

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Amélioration des productions végétales

Productivité des huiles essentielles de deux espèces d'*Artemisia* :
A.arborescens et *A.herbaalba* en provenance de trois sites : Blida,
Boumerdes et Djelfa

Par

Khadidja AFKIR

Le jury:

A.E.K. AISSAT	M.C.A., U.S.A.B.	Président
Dj. ELHADI	M.C.A., U.S.D.B.	Examineur
F.Z. BENREBIHA	Pr, U.S.D.B.	Examinatrice
R. GHANAI	M.A., U.S.D.B.	Examinatrice
Z. HOUMANI	Pr., U.S.D.B.	Promotrice

Blida, Février, 2012

RESUME

Deux espèces du genre *Artemisia* de la famille des compositae : *Artemisia arborescens* et *Artemisia herba alba* récoltées aux trois bioclimats en Algérie : humide, sub-humide et aride, ont été étudiées de point de vue écologique, nombre de chromosomes et la teneur en essences végétales.

L'*A. arborescens* est récoltée sur deux étages bioclimatiques : humide (Cap Djenat) et sub-humide représenté par deux stations : (Blida), c'est un arbuste, les fruits sont des akènes de petite taille. Alors que l'*A. herba alba* récoltée à l'étage semi-aride (Moudjbara), est une touffe, la floraison est une inflorescence où le capitule ne porte que 3 à 6 fleurs, ses fruits sont des akènes.

Les coupes anatomiques réalisées sur les tiges de chaque espèce révèlent la présence des poils sécréteurs des huiles essentielles chez l'*A. herba alba*, mais des poils et des canaux sécréteurs chez l'*A. arborescens*.

L'examen du caryotype des espèces n'a pas révélé, malheureusement, des résultats permettant l'interprétation entre les deux espèces.

La production des huiles essentielles des tiges feuillées de l'*A. arborescens* et de l'*A. herba alba*, extraites par hydrodistillation montrent que le rendement est maximum au stade pleine feuillaison pour les deux espèces dans les quatre provenances. L'*A. arborescens* de l'étage sub-humide enregistre un rendement plus élevé que celui de l'étage humide. Ainsi, le rendement de l'*A. herba alba* est plus important que celui de l'*A. arborescens* dans le bioclimat humide et moins élevé que celui de l'*A. arborescens* du bioclimat sub-humide. En outre l'extraction par solvant organique volatil donne un rendement en huile végétale nul.

Mots clés : Asteraceae, *Artemisia*, huile essentielle, phytogénétique.

ABSTRACT

Two species of *Artemisia* genus of family of Compositae: *Artemisia arborescens* and *Artemisia herba alba* collected on three Algeria's bioclimats: humid, sub-humid and arid, were studied considering ecological, botanical and the percentage of essential oils points.

Artemisia arborescens is collected on two bioclimat floors: humid (Cap Djenet), and sub-humid (BLida), the fruits is an aken with small size. Whereas, *Artemisia herba alba* collected on arid floor (Moudjbara) is a tuft, its flowering is an inflorescence where the flowerhead carries only 3 to 6 flowers, its fruits are akenes.

The anatomical study of the stems of each species reveal secreting hairs of essential oils at *A. herba alba*, but hairs and channels secreting of essential oils at *A. arborescens*.

The examination of the chromosomic chart of species did not reveal, unfortunately, of the result allowing interpretation between the two species.

The production of essential oils of twigs broken into leaf of *Artemisia arborescens* and *Artemisia herba alba*, extracted by hydrodistillation show that the yield is maximum at the floor full foliation for the two species in their four sources. *Artemisia arborescens* of the sub-humid bioclimat floor record the highest yield compared to that of the humid floor. Thus, *A. herba alba* give a more yield of *A. arborescens* of humid bioclimat but less than *A. arborescens* of sub-humid bioclimat. Moreover, the solvent extraction organic volatile gives a null yield of essential oils for the two species.

Key words : Asteraceae, artemisia, essential oils, phylogenetic.

ملخص

قمنا بدراسة نوعين من النبات من نفس العائلة (المركبات): الشيبية و الشيح المأخوذة من ثلاث مناخات مختلفة : رطب، شبه رطب و شبه جاف دراسة ايكولوجية بيولوجية و كيميائية.

أخذنا نبتة الشيبية من المناخ الرطب (رأس جنات) و شبه الرطب (البليدة) وهي شجيرة ذات جذور وتدية، أغصان متفرعة تحمل أوراق مقطعة ذات لون اخضر مبيض ورائحة قوية، البذور صغيرة جدا. الشيح عبارة عن نبتة صغيرة جذورها وتدية لكن اقل تطورا من الشيبية، الأوراق قصيرة ومتفرقة، بذورها صغيرة جدا.

المقاطع العرضية التي قمنا بها على جذور النوعين أظهرت وجود شعيرات مفرزة للزيوت الأساسية عند الشيبية و الشيح.

الدراسة الجينية للنبتين لم تسمح لنا بعد الصبغيات للشيبية و الشيح.

إنتاج الزيوت الأساسية للجزء الهوائي كان بكمية اكبر في مرحلة الإزهار لكلا النوعين، الشيبية المأخوذة من المناخ الرطب أنتجت كمية اكبر من الزيوت مقارنة معالشيبية المأخوذة من المناخ الشبه الرطب. كما أن الحصول على الزيوت باستعمال الماء أعطى نتائج أحسن من استعمال الهيكسان.

الكلمات المفاتيح: المركبات، الشيبية، الشيح، الوراثة النباتية، الزيوت الأساسية

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie DIEU de m'avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

Je tiens tout d'abord à adresser mes plus vifs remerciements à Madame le professeur Z.HOUMANI qui a bien voulu assurer mon encadrement, et pour son suivi attentif.

Mes gratitudes remerciement à Mr A. AISSAT qui m'a fait l'honneur de présider la soutenance.

Mes remerciements vont aussi à Mr. Dj. ELHADI, Mme R. GHENAI et Mme F/Z BENREBIHA qui ont accepté l'examinassion de ce travail.

Mes chaleureux remerciements à mes parents pour leurs soutiens. A toute ma famille, mes amis qui m'ont encouragé pour que ce travail soit à ce jour.

A Tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

RESUME	1
REMERCIEMENTS	4
TABLE DES MATIERES	5
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	8
INTRODUCTION	10
CHAPITRE 1 : LES HUILES ESSENTIELLES	13
1.1 Historique	13
1.2 Définition	13
1.3 Principaux constituants des huiles essentielles	14
1.3.1 Les composés terpéniques	14
1.3.2 Les composés aromatiques	16
1.3.3 Les composés d'origine divers	16
1.3.4 Les composés carbonyles	16
1.3.5 Les esters et les acides	17
1.3.6 Les phénols	17
1.4 Propriétés des huiles essentielles	17
1.4.1 Propriétés physiques	17
1.4.2 Propriétés chimiques	17
1.4.3 Propriétés pharmacologiques	18
1.5 Localisation et biosynthèse des huiles essentielles	19
1.6 Procédés d'extraction des huiles essentielles	20
1.6.1 La distillation	20
1.6.2 L'enfleurage	21
1.6.3 L'expression	21
1.6.4 L'extraction par solvant organique	21
1.7 Identification des huiles essentielles	22
1.7.1 La chromatographie en phase gazeuse (C.P.G)	22
1.7.2 La spectrométrie de masse (M.S)	22
1.7.3 Le couplage C.G-M.S	22
1.8 Qualité des huiles essentielles	23
1.9 Rendement des huiles essentielles	23
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES ESPECES ETUDIEES	25
2.1 Genre <i>Artemisia</i>	25
2.1.1 Origine et répartition des <i>Artemisia</i>	25
2.1.2 Importance ornementale, fourragère et thérapeutique	26
2.1.3 Importance économique	26
2.1.4 Propriétés des huiles essentielles des armoises	26

2.2. <i>Artemisiaarborescens</i>	27
2.2.1 Origine et répartition	27
2.2.2 Description botanique	27
2.2.3 Composition chimique	27
2.2.4 Importance thérapeutique	28
2.3 <i>Artemisia herba alba</i> Asso	29
2.3.1 Origine et répartition	29
2.3.2 Description botanique	30
2.3.4 Composition chimique	31
2.3.5 Importance thérapeutique	32
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES	34
3.1 Matériel végétal	34
3.1.1 Présentation des stations de récolte des échantillons	34
3.1.2 Récolte des échantillons de plants pour les analyses	35
3.2 Méthodes d'étude	37
3.2.1 Identification des espèces végétales	37
3.2.2 Etude morphologique	38
3.2.3. Coupes histologiques	38
3.2.4 Dénombrement chromosomique	38
3.2.5 Etude écologique	39
3.2.5.1 Données climatiques	39
3.2.5.2 Caractéristiques édaphiques	39
3.2.5.3 Relevés phytosociologiques	41
3.2.6 Extraction des huiles essentielles	41
3.3 Traitement des données	42
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION	43
4.1 Identification des espèces végétales	43
4.2 Etude morphologique	43
4.2.1 <i>Artemisiaarborescens</i>	43
4.2.2 <i>Artemisia herba alba</i>	44
4.3 Coupes histologiques	47
4.3.1 <i>Artemisiaarborescens</i>	47
4.3.2 <i>Artemisia herba alba</i>	48
4.4Dénombrement chromosomique	50
4.4.1 <i>Artemisiaarborescens</i>	50
4.4.2 <i>Artemisia herba alba</i>	51
4.5 Etude écologique	52
4.5.1 <i>Artemisiaarborescens</i>	52
4.5.1.1 Données climatiques	52
4.5.1.2 Caractères édaphiques	55
4.5.1.3 Relevés phytosociologiques	57

4.5.2 <i>Artemisia herba alba</i> Asso	65
4.5.2.1 Données climatiques	65
4.5.2.2 Caractères édaphiques	66
4.5.2.3 Relevés phytosociologiques	67
4.6 Extraction des huiles essentielles	70
4.6.1 Rendement en huiles essentielles des plants séchés	70
4.6.1.1 <i>Artemisia arborescens</i>	70
4.6.1.2 <i>Artemisia herba alba</i>	77
4.6.1.3 Etude comparative entre les deux espèces d' <i>Artemisia</i>	79
4.6.1.4 Extraction des huiles par solvant organique	81
DISCUSSION GENERALE	82
CONCLUSION	85
APPENDICES	88
REFERENCES	105

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 3.1 : Situation des localités de récolte	34
Figure 3.2 : Profil d'échantillonnage dans la station de Cap Djenet	36
Figure 4.1 : Plant entier d' <i>A.arborescens</i>	44
Figure 4.2 : Alternance des feuilles sur le pétiole de l' <i>Artemisia</i>	44
Figure 4.3: Floraison de l' <i>A.arborescens</i>	44
Figure 4.4: Plant entier d' <i>Aherba alba</i>	45
Figure 4.5 : Système racinaire de l' <i>A.herba alba</i>	46
Figure 4.6 : Fleur de l' <i>A.herbaalb</i>	46
Figure 4.7 : Graine de l' <i>A.herba alba</i> sous loupe GX3.6	46
Figure 4.8 : Coupe transversale de la tige d' <i>A.arborescens</i> GX250	47
Figure 4.9 : Coupe transversale de la tige de l' <i>A.herba alba</i> GX100	48
Figure 4.10: Poils protecteurs (P) et sécréteurs (S) sur la tige de l' <i>A.herba alba</i> observée sous M.O. GX100	49
Figure 4.11: Poil sécréteur (GX400)	49
Figure 4.12: Aspect des cellules après traitement par la méthode de Feulgen de l' <i>A.arborescens</i> GX250	50
Figure 4.13 : Aspect des cellules après traitement par la méthode de Feulgen de l' <i>A.herba alba</i> GX250	51
Figure 4.14 : Diagramme ombrothermique de la station de Cap Djenet	53
Figure 4.15 : Diagramme ombrothermique des stations de Bougara et Bouinane	54
Figure 4.16 : Carte factorielle des espèces de la station de Cap Djenet	59
Figure 4.17 : Carte factorielle des espèces de la station de Bougara	61
Figure 4.18: Carte factorielle des espèces de la station de Bouinane	63
Figure 4.19 : Carte factorielle des espèces et des relevés de l' <i>A.arborescens</i>	64
Figure 4.20: Diagramme ombrothermique des stations de Moudjbara	66
Figure 4.21: Carte factorielle des espèces de la station de Moudjbara	69
Figure 4.22 : L'huile essentielle de l' <i>A.arborescens</i>	71

Figure 4.23 : Rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l' <i>A.arborescens</i> récoltées sur trois biotopes à Cap Djenet	72
Figure 4.24 : Rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l' <i>A.arborescens</i> récoltées dans les deux stations Bougara et Bouinane	74
Figure 4.25 : Rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l' <i>A.arborescens</i> récoltées dans trois stations différentes	75
Figure 4.26 : Huile essentielle de l' <i>A.herba alba</i>	77
Figure 4.27 : Rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l' <i>A.herba alba</i> récoltées à Moudjbara	78
Figure 4.28 : Rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l' <i>A.arborescens</i> et d' <i>A.herba alba</i> récoltées dans les différentes stations	79
Tableau 2.1 : Les composants de l' <i>A.herba alba</i>	32
Tableau 4.1: Caractéristiques des sols des stations de l' <i>A.arborescens</i>	56
Tableau 4.2: Relevés phytosociologiques de la station de Cap Djenet	57
Tableau 4.3: Relevés phytosociologiques de la station de Bougara	60
Tableau 4.4: Relevé phytosociologique de la station de Bouinane	62
Tableau 4.5: Caractéristiques du sol de la station de Moudjbara	66
Tableau 4.6 : Relevé phytosociologique de la station de l' <i>A.herba alba</i>	68

INTRODUCTION

La région méditerranéenne est l'un des centres principaux du monde de la diversité de plantes contenant 11 des 231 centres choisis pour leur importance globale [1]. La diversité du climat, des îles et des montagnes de cette région a fréquemment conduit au développement de nombreuses espèces de plantes sauvages [2]. Les plantes médicinales constituent un groupe numériquement vaste, elles contiennent des composants actifs utilisés pour le traitement de diverses maladies. Elles sont employées aussi dans les industries pharmaceutiques, alimentaires, des cosmétiques et des parfums sans oublier l'ornementation dont des plantes à usage multiples. En Chine les plantes ont été utilisées en médecine dès 2700 ans avant J-C., vers 1820, 70% des médicaments figurent dans la pharmacopée avaient une origine végétale. Même si aujourd'hui beaucoup de nos médicaments sont des produits de la chimie, 25% proviennent de plantes.

Les astéracées ou composées constituent l'une des familles botaniques les plus importantes des plantes médicinales dans les peuplements méditerranéens [2], au Maroc elles sont estimées une 500 espèce [3], le genre *Artemisia* est un des plus importants de cette famille, utilisé en grande partie pour les propriétés médicinales de ses huiles essentielles [4]. En Algérie, les espèces de ce genre forment des peuplements naturels dans les zones bioclimatiques du sub-humide à l'aride [5]. L'armoise arborescente ou *Artemisia arborescens* est une espèce abondante dans le nord d'Algérie, elle est utilisée depuis des décennies pour l'ornementation, ses feuilles sont connues pour leurs effets calmant des douleurs abdominales. L'armoise blanche ou *Artemisia herba alba* est l'autre une composée du même genre, utilisée dans la médecine traditionnelle, elle rentre dans les habitudes alimentaires comme odorant du café et du thé, ainsi qu'elle est longtemps et jusqu'aujourd'hui utilisée comme anti-grippale, stimulante de l'appétit et comme abaissant de taux de sucre chez les diabètes vu son goût amer. Ces effets sont dues à la présence des matières actives dans leurs compositions chimiques, la plupart d'entre elles sont abondantes dans les métabolites secondaires, notamment les huiles essentielles. En raison de leur valeur

économique et médicale, les chercheurs en chimie organique et ceux qui s'intéressent aux substances naturelles ont étudié les métabolites secondaires, lorsqu'ils sont présents, elles ne se trouvent que dans les tissus ou des organes particuliers aux stades précis du développement (PRIESTLEY, 1770 in [6]). Ce type d'intérêt a été relancé par la découverte récente montrant que le taxol, un diterpénoïde extrait de l'écorce de l'if de Californie (*Taxusbrevifolia*) aurait des propriétés anti – tumorales dans les cas de cancers de sein et des ovaires ([6]).

Les statistiques de LAWRENCE 1995, disent que La production mondiale des huiles essentielles est estimée à 45000 tonnes environ, dont 60% sont issues d'espèces arborescentes et arbustives, on estime que plus de 15000 tonnes d'huiles essentielles proviennent des plantes cultivées, et moins de 1000 tonnes sont extraites des plantes récoltées à l'état sauvage [7].

Le secteur des plantes aromatiques et médicinales est marqué par un mouvement d'internationalisation et de regroupement des petites unités industrielles en firmes multinationales. Plus de 50% du marché mondial des huiles essentielles, estimé à 9,5 milliards de dollars, est actuellement entre les mains de six entreprises multinationales représentant 5 pays : les USA, la Suisse, la France, l'Allemagne et le Japon [8]. Deux pays se partagent le marché international pour l'huile d'*Artemisia*: le Maroc et la Tunisie. Mais la grosse part revient au Maroc qui détient 90% du marché mondial [8].

En Algérie, les recherches nouvelles de botanique systématique, phylogénétique et phytogéographique, sont rares [9]. Dans cette mise au point, nous soulignerons l'importance des études systématiques au niveau des espèces et des populations dans l'interprétation de la structure et de la dynamique de la flore spontanée algérienne, ainsi que leurs impacts sur l'évolution et la conservation de la biodiversité. Dans ce contexte, la présente étude met en évidence la variabilité phytochimique, plus précisément le rendement des huiles essentielles de deux espèces d'*Artemisia* : *Artemisiaarborescens* et *Artemisia herba alba*, suivant une démarche appropriée et mettant la relation entre les différents paramètres : écologique, botanique et génétique afin de répondre aux hypothèses suivantes :

- Le rendement en huile est-il influencé par l'origine géographique de l'espèce, et quelle est la part des variantes pédoclimatiques?
- Le stade phénologique a un effet sur la production d'huile essentielle pour la même espèce?
- Où se localise la biosynthèse des essences végétales pour chaque espèce ?

CHAPITRE 1

LES HUILES ESSENTIELLES

1.1 Historique

Selon FABROCINI [10], l'aromathérapie est connue depuis la haute antiquité dont il y a plus de 4000 ans on faisait l'extraction les essences parfumées des plantes. Les égyptiens utilisaient ces essences aromatiques comme cosmétiques.

Le 15^{ème} siècle marqua le début de la diffusion des connaissances sur les plantes médicinales et sur la pratique médicale sous forme de compilations appelées herbiers [11].

Les traces d'utilisation d'aromathérapie retrouvée au Pakistan ont plus de 7000 ans sur terre, des inscriptions ont été trouvées datant de 4000 ans en Egypte [12].

De nos jours les traitements à base de plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques décroît, les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus, c'est pourquoi on utilise à nouveau l'absinthe chinoise (*Artemisia annua*) et surtout son principe actif pour soigner la malaria sans provoquer d'effets secondaires lorsque les protozoaires responsables résistent aux médicaments [13].

Les plantes produisent plus de 30.000 types de produits chimiques, y compris des principes volatils, colorants et d'autres, qui constituent aujourd'hui la base des traitements médicaux [14].

1.2 Définition

Selon SALLÉ [15], les huiles essentielles sont des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale; ces mélanges passent avec certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau.

Les huiles essentielles "essences, huiles volatils" sont des produits de composition générale assez complexe renferment des principes volatiles contenus dans les végétaux, elles sont plus ou moins modifiées au cours de leur préparation [16].

Selon FABROCINI [10], les huiles essentielles ne constituent pas une catégorie très définie de composés chimiques, mais plutôt un mélange hétérogène de substances volatiles.

Selon GAUCHER et LUSSON [17], l'expression "huile essentielle" est souvent remplacée par: essence de fleur ou de plante, essence florale ou aromatique de plante, et seulement les, huiles essentielles non issues de synthèse chimique qui sont véritables et totalement naturelles.

1.3 Principaux constituants des huiles essentielles

En 1993 il a été confirmé que les huiles essentielles peuvent contenir jusqu'à 250 constituants dont les principaux sont: les composés terpéniques, les composés aromatiques et des composés d'origine divers ([18], [19], [20], [21], [22]).

1.3.1 Les composés terpéniques

Les terpénoïdes sont des composés carbonés cycliques et volatils, de formule générale $(C_5H_8)_n$ constitués de polymère d'isoprène ([23], [24]).

- Les monoterpènes et les sesquiterpènes

Ces composés se rencontrent en abondance dans les essences végétales, en même temps que les dérivés du phynolpropane[25].

D'après BOSSIER in [7], les composés terpéniques notamment le camphre et le camphène sont responsables des couleurs et des odeurs différents des huiles essentielles des plantes.

Les monoterpènes (C_{10}) comprennent des carbures acycliques (type myrcène), monocycliques (terpinène ...), et bicycliques (camphène...); on en connaît de nombreux dérivés (loganoside de la noix Vomique, gentiopicroside de la Gentiane) ([23], [24]).

Les monoterpènes qui sont des stimulants du système immunitaire, ont des propriétés antiseptiques, antalgiques à action percutanée, action révulsive sur la peau mais ils peuvent occasionner des brûlures importantes sur la peau donc leur action doit être limitée dans le temps (WILEM, 2004 in [7]).

Selon DEYSSON [23], les sesquiterpènes (C_{15}) sont également acycliques (farnésène) ou cycliques (santalène...); parmi les dérivés des sesquiterpènes la santonine principe vermifuge du semen-contra et l'acide abscissique, hormone végétale.

WILEM (2004) in [26], a révélé que ces composants ont des propriétés anti-inflammatoires immunostimulants et anti-allergiques, avec un emploi important en cosmétologie car ont une bonne tolérance avec la peau et ont des propriétés thérapeutiques.

- Autres terpènes:

Les diterpènes sont des composés en C_{20} renfermant cinq éléments isopréniques cycliques et acycliques [27]. Le taux de diterpènes augmente avec le taux des saccharoses [28].

Les triterpènes sont composés en C_{30} comprennent six éléments isopréniques aliphatiques [27].

Les tetraterpènes sont des composés en C_{40} , ce sont des hydrocarbures colorés, ils contiennent du carotène, très répandus dans les légumes et dans les graisses animales; les tetraterpènes sont caractérisés par une longue chaîne à double liaison conjuguée [27].

D'après LORENZO & Al. (2003) cités par ACEBEY CASTELLON [29], des études ont été faites sur plusieurs espèces médicinales montrent la présence de monoterpènes hydrocarbonés, des monoterpènes oxygénés ont été également décrits et les sesquiterpènes comme le germacrane D, le α -gurjunène et le β -farnésène, et le reste sont des sesquiterpènes oxygénés comme le spathuléolnérolidol, dont le taux de chaque composant varie selon les espèces.

1.3.2 Les composés aromatiques

Ils sont beaucoup moins fréquents que les terpènes, ce sont généralement des allyles, des propénylphénols (C_6-C_3), ils sont dérivés du phénylpropane[30]. Ce sont également des composés odorants de type phénylpropanoïde, résultant de l'acide shikimique conduisant à la synthèse de lignine et de la tyrosine; ainsi qu'autres composants sont responsables des propriétés antiseptiques et odorantes tel que l'acide cinnamique [31].

1.3.3 Les composés d'origine divers

BRUNETON [16], a signalé que les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible poids moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation:

Alcools: cette classe renferme des alcools aliphatiques et cycliques saturés et insaturés, ils peuvent être de nature terpénique ou non, ils apportent une grande diversité olfactive [32].

1.3.4 Les composés carbonyles

Ils sont de structure linéaire ou ramifiée, saturés ou non, rarement spécifiques, tel que les aldéhydes qui sont des composés organiques possèdent des propriétés anti-infectieuses, anti-inflammatoires et antiseptiques [18].

1.3.5 Les esters et les acides

Selon GAUCHER & LUSSON [17], ce sont des dérivés oxygénés de terpène et ont la particularité de présenter un arôme fruité mais peuvent aussi avoir un effet anti-inflammatoire.

1.3. Les phénols

Ils sont les composés les plus bénéfiques de tous les groupes aromatiques dont ils participent dans les ajustements immunitaires [13]. Ils sont composés de plusieurs groupes d'hydroxyle attachés directement à un anneau aromatique, le phénol est la structure sur laquelle le groupe entier est basé ([33], [22]).

1.4 Propriétés des huiles essentielles

1.4.1 Propriétés physiques

- Couleur: les huiles essentielles sont généralement incolores mais n'empêche pas qu'il y a des huiles colorées comme celle de Camomille (bleu), de l'Absinthe (vert)... [34].
- Densité: selon PARIS ET MOYSE [35], la densité des essences est souvent inférieure à celle de l'eau (0.85 à 0.95) mais on trouve de même quelques huiles dites lourdes dont la densité est supérieure à celle de l'eau telle que l'huile de cannelle, de girofle.
- Solubilité: les huiles essentielles sont solubles dans l'alcool, dans les solvants organiques et dans les huiles fixes mais insolubles dans l'eau.
- Ces essences végétales sont sensibles à l'oxydation et donc de conservation [15].

1.4.2 Propriétés chimiques

- D'après GILLY [32], les huiles essentielles et par l'exposition à la lumière et à l'oxygène s'oxydent, se résinifient, leur odeur change, leur solubilité diminue.

- Le pouvoir bioélectronique:selon BELAICHE [36], ce paramètre agit par ses deux mesures fondamentales qui sont recherchés dans les trois liquides humoraux: sang, salive et urine:
 - Le pH ou mesure acido-basique: les huiles essentielles ont un pH acide ce qui empêche le développement des bactéries qui préfèrent un pH basique (7 à 14).
 - L'oxydo-réduction:c'est un paramètre qui indique la tendance ou non des cellules à s'oxyder pour former des radicaux libres. Dont les essences végétales sont presque toujours dans des valeurs réductrices s'opposant à l'oxydation (0 à 28).

