, N., Satrani, N., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L. & Aafi, A. (2011). Étude chimique et biologique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* et *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* du Maroc», *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, Volume 15 numéro 3 : 415-424

Mansouri b, N., Satrani, N., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L. & Aafi, A. (2011). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Juniperus communis* du maroc

Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., el Ghadraoui, L., Aafi, A., and Farah, A. (2010). valorisation des huiles essentielles de *juniperus thurifera* et *juniperus oxycedrus* du maroc, *phytothérapie*, 8, 166-170.

Marongiu, B., Alessandra, P.S.P., Casu, R. & Pierucci, P. (2004). Chemical composition of the oil and supercritical CO₂ extract of *Schinus molle* L.. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 554-558.

Maire, R. (1952). Flore de l'Afrique du Nord, Paris (Cupressacées). Vol. 1: 114-116.

Maiza, K. et Hammiche, V. (1993). Pharmacopée traditionnelle Saharienne : Sahara septentrional, Laboratoire de botanique médicale, INSSM / Alger, médicament et aliments : l'approche ethnopharmacologique, pages 169 - 171.

Mejía-Díaz, L. A & Rutiaga-Quiñones, J. G. (2008). Chemical composition of *Schinus molle* L. wood and kraft pulping process. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*; 7(2) 145 – 149.

Menendez, P., Dellacassa, E., and Moyna, P. (1996). Essential Oils from Leaves of *Schinus molle* and *Schinus lentiscifolius* J. *Essent. Oil Res.*, 8, 71-73.

Meyer, S., Reeb, C., Bosdeveix, R. (2004). Botanique, biologie, physiologie végétal. Lavoisier. Paris.

Milaine, H. (2004). La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro - oxydant ou capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques, Université Louis Pasteur Strasbourg I Domaine : pharmacochimie, p 23, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35. (Thèse de Doctorat).

Mitchell, A. R. & Fariss, N. A. (1996). Peppermint reponse to nitrogen fertilizes in an arid climate. *J plant*. 55p

Moeys, J. (2009). The Soil Texture Wizard. R functions for plotting, classifying and transforming soil texture data. *Pedometron*. 7 – 10 p

Morigane, (2001). Grimoire des plantes. Creative Commons BY-NC-ND.

Mosta, N.M. (2006). Essential oil yield and composition of rosescented geranium (*Pelargonium* sp) as influenced by harvesting frequency and plant shoot age ». Thesis of doctorat MSC Agronomy, faculty of natural and agricultural sciences, university of Pretoria, South Africa,

Middelton E et Kandaswami C. (1993). Effect of flavonoids on immune and inflammatory cell function. *Biochem pharmacol*, 43, 1167-1179

Milos, M., & Radonic, A. (2002). Gas chromatography mass spectral analysis of free and glycosidically bound volatile compounds from *Juniperus oxycedrus* L. growing wild in Croatia. *Food Chemistry*, 68, 333–338.

Montagne, P. (1999). The Concise Larousse Gastronomique. London, UK: Hamlyn, p. 691.

Moreno, L., Bello, R., Beltrán, B., Calatayud, S., & Primo-Yufera, E. (1998). Free radical scavengers from the heartwood of *Juniperus chinensis*. *Journal Pharmaceutical Toxicology*, 82, 108–112

N

Naqvi, S.N.H. (1986). Biological evaluation of fresh neem extracts and some neem components with referenece to abnormalities and esterase activity in insects. *Proc. 3rd Intl. Neem Conf. (Nairobi, 1986) Abs. p. 37*

O

Ochoa L.R. H. (2005). Substitution de solvants et matières actives de Synthèse par un combine « solvant/actif » d'origine végétale, thèse de doctorat

Ojeda, H., Kraeva, E., Deloire, A., Carbonneau, A. & Andary C. (2002). Influence of pre and post-veraison water deficits on synthesis and concentration of skins phenolic compounds during the berry growth of Shiraz grapes (*Vitis vinifera* L.). American Journal of Oenology and Viticulture 53, 261-267

P

Padrini, F. & Lucheroni, M. T. Le grand livre des huiles essentielles. Edition Devecch.

