

# UNIVERSITE DE BLIDA I

Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département des Biotechnologies

## MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES

### CONTRIBUTION A L'ETUDE COMPARATIVE DES CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES d'*Artemisia herba alba* Asso. et *Artemisia campestris* L.

Par

**AZROU Nacima**

Devant le jury composé de :

SNOUSSI S.A.	Professeur	U. Blida I	Président
BENRBIHA F.Z.	Professeur	U. Blida I	Promotrice
CHAOUIA CH.	M.C.A.	U. Blida I	Co-promotrice
BOUSSALHIH I.	M.C.A.	U. Khemis Meliana	Examineur
HADJ SADOUK T.	M.C.A.	U. Blida I	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2017/2018

## REMERCIEMENTS

C'est par une chaleureuse envie qu'on consacre, ici, quelques lignes pour présenter nos vifs remerciements à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste travail. Nous tenons d'abord à exprimer nos sincères remerciements aux membres du jury :

M<sup>r</sup> SNOUSSI S.A. d'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ce mémoire. Nous le remercions également pour sa disponibilité et son écoute. Hommage respectueux.

M<sup>r</sup> OUSALHIH B. et M<sup>r</sup> HADJ SADOUK T. pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'être membre de jury. Sincères remerciements.

Je tiens à remercier vivement ma promotrice M<sup>me</sup> BENRBIHA F/Z, professeur à l'U. BLIDA I et ma Co promotrice docteur CHAOUIA CH., pour leur patience, l'abnégation, le dévouement et le soutien qu'elles m'ont témoigné pour achever à terme ce mémoire et pour avoir dirigé ce travail, si précieux. Hommage respectueux.

Un grand et sincère remerciement que j'adresse aux techniciennes du laboratoire de physiologie M<sup>me</sup> Ghania et M<sup>elle</sup> Zakia.

Un grand remerciement que j'adresse à M<sup>r</sup> DEGAICHIA pour son aide à la réalisation de traitement statistique des résultats.

Je remercie également le personnel d'administration et de la P.G.R.S. du département de biotechnologie pour leur gentillesse.

Enfin, nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## DEDICACES

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un travail qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime jusqu'aux frontières de l'imagination.

A ma défunte mère que j'ai tant souhaité qu'elle soit présente aujourd'hui,

A mon très cher père qui m'a soutenu tout au long de ma vie,

A mes très chères frères et sœurs : Noureddine, Hacene, Mourad, Oualid, Hakima, Dalila, Djazia.

A mon Mari qui est toujours à mes côtés,

A mes adorables fils : Foudhil, Soheib, Mohammed Issam, Abd elwahab,

A ma grande mère,

A mes adorables nièces et mes chers neveux et surtout Nour,

A mes belle-mères Titem et Aljia,

A mes belles sœurs et beaux-frères,

A ma cousine et ma très chère amie Warda Fettouma

A mes amis : Salma Nadjat, Zohra, Khawla,

A toute la promotion (2011-2012).

<<C'est à toutes ces personnes que je dédie ce modeste travail >>

AZROU Nacima

## RESUME

L'*Artemisia* est un des genres le plus répandu et le plus étudié de la famille des Astéracées où il comporte les deux espèces : l'*Artemisia campestris* L. et l'*Artemisia herba alba* Asso. Ce sont des plantes aromatiques et médicinales connue en Algérie sous le nom « dgouft » et « chih ». Elles poussent de façon spontanée dans les zones semi-arides et arides.

L'étude des caractéristiques physiologiques et biochimiques de ces plantes a montré une variabilité de ces paramètres en fonction des saisons.

La teneur en chlorophylles et caroténoïdes varie selon les saisons avec une plus grande teneur au Printemps pour les deux plantes.

Concernant les flavonoïdes nous avons enregistré une teneur élevée en Eté par rapport aux autres saisons. Lors de l'identification des tanins nous avons signalé la présence de tanins catechiques.

L'accumulation des composés organiques et inorganiques varie selon les saisons avec des teneurs élevées en période de stress (Hiver-Eté) pour la proline, sucres, protéine et sodium.

L'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques purs de l'*Artemisia campestris* L. et l'*Artemisia herba alba* Asso. ne révèle pas une grande sensibilité aux souches bactérienne et fongiques testées. Les meilleurs résultats sont observés au Printemps et en Eté avec un diamètre de 12 mm en été et au printemps pour l'*Artemisia herba alba* Asso et 10 mm au Printemps et 11 mm en Eté pour l'*Artemisia campestris* L.

**Mots clés :** *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, chlorophylles, flavonoïdes, tanins, proline, sodium, activité antimicrobienne.

## ABSTRACT

Artemisia is one of the most widespread and studied genera of the family Asteraceae where it includes both species: *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso. They are aromatic and medicinal plants known in Algeria under the name "dgouft" and "chih". They grow spontaneously in semi-arid and arid areas.

The study of the physiological and biochemical characteristics of these plants showed a variability of these parameters according to the seasons.

The chlorophyll and carotenoid content varies seasonally with a higher spring content for both plants.

Regarding flavonoids we recorded a high content in summer compared to other seasons. When identifying the tannins we reported the presence of catechinic tannins.

The accumulation of organic and inorganic compounds varies seasonally with high levels during stress (Winter-Summer) for proline, sugars, protein and sodium.

The antimicrobial activity of the pure methanolic extracts of *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso does not reveal a high sensitivity to the human strains tested. The best results are observed in spring and summer; a diameter of 12 mm in summer and spring for *Artemisia herba alba* Asso and 10 mm in spring and 11 mm in summer for *Artemisia campestris* L.