1.4.3 Propriétés pharmacologiques

Selon LAMENDIN & AL [37], les huiles essentielles possèdent de nombreuses propriétés : antibactériennes, anti-inflamatoires, antispasmodiques, antalgiques, anti-râles...

- La propriété antiseptique:le camphre qui un composant des huiles essentielles des *Artemisia* est caractérisé par une activité anticoagulante et cicatrisante (HELBERT, 1997 in [38]).
Il a été confirmé par ABENA & AL [39], que l'huile essentielle de *Lippiamultiflora* réduit significativement le nombre de crampes abdominales induites par l'acide acétique comme le fait l'acétylsalicylate de lysine (Aspégic).
- La propriété de défloculation:les huiles essentielles sont défloculantes, elles saponifient les viscosités insolubles et disloquent les congrégations dures ce qui leur permettent d'être entraînées par les plasmas circulants, pour les naturopathes, elles normalisent le terrain tumoral[40].

- La propriété de diurèse: les huiles essentielles font fonctionner les quatre grands émonctoires (peau et ses trois glandes: reins, poumons et intestins), facilitant ainsi le drainage des déchets et résidus humoraux solubles et insolubles vers leurs émonctoires spécialisés: les "colles" vers le foie, la vésicule et l'intestin, ou encore vers les glandes sébacées, les diverses muqueuses et les "cristaux" vers les reins et les glandes sudoripares, aussi les essences aromatiques contribuent à toutes les guérisons et en profondeurs [40].
- Le pouvoir osmotique: ce pouvoir est marqué dans la cosmétique, kinésithérapie et en balnéothérapie, ainsi qu'il s'exerce sur le système respiratoire par la pénétration dans la voie pulmonaire, il apporte aussi une voie originale de la désinfection [26].
- Les propriétés insecticides et antifongique: SERI-KOUASSI & AL [41], montrent que les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques de l'Afrique occidentale – *Melaleucaquinquenervia* L. et *Ocimumgratissimum* L. présentent une activité insecticide et entraînent, chez les femelles de *C. maculatus*, une réduction très significative de la ponte par rapport à celle dans le témoin, et l'huile essentielle de *M. qinquenervia* L. semble plus efficace que celle de *O.gratissimum* L. En addition, les huiles essentielles extraites de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. ont montré une forte activité antifongique contre tous les champignons de pourriture du bois d'oeuvre testés; ce grand pouvoir bioactif observé chez les deux huiles est attribué principalement à leurs teneurs élevées en phénols terpéniques (carvacrol et thymol) [42].
L'huile essentielle d' *Eucalyptus tereticornis* Sm présente une activité bactéricide (elle détruit complètement *Saccharomyces* spp., *Sporobolomyces* et *Hansenula*), fongicide (détruit *Corynebacteriaceae* spp.) et fongiostatique (inhibe la croissance de *Torulopsis candida*), objets de nos investigations ; elle exerce aussi une action destructrice sur les tiques [43].

1.5 Localisation et biosynthèse des huiles essentielles

La présence des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les huiles végétales peut provenir de différentes sources [44]. La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont associées à la présence de structure histologique spécialisées chez chaque espèce: cellules à huiles essentielles (Lauraceae), poils sécréteurs (Lamiaceae), poches sécrétrices (Myrtaceae) et des canaux sécréteurs (Apiaceae), ces structures sont souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante [18].

D'après PARIS & MOYSE [35], l'origine des huiles essentielles se trouve au niveau du cytoplasme de certaines cellules végétales et en raison de leur structure chimique unique, ces essences ont la capacité de pénétrer les parois cellulaires et de transporter l'oxygène, les nutriments et d'autres composés biochimiques vitaux jusqu'à l'intérieur de chaque cellule, en outre elles contiennent des composés biochimiques permettant aux plantes de croître et de réparer les dommages à sa structure.

D'après BRUNETON [16], les huiles essentielles peuvent être stockées dans les différentes parties de la plante, dans les feuilles (Eucalyptus), les fleurs (rose), les fruits (Citrus), les graines (Muscade), dans l'écorce (Cannelle), le bois (bois de rose), les racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), les boutons floraux (Clou de Girofle).

1.6 Procédés d'extraction des huiles essentielles

Selon SALLE [15], il existe plusieurs procédés d'extraction des matières aromatiques donnant des huiles essentielles, on distingue: la distillation, l'enfleurage, l'expression et l'extraction par des solvants organiques.

1.6.1 La distillation

C'est la méthode la plus employée pour récupérer les huiles essentielles, elle représente 80% pour la récupération des huiles essentielles [15].

L'hydrodistillation est sans doute le procédé chimique le plus ancien et plus connu, son principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter.

Dans un ballon rempli d'eau avant de la portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'huile essentielle sera alors séparée par différence de densité ([18], [45]).

Selon les mêmes auteurs, cette méthode permet d'obtenir des rendements élevés avec une essence de bonne qualité et concentrée, grâce au contact direct matière végétale-eau. Ce la n'empêche pas que ce mode peut causer des altérations de certaines substances odorantes et des pertes dans la quantité des huiles essentielles, cependant un chauffage modéré peut limiter ces altérations.

Selon KOTHE [22] et FABROCINI [10], la distillation à la vapeur d'eau est l'autre un procédé qui consiste à récupérer l'huile essentielle en faisant passer la matière végétale à travers la vapeur d'eau. Ces vapeurs saturées en composés organiques volatils sont condensées par décantation. Les phénomènes intervenant lors de l'entraînement à la vapeur seraient des phénomènes d'osmose et de diffusion libre, L'huile essentielle, plus légère que l'eau reste en surface, c'est ainsi qu'on peut les séparer. On utilise ce procédé pour distiller la lavande, la sauge, le basilic.

1.6.2 L'enfleurage

Selon SALLE [15], cette méthode n'est presque plus utilisée car elle est très coûteuse. On étale une couche d'un corps gras (graisse animal type saindoux) sur la clayette suivi par une couche de pétales de fleurs et on refait l'opération plusieurs fois. On chauffe la clayette sous 30°C. Le saindoux devient mou et se sature d'essence. Quand ce saindoux se dissout, on met de l'alcool qui sert de vecteur aux huiles essentielles. Ensuite on effectue la séparation par évaporation sous vide.

1.6.3 L'expression

D'après SALLE [15] et BRUNETON [18], cette méthode représente 10% des cas, elle est employée pour toute les pespéridés (orange, limette, pamplemousse et la mandarine). Il est connu que la technique de l'expression à froid est utilisée pour les agrumes.

1.6.4 L'extraction par solvants organiques volatils

Ce procédé consiste à épuiser le matériel végétal de ses constituants odorants au moyen d'un solvant, puis de l'extraire par évaporation sous vide (NAVES, 1974 et CRAVO, 1991 in [46]).

SALLE [15] signale que ce mode d'extraction représente 3% des cas, elle est utilisée pour les huiles qui ont une densité voisine à celle de l'eau dont l'utilisation des solvants, la quantité de ces derniers est 100 à 1000 fois plus importante que celle du produit à extraire.

1.7 Identification des huiles essentielles

Différentes méthodes sont utilisées pour identifier les composants d'une huile essentielle, parmi celles-ci la chromatographie en phase gazeuse (C.P.G), la spectrométrie de masse (M.S) et le couplage des deux techniques (G.C-M.S).

1.7.1 La chromatographie en phase gazeuse (C.P.G)

C'est une méthode d'analyse chimique utilisée pour séparer les constituants d'un mélange de gaz ou de composés vaporisables à haute température; elle permet d'identifier des constituants même à l'état de traces d'où ces derniers sont caractérisés par leur temps de rétention [47].Le chromatographe en phase gazeuse est constitué de trois modules : un injecteur, une colonne capillaire dans un four et un détecteur. Il existe différents types de détecteurs mais le spectromètre de masse tend aujourd'hui à supplanter tous les autres car il est le seul à fournir des informations structurales sur les composés séparés par chromatographie[47].

1.7.2 La spectrométrie de masse (M.S)

Le spectromètre de masse permet l'identification et la quantification des analytes. Il existe de nombreux types de spectromètres de masse ; tous ont en commun trois éléments : une source, un analyseur et un détecteur; la source est la partie du spectromètre de masse où sont produits des ions gazeux à partir des molécules introduites, et l'analyseur sépare les ions produits par la source en fonction de leur rapport masse sur charge, alors quel rôle du détecteur est double:

détecter les ions proportionnellement à leur nombre et amplifier le courant correspondant (de l'ordre de 10^{-12} ampères) pour le rendre détectable par l'électronique du système ([48]; [49]).

1.7.3 Le couplage C.G-M.S

En revanche, il existe une technique de couplage entre la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse (M.S), la technique est généralement désignée sous le terme abrégé de "GC-MS" pour "Gas Chromatography – Mass Spectrometry" ; elle est aujourd'hui à son apogée et trouve des applications dans des domaines aussi variés que l'industrie agroalimentaire, la médecine, la pharmacologie ou l'environnement (TRANCHANT et al, 1995 in [48]).

Le couplage GC-MS consiste à réunir la colonne de chromatographe et le spectre de masse, soit en introduisant directement l'extrémité de la colonne dans la chambre d'ionisation, soit par le relais d'un capillaire de transfert chauffé placé entre le chromatographe et le spectromètre de masse [50]

1.8 Qualité des huiles essentielles

Selon SIMONNET & AL [51], la composition phytochimique de la plante est l'élément déterminant de la qualité d'une huile, cette composition est sous l'influence directe de la génétique (biodiversité naturelle) et des conditions environnementales dans lesquelles le végétal s'est développé.

Selon SIMONNET & AL [51], la connaissance des interactions plante-environnement est indispensable pour l'optimisation de la qualité des essences lors de la mise en culture.

D'après SHIRLEY, 2001 in CROZIER & AL [52], la qualité d'un solvant organique dont les essences végétales est sous l'influence de la composition chimique et les métabolites produits lors du fonctionnement physiologique de la plante qui varie d'une saison à une autre.

BACHELOT & AL [26] ont noté, dans un travail d'étude de comparaison entre les techniques d'extraction des huiles essentielles des agrumes, que l'hydrodistillation a bien fonctionné avec des rendements corrects, cependant que le chauffage du citron à haute température a provoqué l'apparition de la mousse, ce qui a donné une diminution du rendement avec altération de la qualité d'huile.

1.9 Rendement des huiles essentielles

Le lieu de ramassage, et la date de récolte doivent être connus, les producteurs de la plante doivent suivre le développement des plantes (amendement, fertilisations, traitements chimiques...), afin d'être certain d'avoir des plantes d'une haute qualité et d'une grande pureté en huiles essentielles [15].

Le rendement de la plante jeune diminue au fur et à mesure de l'approche de sa maturité, elle doit être récoltée juste avant la floraison [53]. Ainsi que GILLY [32], attire l'attention que les rendements des huiles essentielles varient selon l'époque, l'organe à traiter et les conditions du climat et du sol influencent considérablement sur la formation des essences.

Selon THURZOVA [54], il est indispensable de cueillir la plante avant la floraison, car après ce stade les huiles s'évaporent dans l'air, et les plantes perdent vers 70% de leur huile essentielle, il faut s'assurer aussi de la qualité de la production de la plante qui ne doit pas être traité par des engrais chimiques ou sulfatés, les plantes doivent être le plus naturel possible, si on risque la présence des produits chimiques ou des radioactifs dans leurs huiles essentielles.

On peut obtenir de 0.20% à 0.60% d'huile essentielle pour une plante fraîche et de 1% à 3% pour une plante sèche [15].

CHAPITRE 2

PRESENTATION DES ESPECES ETUDIEES

2.1 Genre *Artemisia*

2.1.1 Origine et répartition des *Artemisia*

L'*Artemisia* est un genre assez important de la famille des *Asteraceae* (Compositae), avec près de 200 espèces connues, qui poussent communément dans des zones sèches; ils se trouvent dans le phytocénose des arbustes et quelques herbes de caractères agronomiques (besoins pédoclimatiques) identiques dont la plus part sont parfumées et renferment des huiles essentielles ([55] ; [56]). Selon STARY [11], plus de 300 espèces sont connues du genre *Artemisia* et réparties dans les steppes et les régions semi-désertiques d'Asie Centrale, d'Afrique du Nord et de Californie.

Au Maroc le genre *Artemisia* comprend quelques 400 espèces dont les plus importantes sont : *A. atlantica* var 'maroccana', *A. flahauti*, *A. meslantica*, *A. negrei*, *A. ifranensis*, *A. herba alba*, *A. arborescens*, *A. absinthium*. La plupart des membres de ces espèces sont fortement parfumés et sont très identiques morphologiquement ce qui rend leur classification difficile [5].

Les plantes du genre *Artemisia* sont communes en Algérie, elles forment des peuplements naturels dans les zones bioclimatiques du sub-humide à l'aride [5].

Avec la diversification du climat algérien, diverses espèces ont été identifiées à l'état sauvage [57]. Selon LE HOUEROU [58], et selon QUEZEL et SANTA [57], sont: *Artemisia herba alba* Asso., *Artemisia campestris* L., *Artemisia judaïca* L., *Artemisia arborescens* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia atlantica* Coss. et Dur., *Artemisia alba Turra ssp kabylica* (chabret), *Artemisia verlotorum* Lamott., *Artemisia vulgaris* L., et *Artemisia monosperma* L.

HOUMANI & Al. [38]; BENMOKADEM [7], ont identifié cinq espèces de ce genre en Algérie: *Artemisiaherbaalba*Asso., *Artemisiacompestris*L., *Artemisiajudaïca*L., *Artemisiaarborescens* L., *Artemisiaabsinthium* L.

2.1.2 Importance ornementale, fourragère et thérapeutique

Les armoises sont utilisées dans l'ornementation, à l'entrée des usines, dans des pépinières... [50], et elles peuvent être données comme alimentation au bétail, elles ont une bonne valeur fourragère [59].

L'*Artemisiaannua* et l'*Artemisiaafra* sont fréquemment utilisées en Chine pour traiter la malaria car elles se seraient révélées efficaces contre les agents pathogènes de cette maladie [59], [60]). Leurs feuilles ont des propriétés fébrifuge et antibiotique ([22], [59]).

2.1.3 Importance économique

Sur le plan économique la plante *Artemisiaannua*et sa mise en culture, reste à l'heure actuelle la seule source d'approvisionnement en artémisinine en Inde [56].

En industrie pharmaceutique, cette espèce entre dans la fabrication de nombreux médicaments (antiseptique, digestif, emménagogue, stimulant, tonique et vermifuge) ([61]; AUFRERE, 1987 in [62]).

2.1.4 Propriétés des huiles essentielles des armoises

L'action thérapeutique des principes amers contenus dans les *Artemisia* est due au fait qu'ils augmentent la sécrétion des sucs digestifs, ce qui stimule l'appétition tout en facilitant la digestion; on prête de plus une action fortifiante [22].

On connaît dans l'art antérieur l'activité anti-inflammatoire de lactones sesquiterpéniques contenus dans les armoises [63]

Les huiles d'armoise ont des effets inhibiteurs sur la croissance des bactéries (épidermite d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus aureus*), et des levures [64].

2.2. Artemisia arborescens

2.2.1 Origine et répartition

L'*Artemisia arborescens* est originaire de la région méditerranéenne ([62]; [55]).

En Algérie, elle se trouve, selon, QUEZEL et SANTA [57], à Médéa et Theniet El-Had. Les travaux de BENMOUKADEM [7]; GARCIA & AL [65] ont révélé que cette espèce se trouve aussi dans la région de Blida à l'état naturel, et au jardin d'essai EL Hamma (Alger), aux parcs nationaux de Gouraya (Tipaza) et de Bejaia à l'état cultivé.

Dans les régions méditerranéennes elle est connue par le nom "chiba" et elle est confondue avec l'*Artemisia absinthium* "chejratmeriem" (BNOUHAM & AL [66]; LAMHARRAR & AL [62]).

2.2.2 Description botanique

L'*Artemisia arborescens* est un sous arbrisseau de 0.5 à 1 m de hauteur, elle est caractérisée par des feuilles blanchâtres, persistantes [69], à pétiole articulé, très aromatiques soyeuses et finement découpées, elles sont portées par des rameaux dressés et rapprochés ([59]; [55]). Les fleurs sont à corolle glabre ont une couleur grise jaunâtre, ce ne se voit qu'en mois de la floraison qui coïncide avec le mois d'Avril jusqu'à Mai, ses capitules s'apparaissent en grappe, les fruits sont des akènes glanduleuses ([59]; [22]). C'est une espèce hermaphrodite [67].

2.2.3 Composition chimique

HURABIELLE & AL [68], à partir d'*Artemisia arborescens*, ils ont extrait β -thuyone, chamazulène et caryophyllène-époxyde, autres quatorze mono et sesquiterpènes ont été identifiés. En Italie, SACCO & AL [69], ont confirmé que la thuyone, le camphre et le chamazulène constituent 75% des composés de l'huile essentielle des feuilles et des fleurs de l'armoise arborescente. Les mêmes constituants ont été trouvés par LAI & AL [70] où le camphre et le

chamazulène représentent les proportions les plus élevées par rapport les autres composants.

Au Maroc ABU ZARGA & AL [71], ont trouvé que l'*Artemisia arborescens* contient l'artémisine, β -dimethyl ether, chrysoeriol, apigenin, β -sitosteryl glucoside, dihydroridentin, et chrysoeriol 4-glucoside.

Les analyses de BENMOKADEM [7], ont révélé que l'*Artemisia arborescens* (prise de la région de Blida d'Algérie) renferme neuf composés chimiques dont camphre (10.93%) et le β -thuyone (47.5%) sont les deux composés caractéristiques de l'espèce avec le sabinène, le myrcène et le linalol des teneurs avoisinants les 1%, le bornéol présente un taux plus important (2.7%), alors que le chamazulène, le spathulenol et le β -eudesmol présentent des teneurs proches de 4%.

D'après LAMHARRAR & AL [62], l'*artemisia arborescens* contient des amers tels que l'artémisine, les acides malique et succinique, les sels de potassium et le manganèse. Alors que les travaux de SINICOA & AL [72], ont révélé que l'huile essentielle de cette armoise comprend un mélange des composés organiques qui sont: la thuyone, le camphre de cétones de monoterpènes présente plus de 50% des composants généraux en huile essentielle et le chamazulène.

PORCEDDA & AL [73], ont montré que la composition du concentré volatil d'*Artemisia arborescens* renferme: thuyone (13,96%), camphre (6,15%) et chamazulene (5,95%). Ainsi que PAPPAS & SHEPPARD-HANGER [55], ont confirmé la présence du thuyone.

2.2.4 Importance thérapeutique

L'huile essentielle contenue dans les feuilles d'*A.arborescens* est connue pour ses propriétés régulatrices du cycle menstruel [55], et de douleurs d'estomac [62].

Des propriétés médicinales : antibactériennes, anti-inflammatoires (grâce à la présence du chamazulène), antihistaminiques, cholérétiques et mucolytiques ont été attribuées aux huiles essentielles de l'*artemisia*

arborescens qui sont extraites et commercialisées ([69]; ARNOLD, 1993 in [7]; SHEPPARD-HANGER, 1995 in [65]; [74]). KHARE [74], rajoute son effet antidépresseur et son utilisation pour les fièvres chroniques.

Les huiles de l'armoise arborescente sont connues, non seulement par leur effet renforçateur de l'estomac, et stimulant, mais aussi par la production des liqueurs (VOGELLEHNER, 1987 in [75]; [22]).

L'effet d'un extrait aqueux de l'armoise arborescente a été étudié sur l'iléum d'isolement sur l'utérus des rats, et le réservoir souple urinaire il a causé une réduction dépendant de la concentration de l'amplitude des contractions phasiques et de la tonalité de l'iléum, d'autre part, cet extrait a causé une augmentation significative de la fréquence aussi bien que l'amplitude des contractions phasiques et a augmenté la tonalité de l'utérus d'isolement et des bandes urinaires de réservoir souple [71]. L'armoise arborescente est antiallergique, elle est indiquée contre l'asthme et le rhume des foins, elle est calmante du système nerveux parasympathique, décongestionnant veineux. En usage externe, les feuilles fraîches pilées sont utilisées en cataplasme pour cicatriser les blessures et traiter les morsures de serpents et les piqûres de scorpions, elle est antitussif, antispasmodique, hypoglycémique, diurétique, lithontriptique [73]. REKKA (1996) cité par [55], a montré que le chamazulène est responsable de la capacité de traiter les peaux inflammables.

Les travaux de SINICO & AL [72], afin de déterminer si l'incorporation liposomique d'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* affecte ses propriétés antivirales in vitro, ont constaté que l'incorporation liposomique dans MLVs (vésicules multilamellaires) a augmenté l'activité antivirale contre HSV-1 (virus), alors qu'aucune différence significative de l'activité antivirale a été observée entre l'huile essentielle libre et les vésicules de SUV (vésicules unilamellaires soniquées). SADDI & AL [76], ont bien identifié l'effet antiviral de l'essence d'armoise arborescente qui grâce à ses composants chimiques cités au paravent, elle peut inhiber la diffusion latérale des cellules virales.

2.3 *Artemisia herba alba* Asso

2.3.1 Origine et répartition

L'armoise blanche est une espèce Méditerranéenne et Saharo-Indienne (QUIEZEL et SANTA, 1994 in [77]). Son aire de répartition est très étendue

allant de péninsule Ibérique à l'Afghanistan et le Sud de l'U.R.S.S. ([77]; VERNIN et al, 1995 in [78]). Il s'agit d'une espèce méditerranéenne pour OZENDA [59] et Irano-Touranienne pour ZOHORY (1962) in [79]. En Afrique du Nord, les superficies occupées par les steppes à armoise blanche sont évaluées à plus de dix millions d'hectares [80].

D'après ce dernier auteur, c'est une espèce très commune en Afrique du Nord, au Moyen Orient (Syrie, Iran, Espagne, Palestine, Irak) et aux pays méditerranéens (l'Algérie, sud de France, Libye, Egypte, et Maroc). C'est une plante très abondante sur les hauts plateaux, plus rare au Sahara Septentrionale (OZENDA, 1985 in [77]). Elle fut signalée pour la première fois en Algérie en 1779 par le botaniste IGNATIO JORDAN DE ASSO ([57], [81]).

OZENDA [82] et BATTANDIER (1900) in [38], notaient que l'armoise blanche est cette plante la plus répandue sur tous les étages arides et semi-arides, mais rare dans le tell algérien, elle est rencontrée dans les Sahels et les plaines du littoral, ainsi que le tell constantinois. Les travaux de BENABADJI & AL [77], ont révélé que les stations d'étude d'*Artemisia herba alba* retenues se localisent pour la plupart sur l'axe Sidi Djilali, Magoura, El Aricha et El Aouedj (Algérie occidentale). D'autre part BENMOKADEM [7], a récolté l'*Artemisia herba alba* de Ain Oussara (wilaya de Djelfa). Selon OZENDA [82], l'armoise blanche se développe sur les Hamadas, les Regs et les éboulis dont elle couvre plus de 60% de la steppe.

2.3.2 Description botanique

L'*Artemisia herba alba* Asso. est une plante herbacée formant des buissons de 30 à 80 cm, les feuilles sont courtes, blanchâtres et tomenteuses sur les deux faces ([57]; [69]). Elle présente un port buissonnant ramifié de 30 à 40 cm de haut, avec des tiges dressées et ligneuses à la base, elles portent des feuilles argentées pubescentes [33]. Ses feuilles divisées dégagent une forte odeur aromatique ([57]; [79], [38]). Les capitules sont petits de 3 à 6 mm, ovoïdes ne contenant que 3 à 8 fleurs. Le réceptacle est très velu, le fruit est un akène ([57]; OZENDA, 2000 in [83]). L'*A. herba alba* a un système racinaire très dense à la surface, et la division de la touffe en sous individus autonomes

pour l'alimentation hydrique, lui permet de supporter la mort d'une partie de la touffe sans que l'individu disparaisse (OURCIVAL, 1992 in [84]).

2.3.4 Composition chimique

Les analyses chimiques de HOUMANI & AL [38], ont révélé que l'armoise blanche est très riche en matière organique (92.5%) et en cellulose brute (31,9%), avec un taux de la matière sèche de 52.9% et de la matière grasse (9.0%).

VERNIN & MERAD [85], ont réalisé sur l'armoise blanche récoltée sur cinq régions d'Algérie (Batna, Boussaada, Sidi Aissa (Bouira), Djelfa et Khenchela), renferme le Comphre et le Cis-chrysenthenol en grand pourcentage, suivi par le 1,8-Cineol. En 1995, VERNIN & AL [86], ont montré que le Cis-chrysenthenol représente le plus fort pourcentage (32-72%), suivi par le Comphre (19-48%), puis le 1,8-Cineol (5-20%) et d'autres composants: α -thuyone (1,0-26,7%), β -thuyone (1,65-9,3%), le Camphène (1,7-7,9%) et le Borneol avec 2,4-11,0%.

Le rendement en huile essentielle de l'*Artemisia herba-alba* récolté à Matmata (Tunisie) est de 0,65%, dont les principaux composants sont le α -thuyone (43,85%) et trans-Acétate de sabinyle (17.46%) [87].

En Jordanie, et d'après HUDAIB & AL [88], quarante éléments chimiques ont été identifiés (correspondant à 95.2% du totale d'essence), les monoterpènes ont représenté 42.5% du total de la composition, les principaux éléments sont les α -et β -thuyones (16,2% et 8,5% respectivement); Les autres principaux composants ont été santoline alcool (13,0%), artemisia ketone (12,4%), transpinocarveol (3,9%), artemisyl acétate (3,7%), fren.s-sabinyl acétate (5,4%), germacrene D (4,6%), α -eudesmol (4,2%) et l'acétate de caryophyllène (5,7%). Si une caractéristique de haut niveau de thujone isomères (24,7%) a été observée, avec l'absence de 1,8-cinéole, le camphre et le chrysanthenyl, selon VERNIN & AL [86], qui sont des constituants de l'huile d'armoise blanche, ce qui est caractéristique à l'*Artemisia herba alba* de Jordanie.