Paris, R.R. & Moyse, H. (1976). Précis de matière médicale. Tome I. 2^{ème} édit. Edition Masson, Paris

Paris, R. & Godon M. (1979). Chromatographie en couche mince et sur papier des huiles essentielles. Ed. Masson, Paris.

Paris, R. & Hurabielle, M. (1981). Abrégé des matières médicales pharmacognosie. Edition Masson. 339 p.

Perlemuter, L., Perlemuter, G. (2001, 2002, 2003). Guide thérapeutique. 3^{ème} Edition. Masson. Paris

Philips, R. & Foy, N. (1991). Herbes, cueillette, culture, utilisation, pour la santé par l'herboriste, pour la beauté par la cosmétologie, pour la cuisine. Edition la maison Rustique Paris. 191 p.

Pibiri, M.C. (2005). *Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles.* Thèse de doctorale. Ecole poly technique fédérale, EPFL. Lausanne (Suisse).

Portet, B. (2007). Recherche bioguidée de molécules antipaludiques d'une plante guyanaise *Piper hostmannianum*, Université Paul Sabatier Toulouse spécialité : Chimie - Biologie - Santé p 22 (Thèse de Doctorat).

Q

Quezel, P. et Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed Centre National de la recherche scientifique. 34-36 p

R

Ramade, F. (1984). Elément d'Écologie fondamentale. Dunod, Paris.

Ramade, F. (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'Écologie et des Sciences de l'Environnement. 2e édition. Dunod. Paris. 1075 p.

Rasmussen, K. E. et Baerheims V. (1972). Quantitative determination of the various compounds of the volatile oil in small amounts of plant material by means of gas liquid chromatography. Terpenes and related compounds XVIII, Pharm Weekblad, 107, 277-284.

Richard, H. & Peyron, F. (1992). Epices et aromates. Ed .Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 339 P

Ristic, D. Brikic, N.T. Zalfija, (1999). (*Salvia Officinalis. L*) Bric D (ed) Institute for medicinal plants Josif Panacic. Belgrade and Art Grafik Belgrade; 151-167 P

Robert, D. et al. (1980). Soins et santé « plantes et nourriture au service de notre santé ». Paris XIII, revue trimestrielle. 98p

Roland, J. C. (2002). Des plantes et des hommes. Vibert, F 75647 Paris cedex3, 109p

Rosua, J.L., Garcia-Granadosa. (1987). Analyse des huiles essentielles d'espèces du genre Rosmarinus L. et leur intérêt en tant que caractère taxonomique, Plant Med Phyt, 21 , 121, 138-143.

S

Salagno, Archimed, Gefosat, (1989). Le séchage solaire des plantes aromatiques et médicinales. 80 p

Salido, S., Altarejos, J., Noguerras, M., Sa'ñchez, A., Pannecouque, C., Witvrouw, M., De Clercq, E. (2002). Chemical studies of essential oils of *Juniperus oxycedrus* ssp. *Badia*, Journal of Ethnopharmacology 81 129_134

Seghiri, R. (2008). Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires du Genre *Centaurea* : *C. africana*, *C. nicaensis*. Thèse de Magistère. Univ Constantine

Shetty, K., Curtis, O. F., Levin, R. E., Wikowsky, R. and Ang, W. (1996). Prevention of verification associated with in vitro shoot culture of oregano (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. J. Plant Physiol., 147, 447-451.

Skoog, D.A., Holler, F.J. & Nieman, T.A. (2003). Principes d'analyse instrumentale. 1ère édition, Ed. De Boeck Université, p: 945.

Silou, T. Loubaki. (2003). Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet. *Journal of food engineering*.

Somon, E. (1987) Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. Office des Publications Universitaires. Alger. OPU - Edition 586

Steinbauer, M. & Wanjura, W. (2002). Christmas beetles (*Anoplognathus* spp., Coleoptera: Scarabaeidae) mistake peppercorn trees for eucalypts. *J. Nat. Hist.* 36, 119e125.

T

Teres, P. (2007). Effet de la lumière et de la température sur l'accumulation en saponines triterpénoïdiques chez *Centella asiatica*, thèse de Master, université de Languedoc.