Key words: *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, chlorophylls, flavonoids, tannins, proline, sodium, antimicrobial activity.

## الملخص

الأرطماسيا هي واحدة من أكثر الأجناس انتشارا ودراسة من عائلة Asteraceae حيث تشمل كلا النوعين *Artemisia campestris* L. و *Artemisia herba alba* Asso. وهي نباتات عطرية وطبية معروفة في الجزائر تحت اسم "dgouft" و "chih" تنمو بشكل عفوي في المناطق شبه القاحلة والجافة.

وأظهرت دراسة الخصائص الفسيولوجية والبيوكيميائية لهذه النباتات تباين هذه المعلمات وفقاً للمواسم.

يختلف محتوى الكلوروفيل والكاروتينات موسمياً مع محتوى زنبركي أعلى لكل من النباتين.

فيما يتعلق بفلافونات الفلافونويد ، فقد سجلنا نسبة عالية في الصيف مقارنة بمواسم أخرى. عند تحديد التانينات أبلغنا عن وجود التانينات.catechinic.

يختلف تراكم المركبات العضوية وغير العضوية موسمياً مع مستويات عالية أثناء الإجهاد (الشتاء - الصيف) للبرولين والسكريات والبروتين والصوديوم.

إن النشاط المضاد للميكروبات لمستخلصات الميتالونيك النقي من الأرتميسيا *Artemisia campestris* L و *Artemisia herba alba* Asso لا يكشف عن حساسية عالية للسلاسل البشرية المختبرة. ولوحظت أفضل النتائج في الربيع والصيف. بقطر 12 مم في الصيف والربيع لأرطماسيا عشبة ألبا أسو و 10 ملم في الربيع و 11 ملم في الصيف لأرتميسيا. *campestris* L.

الكلمات المفتاحية: الأرتميشيا ، *campestris* L. ، أرتميسيا *herba alba* Asso ، chlorophylls ، flavonoids ، التانينات ، البرولين ، والصوديوم ، والنشاط المضاد للميكروبات ،

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>I</b>
<b>CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>3</b>
<b>1-1 Généralités sur les Astéraceae</b>	
1-1-1 Famille des Astéracées	3
1-1-2 Genre Artemisia	3
1-1-3 <i>Artemisia campestris</i> L.	3
1-1-3-1 Description botanique	3
1-1-3-2 Systématique de la plante	4
1-1-3-3 Intérêt thérapeutique	5
1-1-3-4 Intérêt pastoral	5
1-1-4 <i>Artemisia herba alba</i> Asso.	6
1-1-4-1 Description botanique	6
1-1-4-2 Systématique de la plante	6
1-1-4-3 Intérêt thérapeutique de l' <i>Artemisia herba alba</i> Asso	7
1-1-4-4 Intérêt pastoral de l' <i>Artemisia herba alba</i> Asso	7
1-1-4.5 Activités biologiques des espèces : <i>A. campestris</i> et <i>A. herba alba</i> .	8
1-1-4-1 Activité antioxydante	8
1-1-4-2 Activité antimicrobienne	8
<b>1.2. Stress abiotiques</b>	<b>9</b>
<b>1-2-1 Paramètres physiologiques</b>	<b>10</b>
1-2-1-1. Eléments minéraux	10
1-2-1-1-1. Sodium	10
1-2-1-1-2. Potassium	10
1-2-1-1-3. Magnésium	11
1-2-1-1-4. Calcium	11
1-2-1-1-5. Phosphore	12
1-2-1-1-6. Chlorure	12
1-2-1-2. Pigments végétaux	12
1-2-1-2-1. Chlorophylles	13
1-2-1-2-2. tanins	14
1-2-1-2-3. Caroténoïdes	15
1-2-1-2-4. Flavonoïdes	15
<b>1-2-2. Paramètres biochimiques</b>	<b>16</b>
1-2-2-1. Proline	16
1-2-2-2. Hydrates de carbone	16
1-2-2-3. Protéines	17

<b>CHAPITRE 2 : ETUDE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE</b>	<b>18</b>
<b>2-1 Etude géographique de la région de Djelfa</b>	<b>18</b>
2-1-1. Géologie et géomorphologie	19
2-1-2 Hydrogéologie	19
2-1-3 Pédologie	19
<b>2-2- Etude climatique de la région de Djelfa</b>	<b>19</b>
2-2-1 Indice d'aridité de De MARTONNE	20
2-2-2 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (1952)	20
2-2-3 Quotient Pluviothermique d'EMBERGER (1955)	20
2-2-4 Températures	21
2-2-5 Précipitations	22
2-2-6 Diagramme et quotient pluviothermique de la région de Djelfa	23
2-2-7 Climagramme d'Emberger de la wilaya de Djelfa	24
<b>CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES</b>	<b>25</b>
<b>3-1 Matériel végétal</b>	<b>25</b>
<b>3-2 Matériel biologique</b>	<b>26</b>
<b>3-3. Paramètres étudiés</b>	<b>26</b>
3-3-1. Paramètres biochimiques	26
3-3-1-1 Dosage des sucres	26
3-3-1-2. Dosage de la proline	28
3-3-1-3 Détermination des matières azotées totales	28
3-3-2. Paramètres physiologiques	29
3-3-2-1. Dosage de la chlorophylle	29
3-3-2-2 Dosage des caroténoïdes	30
3-3-2-3 Détermination des tanins	30
3-3-2-4 Dosage des flavonoïdes	30
3-3-2-5 Dosage des ions Na <sup>+</sup> et K <sup>+</sup>	31
<b>3-4 Test de l'activité antimicrobienne</b>	<b>31</b>
<b>3-5 Mode d'expression des résultats</b>	<b>32</b>
<b>CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>33</b>
<b>4-1 Paramètres physiologiques</b>	<b>33</b>
4-1-1 Chlorophylles	33
4-1-1-1 Teneur en chlorophylles des plantes par saison	33
4-1-1-2 Teneur en chlorophylles selon les espèces	34
4-1-2 Caroténoïdes	36
4-1-2-1 Teneur en caroténoïdes des plantes par saison	36
4-1-2-2 Teneur en caroténoïdes selon les espèces	37
4-1-3 Flavonoïdes	38
4-1-3-1 Teneur en flavonoïdes des plantes par saison	38
4-1-3-2 Teneur en flavonoïdes selon les espèces	40
4-1-4 Identification des tanins	42
4-1-5 Sodium	43
4-1-5-1 Teneur en sodium (Na <sup>+</sup> ) des plantes par saison	43
4-1-5-2 Teneur en sodium (Na <sup>+</sup> ) selon les espèces	45