Les travaux de VERNIN & AL [86] et BENMOKADEM [7], ont révélé les mêmes composants chimiques de l'*A. herba alba* récoltée de la région de Djelfa avec une simple différence des taux de ces composants. Les résultats de BENMOUKADEM [7] sont présentés dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : les composants de l'*A. herba alba*.

Composés chimiques	Moyenne des proportions en %
Camphène	6,38
P-cymene	1,14
1,8-cineol	10,73
Terpinolène	2,95
α -thuyone	4,61
β -thuyone	3,27
Chrysanthenone	11,19
Comphre	40,14
Borneol	2,67

L'huile essentielle issue des parties aériennes d'*A. herba alba* spontanée d'Algérie (la région de M'sila) comprend 68 composants, 33 d'entre eux étant rapportés pour la première fois en huile d'herba-alba algérienne et 21 de ces composants n'ont pas été précédemment rapportés. Cette huile est riche en monoterpénoïdes qui sont les composants principaux (86,1%), et les monoterpènes irréguliers qui ont représenté un rendement de 3,1%. Le Camphre (19,4%), le transport-pinocarveol (16,9%), le chrysanthenone (15,8%) et le β -thuyone (15%) [89].

Selon HOUARI & FERCHICHI [90], cent composants ont été identifiés, 21 d'entre eux sont rapportés pour la première fois, l'huile contient 10 composants avec des pourcentages supérieurs à 10%.

2.3.5 Importance thérapeutique

HATIMI & Al. [91], ont montré que la grande activité de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso s'explique par sa teneur élevée en principes

actifs, il s'agit de la première mention de l'activité antileishmanienne *in vitro* de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle de cette espèce.

L'armoise blanche "chih" a des vertus purgatives évidentes jouant un grand rôle dans le contrôle des vers intestinaux, en particulier des ovins, les feuilles sont utilisées en médecine traditionnelle pour soigner le diabète, bronchite, abcès, diarrhée (Le Floc'k, 1983 in [87]).

HOUMANI & Al. [38], signalent que les valeurs énergétiques et azotées et la composition des huiles essentielles illustrent l'intérêt fourrager et les propriétés antiseptique, vermifuge et antispasmodique de l'armoise blanche des steppes algériennes, elle est utilisée en médecine traditionnelle et dans l'alimentation des animaux.

L'*Artemisia herba alba* peut augmenter le statut antioxydant total, du sang, du zinc et du cuivre, et peut empêcher le gain de poids; comme elle peut constituer un bon adjuvant pour lutter contre l'obésité, l'hyperglycémie, l'hypertriglycéridémie, l'hypercholestérolémie et en particulier le stress oxydatif [92].

Les travaux de HATIMI & Al. [91], sur deux souches de *Leishmania* (*Leishmania tropica* d'origine humaine marocaine et *Leishmania major*, souche de référence de l'OMS d'origine humaine), ont révélé une activité antileishmanienne de l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* Asso.; à une concentration de 2 µg/ml de l'huile essentielle, les leishmanies ne poussent plus au-delà du 3ème jour. Pour des concentrations de 4 et 10 µg/ml, il y a un effet leishmanicide immédiat et total.

L'huile essentielle de *Artemisia herba alba* est connue par ses effets antibactérien, anti-infectieux, lipolytique, mucolytique, antiparasitaire et antiviral [55].

- Cap Djenet : elle est située à 80 km à l'est d'Alger. La station de récolte des échantillons de l'*A.arborescens* se caractérise par un terrain accidenté situé entre 300 et 600m d'altitude. Le sol est lourd et recouvert d'une végétation assez dense spontanée (herbacée, arbuste).
Le climat est méditerranéen, froid et humide en Hiver, chaud et sec en été, la pluviométrie varie entre 800mm et 1000mm par an du mois d'octobre jusqu'au mois de mars. La température annuelle moyenne est de 18°C.
- Blida: elle se situe au sud ouest d'Alger, dans la plaine de la Mitidja, à une altitude d'environ 180m. la pluviométrie annuelle varie de 500 à 800mm/an, et la température moyenne annuelle est de 15°C [93]. Le relief est légèrement accidenté avec une pente Sud-Nord d'environ 5%. Le couvert végétal est très hétérogène et dispersé à dominance d'espèces herbacées annuelles avec la présence de plantations dispersées d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Pinus halepensis*.
- Djelfa : la station d'échantillonnage se trouve à 5 km à l'est de la ville de Djelfa à une altitude d'environ 1400m. Le relief est plus ou moins plat. Les plants d'*A. herba alba* poussent à l'état sauvage à l'abri des oliviers. Le climat de la région est caractérisé par hiver doux et un été chaud ; la pluviométrie annuelle est de 200 à 400mm/an [94].

3.1.2. Récolte des échantillons de plants pour les analyses

Les échantillons de plants de *Artemisia* sont récoltés comme suit :

- Littorale (Cap Djenet) (figure 3.2 : profil AA)

Dans cette station, nous avons effectué des relevés d'échantillons de l'*A.arborescens* au niveau de trois biotopes:

- Biotope 1 (B1) : 02 relevés sur un terrain plat, à l'abri de la mer, à une altitude d'environ 300m.
- Biotope 2 (B2): 02 relevés sur le versant opposé à la mer à 520m d'altitude, les plants étaient en pleine exposition ensoleillée,

- Biotope3 (B3) : 02 relevés au sommet de la colline à environ 600m d'altitude, les plants étaient bien exposés au soleil.

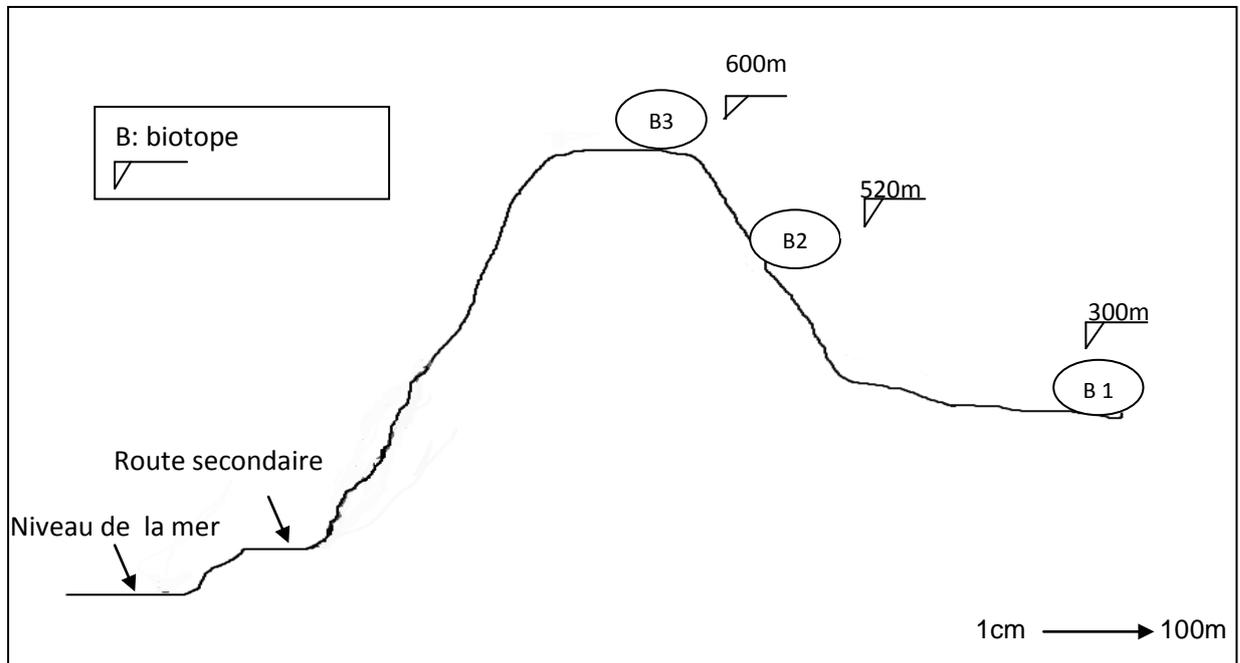


Figure 3.2 : Profil d'échantillonnage dans la station de Cap Djenet

- Plaine de la Mitidja

- Bougara : 02 relevés de *A.arborescens*
- Bouinane : 02 relevés de *A. arborescens*.

Les deux stations se trouvent sur un terrain plus ou moins plat avec une légère pente dans la station Bouinane. Les espèces qui forment la phytobiocénose des deux stations sont distribuées comme suite :

- Bougara : les arbres d'Eucalyptus entourent la station de la partie nord, avec les espèces annuelles qui sont plus abondantes lors de la deuxième récolte.

- Bouinane : le pin constitue un brise-vent naturel dans cette station, avec des espèces annuelles et vivaces qui accompagnent l'*A.arborescens* le long de son cycle végétatif.

Chaque relevé correspond au prélèvement de tiges feuillées/ fleuries sur dix arbustes. Ces derniers sont pris au hasard au niveau de la station concernée.

- Djelfa (Steppe)

- Une station a été choisie à Moudjbara. Nous avons effectué 02 relevés de l'*A. herba alba*, le terrain était plat, les plants se trouvaient sous les arbres d'oliviers.

Dans cette station un relevé correspond au prélèvement de tiges feuillées/fleuries sur 10 touffes pris au hasard.

D'autre part, nous avons procédé à deux périodes de récolte :

- En pleine feuillaison : la période de feuillaison s'étale du mois de janvier jusqu'à la fin du mois d'avril pour *A.arborescens* ; alors que *A.herba alba* est en pleine feuillaison du mois de février jusqu'au mois d'août. Notre récolte a été réalisée au mois de février dans les trois stations de l'*A.arborescens* (Cap Djenet, BOugara et Bouinane) avec un décalage de quatre jours ; et au début du mois d'avril pour l'*A.herba alba*.
- En pleine floraison : l'*A.arborescens* commence sa floraison fin avril et reste jusqu'à la fin du mois de juillet. Alors que la floraison de l'*A.herba alba* débute au début d'août et dure jusqu'à la fin du mois d'octobre. Les échantillons de l'*A.arborescens* ont été pris au mois de juin pour les stations d'étude : Cap Djenet, Bougara et Bouinane ; et au mois de septembre pour l'*A.herba alba* de la station de Moudjbara.

3.2 Méthodes d'étude

3.2.1. Identification des espèces végétales

L'identification des espèces a été faite sur la base des flores de QUEZEL et SANTA (1983) et OZENDA (1983) et avec la comparaison avec les échantillons de l'herbier de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL Harrach.

Afin de confirmer l'identification des deux espèces, nous avons eu recours à l'étude morphologiques (macroscopique, microscopique) et anatomiques des différents organes.

3.2.2. Etude morphologie

Nous avons effectué des observations macroscopiques (physionomiques) et microscopiques (coupes anatomiques au niveau des tiges) des deux espèces récoltés dans les différentes stations.

Les caractères morphologiques des espèces étudiées sont décrits à partir d'une dizaine d'individus en fleur prélevés dans les mêmes conditions pédoclimatiques. Les caractères morphologiques pris en considération sont les suivants :

- La longueur moyenne des pieds d'échantillonnage (en cm).
- La couleur et la forme des feuilles et des fleurs.
- L'odeur dégagée par les plants.

3.2.3. Coupes histologiques

D'autre part, nous avons réalisé des coupes histologiques au niveau des tiges pour localiser les tissus sécréteurs des deux espèces.

Les coupes ont été effectuées manuellement et colorées en suivant la méthode classique de double coloration dont nous décrivons les principales étapes de cette méthode:

- Traitement des coupes par une solution d'hypochlorite de sodium pendant 15 mn afin de vider les cellules,
- Rinçage des coupes à l'eau distillée, puis par l'acide acétique à 1% pour éliminer les traces d'hypochlorite de sodium restantes et pour faciliter la fixation ultérieure des réactifs de la coloration, ensuite un deuxième rinçage à l'eau distillée 10 mn;
- Coloration des coupes par le vert de méthyle 5 à 10 mn, puis rinçage à l'eau distillée;
- Coloration par le rouge congo 10mn, puis rinçage à l'eau distillée;
- Récupération des coupes et observation sous microscope optique.

3.2.4. Dénombrement chromosomique

Nous avons effectué une étude caryologique qui vise à compter le nombre des chromosomes au niveau du stade métaphasique de la mitose lors de la

division cellulaire au niveau des racines secondaires des deux espèces d'*Artemisia*.

La technique utilisée est celle de coloration par le réactif de schiff (méthode de Feulgen et Rosenbak), elle permet le dénombrement et l'identification des chromosomes.

Nous avons suivi les étapes ci dessous:

- Prétraitement : les racines secondaires sont placées dans une solution d' α -bromonaphtalène pendant deux heures.
- Fixation : les racines sont fixées dans l'alcool 70% pendant 24 heures,
- Conservation : Les racines sont conservées dans de l'éthanol 70% au réfrigérateur (4°C).
- Hydrolyse : immersion des racines dans l'acide chlorhydrique 1N à une température de 60°C durant 20 secondes à 15 minutes.
- Coloration de Feulgen: les racines sont colorées par le réactif de Schiff.
- Montage et comptage : après la coloration rouge vive, les racines sont placées dans de l'acide acétique à 45%, puis dans le Carmen acétique. Le dénombrement chromosomique se fait sous le microscope photonique. Les résultats sont illustrés par 10 figures pour chacune des espèces.

3.2.5 Etude écologique

Elle porte sur l'étude du biotope des *Artemisia* (caractéristiques climatiques, édaphiques et relevés phytosociologiques).

3.2.5.1 Données climatiques

Elles sont obtenues auprès des stations météorologiques les plus proches (Dellys, I.T.A.F de Boufarik et Djelfa). Les facteurs pris en compte sont les précipitations annuelles, les températures et la durée d'ensoleillement.

3.2.5.2 Caractéristiques édaphiques

Pour chaque relevé, au pied des plants et à une profondeur d'environ 15cm, nous avons prélevé 1000g de sol et ramenés au laboratoire où ils sont soumis à

un séchage à l'air libre. Ils sont en suite homogénéisés et tamisés (diamètre 2mm). Les analyses sont réalisées au niveau de laboratoire des plantes médicinales et aromatiques de département des sciences agronomiques de l'université de Blida. Elles concernent la texture, la matière organique, le calcaire total, le pH et la conductivité électrique.

L'analyse granulométrique permet de déterminer la composition élémentaire du sol. Par le procédé de sédimentation et à l'aide de pipette de ROBINSON, on a déterminé le pourcentage de différentes particules, ainsi que la texture de nos échantillons par le triangle de texture.

* Le taux de la matière organique est déterminé indirectement, en adoptant la méthode ANNE (1945) en multipliant le taux de carbone par le coefficient 1.72.

* Le calcaire total est déterminé par la méthode volumétrique. Si le taux de ce dernier excède 5%, on a recours au calcul du taux du calcaire actif. Le calcaire actif est déterminé par la méthode du dosage (Méthode Drouineau-Galet). Le dosage se fait par le calcimètre électrique de BERNARD. On dégage le dioxyde de carbone (CO₂) par l'acide chlorhydrique (HCl) et on mesure le volume de gaz avec une correction obtenue par un dosage de carbone de calcium pur.

$$\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (PV \times 100) / pv$$

P : poids de l'échantillon.

V : volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.

p : Poids de CaCO₃ pur

v : Volume de CO₂ dégagé par le CaCO₃ pur

* La conductivité électrique CE est déterminée à l'aide d'un conductimètre à une température de 25°C.

* Le pH de la solution du sol est mesuré par la méthode électro- métrique à l'aide d'un pH-mètre.

3.2.5.3 Relevées phytosociologies

Il s'agit de noter le cortège floristique des *Artemisia* dans les différentes stations. Le choix de l'emplacement du relevé est fait selon le critère d'homogénéité floristique [95]. La surface du relevé doit être suffisante et comprendre le quasi totalité des espèces présentes dans la formation végétale étudiée [96]. Dans toutes les stations d'échantillonnage, nous avons pris en considération les normes préconisées par OZENDA [82], dont une surface de 20 m² est suffisante pour des groupements de prairies plus ou moins denses, et de 35 m² pour les formations steppiques ; nous avons récolté sur une aire de 30m² dans les trois stations de l'*A.arborescens* et sur une aire de 50m² dans la station de l'*A.herba alba*. Ainsi, huit relevés sont réalisés pour l'ensemble des stations soit deux relevés par stations en prenant en considération l'abondance/dominance de l'espèce et sa fréquence (constance) dans les relevés. L'analyse des données nous permettra d'établir la carte factorielle des espèces et des relevés.

3.2.6 Extraction des huiles essentielles

Il s'agit de l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation des tiges récoltées comportant des feuilles et des fleurs. Après récolte, les échantillons sont triés, pesés et mis à sécher au laboratoire à la température ambiante durant une quinzaine de jours.

Hydrodistillation

L'hydro distillation se fait par l'immersion de 40g de l'échantillon sec dans de l'eau et porté à ébullition durant 3 heures dans un appareil de type « Clevenger ». Le distillat surnageant est mesuré et récupéré dans un tube. La distillation est répétée 3fois pour chaque échantillon.

Extraction par solvant organique (hexane)

L'échantillon a subit une macération à froid pour la séparation du principe actif, puis un passage au rota vapeur pour avoir l'huile essentielle.

- Détermination de la matière sèche

Parallèlement, au moment de chaque distillation, nous déterminons la matière sèche de l'échantillon en plaçant une quantité de l'échantillon (PF) à

l'étuve à 105°C ; après 24 heures, les cendres obtenues sont pesées (PS). Le taux de la matière sèche est déterminé selon la formule suivante:

$$\%M.S = PS/PF \times 100$$

- Rendements en huiles essentielles

Après chaque extraction, nous avons mesuré le volume d'huile essentielle obtenu (Vml). Les résultats sont exprimés en millilitres par cent gramme de la matière sèche selon la formule suivante :

$$Rdt = (V/M) \times 100$$

T (%): taux de l'huile essentielle dans l'échantillon

V (ml): volume d'huile essentielle obtenu

M (g): poids du matériel végétal par rapport à la matière sèche

3.3 Traitements des données

L'ensemble des résultats a été traité par des méthodes statistiques. De façon à déterminer l'effet des paramètres considérés sur la production en huiles essentielles des plants. Ces paramètres sont :

- Espèce : 02 espèces (*A. arborescens* et *A. herba alba*)
- Stations/ localité : 04 stations
- Période de récolte : feuillaison, floraison
- Méthode d'extraction : Eau, hexane

Nous avons utilisé le logiciel statistique STATI CF qui permet de ressortir les différences significatives ou pas entre les rendements en huiles essentielles en les classant en groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS.

Le traitement des données des relevés phytosociologiques est basé sur la comparaison de ces relevés et leur regroupement par affinités floristiques et écologiques qui apparaissent sur la carte factorielle des espèces (l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) déterminée par l'utilisation du logiciel PAST.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Identification des espèces végétales

L'identification des deux espèces *A.arborescens* et *A.herba alba* a été faite sur la base des flores de QUEZEL et SANTA (1983) et OZENDA (1983) et avec la comparaison avec les échantillons de l'herbier de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL Harrach.

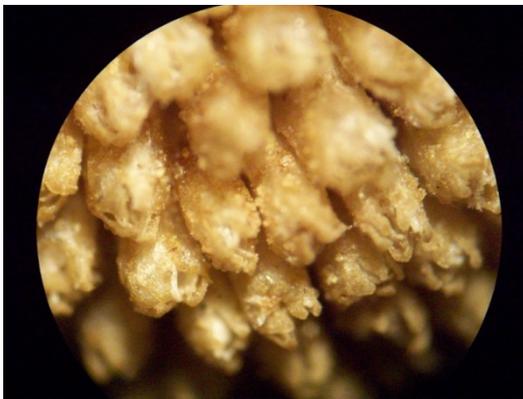
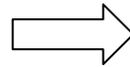
4.2 Étude morphologique

4.2.1 *Artemisia arborescens*

Les plants d'*A.arborescens* récoltés des trois stations (Cap Djenet, Bouinane et Bougara) ont les mêmes caractéristiques botaniques avec une différence dans l'arome et la couleur dont les plants des stations de Bouinane et Bougara sont plus aromatisés que ceux de Cap Djenet. La couleur de la partie aérienne de l'armoise arborescente des stations de Bouinane et de Bougara est l'autre plus foncée que l'autre station de l'étage humide (Cap Djenet).

La plante est un arbuste de longueur varie de 0.40m à 1.35m (figure 4.1) selon l'âge, avec des rameaux poilus (appendice C1) dressés et très ramifiés portant des feuilles de couleur vert blanchâtre très découpées et alternées sur le long de pétiole (figure 4.2) et très aromatisées. L'*A.arborescens* se caractérise par une inflorescence composée car elle est portée par des rameaux secondaires florifères qui apparaissent sous forme d'une grappe portant plus de dix fleurs (figure 4.3). La fleur est hermaphrodite à bractées disposées sur peu de rangs. Ses capitules globuleux reposent sur un réceptacle habillé de longs poils gris clairs. Les graines sont des akènes de très petite taille, d'une forme ovale ; cette forme des graines conforme à celle étudiée par OUYAHYA ET VIANO [93].

Ces caractères botaniques correspondent aussi à ceux décrites par QUEZEL et SANTA [57] et OZENDA [82].

Figure 4.1: Plant entier de l'*A.arborescens*Figure 4.2 : alternance des feuilles sur le pétiole de l'*A.arborescens*Inflorescence de l'*A.arborescens*Fleur de l'*A.arborescens*Figure 4.3: floraison de l'*A.arborescens*

4.2.2 Artemisia herba alba Asso

La plante est une touffe de 30 à 42 cm (Figure 4.4) de long avec des tiges dressées et ligneuses portant des feuilles courtes de couleur vert moins condensées que l'*A.arborescens* de très forte odeur aromatique. Le système racinaire est pivotant très dense à la surface de 15 à 23cm de long (Figure 4.5). L'inflorescence est un capitule de très petite taille portant 2 à 6 fleurs jaunâtres très velues (Figure4.6). Le fruit de l'*A.herba alba* est un akène de très petite taille (3-5mm) de couleur brunâtre d'une surface mucilagineuse (Figure4.7).

Grâce à son système racinaire très dense à la surface, l'armoise blanche est capable de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des petites pluies (Le Floc'h, 1989 in [84]). Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur (Floret et Pontannier, 1982 in [84]) et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire (Ourcival, 1992 in [84]), c'est le cas de sol de la station d'échantillonnage.

La présence des touffes d'une espèce peut faciliter la germination d'une autre espèce et la compétition n'apparaissant qu'à partir d'une certaine taille [94]. Cette donnée ne correspond pas à la phytocénose qui entoure notre espèce, car c'est une station cultivée et abandonnée plus de trois ans et cette période n'est pas suffisante pour laisser des autres espèces endémiques à se germer. Selon BENSID et DEBOUZIE [96], la nature mucilagineuse des graines de l'armoise blanche favorisent la multiplication de l'espèce au tour du plante-mères et celles les plus proches par la fixation de la graine au niveau du sol grâce à sa surface.

Les caractéristiques morphologiques de l'armoise blanche récoltée à Moudjbara (wilaya de Djelfa) correspondent à celles décrites par QUEZEL et SANTA [57], OZENDA [82], HOUMANI et Al. [38], BENMOKADEM [7].



Figure 4.4 : Plant entier de l'*A. herba alba*

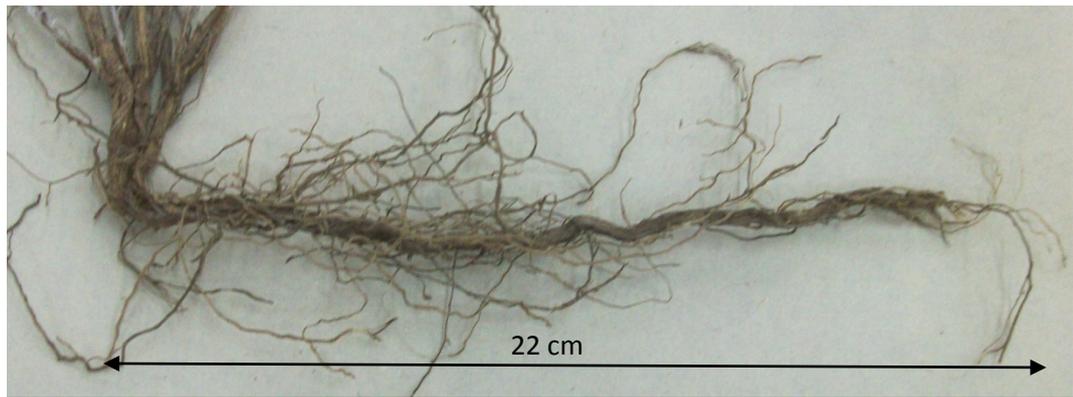
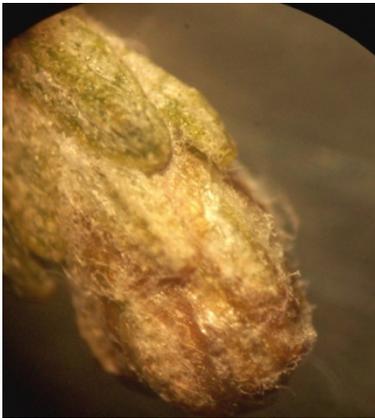
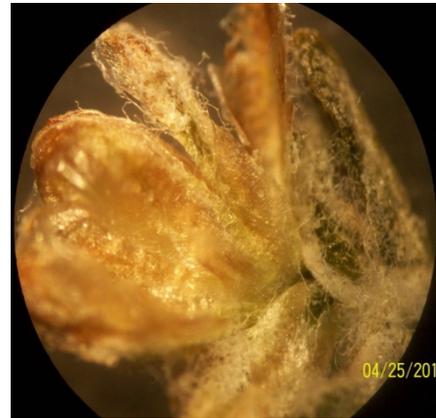


Figure 4.5 : Système racinaire de l'*A. herba alba*



Fleur fermée Gx3.6



Fleur ouverte GX3.6

Figure 4.6 : Fleur de l'*A. herba alb*



Figure 4.7: Graine de l'*A. herba alba* GX3.6

➤ Discussion étude morphologique

Une différence observable entre la morphologie de l'*A.arborescens* et celle de l'*A.herba alba*, l'*A.arborescens* est un arbuste avec un feuillage dense, l'*A.herba alba* apparait sous forme d'une touffe à une taille beaucoup moindre que la première espèce avec des feuilles alternées et éclairées.