Tranchant, J. (1995). Manuel Pratique de Chromatographie en phase Gazeuse. Paris: Masson

V

Valnet, J. (1984). L'Aromathérapie, édition. Livre de Poche, 1984.

Valnet, J. (2003). Les huiles essentielles, une santé toute naturelle. Phytothérapie recherche à la pratique. 12 p.

Viaud, H. (1993), Thérapeutiques naturelles- Caractérisation des huiles essentielles d'*Hyptis spicigera* Lam, *Pluchea ovalis* – GNOMA.

Vichi, S., Rin-aumatell, M., Mora-pons, M., Guadayol, J. M., Buxaderas, S., and Lopez-Tamames, E. (2007). HS-SPME coupled to GC/MS for quality control of *Juniperus communis* L. berries used for gin aromatization, *Food Chemistry*, **105**, 1748-1754.

Vilain, M. (1987). La production végétale. Les composants de la production. Volume 1. Tec & Doc

Vilain, M. (1989). La production végétale. La maîtrise technique de la production. Volume 2. Tec & Doc

Voet, D. et V, J. C. (1995). Biochimie, édition 1998, P 351, 359

W

Wattal, P.N. (1965). Effect of temperature on the development of the wheat *gram*. *Indian J. Plant Physiol.* 8: 145-159.

Weil, J. H. (2001). Biochimie générale, 9^{ème} édition Dunod, P 216

Weinman, S. (2004). Toute la biochimie, édition Dunod, P 142.

Wichtl, M & Robert, A. (2003). Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Lavoisier, édition TEC et DOC et éditions médicales internationales, collection de la biologie clinique. 1-12 p.

William, G. H. (2003). Physiologie végétale, 2 éme édition de Boeck et Lavoisier

Wimalaratne, P., Slessor, K., Borden, J., Chong, L., Abate, T. (1996). Isolation and identification of house fly, *Muscadomestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. J. Chem. Ecol 22, 49e59.

Z

Zahed, N., Hosni, K., Brahim, N. B., Kallel, M. and Sebei, H. (2011). effect of *Schinus molle* essential oils on wheat germination. Acta Physiol. Plant, 32, 1221-1227 .

Zheng, W. et Wang S. Y. (2000) : anti oxidant activity and phenolic compounds in selected herbs . J. Agric . Food Chem. P : 49 : 5265 – 2001.

المراجع باللغة العربية

- الشحات نصر أبو زيد (1986). النباتات والأعشاب الطبية ، دار البحار، بيروت لبنان، : 53-61
- بلقاسم عبد الوهاب. (2008). تأثير عوامل المناخ على أحد الأيوض الثانوية في نبات طبي *Rutamontana*L.
- جودة حسنين جودة.(2004). الجغرافيا المناخية الحيوية، دار المعارف الجامعية. الاسكندرية. : 112
- عطيات أحمد فرح.(1995).النباتات الطبية والعطرية في الوطن العربي. العربية للدراسات والنشر. : 56-78
- عيساوي فريدة. (2004). دراسة ايكوبيدولوجية و بيوكيميائية للنبتة الطبية *Teucrium polium capitatum*L . (1986).البيئة النباتية.
- (1997). أساسيات الكيمياء الحيوية، دار هومه للطباعة والنشر.كاملي عبد الكريم والتوزيع، الجزائر، 19
- مجاهد احمد محمد. (2001). علم البيئة النباتية . المملكة العربية السعودية ص92.
- محمد نجيب عبد العظيم.(1998). دار المعارف الجامعية. الاسكندرية. : 102
- هيكل محمد س. (1993). النباتات الطبية والعطرية ، كيمياؤها، إنتاجها وفوائدها، الطبعة الثانية، منشأة الاسكندرية. : 34-120.