4-1-6 Potassium (K <sup>+</sup> )	47
4-1-6-1 Teneur en potassium des plantes par saison	47
4-1-6-2 Teneur en potassium selon les espèces	48
<b>4-2 Paramètres biochimiques</b>	<b>50</b>
4-2-1 Sucres totaux	50
4-2-1-1 Teneur en sucres totaux des plantes par saison	50
4-2-1-2 Teneur en sucres totaux selon les espèces	51
4-2-2 Proline	53
4-2-2-1 Teneur en proline des plantes par saison	53
4-2-2-2 Teneur en proline selon les espèces	54
4-2-3 Protéines	55
4-2-3-1 Teneur en protéine des plantes par saison	55
4-2-3-2 Variation de la teneur en protéine selon les espèces	57
<b>4-3 Activité antimicrobienne des extraits méthalonique de l'<i>A. campestris</i> et l'<i>A. herba alba</i>.</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>64</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>80</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b>	Vue d'une touffe d' <i>Artemisia campestris</i> L.	4
<b>Figure 2 :</b>	Vue d'une touffe d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso.	6
<b>Figure 3 :</b>	Structure des chlorophylles (a) et (b) avec leur configuration.	14
<b>Figure 4 :</b>	Représentation géographique de la wilaya de Djelfa.	18
<b>Figure 5 :</b>	Températures moyennes de la région de Djelfa (Campagne 2012-2013).	21
<b>Figure 6 :</b>	Diagramme ombrothermique de la région de Djelfa (Campagne 2012-2013).	23
<b>Figure 7 :</b>	Climatogramme d'Emberger (Campagne 2012-2013).	24
<b>Figure 8 :</b>	Schéma illustratif de dosage des sucres	27
<b>Figure 9 :</b>	Dosage des flavonoïdes	31
<b>Figure 10 :</b>	Illustration de la méthode des aromagrammes	32
<b>Figure 11 :</b>	Variation du taux de chlorophylle des plantes par saison	33
<b>Figure 12 :</b>	Variation du taux de chlorophylle selon les espèces	35
<b>Figure 13 :</b>	Variation du taux des caroténoïdes des plantes par saison	36
<b>Figure 14 :</b>	Variation du taux des caroténoïdes selon les espèces	38
<b>Figure 15 :</b>	Variation de la teneur en flavonoïde des plantes par saison	39
<b>Figure 16 :</b>	Variation de la teneur en flavonoïdes selon les espèces	41
<b>Figure 17 :</b>	Détection des tanins (tanins catéchiques)	42
<b>Figure 18 :</b>	Variation du taux en sodium des plantes par saison	44
<b>Figure 19 :</b>	Variation de taux de sodium selon les espèces	46
<b>Figure 20 :</b>	Variation de la teneur en potassium des plantes par saison	47
<b>Figure 21 :</b>	Variation de la teneur en potassium selon les espèces	49
<b>Figure 22 :</b>	Variation de taux de sucre totaux des plantes par saison	50
<b>Figure 23 :</b>	Variation de la teneur des sucres totaux selon les espèces	52
<b>Figure 24 :</b>	Variation de la teneur en proline selon des plantes par saison	53
<b>Figure 25 :</b>	Variation de taux de proline selon les espèces	55
<b>Figure 26 :</b>	Variation de la teneur de protéines des plantes par saison	56
<b>Figure 27 :</b>	Variation de la teneur en protéines selon les espèces	57
<b>Figure 28 :</b>	Variabilité de l'activité antimicrobienne des méthalonique selon les espèces et les saisons	58

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Températures moyennes de la région de Djelfa (Campagne 2012-2013)	21
<b>Tableau 2 :</b> Précipitations moyennes mensuelles moyenne de la région de Djelfa (Campagne 2012-2013)	22
<b>Tableau 3 :</b> Antibiogramme des germes étudiés en comparaison avec certains antibiotiques	57

## LISTE DES ABREVIATIONS

ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques.

ATP : Adénosine-5'-triphosphate.

MF : matière fraîche.

MS : matière sèche.

nm : nanomètre.

pH : Potentiel hydrogène

## INTRODUCTION

Depuis des milliers d'années, l'Homme a su exploiter les richesses naturelles qui l'entouraient pour se nourrir et se soigner. C'est en consommant les baies, les feuilles et les racines des végétaux qui poussaient autour de lui et en observant les effets qu'ils avaient sur le bétail et sur lui-même qu'il a progressivement identifié les propriétés curatives des plantes. Sur chaque continent se sont ainsi développées différentes traditions. Basées sur un savoir empirique qui s'est transmis et enrichi au fil des générations [1].