4.3 Coupes histologiques

4.3.1 *A.arborescens*

Les coupes anatomiques de l'*A.arborescens* dans les trois stations (Cap Djenet, Bougara et Bouinane), ne présentent pas une différence dans la composition de leurs organes examinés. Les résultats sont portés sur la figure 4.8.

Pour mieux comprendre les phénomènes de la production d'huile végétale, et pour approfondir dans les détails de sa sécrétion, nous avons effectué des coupes transversales au niveau des tiges de l'*A.arborescens*.

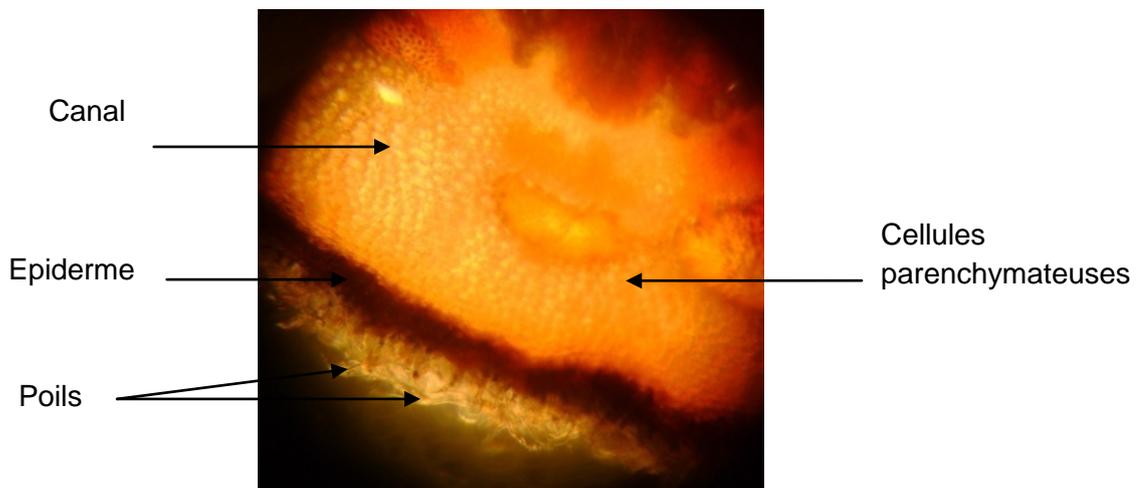


Figure 4.8 : Coupe transversale de la tige d'*A.arborescens* observée sous M.O. GX250

De l'extérieur vers l'intérieur nous observons :

- Des poils qui entourent l'épiderme,
- Un parenchyme à méats,
- Dans cette zone riche en cellule parenchymateuse il apparait un canal.

4.3.2 A.herba alba

Les résultats des coupes anatomiques de la tige de l'*A.herba alba* prélevée d'une zone aride (Djelfa) sont illustrés sur les figures 4.9, 4.10 et 4.11.

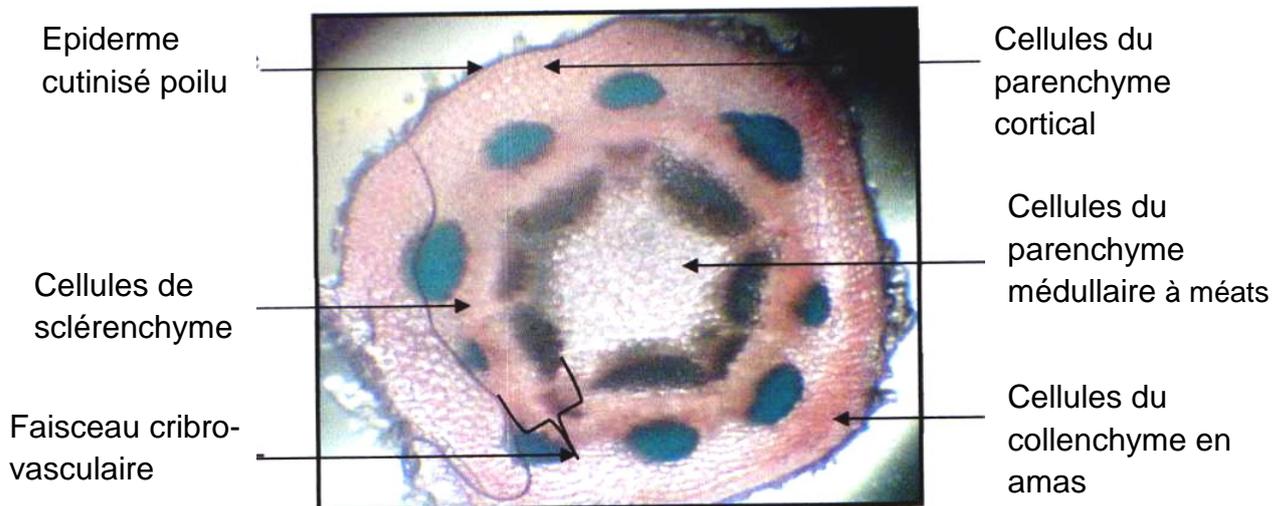


Figure 4.9 : Coupe transversale de la tige de l'*A.herba alba* observée sous M.O. GX100

L'histologie de la tige de l'*A.herba alba* permet de distinguer de l'extérieur à l'intérieur les tissus suivants :

- Epiderme cutinisé qui entoure les cellules du collenchyme et celles du parenchyme cortical,
- Poils attachés à l'épiderme,
- Cellules de sclérenchyme,
- Un faisceau cribro-vasculaire au tour des cellules du parenchyme médullaire.

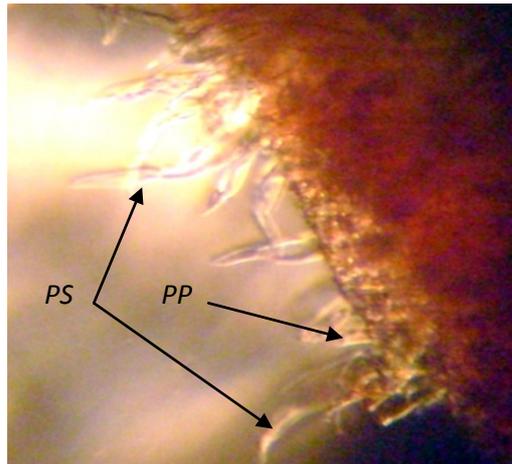


Figure 4. 10 : Poils protecteurs (PP) et sécréteurs (PS) sur la tige de l'*A. herba alba* observée sous M.O. GX250



Figure 4.11 : Poil protecteur (GX400)

L'anatomie de la tige de l'*A. herba alba* a permis d'observer nettement la localisation et la biosynthèse de l'huile qui est assurée par des poils attachés à l'épiderme et ils sont différenciés par leur forme qui est allongée et leur longueur qui est plus importante que celle des poils protecteurs.

Selon BRUNETON [16] et SEGUIM ET AL. [96], les huiles essentielles peuvent être stockées dans les différentes parties de la plante. Elles peuvent aussi être localisées dans les organes sécréteurs : poils sécréteurs des composés, elles s'accumulent sous la cuticule [35].

Les poils sont présents chez les deux espèces à des tailles différentes, mais les canaux ne sont observés que chez l'*A. arborescens*.

4.4 Dénombrement chromosomique

4.4.1 *Artemisia arborescens*

Suivant la méthode de coloration par le réactif de schiff sur des racines secondaires de l'*A.arborescens* prises des trois stations afin de compter les chromosomes et prendre leurs longueurs en vu d'élaboration d'un caryogramme pour chaque espèce, nous n'avons pas eu ,malheureusement, des résultats clairs (figure 4.12).

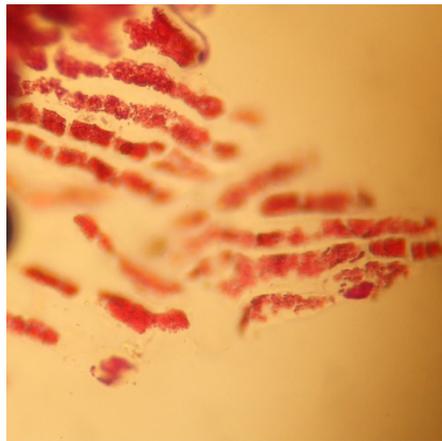


Figure 4.12 : aspect des cellules après traitement par la méthode de Feulgen de *A.arborescens* GX250

➤ Discussion

Le dénombrement chromosomique n'a pas réussi et ce ci peut être du au protocole expérimental suivi ou à l'organe examiné et ses caractéristiques où le stade de la division cellulaire ne coïncide pas avec le stade métaphasique. Dans ce contexte des résultats obtenus pour le genre *Artemisia* sont cités ci-dessous.

BRAÑAS & Vallès [97], dans une étude caryologique sur six taxons d'*Artemisia* d'origine géographique différente ont trouvé les deux nombres de base courants chez ce genre : $x = 9$, et $x = 8$.

Selon QASIM HAYAT & Al. [98], le genre *Artemisia* se caractérise par deux nombres chromosomique de base : avec un niveau de ploïdie $x=9$ et $x=8$, le nombre chromosomique d'un niveau de diploïdie est de $2n=18$ ou 16 .

4.4.2 *Artemisia herba alba* Asso

La même méthode de coloration par le réactif de schiff a été appliquée pour compter le nombre chromosomique de l'*A.herba alba*, mais les observations n'étaient pas claires. Le résultat de l'examinassions est illustré sur la figure 4.13.

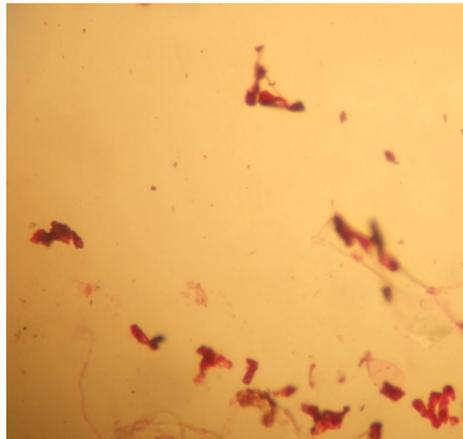


Figure 4.13 : aspect des cellules après traitement par la méthode de Feulgen
de *A.herba alba* GX250

➤ Discussion

L'expérimentation n'a pas réussi et ce ci peut être du au protocole expérimentale suivi ou à l'organe examiné et ses caractéristiques où le stade de la division cellulaire ne coïncide pas avec le stade métaphasique.

L'étude caryologique de genre *Artemisia* montre qu'il est caractérisé par un niveau de ploïdie de $2n=16$ [97].

➤ Discussion dénombrement chromosomique

On n'a pas pu réussir le comptage chromosomique des deux espèces, mais les études caryologiques révèlent qu'une espèce du genre *Artemisia* possède un

niveau de ploïdie $2n=16$ [97]. Ainsi QASIM HAYAT & AL [98], confirment par leurs travaux que le genre *Artemisia* se caractérise par un niveau de diploïdie de $2n=16$ ou $2n=18$.

La caryologie de l'*A.herba alba* prélevée dans huit populations d'Algérie, a révélé un niveau de ploïdie $2n=36$ [99].

Conclusion

Le dénombrement des chromosomes est la première étape pour une étude génétique qui permet d'expliquer quelques divergences entre les espèces *A.arborescens* et *A.herba alba*.

4.5 Étude écologique

4.5.1 Artemisia arborescens

4.5.1.1 les données climatiques

La répartition naturelle des végétaux, leur changement saisonnier, leur croissance, la composition spécifique et la productivité du tapis végétal dépendent des conditions thermiques, pluviométriques, la vitesse du vent et la durée d'insolation [100].

Afin de faire d'étudier d'une manière objective le développement de l'espèce et l'influence du climat, nous avons élaboré le diagramme ombro-thermique qui nous aide à ressortir les périodes sèche et humide et les mois les plus secs de chaque station d'étude.

L'étude de cette espèce était l'objectif de trois stations dans deux étages bioclimatiques différents : humide (Cap Djenet) et subhumide (Bougara et Bouinane).

- Diagramme ombrothermique

- ❖ Les résultats de la pluviométrie et de la température pour la campagne 2008/2009 pour la station de Cap Djenet sont montrés sur la figure 4.14. Dans ce diagramme les précipitations sont portées en ordonnées selon une

échelle double, de telle manière que 100 mm de pluie correspondent à 50 °C. ($1^{\circ}\text{C} = 2\text{mm}$).

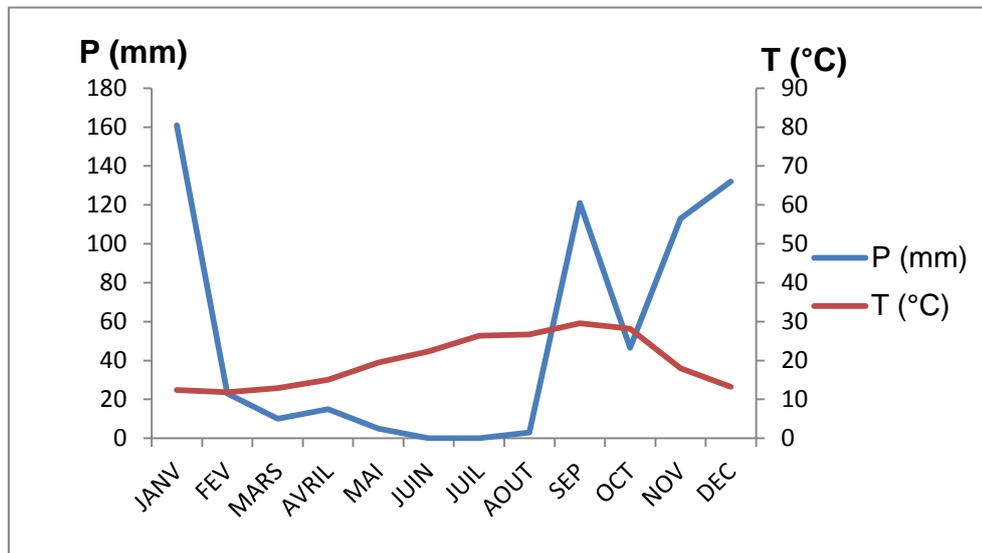


Figure 4.14: diagramme ombrothermique de la station de Cap Djenet

Nous observons que durant la campagne 2008/2009, et dans la station de l'étage climatique humide, la période sèche s'étale de mois de mars jusqu'au mois d'aout (six mois de sécheresse) car la sécheresse s'établit lorsque les précipitations mensuelles sont inférieures au double de la température moyenne mensuelle [101]. Les mois les plus secs sont : avril, mai, juin, juillet et aout, ainsi pendant ces mois les plants ont reçu le maximum de soleil (appendice E1); cette période a été précédé par les mois les plus pluvieux durant l'année 2008/2009 (octobre, novembre, décembre, janvier et février).

➤ Discussion

La période sèche coïncide avec le stade phénologique : floraison, qui débute en fin avril et s'étale jusqu'à la fin juillet ; les pieds référenciés étaient en bon état de développement vu la quantité de pluie suffisante reçue hors la période sèche. Selon MERCIER [102], l'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique. Il a été prouvé par plusieurs auteurs (QUEZEL ET SANTA [57], OZENDA [82]) que l'*A. arborescens* peut développer dans des conditions de

précipitations pareilles. Ainsi l'élévation de la température favorise la photosynthèse et la formation des inflorescences, ce qui a été enregistré durant la période sèche.

- ❖ Les deux stations de Bougara et de Bouinane sont localisées à Blida qui représentent les mêmes données climatiques vu qu'elles se situent dans le même étage bioclimatique (sub-humide). Les résultats de la pluviométrie et de la température sont portés sur la figure 4.15 représentés par le diagramme ombrothermique.

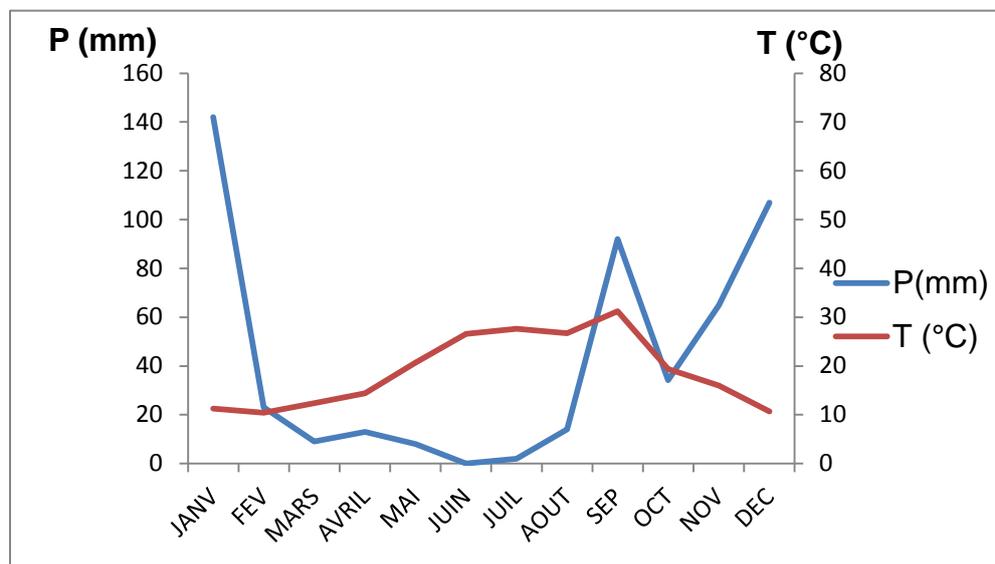


Figure 4.15: diagramme ombrothermique des stations de Bougara et Bouinane

Du diagramme ombrothermique des stations Bouinane et Bougara ressort que la période sèche des deux stations de l'étage bioclimatique sub-humide durant la campagne 2008/2009 s'étale de mois de mars jusqu'au mois d'aout. Cette période coïncide avec les relevés de pleine floraison pour l'*A.arborescens* qui débute fin avril où la durée d'ensoleillement commence à s'étaler (appendice E2), mais elle se trouve hors la période de feuillaison qui a été réalisé au mois de février.

➤ Discussion

Les pieds référenciés pour les deux relevés réalisés durant les deux stades phénologiques de l'*A.arborescens* dans les stations de Bougara et Bouinane se développaient normalement durant la période sèche qui coïncide avec l'échantillonnage de pleine floraison, ce la veut dire que les plants ont reçu une alimentation suffisante en eau et en élément minéraux. Selon BNOUHAM & Al. [66]; LAMHARRAR & AL [62]), l'*A.arborescens* est abondante dans le climat méditerranéen. Les travaux de BENMOUKADEM [7]; GARCIA & Al. [65] ont révélé que cette espèce se trouve aussi dans la région de Blida à l'état naturelle.

Les deux diagrammes ombro-thermiques qui représentent deux étages bioclimatiques différents font apparaitre la même période sèche avec une différence d'un demi mois, ainsi que l'élévation de la température est remarquable dès le mois d'avril où la floraison de l'*A.arborescens* a eu lieu. La photosynthèse et la chimiosynthèse sont plus rapides avec l'élévation de la température [103], cela explique la période de floraison avancée de l'*A.arborescens* dans les deux étages bioclimatiques humide et sub-humide (débuté au mois d'avril et persiste jusqu'à la fin du mois de juillet). Les différences climatiques entre les deux étages n'empêchaient pas l'*A.arborescens* de se développer et fleurir dans la même période avec une différence de quinze à vingt jours. Ce la confirme les travaux de BOCK [56] qui dit que l'*A.arborescens* s'adapte aux diverses conditions climatiques de la méditerranée.

4.5.1.2 Caractères édaphiques

Vu l'importance de la composition du sol qui est considéré le support vivant des plantes et ses effets sur le fonctionnement de la plante, nous avons précédé à faire les analyses des sols d'où nous avons prélevé nos échantillons pour l'*A.arborescens* dans les trois stations d'échantillonnage. Les résultats d'analyse sont portés sur le tableau 4.1.

Tableau 4.1: caractéristiques des sols des stations de l'*A.arborescens*

Localités Paramètres	Cap Djenet	Bouinane	Bougara
Texture	argileuse	Argilo- limoneuse	Argilo- limoneuse
pH	7.02	7.86	7.88
C.E (mmho/cm)	0.85	0.81	0.81
CaCo ₃ total (%)	1.23	8.19	8.26
M.O	0.65	2.01	1.98

Les résultats obtenus montrent que les stations de l'étage climatique sub-humide: Bouinane et Bougara, représentent un sol non salin avec un pH légèrement basique, et la station de Cap Djenet de l'étage aride est caractérisée par un sol à pH neutre (7.02). Le taux de calcaire est plus élevé dans les deux stations de Bougara et Bouinane (8.26 et 8.19 respectivement), qui ont des taux proche l'un de l'autre, alors que le sol de Cap Djenet a un taux plus faible de calcaire total (1.23%).

Le taux de la matière organique est variable d'un sol à un autre, selon les normes internationales (quand le pourcentage de la matière organique est : <0.5% le sol est très pauvre en M.O., entre 0.5% et 1.5% le sol est pauvre en M.O., entre 1.5% et 2.5% le sol est moyennement pauvre en M.O., entre 2.5% et 6% le sol est riche en M.O., de 6% à 15% le sol est très riche en M.O.), la station de Cap Djenet est pauvre en matière organique (0.65%), les sols des deux stations de Blida sont moyennement pourvus en matière organique vu leurs valeurs qui se situent entre 1.5% et 2.5%.

➤ Discussion

Les résultats d'analyses du sol nous permettent de dire que la texture de sol pour chaque station est adéquate pour le développement de l'arboise arborescente. Selon CAPPNET & AL [104], un sol ayant un taux moins 1% de CaCo₃ est un sol non calcaire, donc les trois stations sont caractérisées par un sol calcaire où l'*A.arborescens* pouvait se développer. Selon

SOLTNER [105], un sol qui représente un taux inférieur à 2mmhos/cm est un sol non salé, et d'après les résultats de la C.E.

Selon BOCK [56], l'*A.arborescens* préfère un sol léger, bien drainé avec un pH neutre mais peut tolérer des conditions du sol variées, ce qui explique le développement de l'espèce dans les deux étages climatiques avec les conditions variées du sol et du climat.

4.5.1.3 Relevés phytosociologiques

Pour chaque station, nous avons effectué deux relevés phytosociologiques durant la période de floraison de l'*A.arborescens*, où nous avons déterminé le nombre d'espèces existantes dans une aire minimale. Du mois d'Avril au mois de Juin, la majorité des plantes sont en floraison ; diverses espèces ont été prélevées au moment de la floraison et les identifiées dans les trois stations.

➤ Station de Cap Djenet

Les espèces végétales prélevées dans les deux relevés sont représentées dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Relevés phytosociologiques de la station de Cap Djenet.

Relevés	1	2	Constance (C)
Aire minima (m ²)	30	30	
Pente (%)	50	80	
Exposition	Ensoleillé	Ensoleillé	
Aspect physiologique	Prairie	Prairie	
<i>Artemisia arborescens</i>	4.5	4.5	V
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	3.3	4.3	V
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	1.1	3.5	II
<i>Globularia alypum</i> .L	1.1	2.4	II
<i>Convolvulus althoides</i>	1.1	2.2	II
<i>Galactites tomentosa</i>	3.2	4.3	II
<i>Scilla maritima</i>	3.1	4.2	III
<i>Allium porum</i> L	2.1	3.3	II

<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	3.5	3.5	III
<i>Asphodelus microcarpus</i>	3.2	3.3	II
<i>Sinapis arvensis</i>	1.1	3.3	II
<i>Tamarix africana</i>	3.5	3.5	III
<i>Avena sativa</i>	1.1	4.5	II

3.2 : abondance/dominance. Sociabilité

V, IV, III, II, I : fréquence : très fréquente à rare.

Nous avons remarqué un mélange des espèces vivaces représentées par : *Pistacia lentiscus*, *Ampelodesmos mauritanicum*, *tamarix africana*, *Scilla maritima*, elles recouvrent de 25 à 50% de la surface d'*A.arborescens* en formant des peuplements denses pour le tamarix et *plasmodesma*, et des groupes pour *Pistacia lentiscus* mais les individus de *Scilla maritima* sont isolés ; elles sont peu fréquentes sauf *Pistacia lentiscus* qui est très fréquente. Cette gamme des plantes spontanées peut vivre dans des conditions du sol très variées, elles tolèrent les températures basses et élevées au même temps. Ainsi des espèces annuelles comme : *Convolvulus althoides*, *Oxalis cernua*, *Galactites tomentosa*, *Foeniculum vulgare*, *Chrysanthemum segetum*, *Bellis sylvestris*, qui sont très abondantes lors de deuxième relevé (floraison) et forment des peuplements denses ou des groupes, elles sont toutes peu fréquentes car elles sont présentes lors de deuxième relevé en pleine floraison. Ces espèces sont caractéristiques du climat méditerranéen et du nord d'Afrique [106]. Cette gamme des espèces spontanées ont été aussi identifiées par ABDELKRIM [107] dans son étude pour la connaissance des espèces spontanées dans le secteur algérois.