Tableau 1 : Composition (%) des huiles essentielle des baies et de bois de *J. oxycedrus* sp. *oxycedrus* (Loizzo et al., 2007)

Component	Huiles de baie	Huile de bois
a-Pinene	27.4 ± 0.05	
Camphene	0.1 ± 0.002	
Sabinene	4.5 ± 0.001	
b-Pinene	0.4 ± 0.005	
b-Myrcene	18.9 ± 0.07	
a-Phellandrene	7.1 ± 0.002	
a-Terpinene	tr	
p-Cymene	0.5 ± 0.008	0.2 ± 0.004
Limonene	6.7 ± 0.005	tr
1,8-Cineole	tr	
Terpinolene	0.2 ± 0.004	
Linalool	0.4 ± 0.002	tr
trans-Pinocarveol	0.1 ± 0.003	
Terpinen-4-ol	0.1 ± 0.005	
a-Terpineol	0.3 ± 0.008	
Verbenone	0.1 ± 0.001	
trans-Carveol	0.2 ± 0.003	
Citronellol	0.3 ± 0.005	
Carvone	0.1 ± 0.009	
Bornyl acetate	0.6 ± 0.004	
a-Terpinyl acetate	0.1 ± 0.003	tr
a-Cubebene	0.5 ± 0.007	tr
a-Ylangene	0.4 ± 0.005	
a-Copaene	0.3 ± 0.004	0.2 ± 0.007
b-Elemene	0.6 ± 0.002	
Longifolene	0.2 ± 0.002	
b-Caryophyllene	1.6 ± 0.009	2.0 ± 0.005
cis-Thujopsene	0.3 ± 0.002	9.2 ± 0.04
b-Gurjunene	0.4 ± 0.001	
trans-b-Farnesene	0.3 ± 0.001	
a-Humulene	1.0 ± 0.005	1.3 ± 0.009
allo-Aromadendrene	0.7 ± 0.001	
b-Selinene	0.8 ± 0.008	0.2 ± 0.006
Eremophilene	0.2 ± 0.003	2.5 ± 0.004
a-Muurolene	0.9 ± 0.002	4.9 ± 0.003
c-Cadinene	0.6 ± 0.007	
d-Cadinene	2.2 ± 0.008	14.5 ± 0.08
Cadina-1,4-diene	0.1 ± 0.004	0.5 ± 0.001
a-Cedrol	0.3 ± 0.005	2.2 ± 0.006
Cadalene	0.1 ± 0.002	3.7 ± 0.002
(E,E)-Farnesol	0.6 ± 0.006	
Methyl palmitate	0.1 ± 0.004	0.8 ± 0.003
Palmitic acid	0.2 ± 0.008	
Manoyl oxide	0.2 ± 0.003	
Ethyl palmitate	0.1 ± 0.007	tr
Methyl stearate	0.1 ± 0.006	0.4 ± 0.009
Ethyl linoleate	tr	
Ethyl stearate	tr	

Tableau 2 :Composition chimique centésimale de l'huile essentielle des rameaux de *Juniperus communis* du Maroc (Mansouri et al., 2011)

IK	Composé	%
926	Tricyclène	1,75
939	-Pinène	8,82
976	Sabinène	27,51
980	-Pinène	1,05
991	Myrcène	3,80
1001	-2-Carène	0,21
1005	-Phellandrène	1,70
1018	-Terpinène	1,74
1025	p-Cymène	1,45
1029	Limonène	16,19
1050	(E)- -Ocimène	0,55
1059	-Terpinène	3,36
1066	Fenchone	0,49
1089	Terpinolène	2,19
1098	Linalole	0,44
1115	3-Méthyle-3-butenyl isovalerate	0,38
1121	Cis- hydrate de pinène	0,40
1140	Trans-pinocarvéole	0,38
1172	Terpinen-4-ol	6,52
1189	-Terpinéole	0,74
1205	Verbénone	0,14
1228	Citronellole	0,38
1281	Acétate d'iso-pulégyle	0,24
1285	Acétate de bornyle	0,26
1298	Acétate de trans-pinocarvyle	0,47
1327	Acétate de myrtényle	0,14
1340	-Cubébène	2,82
1350	Acétate d' -terpinyle	0,38
1382	-Cubébène	0,70
1418	E- -Caryophelène	0,49
1454	-Humulène	0,49
1480	Germacrène D	1,74
1493	Eudesma-4(14) ,11-diène	0,15
1499	-Muuroolène	0,56
1503	Germacrène A	0,31
1504	-Cadinène	0,39
1514	Cubébole	3,15
1524	-Cadinène	2,04
1538	-Cadinène	0,27
1556	Germacrène B	1,76
1576	Germacrène D-4-	0,33
1578	Spathulenol	0,84
1604	Torreyol	0,23
1632	-eudesmol	1,11
1646	-muurolol	0,84
Total (%)		99,90