Notre pays offre, grâce à sa situation géographique et son climat, des potentialités énormes vu la production végétale cultivée ou spontanée.

Les changements climatiques deviennent de plus en plus contraignants pour la croissance et le développement des plantes notamment dans les zones semi-arides et arides [2,3].

La variabilité du climat représente un stress pour les écosystèmes. Par conséquent, ces variations climatiques et la composition du milieu ont une influence sur la phénologie ainsi que sur les paramètres physiologiques et biochimiques des plantes, cet intérêt a suscité l'attention de nombreux chercheurs [4].

Un grand nombre d'armoise (environ 250 espèces) sont réparties à travers l'hémisphère Nord. Plus d'une dizaine d'espèces ont été déterminées en Algérie : certaines sont rares et disséminées en haut des montagnes ou cantonnées dans certaines limites ; d'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur de grandes étendues [5].

Parmi les espèces les plus connues de ce genre se trouvent : l' *Artemisia herba alba* Asso communément appelée "echih" et l'*Artemisia campestris*L. communément appelée "dgouft" ; ces deux plantes sont largement utilisées en phytothérapie. l'*Artemisia* a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs qui ont mené des études pour déterminer leurs compositions chimiques [6,7,8,9], ainsi que les propriétés biologiques [9,10, 11 ; 12].

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail dont l'objectif est d'étudier les paramètres physiologiques et biochimiques de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso.) comparées à ceux de l'armoise rouge (*Artemisia campestris* L.) durant leurs cycles en fonction des saisons afin de suivre les mécanismes d'adaptation vis-à-vis des conditions extrêmes du milieu.

Notre travail est réparti en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique.

- Le second décrit la région d'étude.
- La troisième partie comprend matériel et méthodes dont l'objectif porte sur :
  - ✓ Analyse de quelques paramètres physiologiques (chlorophylles, caroténoïdes, flavonoïdes, détermination des tanins, accumulation des ions  $K^+$  et  $Na^+$ ) afin de mettre en valeur le rôle des facteurs du milieu sur la modification de la physiologie de la plante.
  - ✓ Dosage de certains paramètres biochimiques (sucres solubles, proline, protéines) pour déterminer le rôle joué par ces derniers dans l'adaptation de la plante dans ces zones et lors d'un stress sévère.
  - ✓ Tester l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique brute d'*Artemisia campestris* L. contre certaines souches humaines les plus répandues et reconnues dangereuses notamment : (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*).
- Le quatrième chapitre est réservé aux résultats et discussion et nous achevons notre travail par une conclusion générale, des perspectives et recommandations à entreprendre dans nos futurs travaux de recherche.

## CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### I-1 Généralités sur les Asteraceae

#### I-1-1 Famille des Astéracées

La famille des Astéracées ou Composées est une importante famille de plantes dicotylédones qui comprend près de 15 000 espèces réparties en 1500 genres. Ce sont essentiellement des plantes herbacées même s'il peut exister des arbres, des arbustes ou des lianes dans cette famille.

Les Astéracées sont des plantes composées des petites fleurs réunies en capitule appelé une inflorescence [13].

#### I-1-2 Genre Artemisia

L'*Artemisia* est un des genres le plus répandu et le plus étudié de la famille des Astéracées ; il contient un nombre variable d'espèces allant jusqu'à 400 espèces [14].

Il a été rapporté que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les acides cafféoylquinic, les coumarines, les huiles essentielles, les stérols et les acétylènes [15].

Les espèces qui appartiennent au genre *Artemisia* possèdent des propriétés thérapeutiques, elles sont non seulement utilisées dans la médecine traditionnelle, mais aussi dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique [16].

#### I-1-3 *Artemisia campestris* L.

Noms communs : aurore des champs, aurore, armoise rouge [17].

Noms vernaculaires : degouft, tieredjeli, alala, tagouft, tagoug [17].

##### I-1-3-1 Description botanique

*Artemisia campestris* L., est une plante pérenne appartenant à la famille des composées ou Astéracées. Cette espèce se développe dans les montagnes du Sahara central, sur les hauts plateaux. Elle est présente du Maroc à la Libye (zone littorale de tripolitaine) [18 ; 19]. C'est une plante sous-frutescente à tiges ascendantes de 30 à 150 cm, les rameaux constituent une panicule. Les feuilles sont glabres vertes foncées, ses rameaux sont rougeâtres à capitules coniques ou ovales [18]. La plante ne contient que 3 à 8 fleurs de couleur jaunâtre bordées de rouge [20]. Cette espèce est caractérisée par son odeur agréable [18].

Le fruit est un akène généralement surmonté d'un pappus provenant du calice [21].



Figure 1 : Vue d'une Touffe d'*Artemisia campestris* L.

#### I-1-3-2 Systématique de la plante [22]

La plante *Artemisia campestris* est classée comme suit :

**Règne:** Plantae

**Sous règne:** Tracheobionta

**Embranchement:** Spermatophyta

**Sous embranchement:** Magnoliophyta

**Classe:** Magnoliopsida

**Sous classe:** Asteridae

**Ordre:** Asterales

**Famille:** Asteraceae

**Sous famille:** Asteroideae

**Genre:** *Artemisia*

**Espèce:** *Artemisia campestris* L.

### I-1-3-3 Intérêt thérapeutique

Dans le souci constant de se préserver des maladies ou de trouver des méthodes afin de se soulager des douleurs, les humains ont cherché à extraire de leur biotope des substances que ce soit pour les transformer ou les utiliser en l'état.