L'analyse factorielle des correspondances qui est illustrée sur la carte factorielle des espèces (figure 4.16) met en évidence quatre ensembles des espèces :

- Ensemble 1 : sur le quadrant (+1, +1), regroupe trois espèces : *Allium porum* L., *Sinapis arvensis* et *Globularia alypum*.L.
- Ensemble 2 : sur l'axe (+1, -1), il regroupe trois espèces : *Convolvulus althoides*, *Chrysanthemum segetum* L. et *Avena sativa*.

- Ensemble 3 : sur l'axe (-1, +1), il renferme trois espèces : *Tamarix africana*, *Galactites tomentosa* et *Scilla maritima*.
- Ensemble 4: sur l'axe (-1, -1), regroupe aussi trios espèces: *Ampelodesma mauritanicum* , *Asphodelus microcarpus* et *Pistacia lentiscus* L.

D'après les observations enregistrées, nous pouvons conclure d'une part, la diversité végétative sur une seule station avec un mélange des espèces annuelles et vivaces, et le non spécialisation de la phytocénose de l'*A.arborescens* d'autre part. Ce la confirme les travaux de HOUMANI & SKOULA [5], et BOCK [56] qui ont identifié un ensemble des espèces variées mais spécifiques du climat méditerranéen.

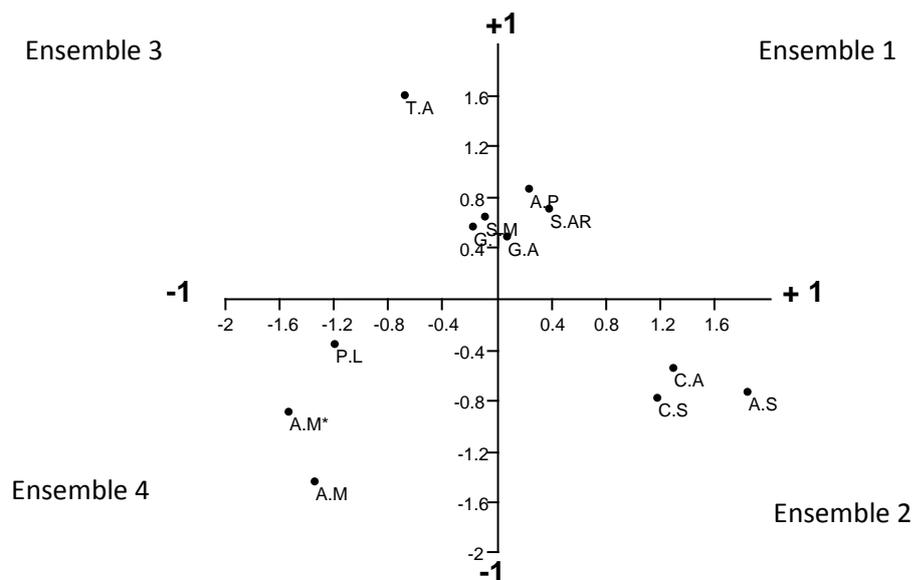


Figure 4.16: carte factorielle des espèces de la station de Cap Djenet

➤ Phytosociologie dans la station de Bougara

Les espèces qui accompagnent l'*A.arborescens* dans la station de bougara lors des deux relevés sont présentées sur le tableau 4.3.

Tableau 4.3: Relevés phytosociologiques de la station de Bougara.

Relevés	1	2	Constance (C)
Aire minima (m ²)	30	30	
Pente (%)	20	20	
Exposition	plus ou moins ensoleillé	plus ou moins ensoleillé	
Aspect physiologique	Prairie	Prairie	
<i>Artemisia arborescens</i>	3.5	4.5	V
<i>Eucalyptus camalulensis</i>	2.5	2.5	IV
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	1.1	4.4	III
<i>Convolvumus althoides</i>	1.1	1.2	I
<i>Galactites tomentosa</i>	1.1	1.2	I
<i>Daucus carota</i> L.	1.1	3.5	III
<i>Oxalis cernua</i> Thumb.	1.1	4.5	III
<i>Papaver roheas</i> L.	1.1	4.5	II
<i>Sinapis alba</i>	1.1	4.4	III
<i>Sinapis arvensis</i>	1.1	4.5	IV
<i>Pinus halepensis</i>	4.3	4.3	IV
<i>Avena sativa</i>	1.1	3.5	III

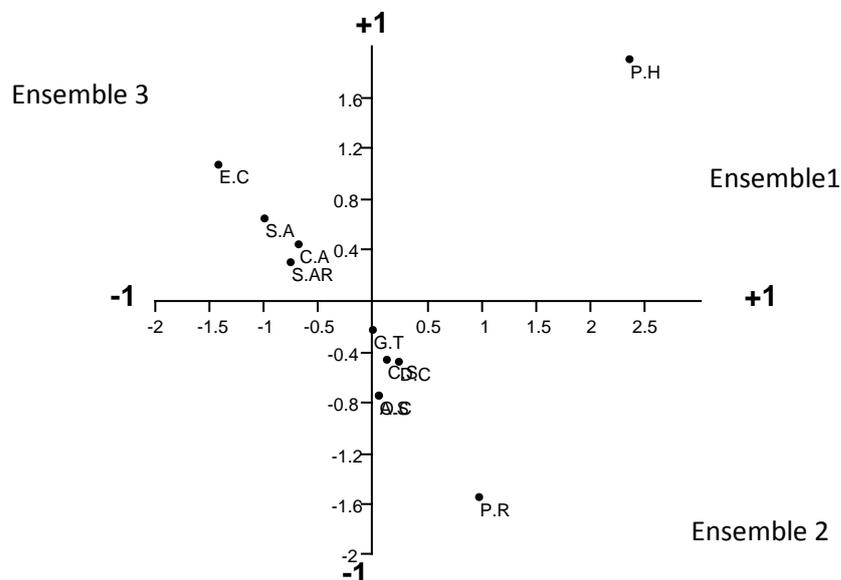
Du tableau 4.3, l'*Eucalyptus camalulensis* et *Pinus halepensis* sont les deux espèces qui forment des peuplements denses et fréquentes lors des deux échantillonnages, les autres espèces sont saisonnières forment des peuplements isolés lors de premier relevé (pleine feuillaison) mais des peuplements très denses ou de petits groupements lors de deuxième relevé (floraison de l'*A.arborescens*).

Les espèces végétales constituant l'écosystème de la station de Bougara sont des espèces caractéristiques du climat de la Mitidja, notamment durant le deuxième relevé qui coïncide avec la période de floraison de l'*A.arborescens* où le quasi totalité des espèces saisonnières fleurit après l'élévation progressive des températures.

L'analyse factorielle des espèces de cette station nous permet de visualiser trois ensembles (figure 4.17):

- Ensemble 1 : se situe sur l'axe (+1, +1), il renferme une seule espèce : *Pinus halepensis*.
- Ensemble 2 : se situe sur l'axe (+1, -1), il regroupe un nuage de points qui représentent six espèces: *Galactites tomentosa*, *Papaver roheas L.*, *Avena sativa*, *Daucus carota L.*, *Oxalis cernua* et *Avena sativa*.
- Ensemble 3: se situe sur l'axe (-1, +1), il regroupe quatre espèces: *Eucalyptus camaldulensis*, *Sinapis arvensis*, *Sinapis alba* et *Convolvum althaoides*.

Selon BENSETITI [108], ces espèces forment la végétation naturelle de la plaine. Elles ne pausent aucun risque de compétition avec les autres espèces occupant la même aire si on élimine les espèces cultivées [108]. Donc l'*A.arborescens* se trouve à l'état spontané avec des espèces cultivées pérennes et des espèces saisonnières sans aucun signe de déficience en alimentation minérale.



G.T :Galactites tomentosa / P.R :Papaver roheas L./ A.S: Avena sativa/ D.C : Daucus carota L./ O.C: Oxalis cernua/ A.S: Avena sativa/ E.C :Eucalyptus camaldulensis/ S.AR:Sinapis arvensis/ S.A :Sinapis alba/ C.A : Convolvum althaoides/ P.H : Pinus halepensis

Figure 4.17 : carte factorielle des espèces de la station de Bougara

➤ Phytosociologie dans la station de Bouinane

Le résultat de ce relevé est porté sur le tableau 4.4.

Tableau 4.4 : relevés phytosociologique dans la station de Bouinane

Relevés	1	2	Constance (C)
Aire minima (m ²)	30	30	
Pente (%)	20	20	
Exposition	plus ou moins ensoleillé	Ensoleillé	
Aspect physiognomique	Prairie	Prairie	
<i>Artemisia arborescens</i>	4.5	4.5	V
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5.3	5.3	III
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	1.1	4.3	II
<i>Convolvum althoides</i>	1.1	1.2	I
<i>Galactites tomentosa</i>	1.1	1.1	I
<i>Daucus carota</i> L.	1.1	3.4	II
<i>Oxalis cernua</i> Thumb.	1.1	4.2	II
<i>Papaver roheas</i> L.	1.1	4.4	II
<i>Sinapis alba</i>	1.1	4.4	III
<i>Sinapis arvensis</i>	1.1	4.5	IV
<i>Pinus halepensis</i>	4.3	4.3	II
<i>Avena sativa</i>	1.1	3.5	I

L'abondances/dominances des espèces notées pendant la feuillaison de l'armoise arborescente ne dépasse pas 1. C'est-à-dire qu'elles sont rares, représentent moins de 5% du cortège floristique, avec une sociabilité de 1. C'est-à-dire qu'elles sont isolées ou absentes. Ainsi les deux espèces pérennes *Eucalyptus camaldulensis* et *Pinus halepensis* qui sont présentes lors des deux relevés avec la même abondance/dominance, sociabilité et fréquence.

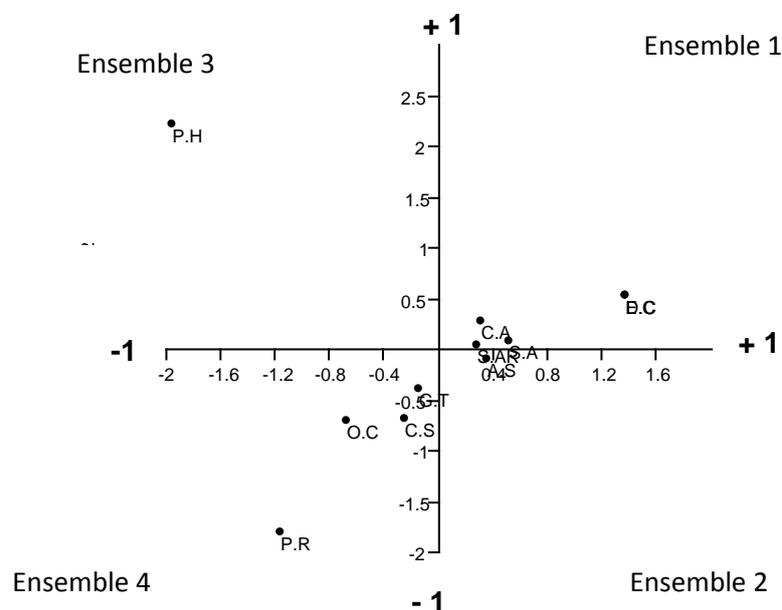
Les espèces saisonnières dominant l'écosystème pendant la floraison de l'*A.arborescens*, leurs abondances/dominances varient entre 3 et 4. C'est-à-dire qu'elles recouvrent 25 à 50% et de 50 à 75% de la surface, avec des peuplements denses (sociabilité 5) chez *Sinapis arvensis*, elle est aussi fréquente, et de petites

colonies (4), de groupes (3) ou de petits groupements rares ou peu fréquents chez les autres espèces.

Ces espèces sont indigènes à cet étage bioclimatique, elles sont moindres que celle des stations précédentes. Quelques espèces saisonnières (*Sinapis arvensis*, *chrysanthemum segetum*...) ont été citées par MUTIN [109].

La carte factorielle des espèces de la station de Bouinane (figure 4.18) nous montre quatre ensembles :

- Ensemble 1 : il renferme un nuage de quatre espèces : *Daucus carota* L., *Convolvumus althoides*, *Sinapis alba* et *Sinapis arvensis*.
- Ensemble 2 : très proche à l'ensemble 1, regroupe deux espèces : *Avena sativa* et *Eucalyptus camaldulensis*.
- Ensemble 3 : il ne renferme qu'une seule espèce qui est *Pinus halepensis*.
- Ensemble 4 : renferme un nuage espacé de quatre espèces : *Papaver roheas* L., *Galactites tomentosa*, *Oxalis cernua* et *Chrysanthemum segetum* L.

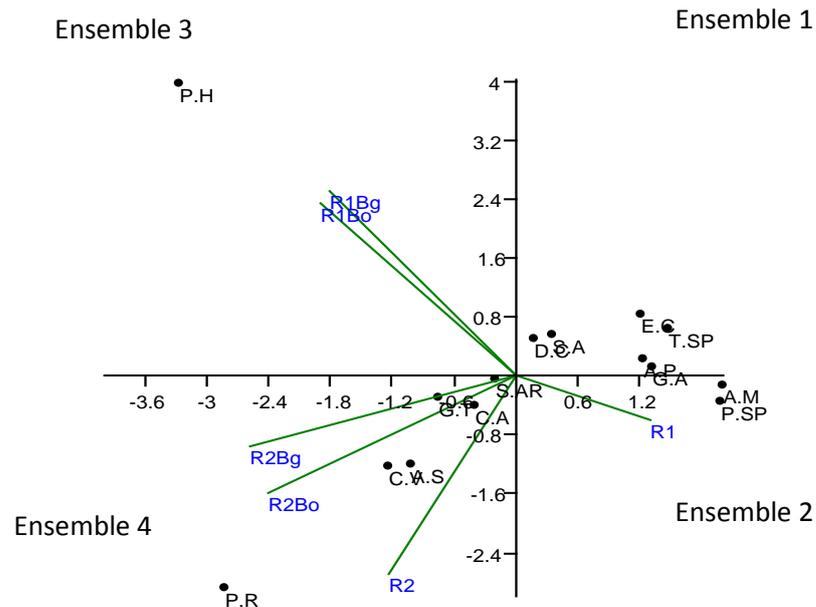


G.T :Galactites tomentosa / P.R :Papaver roheas L./ A.S: Avena sativa/ D.C : Daucus carota L./ O.C: Oxalis cernua/ A.S: Avena sativa/ E.C :Eucalyptus camaldulensis/ S.AR:Sinapis arvensis/ S.A :Sinapis alba/ C.A : Convolvumus althoides/ P.H : Pinus halepensis

Figure 4.18 : carte factorielle des espèces de la station de Bouinane

➤ Synthèse de la phytosociologie de l'*A.arborescens*

A partir des données des espèces spontanées qui forment l'écosystème de l'*A.arborescens* et à partir des résultats précédents, nous avons élaboré une carte factorielle de l'ensemble des relevés et des espèces. Les ensembles formés pour cette analyse sont illustrés sur la figure 4.19.



R1 : premier relevé à Cap Denet / R2 : deuxième relevé à Cap Denet

R1Bg : premier relevé à Bougara/ R2Bg : deuxième relevé à

Figure 4.19 : carte factorielle des espèces et des relevés de l'*A.arborescens*

L'analyse de la carte ressort quatre ensembles des espèces, et trois ensembles des relevés :

- Les ensembles des relevés représentent deux intersections des communautés florales où l'ensemble 3 renferme une espèce commune (*P.halepensis*) dans les deux relevés R1Bg et R1Bo.

L'ensemble 4 regroupe les espèces communes entre les trois stations lors de deuxième relevé effectué en stade floraison de l'*A.arborescens* :

P.rohaes, *S.arvensis*, *G.tomentosa*, *A.sativa*, *C.segetum*, *O.cernua* et *C.altaoides*.

L'ensemble 1 ne représente aucune espèce commune dans les trois écosystèmes de l'*A.arborescens*, il regroupe les espèces qui font différencier la phytosociologie dans les stations : Cap djenet, Bougara et Bouinane ; c'est-à-dire une ou des espèces se trouvent dans une ou deux stations mais pas dans les trois stations, comme *D.carota* se trouve dans les deux stations de la Mitidja mais elle n'existe pas dans le phytoécosystème de CapDjenet ; l'espèce vivace *Tamarix* est spécifique pour la formation végétale spontanée de Cap Djenet.

4.5.2 Artemisia herba alba Asso

4.5.2.1 Les données climatiques

Les résultats de la pluviométrie et de la température pour la campagne 2008/2009 pour l'*A.herba alba* ont été ressorti des données climatiques de la station météorologique de Djelfa sont portés sur la figure 4.20 Dans ce diagramme les précipitations sont portées en ordonnées selon une échelle double, de telle manière que 100 mm de pluie correspondent à 50 °C. (1°C = 2mm).

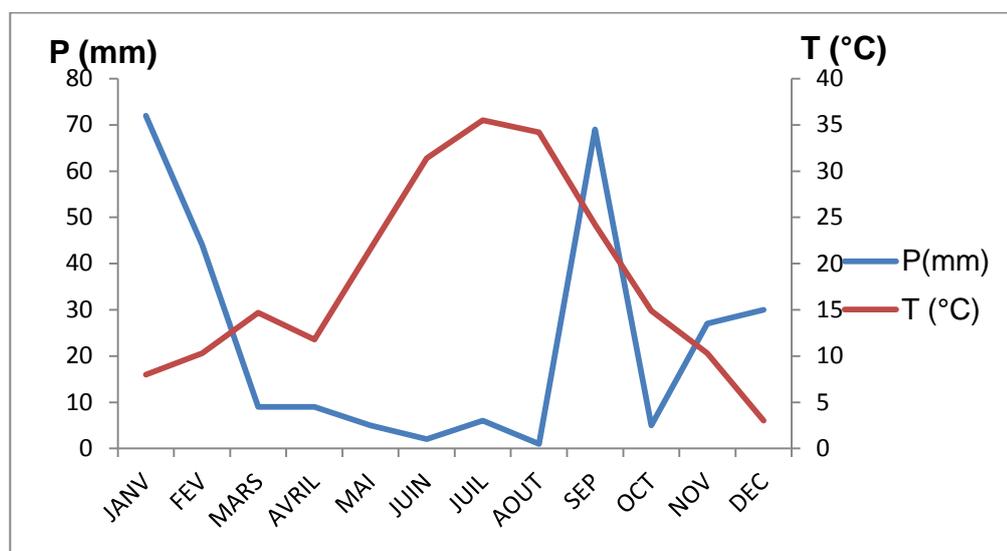


Figure 4.20: diagramme ombrothermique des stations de Moudjbara

Du diagramme, nous enregistrons deux périodes sèche durant la campagne 2008/2009, l'un durant le mois d'octobre et l'autre s'étale de début mars jusqu'à la fin de mois d'aout, ce la a coïncidé avec le premier prélèvement des échantillons en pleine feuillaison; les deux périodes sont séparées par un mois pluvieux (septembre), alors que la période humide a commencé à la mi-novembre et persiste jusqu'au début de mois de mars. Le prélèvement des échantillons fleuris a coïncidé avec le mois de septembre qui a séparé les deux périodes sèches.

➤ Discussion

Les résultats montrent que l'*A.herba alba* développe dans des conditions de pluviométries minimales et de températures élevées, c'est une espèce très réponde aux zones arides et semi-arides en Algérie ; elle constitue l'un des principales formations végétales ayant marqué, durant plus d'un siècle, le paysage végétal des hautes plaines d'Algérie. Selon SALIDO et Al. [78], l'*A.herba alba* se développe dans les conditions arides des zones méditerranéennes et c'est l'espèce typique des steppes ligneuses [110].

4.5.2.2 Caractéristiques édaphiques

Nous avons précédé à faire les analyses du sol de la station de Moudjbara de l'espèce étudiée l'*A. herba alba*. Les résultats d'analyse sont portés sur le tableau 4.5.

Tableau 4.5: caractéristiques du sol de la station de Moudjbara

Localités	Moudjbara
Texture	Limono-sableuse
pH	7.78
C.E (mmho/cm)	0.13
CaCo ₃ total (%)	8.90
M.O	1.10

D'après les résultats, le sol de la station de Moudjbara a une conductivité électrique de 0.13 mmho/cm avec à un pH légèrement basique. Il représente aussi un taux de calcaire remarquable (8.90%), mais il est pauvre en matière organique (1.10%). Les taux de différents composants de la texture ressortent une texture limono-sableuse.

➤ Discussion

La texture du sol de la station de l'*A.herba alba* correspond à celle trouvée par AIDOUD (1998) [111] du sol de la steppe à armoise dans l'étage aride et semi-aride d'Algérie.

Selon les normes de SOLTNER [105], le sol de la station d'étude de l'*A.herba alba* est un sol non salé, le résultat de la texture confirme les travaux de BENABAJI ET AL [77]. Un sol ayant un taux moins 1% de CaCo_3 est un sol non calcaire [104], donc le sol de cette station est calcaire ; par conséquent l'*A.herba alba* tolère les taux élevés en calcaire, elle se rencontre dans toutes les conditions variantes hivernales et occupe les sols plus ou moins limoneux [80].

4.5.2.3 Relevés phytosociologiques

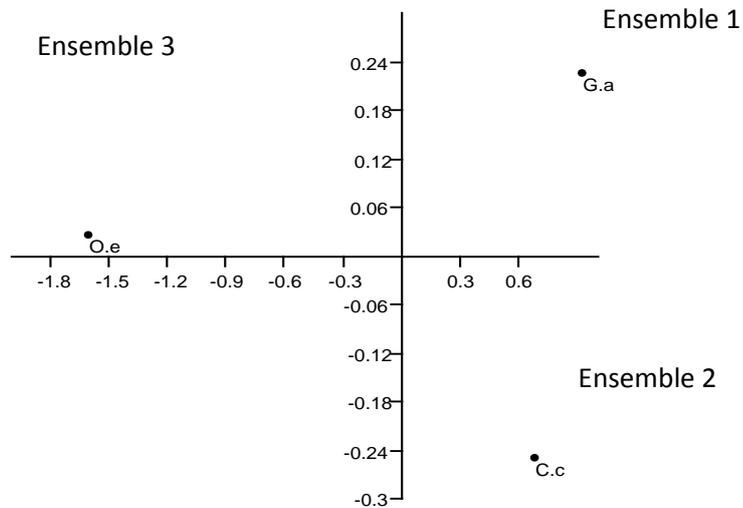
Dans la station de Moudjbara d'où nous avons récolté l'*A.herba alba*, c'est les arbres des olives cultivés qui envahissent la phytosociologie de cette espèce car c'est une station cultivée abandonnée dès l'an 2001 mais dominée par les espèces saisonnières. *Les détails de l'abondance/dominance, sociabilité et la fréquence de ces espèces sont illustrés sur le tableau 4.6.*

Tableau 4.6 : Relevé phytosociologique de la station de l'*A.herba alba*

Relevés	1	2	Constance (C)
Aire minima (m ²)	50	50	
Pente (%)	2	2	
Exposition	Ensoleillé	ensoleillé	
Aspect physiologique	Terrain abandonné		
<i>Artemisia herba alba</i>	4.4	4.4	V
<i>Olea europea L.</i>	3.4	3.4	IV
<i>Cynara cardenculus</i>	1.1	2.4	II
<i>Globularia alypum</i>	1.1	3.4	II

La phytosociologie de cette station où l'*A.herba alba* est très fréquente est dominée par deux espèces bien distinctes : *Cynaria cardenculus* et *Globularia alypum*, elles sont rares forant des individus isolés pendant le stade feuillaison de l'*A.herba alba*, mais *Cynaria cardenculus* recouvre 5 à 25% et *Globularia alypum* recouvre 25 à 50% de la surface pendant la floraison de l'*A.herba alba* en petites colonies ; et l'espèce cultivée *Olea europeae L.* qu'elle est fréquente et vit en petites colonies.

La carte factorielle des espèces (figure 4.21) ressort trois ensembles bien distincts formés par les trois espèces qui forment le phytoécosystème de l'*A.herba alba*.



G.a : *Globularia alypum* / C.c : *Cynara cardenculus* / O.e : *Olea europea L*

Figure 4.21 : carte factorielle des espèces de la station de Moudjbara

LE HOUEROU [58], a décrit quatre groupements végétaux qui s'associent à cette espèce : l'association à *A.herba alba* et *Centaurea acaulis*, l'association à *A.herba alba* et *Asparagus albus*, l'association à *A.herba alba* et *Helianthemum ruficomum* et l'association à *A.herba alba* et *Arthrophytum scoparium*.

➤ Discussion de l'étude écologique

La différence des précipitations entre les stations de littorale (étage bioclimatique humide), de l'intérieur (étage bioclimatique sub-humide) et la station de steppe (étage bioclimatique aride) expliquent la différence des périodes sèches chez les stations et la nature du sol qui est plus lourde dans les stations à précipitations importantes (stations Cap Djenet, Buogara et Bouinane) par rapport à la station où les précipitations sont faibles (station de Moudjbara). Cette étude confirme les travaux de LEHOUEIROU ET AL. [112] où ils ont noté que le climat de la steppe d'Algérie présente les caractères de faibles précipitations et une variabilité inter-mensuelle et interannuelle.

D'après les résultats obtenus, l'armoise arborescente peut vivre en communauté végétale très variée que ce soit des plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces qui se développent à l'état naturel, avec une variabilité remarquable des conditions pédoclimatiques : dans un étage bioclimatique humide avec un sol argileux (station de Cap Djenet), et dans un étage sub-humide où le sol est du nature argilo-limoneuse (stations de Bougara et de Bouinane) ; alors que l'armoise blanche tolère les conditions du climat sec et un sol limono-sableux pauvre en matière organique, ce qui fait spécifier le couvert végétal qui se caractérise par des espèces résistantes ou adaptatives à des conditions pareilles, selon AIDOUD (1998) [111], l'écosystème de l'*A.herba alba* est généralement nu et ne connaît pas assez de couvert végétal.

Conclusion

La diversification du climat avec ses composants et la composition des sols de quatre provenances d'*Artemisia* nous permet de dire, d'une part, que ce genre tolère des conditions pédoclimatiques sévères (cas de la steppe) mais renferme aussi des espèces qui vivent dans des conditions pédoclimatiques moins sévères (cas de littorale et la plaine) d'autre part. Ces diversifications font enrichir la phytosociologie de l'*Artemisia* qui accompagne des espèces arbustives, annuelles ou bisannuelles arrivant à des différentes familles.