Tableau 3: Composition chimique de l'huile essentielle de *J. phoenicea* récolté dans le sud de la Tunisie (Bouzouita et al., 2008)

Composants	IK	%
Tricyclène	920	0.21
-Pinène	931	59.1
Camphène	943	0.29
-Pinène	970	0.60
Myrcène	979	1.14
Terpinène	1008	0.47
Cymène	1011	0.34
Limonène	1020	1.11
Terpinène	1047	0.25
Trans-Oxyde de linalool	1096	0.22
Terpinolène	1097	0.45
Linalool	1103	3.34
p-Mentha-1,5-dien-8-ol	1143	0.34
Ylangéne	1373	0.20
Copaène	1376	0.57
Bourbonène	1386	0.35
Elémène	1388	0.56
trans-Caryophyllène	1419	1.82
Elémène	1425	0.19
Cubébène	1458	0.88
Humulène	1455	1.17
Germacrène D	1478	1.55
Amorphène	1470	0.40
Bicycloséquiphéllandrène	1489	2.51
Cadinène	1516	2.90
Germacrène B	1554	3.22
Oxyde de Caryophyllène	1570	0.44

Tableau 4 : Composition chimique de l'huile essentielle de *S. molle* par GC/MS. (Dikshit et al., 1986)

Constituent (temps de rétention)	% Composition
a-Pinene (2.36)	1.96
Myrcene, a-phellandrene (5.59)	12.59
Limonene, 3-phellandrene (6.95)	15.46
p-Cymene (10.48)	8.41
p-Caryophyllene (33.87)	11.43
Cryptone (37.56)	2.93
a-Terpineol (39.25)	5.96
Unidentified (54.7)	4.61
Unidentified (56.6)	4.87
Unidentified (58.3)	2.30
Carvacrol (61.1)	1.52
Unidentified (67.42)	10.39

Tableau 5 : Les résultats de rendement en HE chez les deux espèces.

la plante	Echantillon	Huiles g	%
Juniperus El KALA	Feuille	0,03	0,02
	fruit	0,15	0,10
Juniperus OEB	Feuille	0,54	0,36
	fruit	0,59	0,40
Juniperus Biskra	Feuille	0,65	0,44
	fruit	0,69	0,46
Schinus El Kala	Feuille	0,98	0,66
	fruit	0,79	0,53
Schinus OEB	Feuille	0,71	0,48
	fruit	0,42	0,28
Schinus Biskra	Feuille	0,8	0,54
	fruit	0,39	0,26

Tableau 6 : Les calculs de rendement en flavonoïdes

	Dichloro	acetate	n-butanol
G KALA	0,06	0,12	0,96
GOEB	0,08	0,18	0,96
G Biskra	0,13	0,3	0,6
S KALA	0,12	0,4	0,32
S OEB	0,12	0,26	0,92
S Biskra	0,08	0,2	0,24

Résumé

L'huile essentielle des feuilles et des fruits de l'espèce *Juniperus oxycedrus* L. (Cupressacées), et de *Schinus molle* L. (Anacardiacees) recueillies à partir de trois endroits en Algérie a été obtenue par hydrodistillation.

Les rendements en huiles essentielles sont variables selon l'espèce, la partie de la plante étudiée et selon les conditions climatiques, dont l'espèce de *Juniperus oxycedrus* qui pousse dans la région aride présente le rendement le plus élevé, par contre, le *Schinus molle* provenant de la région sub-humide est le plus riche en HE.

La composition chimique des huiles essentielles obtenues par les feuilles de *J. oxycedrus* a été analysée par chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse CG/SM.