L'*Artemisia campestris* est une plante utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle pour traiter plusieurs maladies:

En usage local L'*Artemisia campestris* est utilisée pour traiter les troubles digestives, les ulcères et les douleurs menstruelles [23]. Celle-ci est également utilisée dans le traitement de diabète [24].

La partie aérienne est utilisée dans le traitement de brûlures, de la diarrhée, les morsures de serpents, les piqûres de scorpions, l'eczéma, la gastroentérite, la dysenterie, et le rhumatisme. Celle est utilisée également pour traiter les infections urinaires, la fièvre et la toux [25].

Les feuilles de l'*Artemisia campestris* sont largement utilisées en médecine traditionnelle en décoction pour leur sérum antivenimeux, anti-inflammatoire, anti-rhumatismal et des activités antimicrobiennes [10, 26,27].

Le criblage phytochimique de cette espèce a révélé la présence des tanins, des polyphénols, des flavonoïdes, des saponosides, des huiles essentielles et des minéraux [28].

La consommation journalière d'une décoction préparée à partir des tiges et feuilles d'*Artemisia campestris* permet de réduire les symptômes des troubles digestifs [29].

### I-1-3-4 Intérêt pastoral

L'Armoise rouge fournit un pâturage médiocre. Elle est broutée en période de disette en dernier recours par le cheptel exclusivement de caprins et de chameaux dans la région de Tamanrasset [30].

I-1-4 *Artemisia herba alba* Asso.

Nom commun : Armoise blanche, thym des steppes [17].

Nom vernaculaire : Chih-labyadh, ifsi, seri, abdelbel, azzere, zezzeri [17].

#### 1-1-4-1 Description botanique

L'Armoise blanche est une plante herbacée à tige ramifiées, de 30 à 50 cm, très feuillues. Les feuilles sont petites, sessiles, pubescentes et à aspect argenté. Les fleurs sont groupées en inflorescences, à capitules très petites (3/1.5 mm) et ovoïdes. L'involucre est bractées imbriquées, les extrêmes orbiculaires et pubescentes. Le réceptacle floral est nu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites [31].



Figure 2 : Vue d'une touffe d'*Artemisia herba alba* Asso.

#### 1-1-4-2 Systématique de la plante [32]

**Règne :** Plantae  
**Embranchement :** Spermaphytes  
**Sous embranchement :** Angiospermes  
**Classe :** Dicotylédones  
**Sous classe :** Gamopétales  
**Ordre :** Astrales  
**Famille :** Asteraceae ou compositae  
**Sous famille :** Asteroideae  
**Genre :** Artémisia  
**Espèce :** *Artemisia herba alba* Asso

#### 1-1-4-3 Intérêt thérapeutique de l'*Artemisia herba alba* Asso.

En Algérie l'*Artémisia herba alba* Asso. est connue sous le nom de "chih", elle est connue dans tous le pays pour ces propriétés médicinales, c'est une espèce qui est très utilisée en médecine traditionnelle [33].

La population locale l'utilise comme remède contre les maladies tel que diabète, les bronchites, diarrhées et aussi comme vermifuge [34].

L'extrait aqueux de cette plante a été testé sur des personnes diabétiques. En effet, le taux de glycémie a considérablement diminué chez la plupart des patients après la prise, Il n'a montré aucun effet secondaire [35, 36, 37].

L'huile essentielle de l'armoise blanche présente un effet sur le développement des champignons humains tels que *Aspergillus flavus*, *Geotrichum candidum*, *Aspergillus niger* et *Candida albicans*, elle s'est avérée comme un vrai inhibiteur de croissance de ces champignons [38].

#### 1-1-4-4 Intérêt pastoral de l'*Artemisia herba alba* Asso

Les steppes à armoise blanche recouvrent 3 millions d'hectares (en aire potentielle) [40]. La phytomasse de cette steppe en bon état de conservation est de l'ordre de 900 à 1100 Kg /ha [41].

Au Maghreb, l'armoise constitue un fourrage particulièrement intéressant. En effet, la plante présente un taux de cellulose plus au moins élevé. La matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11% de matière protéique brute dont 72% est constituée d'acides aminés. Le taux de carotène varie entre 1,3 et 7 mg/Kg selon les saisons [42].

En générale, l'inflorescence qui est très recherché par les ovins, ces organes produisent entre 5 et 10% de la phytomasse aérienne, et ont une forte valeur énergétique due à leur forte teneur en azote protéique [43].

#### 1-1-4. Activités biologiques des espèces.

En plus de l'utilisation dans la thérapie traditionnelle, les deux armoises ; rouge et blanche possèdent de nombreuses propriétés biologiques.

##### 1-1-4-1 Activité antioxydante

Parmi les activités biologiques des plantes médicinales ces dernières années [44], l'attention s'est portée sur l'activité antioxydante en raison du rôle qu'elle joue dans la prévention des maladies chroniques telles que les pathologies du cœur, le cancer, le diabète, l'hypertension, et la maladie d'Alzheimer en combattant le stress oxydant [45,46].

Il existe de nombreuses études qui montrent l'action antioxydante des extraits *A. campestris* [47,48]. La partie aérienne d'*Artemisia* possède des activités antioxydantes significatives. Elle renferme les flavonoïdes, les polyphénols et les tanins. Ces différents constituants exercent leurs actions antioxydantes en inhibant la production de l'anion superoxyde, l'hydroxyle, comme ils inhibent la peroxydation lipidique au niveau des microsomes [49].

##### 1-1-4-2 Activité antimicrobienne

Les activités antimicrobiennes rapportées de différentes espèces de la famille des *Astéracées*, sont principalement attribués à leurs composés les plus actifs, des polyphénols et des alcaloïdes [51].