4.6 Extraction des huiles essentielles

4.6.1 Rendement en huiles essentielles des plants séchés

4.6.1.1 *Artemisia arborescens*

❖ Caractères de couleur, d'odeur et de viscosité

Les huiles obtenues de l'*A.arborescens* des trois stations ont les des fluides, de couleur bleu foncé (Figure 4.22), avec une intense odeur. Ce sont des huiles plus ou moins visqueuses.

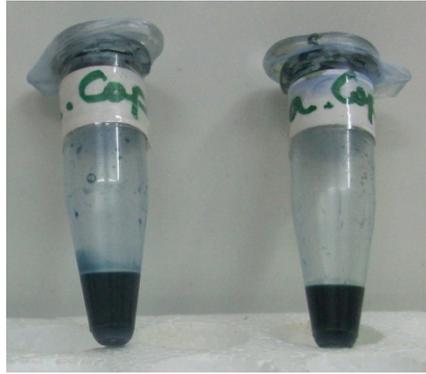


Figure 4.22 : l'huile essentielle de l'*A.arborescens*

➤ Discussion

Ces observations montrent que les huiles de l'*A.arborescens*, malgré la diversité géographique, possèdent les mêmes caractères de couleur, odeur et viscosité. Les travaux de CODINOLA, 1984 in [7], montrent que la couleur bleue de l'huile de l'*A.arborescens* est due principalement à la présence de la chamazulène dans sa composition chimique. La présence de ce composé a été vérifié et confirmé par plusieurs auteurs et pour diverses origines de cette espèce (SACCO ET AL. [69]; LAI ET AL. [70] ; BENMOKADEM [7]).

❖ Extraction des huiles essentielles

➤ Station de Cap Djenet

Des tigelles feuillées situées aux extrémités des branches sont découpées sur des plants d'*Artemisia arborescens* récoltés à Cap Djenet au niveau de trois biotopes différents par rapport à l'altitude (600m) et à l'exposition des plants vis-à-vis des embruns marins.

Les rendements en huiles essentielles des tigelles feuillées qui sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche, sont illustrés sur la figure 4.23.

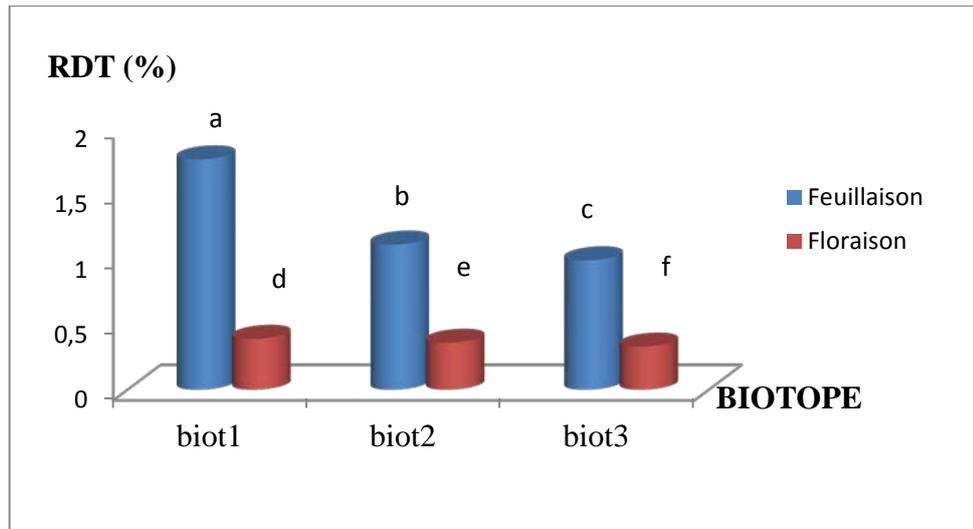


Figure 4.23 : rendement en huiles essentielles des tiges feuillées de l'*A.arborescens* récoltées sur trois biotopes à Cap Djenet

D'après la figure 4.23, nous observons que les rendements en huiles essentielles sont variables d'une part, d'un biotope à un autre et d'un stade végétatif à un autre d'autre part. Dans le biot1 (à l'abri de la mer et loin des embruns marins sur une altitude de 300m environ), nous avons enregistré un rendement plus élevé au stade plein feuillaison avec un taux de $1.76 \pm 0.03\%MS$ par rapport au biot3 (exposition directe à la mer sur une altitude de 600 m) dans le même stade qui présente le rendement le plus faible avec $0.99 \pm 0.03\%MS$.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative. Le test de NEWMAN-KEULS nous relève six groupes homogènes (appendice K tableau1). En pleine floraison, les rendements sont proches l'un de l'autre dans les trois biotopes, ils se situent dans un intervalle de [0.33-0.39] où le biot2 (moyennement exposé au soleil sur une altitude plus élevée que le premier biotope et moins que le troisième biotope) enregistre le rendement le plus élevé avec 0.39% par rapport aux pourcentages des matières sèches qui sont moins importants en feuillaison (appendice K. tableau 1)vu les faibles températures .

Les résultats d'extraction des huiles essentielles de la biomasse aérienne (feuilles, tiges et fleurs) d'*Artemisia arborescens* de la station de Cap Djenet montrent que la plante avant sa floraison produit son maximum d'huiles essentielles quelque soit le biotope et ses caractéristiques.

➤ Discussion

Selon les résultats, nous enregistrons une variabilité intraspécifique des rendements vis-à-vis de stade de développement et de biotope. Cette variabilité peut être expliquée par le stade de développement de l'espèce où l'activité physiologique, en incluant l'élaboration des huiles essentielles, est maximale; BRUNETON [16], note que la proportion des huiles essentielles et leurs constituants varient tout au long de son développement. Des variations importantes peuvent se produire au cours de cycle végétatif autant en ce qui concerne le rendement que la composition chimique de l'huile essentielle [113].

La variabilité des rendements entre les trois biotopes est due essentiellement à la durée d'insolation qui est influencée par la pente et l'altitude. Le troisième biotope à l'exposition directe à la mer avec une durée d'insolation plus importante durant tout le cycle végétatif que les autres biotopes, plus la température est élevée, plus l'évapotranspiration est importante. GLIESSMAN [114] note que les huiles s'évaporent sous l'effet du vent et de l'altitude. Donc le troisième biotope se trouve sur l'altitude la plus élevée, il est plus influencé par le vent par rapport aux deux autres biotopes, ainsi, selon les données climatiques, la température est plus élevée durant le deuxième échantillonnage qui coïncide avec le stade floraison, c'est-à-dire l'évapotranspiration est plus importante que le stade feuillaison, ce qui explique la diminution de rendement au cours de deuxième stade phénologique dans les trois biotopes. Le troisième biotope est aussi plus exposé au soleil et à la mer, ce qui augmente le phénomène d'évaporation en avec l'effet de la température.

➤ Stations de Bouinane et Bougara

Dans la plaine continentale, à la région de Blida, deux stations (Bougara et Bouinane) ont été choisies pour le prélèvement des échantillons d'*Artemisia arborescens*. La biomasse aérienne a été récoltée au cours des deux stades phénologiques (pleine feuillaison et pleine floraison) pour les deux stations qui se diffèrent par leurs altitudes (à 192m pour la station de Bougara et 197m pour la station de Bouinane) et l'état (la station de Bougara où l'*A. arborescens* est à l'état sauvage alors que dans la station de Bouinane l'*A. arborescens* se trouve à l'état

cultivé avec une conduite minimale). Les résultats d'extraction des huiles essentielles sont portés sur la figure 4.24.

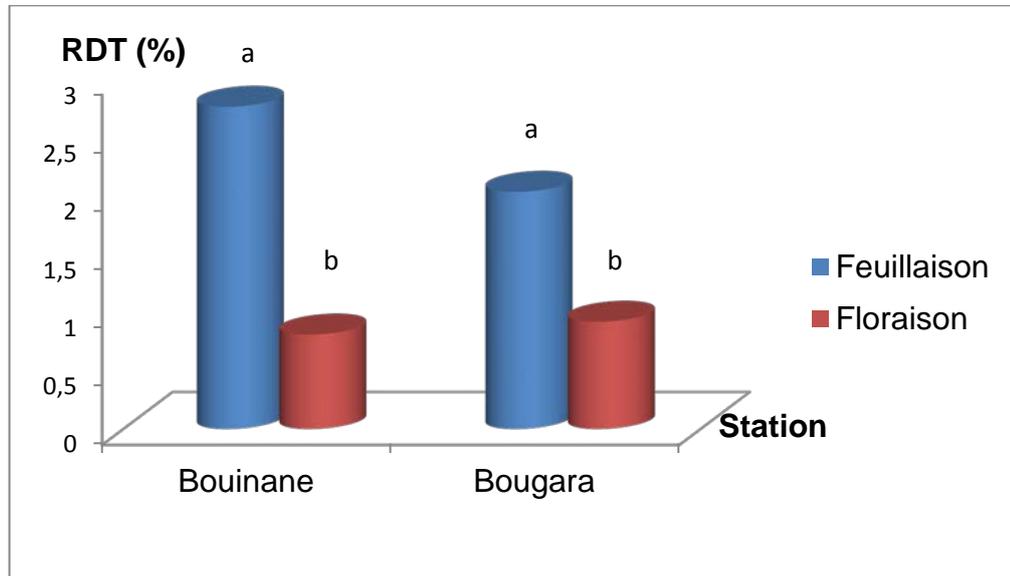


Figure 4.24: rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées de l'*A.arborescens* récoltées dans les deux stations Bougara et Bouinane

Les résultats de cette expérimentation montrent une différence relative en rendement des huiles essentielles des échantillons des deux stations et des deux stades de développement de l'*Artemisia arborescens*. L'analyse de variance révèle une différence hautement significative avec deux groupes homogènes (appendice K tableaux 2 et 3). Dans les deux stations le rendement en floraison est minimal par rapport à celui en pleine feuillaison. Le rendement enregistré à la station de Bougara est plus élevé que celui enregistré dans la station de Bouinane avant la floraison. En pleine floraison la différence n'est pas vraiment observable entre les deux stations d'échantillonnage.

De ce fait, l'*A. arborescens* produit plus de 50% de ses huiles végétales avant qu'elle fleurisse quelque soit la station et ses caractéristiques.

➤ Discussion

Les analyses faites sur la biomasse aérienne d'*A.arborescens* illustrent une nette variation en rendements des huiles essentielles entre les deux stations et entre les deux stades végétatifs pour une même station. La différence de rendement entre les deux stations du même étage bioclimatique notamment en

pleine feuillaison peut être l'exposition de la station au soleil dont la station de Bouinane est plus exposée et moins ombrée que l'autre (Bougara) qui est entourée par des arbres de pin. De même, les taux les plus importants des rendements sont enregistrés pendant la période humide de l'année où les moyennes de températures commencent à s'élever après une baisse remarquable durant la période hivernale, ce là active le fonctionnement physiologique de l'espèce. Ainsi, on discute ces rendements par rapport aux matières sèches qui sont plus importantes en floraison, mais les volumes en huile restent plus élevés en floraison en comparaison avec le stade feuillaison (appendice K. tableau 2).

➤ Etude comparative de rendement en huiles essentielles dans les stations de l'*A.arborescens*

La figure 4.25, présente les rendements en huiles essentielles de l'*A.arborescens* vis à vis des trois régions (Cap Djenet, Bougara et Bouinane) de récolte des tiges feuillées et au cours de deux stades phénologiques différents. Cet histogramme est un résumé des deux histogrammes précédents ; il a pour but d'étudier l'influence de la région de récolte sur la production en huiles essentielles dans les deux stades végétatifs. Il est important d'attirer l'attention que le rendement à Cap Djenet est calculé par la moyenne des trois biotopes avant et après floraison.

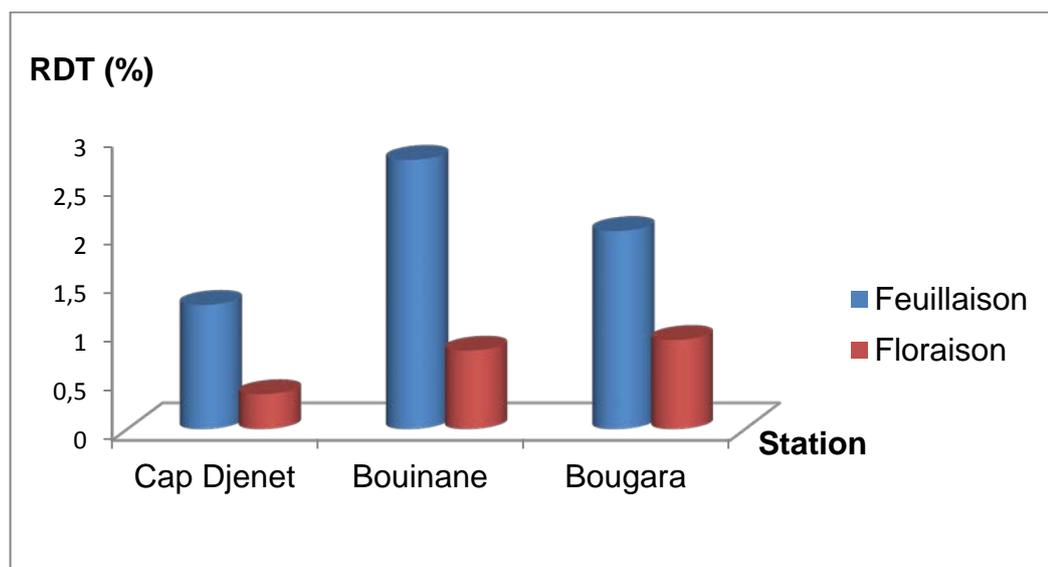


Figure 4.25 : rendement en huiles essentielles des tiges feuillées de l'*A.arborescens* récoltées dans trois stations différentes

L'extraction des huiles de différents organes montrent une différence pour l'*A.arborescens* d'une région à une autre. En stade feuillaison, la production d'huile des plants récoltés à la station de Bouinane révèle le pourcentage le plus élevé ($2.76 \pm 0.02\%MS$), suivi par celui des plants de la station de Bougara qui représente un taux égale à $2.03 \pm 0.02\%MS$.

En pleine floraison, le rendement en huile essentielle de Cap Djenet ($0.36 \pm 0.02\%MS$) est moins élevés que les deux autres stations (Bouinane et Bougara : 0.82% et 0.78% successivement).

Quelque soit la région de récolte (plaine ou littorale), les rendements en huiles végétales sont toujours, d'une part, plus élevés en feuillaison qu'en floraison pour l'espèce *A.arborescens*; et dans la plaine par rapport au littoral d'autre part.

➤ Discussion

Cette étude montre d'une part, la répartition de la même espèce *A.arborescens* sur deux étages bioclimatiques très diversifiés et la variation des rendements en huiles végétales pendant le cycle végétatif d'autre part. Ces taux des huiles essentielles coïncident avec les premiers relevés où la période humide se caractérise par une élévation des précipitations et une baisse des températures, en revanche le stade floraison coïncide avec la période sèche d'où l'élévation des températures qui favorisent l'évapotranspiration, ce qui fait s'évaporer les huiles végétales durant ce stade de développement.

La présence de la mer, le terrain accidenté de la station de Cap Djenet font diminuer le rendement en essences dans le stade floraison par rapport à celles des stations de la plaine qui se caractérisent par des terrains plus ou moins plats. Ainsi la présence des arbres comme le pin et les eucalyptus rafraichit le microclimat et retarde ou diminue le phénomène d'évapotranspiration des plants de l'*A.arborescens*.

Il faut noter que les taux des huiles présentés sont calculés par rapport aux matières sèches mais les volumes enregistrés sont plus élevés en floraison (appendice K. tableau 1).

4.6.1.2 *Artemisia herba alba*

❖ Caractères de couleur, d'odeur et de viscosité

L'huile de l'*A.herba alba* extraite lors de la feuillaison ou durant le stade floraison est l'autre un fluide, de couleur jaune vif (Figure 4.26). Elle est plus visqueuse et plus odorante que celle de l'*A.arborescens*.

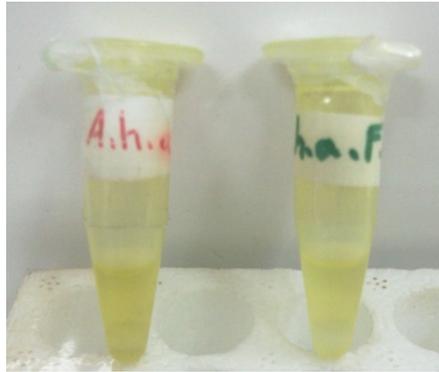


Figure 4.26 : huile essentielle de l'*A.herba alba*

➤ Discussion

L'huile essentielle de l'*A.herba alba* présente des caractères de couleur, odeur et viscosité totalement différents de ceux de l'*A.arborescens*. L'intense odeur de l'huile de l'*A.herba alba* est due principalement à la présence du Camphre et du 1,8-Cinéol dans sa composition chimique. Ce composant est l'autre vérifié par plusieurs travaux sur la composition chimique de l'*A.herba alba* dans diverses provenances géographiques (VERNIN & MERAD [85], VERNIN & AL [86], AKROUT [87], HUDAIB & AL [88], HOUMANI & AL [38], BENMOKADEM [7], HOUARI & FERCHICHI [90]).

❖ Extraction des huiles essentielles

Du climat aride, dans la station de Moudjbara, les tigelles feuillées et fleuries ont été prélevées afin de les mises sous l'extraction à la vapeur d'eau. La figure 5.27 illustre les rendements en huiles essentielles au cours des deux stades de développement de l'espèce *Artemisia herba alba*.

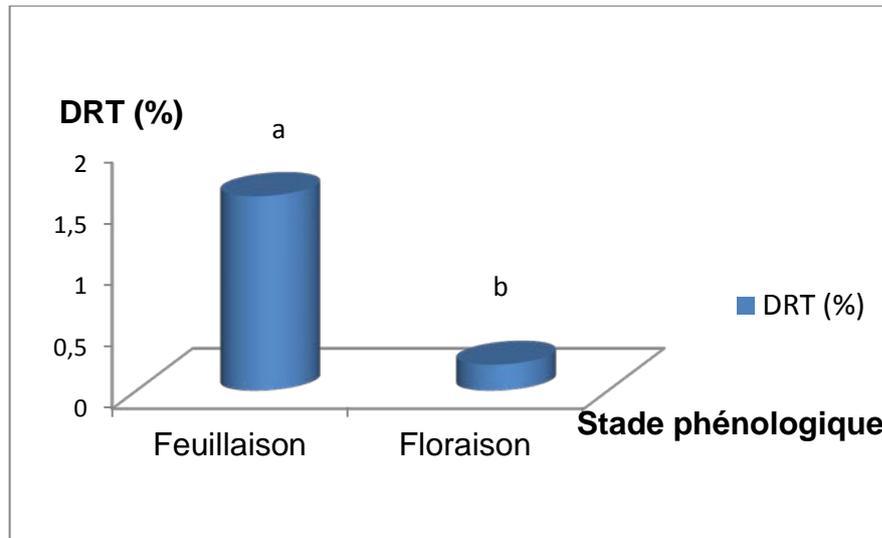


Figure 4.27: rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées d'*A. herba alba* récoltées à Moudjbara

Ces rendements sont nettement différents, Le test de NEWMAN-KEULS nous montre deux groupes homogènes avec une différence hautement significative. Les tigelles feuillées de l'*A. herba alba* donnent un rendement très élevé en feuillaison ($1.58 \pm 0.02\%MS$), qui s'abaisse à $0.21 \pm 0.02\%MS$ en floraison.

➤ Discussion

Les résultats obtenus avec la grande divergence dans le rendement d'huile essentielle entre les deux stades phénologiques permettent de conclure que le stade de développement de cette espèce dont l'activité physiologique est maximale ou minimale influence en grand pourcentage la production du métabolite secondaire étudié (l'huile essentielle), en comparant avec les données climatiques, quand la température est au maximum, les plants d'*A. herba alba* de Moudjbara rentrent en floraison et l'évapotranspiration est maximale, mais vu la morphologie de l'espèce dont les feuilles sont courtes et espacées, elle peut emmagasiner l'eau récupérer en hiver et comme ça le plants garde sa verdure au printemps où il est en pleine feuillaison par rapport à l'*A. arborescens* qui rentre en floraison dans cette période ; ce la correspond aux données de GILLY [32] qui dit que le rendement en huiles végétales se diffère selon l'époque. Ainsi le rendement est plus élevé en feuillaison parce que les essences végétales s'évaporent dans

l'air après le rentré en floraison et perdent 70% de ses huiles [54]. LEVEQUE [103] et GLIESSMAN [114] notent que la production en huile essentielle est maximale en pleine végétation.

Les rendements en huiles essentielles extraites à partir des organes aériens d'*Artemisia herba alba* récolté au sud Tunisien varient entre 0.68% et 1.93% HOUARI & FERCHICHI [90]. Le rendement en huile en pleine feuillaison confirme les travaux de DOB et BENABDELKADER [89] où l'extraction des parties aériennes de l'*A. herba alba* récolté à la région de M'Sila présente un rendement de 1,02%. On rappelle toujours que ces rendements sont calculés par rapport aux taux des matières sèches et les volumes sont proches dans les deux stades de récolte pour cette espèce (appendice K. tableau3).

4.6.1.3 Etude comparative entre les deux espèces d'*Artemisia*

A partir des résultats précédents (Figure 4.23, 4.24 et 4.27), on peut montrer l'ensemble des résultats par un histogramme des rendements en huiles essentielles des tigelles feuillées vis-à-vis des deux espèces de genre *Artemisia*, ils sont portés sur la figure 4.28.

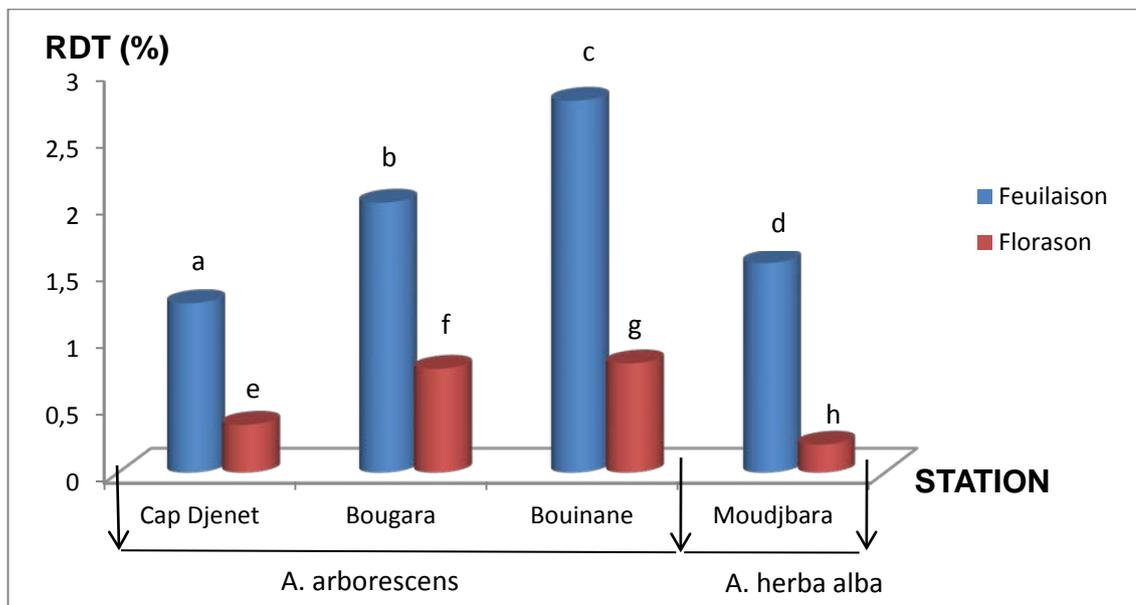


Figure 4.28: rendement en huiles essentielles des tigelles feuillées d'*A. arborescens* et d'*A. herba alba* récoltées dans les différentes stations

En comparant la production des huiles chez l'*A.herba alba* pour sa seule station avec celle de l'*A.arborescens* pour ses trois stations pendant les deux stades végétatifs. L'analyse de la variance ressort une différence très hautement significative entre les quartes stations pendant les deux stades phénologiques, et le test F révèle huit groupes homogènes (appendice K tableau4). L'*A.herba alba* présente un rendement plus élevé ($1.58\pm 0.02\%$ MS) que celui de l'*A.arborescens* de Cap Djenet ($1.28\pm 0.02\%$ MS) en feuillaison, mais en pleine floraison le rendement en huile des plants d'*A.arborescens* récoltés de Cap Djenet (0.36%) est plus important que celui de la station de Moudjbara (0.21%).

Dans les deux autres stations d'*A.arborescens*, les rendements en essences végétatives sont beaucoup plus élevés que ceux de l'*A.herba alba* en stade feuillaison (2.78% dans la station de Bouinane et 2.02% dans la station de Bougara ; et 1.57% dans la station de Moudjbara pour l'espèce *A.herba alba*) et en stade pleine floraison (0.82% dans la station de Bouinane et 0.78% dans la station de Bougara pour l'*A.arborescens* ; et 0.21% dans la station de Moudjbara pour l'espèce *A.herba alba*).

Le genre *Artemisia* peut produire des rendements variables en huiles essentielles selon l'espèce et selon le microclimat pour la même espèce et selon le stade phénologique.