Les résultats montrent que les huiles essentielles de ces essences forestières sont largement dominées par les sesquiterpènes et les monoterpènes, dont le composé majeur pour le *J. oxycedrus* d'El Kala est le Germacrène D (21,3%), pour le *J. oxycedrus* d'OEB est 5-Tétradécen-1-ol, acétate, (Z)- (12.9%), et pour l'huile issue de *J. oxycedrus* de Biskra est 1,5-Dodécadiène (25.97%).

L'extraction des flavonoïdes bruts montre que le rendement des différentes fractions peut être attribué à l'origine de la plante sous l'influence de variations climatiques notamment le degré de température et le taux d'humidité.

L'étude des variations du rendement, des propriétés physicochimiques et de la composition chimique de certains métabolites secondaires a été réalisée en fonction de la situation géographique et les conditions climatiques.

Mots-clés. *Juniperus oxycedrus*, *Schinus molle*, huile essentielle, flavonoïdes, teneur, composition chimique, facteurs d'environnement.

Abstract

Essential oil of leaves and fruits of *Juniperus oxycedrus*L. (Cupressaceae), and *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) collected from three regions in Algeria was obtained by hydrodistillation. The yields of essential oils varying according to species, part of the plant studied and depending on climatic conditions, including the species of *Juniperus oxycedrus* that grows in the arid region has the highest yield, by contrast, the *Schinus molle* from the sub-humid region is the richest in EOs.

The chemical composition of essential oils obtained by the leaves of *J. oxycedrus* was analysed by gas chromatography coupled with mass spectrometry GC / MS.

The results show that essential oils of these forest essence are largely dominated by sesquiterpenes and monoterpenes, whose major component for the *J. oxycedrus* El Kala is Germacrène D (21,3%), for *J. oxycedrus* of OEB is 5-Tetradecen-1-ol, acetate, (Z)- (12.9%), and for oil issue from *J. oxycedrus* of Biskra is 1,5-Dodecadiene (25.97%).

The extraction of crude flavonoids shows that the yield of flavonoid fractions can be attributed to the origin of the plant under the influence of climatic variations including the degree of temperature and humidity.

The study of variations in yield, physicochemical properties and chemical composition of some secondary metabolites was performed according to geographical location and climatic conditions.

Keywords. *Juniperus oxycedrus*, *Schinus molle*, essential oil, flavonoids, content, chemistry composition, environmental factors.

إن الزيوت الأساسية
(Cupressacées) *Juniperus oxycedrus* L.
Schinus molle L. (Anacardiaceae) المقطوفة من ثلاث مناطق في الجزائر قد تم استخلاصها عن طريق التقطير المائي.

يختلف مردود الزيوت الأساسية
المناخية، حيث أن محتوى النوع *Juniperus oxycedrus* النامي في المنطقة الجافة يمثل المردود الأعلى،
Schinus molle الآتي من المنطقة الشبه رطبة هو الأكثر غنى من ناحية الزيوت الأساسية.

لقد تم تحليل للزيوت الأساسية
ول عليها من أوراق *Juniperus oxycedrus* عن طريق
الكروماتوغرافيا الغازية الموصولة بمطيافية الكتلة .

تبين النتائج أن الزيوت الأساسية لهذا النوع الغابي متميزة بسيطرة السيسكيتربيناتو لتربينات الأحادية
حيث أن المركب الغالب بالنسبة لنبات العرعر النامي في القالة هو Germacrène D (21,3%)
هو (Z)- 5-Tetradecen-1-ol, acetate, (12.9%)
بسكرة هو- 1,5-Dodecadiene (25.97%)

إن استخلاص الفلافونويدات
أصل النبات و تأثير التغيرات المناخية بما في ذلك ا

إن دراسة التغير اتفيا المردود، والخصائص الفيزيائية والكيميائية والتركيبية الكيميائية لبعض مركبات الأيض الثانوي
وفقا لتغير الموقع الجغرافي والظروف المناخية.

الكلمات المفتاحية : *Schinus molle Juniperus oxycedrus* الزيوت الأساسية، الفلافونويدات، المحتوى،
التركيبية الكيميائية، العوامل البيئية.