L'extrait méthanolique brute d'*Artemisia* a montré un bon effet inhibiteur contre les bactéries Gram-positif seulement [52].

En outre *Artemisia* possède des propriétés antifongiques, KYEONG et *al.*, [53] ont étudié l'effet de l'extrait aqueux des racines d'*Artemisia campestris* sur des champignons de mycorhize, les résultats obtenus montrent que l'extrait aqueux possède un potentiel antifongique.

L'huile essentielle d'*Artemisia* contient une concentration élevée de  $\beta$ -pinène, l' $\alpha$ -pinène, germacrène D, le myrcène et le limonène, les terpènes, sont des substances ont des activités antitumorales contre plusieurs types de cancers humains, tels que le cancer du sein, le cancer du foie et du mélanome [54, 55,56].

AKROUT et *al.*, [50] ont constaté que les huiles essentielles, l'éthanol-eau et des extraits d'infusion d'*Artemisia campestris* L. peuvent inhiber la croissance de cellules humaines d'adénocarcinome.

## 1.2. Stress abiotique

Selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique, biochimique, et minéral [57,58,59].

Pour limiter les conséquences d'un stress osmotique, les cellules doivent mettre en place un dispositif permettant de maintenir l'absorption d'eau et de protéger les structures les plus sensibles à une déshydratation fatale, c'est le mécanisme de l'ajustement osmotique [60].

Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi l'augmentation du potentiel de turgescence [61].

Les principales substances accumulées en réponse aux stress osmotiques peuvent être des acides aminés (proline et alanine), des sucres (saccharose, tréhalose et fructane), des polyols (mannitol et pinitol), des ions quaternaires (bétaines, proline), des composés à groupement sulfonium tertiaire (diméthylsulphoniopropionate), ou encore des acides organiques (malate, glutamate et citrate).

## 1-2-1 Paramètres physiologiques

### 1-2-1-1. Eléments minéraux

L'apport d'éléments minéraux sont considérés comme essentiels pour la croissance et le développement des plantes, certains ayant un rôle dans la structure des composés tandis que d'autres sont impliqués dans des activités enzymatiques, ou comme un porteur de charge et osmorégulateur [62].

Les éléments essentiels sont traditionnellement subdivisés en deux catégories : les macroéléments et les microéléments ou oligoéléments. Une telle distinction est le reflet des concentrations relatives de ces éléments présents dans les tissus où des concentrations requises dans la confection des solutions nutritives [63].

Chaque élément joue un rôle dans une structure donnée ou dans une fonction spécifique. L'absence d'un élément essentiel se manifeste par l'apparition de symptômes biochimiques ou morphologiques liés à cette carence [64].

#### 1-2-1-1-1. Sodium

Dans le sens de la définition de NICHOLAS, [62], le sodium ( $\text{Na}^+$ ) est considéré comme un élément nutritif fonctionnel chez toutes les plantes [65].

Chaque fois que les sols sont salins et que la disponibilité en eau du sol est faible, un groupe diversifié de plantes appelés halophiles accumulent suffisamment de sels de  $\text{Na}^+$  dans les vacuoles afin de maintenir la turgescence [66, 67, 68, 69,70].

#### 1-2-1-1-2. Potassium

En tant que cation inorganique le plus abondant dans le cytoplasme ; le potassium est impliqué dans des fonctions cellulaires essentielles. Il a un rôle dans la neutralisation de la charge électrique nette des bio-molécules ; il permet le contrôle de la polarisation électrique de la membrane plasmique et maintient le potentiel osmotique intracellulaire constant [71].

Chez les plantes en liaison avec cette dernière fonction ; le potassium est impliqué dans le contrôle de la pression de turgescence et les fonctions connexes

élongation cellulaire ou mouvement cellulaire. Notons que le  $K^+$  joue un rôle, direct ou indirect, important dans la régulation d'activité enzymatique, la synthèse des protéines, le contrôle des échanges gazeux par la régulation de l'ouverture et la fermeture des stomates, la photosynthèse et l'homéostasie du pH cytoplasmique [72, 73,74].

#### 1-2-1-1-3. Magnésium

Le magnésium joue un rôle non seulement structurel mais aussi régulateur de plusieurs fonctions importantes. En tant qu'atome central, dans la porphyrine, de la molécule de la chlorophylle, il joue un rôle important dans la photosynthèse [75].

Il est également impliqué dans la formation des protéines (il est nécessaire à la stabilisation de la structure du ribosome), des sucres, des graisses et des vitamines. On lui attribue encore le rôle de co-facteur de plusieurs enzymes. En effet, il est important dans les réactions enzymatiques avec l'ATP d'une part son rôle dans la liaison de la molécule d'ATP avec le site actif de l'enzyme [76].

#### 1-2-1-1-4. Calcium

Le calcium ( $Ca^{++}$ ) a quatre attributs marquants comparé au magnésium ( $Mg^{++}$ ) [71]:

- L'activité ionique cytoplasmique est faible chez tous les eucaryotes étudiés.
- Il a une faible mobilité physiologique, qui se traduit par un faible taux d'accumulation, de transport de cellule à cellule et dans le phloème.
- Il y'a une exigence essentielle pour  $Ca^{++}$  à l'extérieur du protoplaste, sur la surface extérieure de la membrane plasmique et la paroi cellulaire.
- Le calcium ( $Ca^{++}$ ) semble avoir un rôle limité en tant que co-facteur enzymatique.