➤ Discussion extraction des huiles essentielles

Les deux espèces dans les différentes stations produisent leurs maximums d'essences végétatives (rendements) en stade feuillaison dont les échantillons en floraison sont pris après fécondation des fleurs. Les rendements dans la plaine (étage bioclimatique sub-humide et un sol plus ou moins lourd riche en matière organique) sont plus importants que ceux de l'étage humide (sol plus lourd et pauvre en matière organique) pour la même espèce *A.arborescens* et aride pour une autre espèce *A.herba alba* dont la différence des caractéristiques du sol. La différence des rendements entre les deux espèces, et selon les résultats caryologiques, n'est pas due au génotype car l'*A.arborescens* et l'*A.herba alba* possèdent le même nombre des chromosomes qui portent l'information génétique, avec un niveau de ploïdie égale à $2n$, mais beaucoup plus du phénotype où la

biomasse aérienne incluant la forme et le taux de condensation des feuilles est plus remarquable chez l'*A.arborescens* par rapport à celle de l'*A.herba alba*, ces caractères sont influencés par les conditions du climat et du sol, cette diversité a fus l'adaptation des espèces aux conditions pédoclimatiques de chaque zone, ce qui fait la diversité de la flore en Algérie.

4.6.1.4 Extractions des huiles par solvant organique revoir le principe

Afin de voir l'influence de la méthode d'extraction sur le taux en essences végétales nous avons procédé à l'utilisation d'un solvant organique (l'hexane). L'échantillon a subit une macération à froid pour la séparation du principe actif, puis un passage au rota vapeur pour avoir l'huile essentielle.

Aucune quantité d'huile n'a été observée pour l'*A.arborescens* et même pour l'*A.herba alba*.

➤ Discussion

L'absence des huiles peut être due à la composition de l'hexane d'où nous avons remarqué la dureté des organes mis en ballon avec l'hexane, mais les mêmes échantillons, et après lavage à l'eau distillée, les mêmes taux d'huile ont été enregistré que ceux de l'extraction par hydraudistillation.

Conclusion

Après l'extraction des huiles essentielles de l'*Artemisia* par hydraudistillation, les rendements varient, d'une part, d'une espèce à une autre et d'un stade à un autre d'autre part quelque soit la provenance de l'espèce. La méthode d'extraction, est l'autre, joue un rôle dans la variation des rendements.

Ces variations restent quantitatives, ce qui nous fait réfléchir à approfondir notre étude par une recherche de la composition chimique et de pourcentage de chaque composant, ainsi l'intérêt thérapeutique et pharmacologique des huiles extraites.

DISCUSSION GENERALE

Les deux espèces étudiées du genre *Artemisia* font partie à la gamme des plantes adaptatives aux conditions du climat méditerranéen, l'*A.arborescens* récoltée dans l'étage bioclimatique sub-humide ne diffère de celle de l'étage humide que par l'odeur qui est plus intense et la couleur qui est plus sombre, la différence de la couleur peut être expliquée de fait que la première (de l'étage sub-humide) pousse dans un biotope contenant des arbres de pin et d'eucalyptus en assurant un microclimat particulier diminuant l'entrée des radiations solaires ce qui implique une couleur plus dense des plantes. L'arôme des plantes est expliquée par la composition chimique des organes aromatisés dont on n'est pas allé jusqu'au ce point d'analyse. La seconde espèce *A.herba alba* n'a jamais été trouvée à l'état sauvage au nord d'Algérie, mais elle pousse beaucoup plus dans des conditions semi-aride et aride (hautes plaines et le Sahara) avec une morphologie tout à fait différente de la première espèce ; L'*artemisia herba alba* est une espèce qui s'adapte aux conditions aride et semi-aride [99].

Les espèces d'*Artemisia* s'adaptent aux diverses conditions, elles peuvent être considérées comme adaptatives aux changements de milieu, ce ci a été étudié par DAVIS & Al. [115] dans le sud Europe pour un climat méditerranéen.

Quand l'écosystème d'un peuplement change avec toutes ses variantes, des combinaisons différentes de gènes sont favorisées ce qui orientera une modification graduelle des fréquences au sein de la population. L'étude des paramètres précipitations et température permet de conclure que les deux espèces prises du genre *Artemisia* vivent dans des conditions variables. Les espèces d'*Artemisia* s'adaptent à un grand intervalle de variation des conditions de températures et d'humidité (QUEZEL ET Al., 1980 in [107]). Ainsi, dans des conditions du sol d'une texture légère et fine jusqu'à un sol lourd et compact. Les deux espèces étudiées du genre *Artemisia*, et selon les résultats de la phytocénose où se trouvent les espèces, ne sont plus indicatrices d'un caractère bien précis.

Les mécanismes de production des métabolites secondaires comprennent l'effet de système de messenger (génétique) et des facteurs extrinsèques (PRIESTLEY, 1770 in [6]. Ces données correspondent aux diversités des rendements en huiles essentielles enregistrées pour la même espèce *A.arborescens* dans des conditions extrinsèques différentes (étages bioclimatiques humide et sub-humide), et pour une autre espèce du même genre *A. herba alba* dans l'étage climatique aride.

Selon LUAUTE [14], La teneur et la composition de l'huile diffèrent selon l'origine de la plante, la date de sa récolte et le mode d'extraction. L'*A.arborescens* dans la station de Bouinane rapporte un rendement de 2.02% en pleine feuillaison par rapport au floraison qui est de 0.78%, et dans la station du même étage (Bougara), le rendement en huile en feuillaison est de 2.78%, alors qu'en pleine floraison (après fécondation) nous n'avons enregistré que 0.82% ; la même espèce dans l'étage humide a rapporte des rendements plus importants au stade feuillaison dans les trois biotopes étudiés par rapport au stade floraison ; l'*A.herba alba* est l'autre enregistre un rendement de 1.57% avant sa floraison où elle ne produit que 0.21%.

Le rendement en huiles essentielles de *A.arborescens* dans l'étage humide comprend des divergences selon l'altitude, la durée d'ensoleillement et l'exposition à la mer pour le même stade végétatif. En feuillaison, Il est maximal 1.74% dans les pieds qui se trouvent à l'abri des embruns marins sur l'altitude la moins élevée et les exposés au soleil, le temps que les pieds les plus exposés à la mer situant sur l'altitude la plus élevée et reçoivent la plus grande quantité des radiations solaires ne produisent que 0.97%. En pleine floraison, les parties aériennes extraites enregistrent des rendements très proches. Plus que le plant est exposé à la mer et reçoit plus d'énergie solaire, l'évapotranspiration augmente en faisant évaporer les huiles végétales qui ne se trouve qu'en stade précis de développement de la plante, ce stade coïncide, pour l'*A.arborescens*, avec la feuillaison et avant le stade pleine floraison.

L'extraction d'essences végétales de l'*A.arborescens* et d'*A.herba alba*, par hydrodistillation a donné les meilleurs résultats sans prendre en considération les

effets : stade phénologique ou conditions géométriques, par rapport à l'extraction par le solvant organique (hexane). Ce ci confirme que le mode d'extraction influence la rentabilité d'extraction et que la seconde mode (par solvant), n'a pas réussi avec les deux espèces d'*Aremisia* étudiée, mais il peut réussir avec d'autres espèces.

La variation des rendements est du en partie au phénotype de chaque espèce; les variations du phénotype sont dues pour partie à des facteurs environnementaux (alimentation, climat, sol, interaction avec les autres composant du biotope) et pour partie à des différences entre les génotypes individuels. Ces deux causes de variation interagissent fortement (interactions génotype-environnement), et il est difficile de mesurer leur part relative dans la variation phénotypique globale. L'interaction entre le génotype et l'environnement est très importante car elle signifie que l'expression d'un gène qui code pour un caractère bien précis n'est pas indépendante du milieu dans lequel ce gène s'exprime. La mise en évidence du déterminisme génétique des variations nécessite des études faisant appel soit à des expériences de croisements, soit à des analyses de généalogie, soit, pour les caractères complexes déterminés par plusieurs gènes, des comparaisons entre individus apparentés et non apparentés à l'aide de méthodes statistiques qui sont du domaine de la génétique quantitative.

Ce travail qui a porté sur trois aspects : écologique, dénombrement chromosomique et l'extraction des huiles essentielles des deux espèces *A.arborescens* et *A. herba alba*, mérite d'être suivi de plusieurs points : génétique en prenant d'autre espèces de même genre et faisant une étude détaillée sur le caryotype de chacune d'elles. Cytologique en détaillant dans les organes de sécrétion des huiles essentielles. Nous pouvons aussi suivre le sujet dans un contexte phytopathologique en utilisant les extraits des huiles dans la lutte biologique, sans oublier la l'importance médicinale et pharmaceutique où une collaboration des biologistes et des médecins biologistes est très intéressante.

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail a été pour objectif d'étudier deux espèces d'*Artemisia* : *A.arborescens* et *A.herba alba*, développant en Algérie en considérant trois aspects : écologie de l'espèce dont le climat, le sol et la phytosociologie constituent les paramètres qui influencent leur morphologie ; comptage chromosomique et chimique par l'extraction des huiles essentielles des parties aériennes en utilisant deux procédés différents : hydrodistillation et extraction par un solvant organique (l'hexane). Ainsi de voir l'interaction entre ces paramètres et leur influence sur la production d'huile chez les deux espèces avec leurs diverses provenances et conditions de développement. Les échantillons ont été prélevés sur quatre stations différentes par leurs caractéristiques climatiques, pédologiques, phytosociologiques.

Les résultats obtenus ont révélé une morphologie différente entre les deux espèces de même genre où les caractéristiques climatiques constituent une grande part dans la formation cette morphologie, l'*A.arborescens* présente un arbuste à des feuilles condensées, de couleur vert blanchâtre correspondant aux caractéristiques climatiques des étages climatiques humide et sub-humide, avec une différence de la couleur dans les deux stations de deuxième étage dont l'effet phytociologique, temps que l'*A.herba alba* constitue une touffe à feuilles plus réduites, moins dense et dentées qui lui permette de mieux profiter des conditions climatiques de l'étage bioclimatique aride.

Les différences des rendements en huiles essentielles de la biomasse aérienne de l'*A.arborescens* et de l'*A.herba alba* pendant les deux stades phénologiques : feuillaison et floraison sont à l'effet du fonctionnement de la plante qui est sous l'influence directe du climat notamment la température élevée qui fait évaporer les essences en pleine floraison après la production lors de la feuillaison qui coïncide avec des températures plus ou moins basses selon l'étage bioclimatique. L'altitude et l'exposition à la mer sont deux paramètres qui influencent la production des huiles essentielles indirectement dont l'*A.arborescens* dans la même station donne le meilleur sur une altitude de 300m

environ, à l'abri de la mer et à la moindre exposition au soleil où la durée d'insolation est minimale, ces deux dernières sont sous l'effet de l'altitude.

Nous avons signalé aussi l'*A.herba alba* de la zone semi-aride enregistre un rendement inférieur à celui de l'*A.arborescens* des deux étages : humide à Cap Djenet et sub-humide à Bouinane et Bougara, ce la dans le stade phénologique feuillaison, dans cet aspect c'est la génétique, dont on n'a pas eu des résultats significatifs de caryotype, de l'espèce qui apparaît responsable de ces différences en interaction avec le climat. Dans l'ensemble l'hydrodistillation est le mode d'extraction le plus rentable en comparaison avec l'extraction par solvant organique qui n'a donné aucune trace d'huile sur le distillateur.

Ces résultats sont présentés dans un contexte de mise à jour taxonomique et de compréhension de la flore de l'Algérie et mis en rapport avec le rôle majeur des conditions bioclimatiques sur l'organisation de la diversité génétique des espèces. Bien que partiels, ces résultats mettent en relief :

- 1) la distribution géographique particulière des populations et taxons d'*Artemisia* ;
- 2) l'importance des zones de transition bioclimatique, où l'influence des microclimats ;
- 3) la valorisation des rendements des huiles essentielles des différentes espèces de diverses provenances où le mode d'extraction joue son rôle.

Ce travail de recherche que nous l'avons suivi nous a permis de conclure que la région méditerranéenne par ses caractéristiques multiples du climat, du sol et donc de la végétation nous offre des matériaux nécessaires dérivés de sa richesse végétative, notamment les huiles essentielles, peuvent être exploités d'une manière objective en améliorant l'économie nationale et s'intégrer au marché des plantes médicinales et leurs dérivés de nos pays voisins et au marché mondial.

Cette modeste recherche mérite d'être poursuivie par d'autres travaux notamment d'approfondir dans la génétique des espèces en suivant un protocole approprié et enrichir la banque des gènes des espèces en Algérie et dans la méditerranée afin de mettre en évidence la différence inter (entre espèce) et interaspécifiques (entre plants de même espèce) de tout les aspects étudiés. De

point de vu utilisation des huiles essentielles à des fins économiques et scientifiques dans les domaines agronomique, pharmaceutique et cosmétique, notamment avec l'intense exploitation des produits phytosanitaires et l'apparition des maladies chroniques comme le cancer et l'adaptation de nos anti-corps aux matières actives des médicaments, il est nécessaire d'avoir une collaboration entre les agronomes, biologistes et médecins biologistes en améliorant la qualité des produits par la substitution des produits chimiques en incluant les matières actives des huiles essentielles des plantes médicinales pour une lutte biologique.

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

°C : degré Celsius

A. : *Artemisia*

biot : biotope

E : échantillon

G : grossissement

J-C : Jsus Christ

Km : kilomètre

m : mètre

M.O : microscope optique

M.S. : matière sèche

mm : millimètre

n : nombre de chromosome

pH : potentiel d'hydrogène

PP : poils protecteurs

PS : poils sécréteurs

Vml : volume d'huile en millilitre

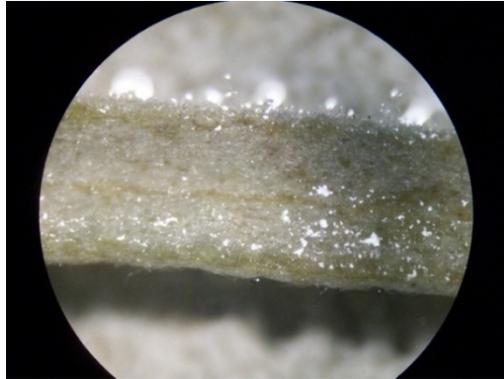
Appendice B

Photo du profil d'échantillonnage dans la station de Cap Djenet



Appendice C

Description botanique des différents organes de l'*A.arborescens*



1) Tige poilue de l'*A.arborescens* sous loupe GX3.6



2. Floraison de l'*A.arborescens* sous forme de grappe

Appendice D

Description botanique des différents organes de l'*A. herba alba*



1) Feuille découpée et courtes de l'*A. herba alba*



2) L'alternance des rameaux secondaires sur la tige principale

Appendice E
Données climatique

1. Station de Cap Djenet

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations	121	92	113	132	161	23	10	15	5	0	0	5
Moy t° mini (°)	18.9	15.6	13.6	7.8	9.1	7.8	8.9	11.3	15	17.9	21.9	21
Moy t° max (°)	26.5	24.3	22.2	19.9	15.6	16.1	16.8	19.2	24.1	26.2	30.3	36
Moy Temper. (°)	22.5	20	18	15.2	12.4	11.8	12.9	15	19.5	22.3	26.4	25.6
Insolation en heure	232	252	195	138	119	186	242	217	322	346	344	310

2. Stations Bougara et Bouinane

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations	92	14	111.1	107	142	23	9	13	8	0	2	14
Moy t° mini (°)	17.4	13.1	10	7.8	6.8	4.1	6	8.4	13.6	16.6	21	21.1
Moy t° max (°)	28.2	26.4	23.6	19.9	15.9	16.9	18	20.4	27.2	30.9	33.8	32
Moy Temper. (°)	22.7	19.4	16	13.5	11.3	10.4	12.4	14.4	20.7	26.6	27.6	26.7
Insolation en heure	232	273	210	23	127	190	239	214	308	348	344	293

3. Station de Moudjbara

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations	69	5	27	30	72	44	9	9	5	2	6	1
Moy t° mini (°)	13.3	8.4	4.9	1.2	1.2	2	3.3	3.6	10.2	15.6	19.6	19.3
Moy t° max (°)	24.2	12.7	17	5.8	8	10.3	14.7	11.8	21.6	31.4	35.5	34.2
Moy Temper. (°)	18.9	14.9	10.3	3.5	4.5	5.1	9.3	9.3	17.9	24.2	28.4	27.3
Insolation en heure	242	303	38	156	119	209	248	269	333	328	297	305

Appendice F

Analyse du sol

Tableau 1 : texture du sol

	CAP djenet	Bougara	Bouinane	Moudjbara
Argile	78	33	33.50	12
Limon fin	12	10	13	17.78
Limon grossier	10	45	42.25	15.10
Sable fin	4	1.25	1	32
Sable grossier	6	0.75	0.25	23.12
Type du sol	Argileux	Limono-argileux	Limono-argileux	Limono-sableux

Triangle de la texture

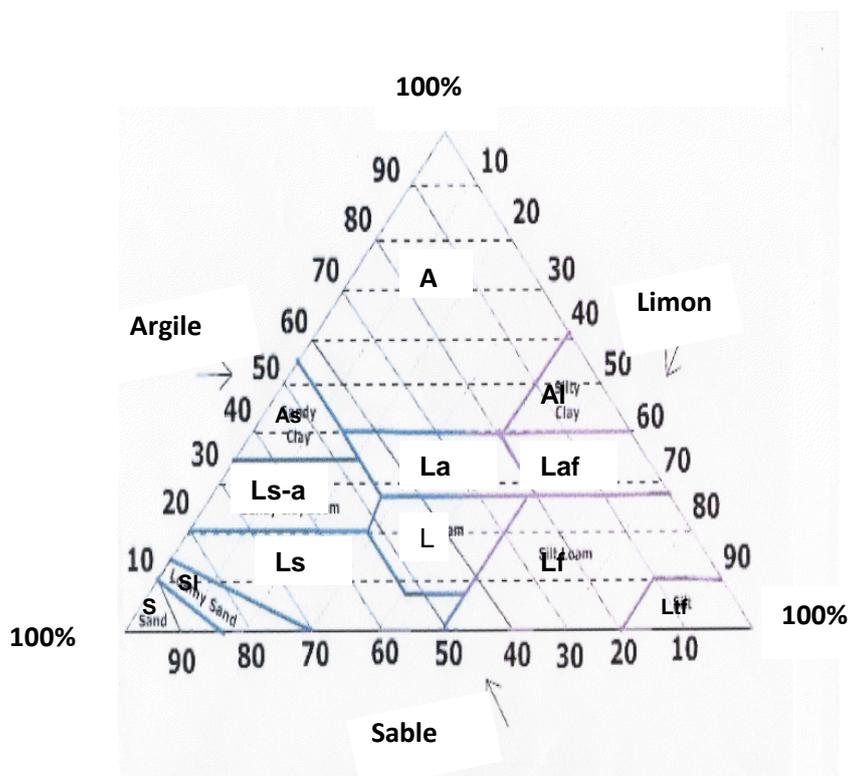


Tableau 2 : Les normes de la méthode électrique du pH

Normes	pH
Sol très fortement acide	4,5 < pH < 5
Sol fortement acide	5 < pH < 5,5
sol moyennement acide	5,5 < pH < 6
Sol légèrement acide	6 < pH < 6,5
Sol neutre	6,5 < pH < 7,5
Sol légèrement basique	7,5 < pH < 8
Sol fortement basique	8 < pH < 8,5
Excessivement basique	pH > 8,5

Tableau 3 : Les normes de la méthode de la conductivité électrique (CE).

Normes	Conductivité électrique (mmhos/cm)
Sol non sale	CE < 2
Sol peu sale	2 < CE < 4
Sol sale	4 < CE < 8
Sol très sale	8 < CE < 16
Sol extrêmement sale	CE > 16

➤ Taux de calcair total

$$\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (\text{PV} \times 100) / \text{pv}$$

P : poids de l'échantillon.

V : volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.

p : Poids de CaCO₃ pur

v : Volume de CO₂ dégagé par le CaCO₃ pur

Cap Djenet : $\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (1 \times 0.24) \times 100 / 0.3 \times 65$

Bougara : $\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (1 \times 0.60) \times 100 / 0.3 \times 24.39$

Bouinane : $\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (1 \times 0.73) \times 100 / 0.3 \times 29.43$

Moudjbara : $\% \text{CaCO}_3 \text{ total} = (1 \times 0.80) \times 100 / 0.3 \times 29.96$

Tableau 4 : Les normes d'interprétation

Normes	CaCO ₃ total (%)
Sol peu calcaire	< 5
Sol moyennement calcaire	5-15
Sol calcaire	16-30
Sol très calcaire	>30

➤ Matière organique

Dans un erlenmeyer, mettre successivement :

- 2g de sol finement broyé,
- 10 ml de la solution de bichromate à 8%,
- 15 ml d'acide sulfurique concentré,
- Porter à ébullition, la durée d'ébullition est de 5 minute après formation de la première goutte de condensation,
- Laisser refroidir et ajouter 150 ml d'eau distillée, homogénéiser.

Pour titrer :

- Prélever 20 ml de cette solution qu'on introduit dans un ballon de 250 ml contenant 150 ml d'eau distillée.
- Ajouter 3-4 gouttes de diphénylamine, (indicateur faisant passer la solution du brun violacé au bleu verdâtre en présence d'un excès de sel réducteur),
- Ajouter 5 ml de la solution de NaF à 3%,
- Titrer avec la solution de sel de MOHR 0.2 N,
- Noter le volume n de sel de MOHR utilisé pour obtenir le virage au bleu verdâtre.
- Remplacer 2g de sol finement broyé par 2 g de sable calciné et procéder de la même manière que dans l'échantillon,
- Noter le volume n' de sel de MOHR au moment du virage au bleu verdâtre.

$$\% \text{ M.O.} = (\% \text{ C} + 100) / 58 = \% \text{ C} \times 1,72$$

$$\% \text{ C} = ((n' - n) \times 0,615) / P$$

%C : pourcentage de carbone.

n' : le volume de sel de mohr de l'essai témoin.

n : le volume de l'échantillon

P : prise d'essai

Cap Djenet : M.O (%) = 0.38 x 1.72

BOugara : M.O (%) = 1.15 x 1.72

Bouinane : % M.O (%) = 1.17 x 1.72

Moudjbara : M.O (%) = 0.64 x 1.72

Tableau 5: Les normes de la méthode ANNE de la matière organique.

Normes	Matière organique (%)
Sol très pauvre	<0,5
Sol pauvre	0,5-1,5
Sol moyennement pauvre	1,5-2,5
Sol riche	2,5-5
Sol très riche	6-15

Appendice G

La phytosociologie de l'*A.arborescens* de Cap Djenet

Convolvum althoides



Pistacia lentiscus



Galactites tomentosa



Sinapis arvensis



Scilla maritima



Allium porum L.