Contrairement à cette règle est l'observation que  $Ca^{++}$  est accumulée par les plantes, en particulier dans les feuilles où il peut être irréversiblement déposé dans des concentrations qui concurrencent avec ceux de  $K^+$ .

Physiologiquement, le calcium sert à éviter les dommages de la membrane cellulaire [77,78] ainsi que de retarder la sénescence et l'abscission [79]. Il renforce également la structure de la paroi cellulaire [77].

#### 1-2-1-1-5. Phosphore

Le phosphore appartient au groupe d'éléments minéraux importants pour le stockage d'énergie et dans le maintien de la structure des plantes.

Dans la plante il est sous forme  $\text{PO}_4^{3-}$  (phosphate), dans les tiges, les pétioles des feuilles et les zones en croissance active.

C'est un composant des acides nucléiques, des phospholipides et dans les molécules énergétiques telles l'ATP et le NADPH [80,81].

#### 1-2-1-1-6. Chlorure

Le chlore est un micronutriment essentiel pour les plantes supérieures. Il est surtout présent sous forme d'anion  $\text{Cl}^-$ . Le chlorure est un soluté majeur dans la vacuole et il est impliqué à la fois dans la turgescence, l'osmorégulation cellulaire et le fonctionnement du PSII (Ce complexe enzymatique est le premier à intervenir dans les réactions de la photosynthèse dépendante de la lumière en tant que co-facteur essentiel) [82].

Dans le cytoplasme, le chlorure peut réguler les activités d'enzymes clés. En outre, le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) agit également comme contre anion, et est impliqué dans la stabilisation du potentiel de membrane, la régulation des gradients de pH intracellulaire [83, 84, 85].

Le chlorure devient toxique pour les plantes en cas d'accumulation à des concentrations élevées dans le cytoplasme entraînant des déséquilibres de charge électrique cellulaire [85].

### 1-2-1-2. Pigments végétaux

Pour qu'un être vivant puisse utiliser l'énergie lumineuse, il doit être capable de l'absorber. C'est le rôle des pigments ; chaque pigment absorbe certaines longueurs d'ondes et en réfléchit d'autres [86].

Les principaux pigments végétaux sont les chlorophylles, les tanins, les flavonoïdes et les caroténoïdes.

#### 1-2-1-2-1. Chlorophylles

Les chlorophylles font partie d'un groupe de pigments tétrapyrroliques avec des fonctions et des éléments structuraux communs. Elles sont caractérisées par un isocycle à cinq membres et par la présence d'un atome de magnésium complexé en leur centre. On trouve ces pigments verts dans tous les organismes photosynthétiques, à savoir les photobactéries, les cyanobactéries, les algues et les plantes supérieures.

Les chlorophylles jouent un rôle biologique primordial dans la photosynthèse, durant laquelle l'énergie lumineuse du soleil est captée et canalisée. Vu l'importance de la photosynthèse, les chlorophylles sont aussi appelées « pigments de la vie »

Aujourd'hui, on dénombre plus de 50 chlorophylles différentes. Les plus répandues et également les plus étudiées sont les chlorophylles (a) et (b) ; les chlorophylles (c) et (d). Les bactériochlorophylles ont également été largement répertoriées.

#### ❖ Chlorophylle (a)

La plus répandue, est présente dans tous les organismes capables d'effectuer la photosynthèse aérobie (Figure 5).

La chlorophylle (a) est indispensable à la réalisation de la photosynthèse. Dans les feuilles de la plupart des plantes, elle représente environ les trois quarts de la teneur totale en chlorophylles [86].

### ❖ Chlorophylle (b)

Elle se différencie de la chlorophylle (a) par la présence d'un groupe formyl à la place d'un groupe méthyl en position C (7) (Figure 03).

La chlorophylle (b) n'est présente que dans les complexes jouant le rôle de capteurs d'énergie lumineuse, contrairement à la chlorophylle (a) qui est aussi impliquée dans les centres réactionnels.

Comme la chlorophylle (b) absorbe la lumière à des longueurs d'onde différentes de celles de la chlorophylle (a), elle lui est complémentaire. En effet, elle permet aux organismes qui la possèdent d'utiliser plus efficacement l'énergie lumineuse du soleil [87].

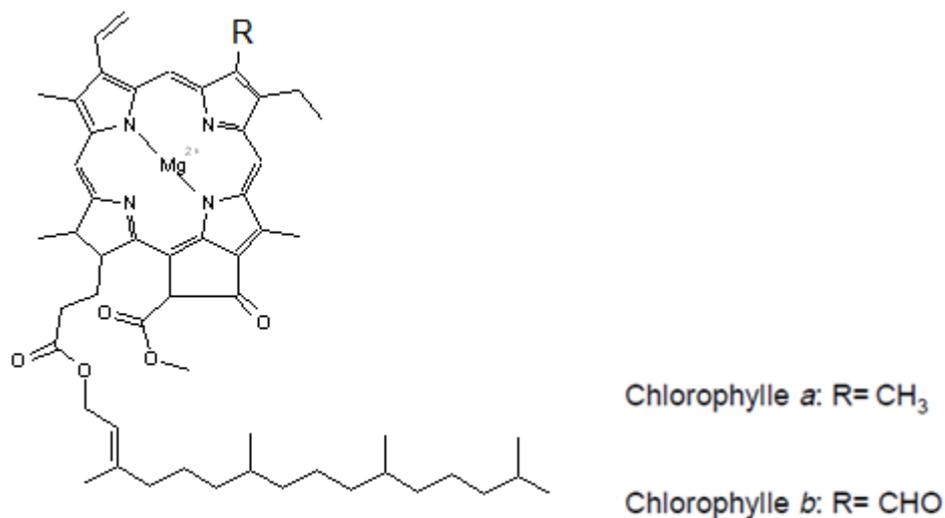


Figure 3 : Structure des chlorophylles (a) et (b) avec leurs configurations absolues [87].