Ampelodesmos mauritanicum



Eucalyptus camalulensis



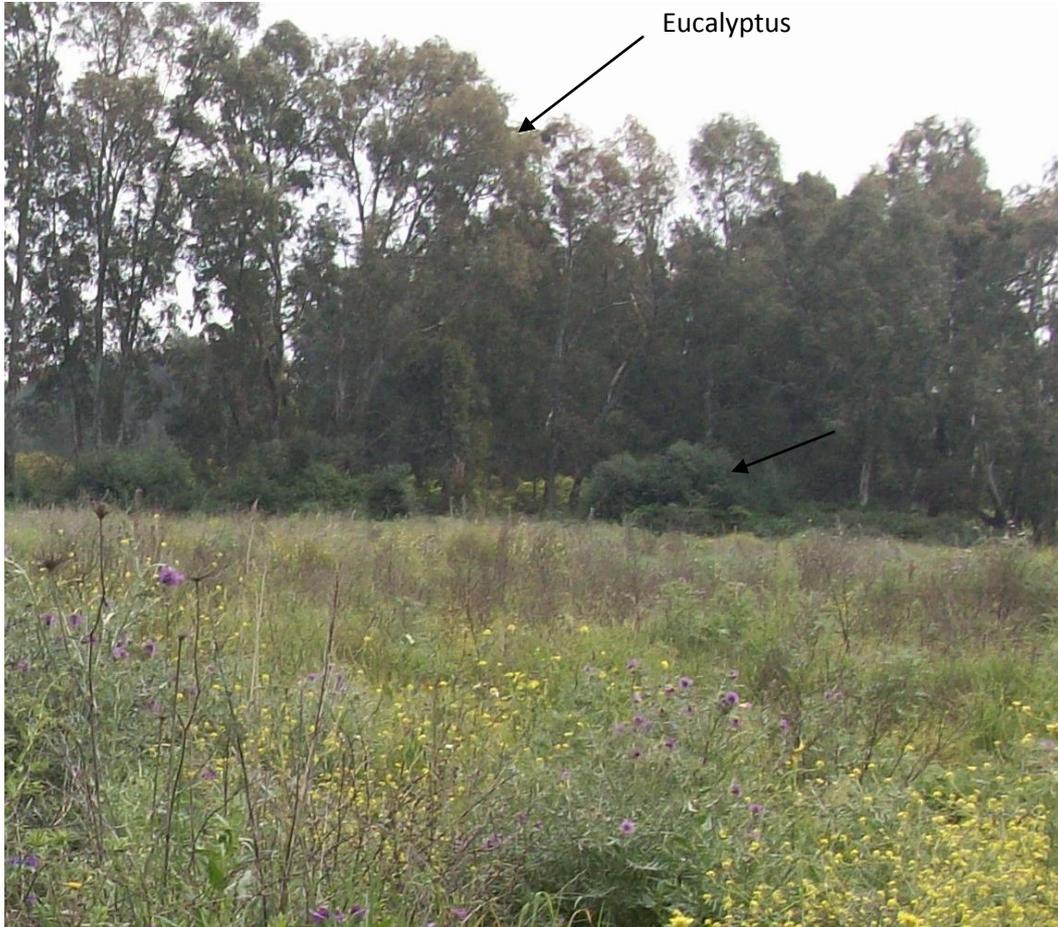
Asphodelus microcarpus



Tamarix africana

Appendice H

Station de Bougara



Appendice I
Relevés phytosociologiques

Tableau 1 : station de Cap Djenet

Espèce	R1	R2
P.L	15	15
C.V	4	42
G.A	3	19
C.A	2	41
G.T	4	16
S.M	3	16
A.P	0	17
P.SP	22	24
A.M	20	17
S.AR	0	20
T.SP	1	1
A.S	0	48

Tableau 2 : station de Bougara

Espèce	R1	R2
<i>E.C</i>	4	4
<i>C.V</i>	4	47
<i>D.C</i>	5	49
<i>O.C</i>	1	50
<i>P.R</i>	2	74
<i>S.A</i>	4	16
<i>S.AR</i>	3	24
<i>P.H</i>	45	45
<i>A.S</i>	1	50
<i>C.A</i>	5	23
<i>G.T</i>	5	42

Tableau 3 : station de Bouinane

Espèce	R1	R2
<i>E.C</i>	0	0
<i>C.V</i>	2	43
<i>D.C</i>	0	0
<i>O.C</i>	4	50
<i>P.R</i>	1	74
<i>S.A</i>	2	20
<i>S.AR</i>	3	24
<i>P.H</i>	25	25
<i>A.S</i>	2	25
<i>C.A</i>	4	20
<i>G.T</i>	3	37

Tableau1 : station de Moudjbara

Espèce	R1	R2
<i>O.e</i>	78	79
<i>C.c</i>	12	65
<i>G.a</i>	18	60

Appendice J

Analyse statistique des rendements en huile essentielle

Tableau1 : *A.arborescens* de la station de Cap Djenet

	S.C.E	DDL	carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Var. totale	4.90	17	0.29				
Var. stade	3.85	1	3.85	6672.12	0.0000		
Var. biotope	0.53	2	0.27	460.11	0.0000		
Var. inter f 1.2	0.51	2	0.25	440.90	0.0000		
Var. résiduelle 1	0.01	12	0.00			0.02	2.9%

Tableau2 : *A.arborescens* de la station de Bougara

	S.C.E	DDL	carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Var. totale	1.86	5	0.37				
Var. stade	1.85	1	1.85	596.18	0.0002		
Var. résiduelle 1	0.01	4	0.00			0.06	3.8%

Tableau3 : *A.arborescens* de la station de Bougara

	S.C.E	DDL	carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Var. totale	5.72	5	1.14				
Var. stade	5.72	1	5.72	18076.14	0.0001		
Var. résiduelle 1	0.00	4	0.00			0.02	1.0%

Tableau4 : analyse statistique des rendements de *A.arborescens* des trois stations

	S.C.E	DDL	carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T.	C.V .
Var. totale	16.28	23	0.71				
Var. station	2.91	3	0.97	937.19	0.0000		
Var. stade	12.79	1	12.79	12377.36	0.0000		
Var. inter F1.2	0.56	3	0.19	182.14	0.0000		
Var résiduelle 1	0.02	16	0.00			0.03	2.5%

Tableau 5 : *A.herba alba* de la station de Moudjbara

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	2.84	5	0.57				
Var.stade	2.84	1	2.84	7416.35	0.0001		
Var.residuelle1	0.00	4	0.00			0.02	2.2%

Appendice K

Volume en huile essentielle et matière sèche

Tableau 1 : *A.arborescens* de Cap Djenet

	feuillaison			floraison		
	Biot1	Biot2	Biot3	Biot1	Biot2	Biot3
Moy (ml)	0.20	0.19	0.15	0.29	0.31	0.27
MS (%)	11.15	16.60	15.51	79.02	81.07	80.52

Tableau 1 : *A.arborescens* de BLida

	Station Bougara		Station Bouinane	
	feuillaaison	floraison	feuillaison	floraison
Moy (ml)	0.22	0.31	0.31	0.30
MS (%)	10.89	34.90	11.12	36.39

Tableau 1 : *A.herba alba*

	Station Moudjbara	
	feuillaaison	floraison
Moy (ml)	0.19	0.13
MS (%)	12.11	62.53

REFERENCES

1. DAVIS S.D, HEYWOOD V.H. & HAMILTON A.C., "Centers of plant diversity, a guide and strategy for their conservation", V 1, Europe, Africa, South West Asia the middle east, IUCN publications Unit, Cambridge UK, (1994).
2. BAYER E., BUTTLER K.P., FINKENZELLER X. & GRAU G., "Guide de la flore méditerranéenne", Ed. DELACHAUT & NIESTLE, (1990), 287p.
3. IBN TATOU M. & FANNANE M., "Aperçu historique et état actuel des connaissances sur la flore vasculaire du Maroc", Bull., Inst., Sci., n°13, (1989), pp 85-94.
4. CHIER A., JUTEAU F., BESSIERE J-M., MASOTTI V. & VIANO J., "Impact du séchage sur la composition de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* var. *glutinosa*", XV^{ème} Journée de la Chimie (18-19 avril 2002).
5. HOUMANI Z. & SKOULA M., "Comparaison des profils chimiques des huiles essentielles d'espèces d'*Artemisia* spontanées en Algérie". Art. (2), (2007), pp 660-663.
6. HOPKINS W.J., "Physiologie végétale, physiologie végétale et biotechnologie". Ed. De Boec. n° 2. Paris (2003), pp 477-487.
7. BENMOKADEM N., "Contribution à l'étude des huiles essentielles produites chez quelques espèces spontanées algériennes du genre *Artemisia*", Thèse mag. Univ. BLIDA. Dép. agronomie, (2003), 76p.
8. ANONYME, "Filière des plantes aromatiques et médicinales". Note de synthèse. Ed. Chemonics International, Inc. Maroc (2005) : 9p.
9. AMIROUCHE R. & MISSET M.T., "Flore spontanée d'Algérie: différenciation écogéographique des espèces et polyploïdie", cahiers agricultures, V.18, n°6, (2009), pp 474-480.
10. FABROCINI C., "Comment se soigner avec l'aromathérapie". Ed. VECCHI S.A, Paris, (1999), 51p.

11. STARY F., "Plantes médicinales". Ed. ISBN, n°1, Paris, (1992): 5-8.
12. GHILEAN P., "The cultural history of plants". Ed. Master e-book ISBN., New York, (2005), pp 1-13.
13. ZHONG J., "Plant cells. Advances in biochemical engineering biotechnology", Ed. ECUST-SPRINGER, Shanghai, (2001), pp 1-12.
14. LUAUTE J.P., SALADINI O. & BENYAYA J., "Toxicité neuropsychiatrique de l'absinthe. Historique, données actuelles". Annales Médico Psychologiques, 163, (2005), pp 497–501.
15. SALLE J.L., "Le totum en phytothérapie. Approche de phyto-biothérapie". Ed. Frison-Roche, Paris, (1991), pp13-96.
16. BRUNETON J., "Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales". Ed. Tec et Doc., Lavoisier, n°3, Paris, (1999), 1120p.
17. GAUCHER I. & LUSSON J., "Projet Génie Agro-alimentaire, industrie alimentaire et biologique", <http://www.perso.wanadoo.fr/GIA/GIA> (2001).
18. BRUNETON J., "Pharmacognosie phytochimie des plantes médicinales". Ed. Lavoisier, n°2, Paris, (1993), 464p.
19. GUIGNIARD J.L., "Biochimie végétale". Ed. Masson, n°1, Paris, (1999), 245p.
20. SELL C.S., "The chemistry of fragrance. From Perfumer to Consumer", The Royal Society of Chemistry. Cambridge, (2006), 329p.
21. FLUCK H., "Petit guide panoramique des herbes médicinales". Ed. Délachaux et Niestle, Paris, (1977), 125p.
22. KOTHE H.W., "1000 plantes aromatiques et médicinales propriétés et usages", Ed. ISBN-Terres, Toulouse, (2007), pp 6-57.
23. DEYSSON G., "Physiologie et biologie des plantes vasculaires. Nutrition et métabolisme", Ed. ISBN, n°5, Paris, (1982), pp 227-228.
24. LAMARTI A., BADOUC A, DEFFIEUX G. & CARDE J. P., "Biogenèse des monoterpènes", Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, (1994), pp 100-118.

25. MILCENT R., "Chimie organique: stéréochimie, entités réactives et réaction", Collection enseignement sup///chimie. Ed. ISBN: 978-2-86883-875-9, Paris, (2007), 93p.
26. BACHELOT C., BLAISE A., CORBEL T. & GUERNIC A., les huiles essentielles. U.C.O Bretagne (2006) 29p.
27. WILEY V., "Terpenes: Importance, General Structure, and Biosynthesis". Ed. ISBN. Paris, (2006), 9p.
28. ZHONG J., "Plant cells. Advances in biochemical engineering biotechnology", Ed. ECUST-SPRINGER, Shanghai, (2001), pp 1-12.
29. ACEBEY CASTELLON I.L, "Caractérisation de terpènes antileishmaniens isolés par bioguidage d'une plante bolivienne *Hedyosmum angustifolium* (Ruiz & Pavon) Solms", Thèse doctorat. Univ. Toulouse. Ecole doctorale : Science de la Matière. Spécialité : Chimie – Biologie – Santé, (2007), 255p.
30. KURKIN V.A, "Phénolpropanoïdes from medicinal plants: distribution, classification, structure analysis and biological activity", Chem. Natural comp, 39. (2003), pp 122-125.
31. RICHTER G., "Métabolisme des végétaux, physiologie et biochimie", Presse polytechnique et universitaire, Romande, France, (1993), 515 p.
32. GILLY G., "Les plantes aromatiques et les huiles essentielles grasses : botanique- culture- chimie- production et marché", Ed. ISBN n° 2, Paris, (2007), pp 9-30.
33. VERMERRIS W. & NICHOLSON R. L., "Phenolic compound biochemistry", Ed. ISBN Springer, U.S.A., (2006), pp1-2.
34. LAURENT A. & DELERME C., "Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles", AFSSAP., (Mai, 2008) : 1-18.
35. PARIS R.R & MOYSE H., "Précis de matière médicale. Collection de précis de pharmacie", Ed. Masson et C^{ie}., (1965), pp 196-253.
36. BELAICHE P., "Traité de phytothérapie et d'aromathérapie", Ed . Maloine S., Paris, (1979), 220p.

37. LAMENDIN H., TOSCANO G. & REQUIRAND P., "Buccodental phytotherapy and aromatherapy", EMC-Dentisterie, V.1, (2004), pp179–192.
38. HOUMANI M., HOUMANI Z. & SKOULA M., "Intérêt de l'*Artemisia herba alba* Asso dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes". Acta Bot. Galica, V. 151, n°2, (2004), pp 165-172.
39. ABENA A-A., ATIPO-EBATA J-K., HONDI ASSAH Th. & DIATEWA M., "Propriétés psychopharmacologiques de l'extrait brut et de l'huile essentielle de *Lippia multiflora*", l'Eencéphale, XXVII, (2001), pp360-364.
40. ANTON R. & LOBESTEIN A., "Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles". Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, (2005), 522p.
41. SERI-KOUASSI B.P., KANKO C., NONDENOT ABOUAL.R., BEKON K.A. , GLITHO A.I., KOUKOUA G. et N'GUESSAN Y.T., "Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé", Art., V. 7, Côte-d'Ivoire (2004).
42. AL AJOURI M, SATRANI B., GHANMI M., AAFI A., FARAH A., RAHOUTI M., AMARTI F. & ABERCHANE M., "Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre". Art. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* V.12, n°4, (Mars 2008), pp345-351.
43. ALITONOU G., AVLESSI F., WOTTO V.D., AHOUSSE E., DANGOU J. & SOHOUNHLOUE D.C.K, "Composition chimique, propriétés antimicrobiennes et activités sur les tiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* Sm". C. R. Chimie, n° 7, (2004), pp 1051-1055.
44. LACOSTE F., RAOUX R., DUBOIS D. & SOULET B., "Problématiques des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les corps gras". Oléagineux, corps gras, lipides, V.10, n°4, France, (2003), pp 287-95.
45. SILOU T., MALANDA M. & LOUBAKI L., "Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet 2³". art. dans journal food engineering. Vol. 65. Issue 2 (2003).

46. BRADA M., "Contribution à l'étude de l'extraction des huiles essentielles et des concrètes de deux espèces de menthe (*Mentha pulegium* et *Mentha rotundifolia*) étude cinétique et analytique". Thèse mag. Univ. Blida. Dép. chimie industrielle. (2008), pp 26-29.
47. SKOOG D., HOTTER G. & NIEMAN F., "Principes d'analyse instrumentales". Ed. Bocker university, 5. Maroc (2003) 956p.
48. BOUCHONNET S. & LIBONG D., "Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse". Article, département de Chimie, Laboratoire des Mécanismes Réactionnels. Maroc (2000) 24p.
49. BLETON J. & TCHAPLA A., "Identification par GC/MS de constituants d'un linoléum du Titanic". *Les rencontres du CRCDG: « Autour du Titanic »*. France. (1997), pp 33-39.
50. ROUESSAC F. & A., "Analyse chimique, méthodes et techniques instrumentales modernes". Ed. Masson, Paris, (1992), pp 5-19.
51. SIMONNET X., QUENNOZ M. & CARLE C., "Rôle de la recherche agronomique pour une meilleure compétitivité des produits à base de plantes médicinales et aromatiques". Art. (janvier 2008), 8p.
52. CROSIER A., CLIFFORD M.N. & ASHIHARA H., "Plant secondary métabolites. Occurrence, structure and role in the human diet", Ed. I.S.B.N Blackwell publishing, (2006), pp 28-36.
53. SCHAUENBERG P., "Guide des plantes médicinales, analyse, description et utilisation de 400 plantes". Ed. ISBN, n°2, Paris, (1977), pp 9-207.
54. THURZOVA L., "Les plantes- santé qui poussent autour de nous". Ed. Bordas, Paris, (1981), 208p.
55. PAPPAS R. & SHEPPARD-HANGER S., "*Artemisia arborescens* - essential oil of the Pacific Northwest: a high-chamazulene, low-thujone essential oil with potential skin-care applications". Ed. Masson, Bretagne, (2000), pp1-13.
56. BOCK B., "Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France Nomenclature", taxonomie, synonymie, correspondances, (2009).
57. QUEZEL P. & SANTA S., "Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales". Tome II, Ed. Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris, (1983), 624p.

58. LE HOUEROU HN., “La végétation de la Tunisie steppique”, art. INRA, V.42, n°5, Tunisie, (1969), 624p.
59. LIU N.Q., CAO M., FREDERICH M., CHOI Y.H., VERPOORTE R. & KOOY F., “Metabolomic investigation of the ethnopharmacological use of *Artemisia afra* with NMR spectroscopy and multivariate data analysis”, Journal of Ethnopharmacology, n° 128, (2010), pp 230-235.
60. BILIA A.R., MALGALHAES P.M., BERGONZI M.C. & VINCIERI F.F., “Simultaneous analysis of artemisinin and flavonoids of several extracts of *Artemisia annua* L. obtained from a commercial sample and a selected cultivar”. Art. Phytomedicine, n°13, (2006), pp 487-493.
61. ARNOLD H.J., ARNOLD N. BELLOMARIA B. & VALENTINI G., “Etude chimique de l’huile essentielle de l’*Artemisia arborescens* L. de l’île de Karpathos”. Plantes médicinales et phytothérapie. T1, V.2, (1993), pp132-142.
62. LAMHARRAR A., KOUHILA M., IDLIMAM A., JAMALI A. & KECHOUA N., “Séchage solaire convectif en couches minces des feuilles d’absinthe (*Artemisia arborescens*)”. Laboratoire d’Energie Solaire et des Plantes Aromatiques et Médicinales (LESPAM). Tunisie, 12èmes Journées Internationales de Thermique, (2005), 4p.
63. ZAFRA P., “Antiinflammatory activity of sesquiterpenes lactones from *Artemisia barrelieri* in rats”. Extrait STN Database accession n° 441302. Chemical Abstracts Service, (1991), 11p.
64. LOPES-LUTZ D., ALVIANO D.S., ALVIANO C.S & KOLODZIEJCZYK P.P, “Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils”. Article phytochemistry- V.69, Canada (2008), pp 1732-1738.
65. GARCIA S., GARNATJE T., TWIBELL J. & VALLES J., “Genome size variation in the *Artemisia arborescens* complex (Asteraceae, Anthemideae) and its cultivars”. Ed. NRC 49, Canada, (2006), pp 244–253.
66. BNOUHAM M., MEKHFI H., LEGSSYER A. & ZIYYAT A., “Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco”. Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie Cellulaire. Univ. Mohamed Premier, Maroc (2002) : 18p.

67. BABA AISSA F., "Les plantes médicinales en Algérie", coédition Bouchène et Ad. Diwan. Algérie, (1991), pp 4-11.
68. HURABIELLE M., BASTART-MALSOT M., ROUGEOT E. & PARIS M., "A Chemical Study of the Essential Oil from *Artemisia arborescens*". Art. V.44, n°1, (1983), pp9-47.
69. SACCO T., FRATTINI C. & BICCHI C., "Constituents of Essential Oil of *Artemisia arborescens*". V.47, n°1, (janvier 1983), pp 49-51.
70. LAI F, LOY G, MANCONI M, MANCA ML. & FADDA AM., "*Artemisia arborescens* L Essential Oil Loaded Beads: Preparation and Characterization". Art.67, V.8, n°3, (2007): 16p.
71. ABU ZARGA M.; QAUASMEH R.; SABRI S.; MUNSOOR M. & SHTAGWY A., "Chemical constituents of *Artemisia arborescens* and the effect of the aqueous extract on rat isolated smooth muscle", V. 61, n°3. (2008), pp 242-245.
72. SINICO C., LOGUB A., LAIA F., VALENTIA D., MANCONIA M., LOYA G., BONSIGNOREA L. & FADDAA A.M., "Liposomal incorporation of *Artemisia arborescens* L. essential oil and in vitro antiviral activity". European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, n°59, (2005), pp 161–168.
73. PORCEDDA S., PIRAS A. & MARONGIU B., "Comparative analysis of the oil and supercritical CO₂ extract of *Artemisia arborescens* L. and *helishrysum splendidum* (thunb)", Less. Informa world, (2006), pp1-4.
74. KHARE C.P, "Indian medicinal plants", An Illustrated Dictionary, Ed. ISBN., New Delhi, (2007), 72p.
75. PRANCE G., "The cultural history of plants. Plants as medicines", Ed. ISBN., London, (2005), pp 205-213.
76. SADDI M., SANNA A., COTTIGLIA F., CHISU L., CASU L., BONSIGNORE L. & DE LOGU A., "Antiherpevirus activity of *Artemisia arborescens* essential oils and inhibition of lateral diffusion in Vero cells", Art. V.6, n° 10, (2007), 5p.
77. BENABADJI N., BOUAZZA M., METGE G. & LOISEL R, "Description et aspects des sols en région semi-aride au sud de Sebdou (Oranie-Algérie)". Bull, inst. Sci., Rabat, n°20, (1996), pp 77-86.

78. SALIDO S., VALENZUELA L.R., ALTAREJOS J., NOGUERAS M., SANCHEZ A. & CANO E., "Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain", *Biochemical Systematics and Ecology*, n°32, (2004), pp 265–277.
79. AIDOU D A., "contribution à l'étude des écosystèmes steppique du sud oranais: phytomasse, productivité primaire et applications pastorales", Thèse doct.3^{ème} cycle, USTHB, Alger, (1984), 180p.
80. FERCHICHI A., "Contribution à l'étude cytotaxonomique et biologique d'*Artemisia herba alba* Asso en Tunisie présaharienne". *Acta bot. Gallica*, 144(1), (1997), pp 145-154.
81. NABLI M.A., "Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne", Programme flore et végétations tunisiennes, V.4, n°6, (1989), 193p.
82. OZENDA P., "Flore du sahara". Ed. Centre Nationale de la Recherche Scientifique. n° 2, Paris, (1983), 622p.
83. TORCHIT N., "Effet du stress salin sur les paramètres morphologiques et physiologiques d'*Artemisia herba alba* Asso en culture in vitro", *Mém. Mag* (2009), Blida. 67p.
84. FERCHICHI A., CHAIEB C. & FERJANI E., "Caractérisation de la variabilité du comportement phytologique de certaines populations d'*Artemisia herba-alba* du sud tunisien", *Art. Tunisie*, (1999), 6p.
85. VERNIN G. & MERAD O., "Mass spectra and kovats of some new cis-chrysenthenyl Ester Found in the essential oils of *Artemisia herba alba* from Algeria", *J. Esset. Oil Res.* 6, (1994), pp 437-448.
86. VERNIN G., MERAD O., VERNIN G.M.F. & ZAMKOTSIAN RM PARKANYI C.D., "GC-MS analysis of *Artemisia herba alba* Asso. Essential oils from Algeria", *Journal developement food scientific*, France, (1995), pp 65-68.
87. AKROUT A., "Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie)", *Institut des Régions Arides*, (2002).
88. HUDAIB M., MOHAMMAD M., ABURJAI A. & TALAL A., "Composition de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*, cultivée en Jordanie", Journal of Essential Oil Research: JEOR, internet FindArticles.com., (2006).

89. DOB T. & BENABDELKADER T., "Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso grown in Algeria", The Journal of essential oil research, CODEN JEOREG, V. 18, n°6, (2006), pp 685-690.
90. HOUARI M. & FERCHICHI A., "Essential Oil Composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia", Art. V. **14**, n°4, (2009), pp1585-1594.
91. HATIMI S., BOUDOUMA M., BICHICHI M., & CHAIB N. GUESSOUS IDRISSE N., "Evaluation in vitro de l'activité antileishmanienne d'*Artemisia herba-alba* Asso", Manuscrit n° 2162. "Thérapeutique". Maroc (2000).
92. BEN ABID Z., FEKI M., HEDHILI A. & HAMDAROU M.H., "*Artemisia herba alba* Asso (Asteraceae) Has Equivalent Effects to Green and Black Tea Decoctions on Antioxidant Processes and Some Metabolic Parameters in Rats". Ann Nutr Metab. V. 51, n°3, (2007), pp216-222.
93. OUYAHYA A. & VIANO J., "Contribution à l'étude morphologique et biométriques des akènes de taxons endémiques marocaine du genre *Artemisia*", Lagasalia, 12 (2), (1984), pp 223-228.
94. AGUI R. & SALA O.E., "Competition, facilitation, seed distribution and the origin of patches in a Patagonian steppe", Oecologia, 70, (1994), pp26-34.
95. BENSID T. & DEBOUZIE D., "Ségrégation spatiale dans l'implantation de l'alfa, *Stipa tenacissima*, et l'armoise, *Artemisia herba alba*, dans les hautes plaines steppiques d'Algérie", Ecologia Mediterranea, XXII (3/4), (1996), pp9-17.
96. SEGUIM E., GUSTEM A., PARIS M. & VECHIAMI O., "Prédateur en pharmacie (botanique, pharmacognosie, phytothérapie, homéopathie)", Ed. Tech et Doc., (2001), pp143-146.
97. BRAÑAS M.O. & VALLÈS J., "Karyological studies in some taxa of the genus *Artemisia* (Asteraceae)", Can. J. Bot., V. 72, n°8, (1994), pp1126–1135.
98. QASIM HAYAT M., ASHRAF M., AJAB KHAN M., MAHMOOD T., AHMAD M. & JABEEN S., "Phylogeny of *Artemisia* L.: Recent developments", African Journal of Biotechnology, V. 8, n°11, (juin 2009), pp2423-2428.

99. BETINA S., "Etude du genome de l'armoise blanche algerienne *Artemisia herba alba* Asso.", mém.mag. Costantine. algérie, (2003), 79p.
100. BOUDYKO P., "Ecologie globale", Ed. Mosco, (1980), p124.
101. BAGNOULS F. & GAUSSENH., "Saison sèche et indice xérothermique", Bull. Soc. Hist. Nat. De Toulouse, 88 (3-4), (1953), pp199-293.
102. MERCIER A., "L'importance du fonctionnement morphodynamiques du cour d'eau sur les habitats des éphémères l'exemple d'une rivière de montagne : l'Ariège (Pyrénées centrale françaises)", Ephemera , V. 1, n°2, (1999): 111-115.
103. LEVEQUE C., "Ecologie de l'écosystème à la biosphère", Ed. DUNOD., Paris, (2001), 502p.
104. CAPPENET M., AILLIOT B., CARIOU G., COLOMB B., DARRE J. & HAUT R., "Etat calcique des sols et fertilité", Ed. Acta. (1986), 166p.
105. SOLTNER D., "Les bases de la production végétale : le sol", T1, Ed. Sciences et Techniques Agricoles, (1988), 466p.
106. OZENDA P., "Les végétaux dans la biosphère", Ed. Doin, (1982), 431p.
107. ABDELKRIM H., "Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur algérois", Thèse Doc. Science Ecol. UNI., Paris. (1995), 151p.
108. BENSETITI F., "Etude phytosociologique des forêts riveraines à peuplier blanc (*Populus alba* L.) dans l'algérois". Mém. mag. Sci. Agro. INA. (1985), 128p.
109. MUTIN G., "La Mitidja décolonisation et espèces géographiques", Ed. OPU, Alger, (1977), 607p.
110. BARBAULT, R., "Ecologie et peuplements : structure, dynamique et évolution", Ed. Masson, Paris (1992), 273 p.
111. AIDOUUD A., "Fonctionnement des écosystèmes méditerranéens", conférence. Université de Rennes 1, (1998) : 50p.
112. LE HOUEROU H.N., CLAUDIN J. & POUGET M., "Etude bioclimatique des steppes algériennes (avec une carte bioclimatique à 1/1.000.000ème)", Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord. Alger, V.68, n°3 et 4, (1977) : 49p.
113. GARNERO J., "les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation", Ed.T.E.M.N., Phytothérapie, Aromathérapie, (1991), pp 2-15.

114. GLIESSMAN S.R., "Agroecology. The ecology of sustainable food systems", Ed. C.R.C., n°2, Californie, (2006), pp35-255.
115. DAVIS M., PERGL J., TRUSCOTT A.M., KOLLMANN J., BAKKER J.P. & DOMENECH R., "Vegetation change: a reunifying concept in plant ecology. Perspectives in Plant Ecology", Evolution and Systematics, n° 7, (2005), pp69-76.