### 1-2-1-2-2. Tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structure variée, de saveur astringente [89].

Les tanins sont très répandus dans le règne végétal, mais ils sont particulièrement abondants dans certaines familles comme les conifères, les

fagacées et les rosacées [90] .Ils peuvent exister dans divers organes notamment les racines , l'écorce, les feuilles, les fruits et les graines [91].

On distingue habituellement chez les végétaux supérieurs, deux groupes de tanins différents par leur structure ainsi que par leur origine biogénétique [92] ; il s'agit de :

- Les tanins hydrolysables
- Les tanins condensés

Grâce à leurs astringences, les tanins sont utilisés comme antidiarrhéiques, vasoconstricteurs et hémostatiques. Ils sont surtout utilisés comme protecteurs veineux dans le traitement des varices et hémorroïdes [89].

#### 1-2-1-2-3. Caroténoïdes

L'importance des caroténoïdes n'est pas seulement due a leurs propriétés colorantes, ils sont aussi très importants pour la santé. Ces composés sont source de vitamine (A) et sont des précurseurs de produits chimiques importants responsables de la saveur des aliments et le parfum des fleurs.

Ils présentent des activités biologiques importantes associées aux propriétés antioxydantes, telles que le renforcement du système immunitaire, réduisant le risque de maladies dégénératives comme le cancer, la prévention du risque de maladies cardio-vasculaires, la prévention de la dégénérescence maculaire, et de réduire le risque de la cataracte [93,94].

Les pigments caroténoïdes sont un groupe diversifié de composés lipophiles qui contribuent à la coloration jaune ou rouge de nombreux organes des plantes. Les types de caroténoïdes les plus courants sont : $\beta$  carotène, le lycopène, la lutéine et la zéaxanthine [95].

#### 1-2-1-2-4. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont synthétisés au niveau des feuilles, fleurs, fruits et des graines d'un grand nombre de végétaux.

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols [96]. Ils sont considérés comme des

pigments quasiment universels des végétaux, souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. À l'état naturel, les flavonoïdes se trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides [90,92]. On estime que 2 % environ du carbone organique photo-synthétisé par les plantes est converti en flavonoïdes [97].

Leur accumulation confère des avantages écologiques et physiologiques majeurs [98, 99, 100,101] ; ils participent activement à la coloration des fleurs et des fruits [99, 102].

Les flavonoïdes peuvent être subdivisés en plusieurs classes dont les plus importantes sont: les flavones, les isoflavandiol, les flavanols, les flavandiols, les aurones, les chalcones et les anthocyanins [103].

### 1-2-2. Paramètres biochimiques

#### 1-2-2-1. Proline

La proline est un acide aminé, synthétisée à partir de l'acide glutamique. Sa nature amphiphile lui permet des interactions particulières entre les structures hydrophobes des protéines et le milieu aqueux du cytoplasme.

Une forte concentration cytoplasmique de proline reste compatible avec les activités métaboliques de la cellule du fait de sa solubilité et de son absence de toxicité. Le métabolisme de la proline dépend des fluctuations du contenu relatif en eau des parties aériennes [104].

L'accumulation active de solutés tels que la proline entraîne une baisse du potentiel osmotique à des valeurs inférieures à celles du potentiel hydrique favorisant ainsi le maintien de la turgescence et permettant l'ouverture des stomates ainsi qu'une bonne activité physiologique [105,106].

De ce fait, la proline est considérée comme un indicateur métabolique de contrainte. Il est non spécifique (contrainte hydrique / thermique/ salin). Son accumulation est une caractéristique commune à de nombreuses monocotylédones soumises à un stress hydrique [107, 108, 109, 110,111].

### 1-2-2-2. Hydrates de carbonés

Les composés carbonés tels que les sucres solubles jouent un rôle important dans le développement et le fonctionnement des cellules vivantes. Ainsi, les sucres solubles constituent la source préférentielle d'énergie et de carbone pour les cellules eucaryotes. Chez les plantes, ils sont impliqués dans la régulation de processus de développement de l'embryon et de la graine [112], l'organogenèse post-embryonnaire [113] et les processus de sénescence [114].

De plus, des situations de stress, telles que la sécheresse, les fortes salinités, les faibles températures ou un excès d'énergie conduisent à une forte accumulation de sucres solubles, généralement interprétée comme une réponse adaptative [115,116], où les sucres jouent un rôle de soluté compatible, intervenant dans la stabilisation des protéines et des membranes [117,118].

### 1-2-2-3. Protéines

Les protéines jouent un rôle central dans la biochimie des cellules. La plus part des membranes renferment jusqu'à 50% de leur masse de protéines [63].

Les protéines de stress jouent un rôle dans l'adaptation de la plante et de ce fait de nombreux chercheurs abordent la résistance au stress par l'isolement et l'étude de ces molécules [119].

La chute du potentiel hydrique stimule non seulement le phénomène d'osmorégulation mais également l'inhibition ou la synthèse de nouvelles protéines [120]. Parmi elles les protéines LEA (Late Embryogenesis Abundant) qui assurent une protection de l'ensemble vitale des protéines cellulaires [121] et les protéines de choc thermique qui permettent un maintien des structures protéiques et membranaires de la cellule végétale [122].

## CHAPITRE 2

### ETUDE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE DE LA REGION

Les principaux facteurs influençant de façon significative sur la végétation sont le sol et le climat, ce sont des facteurs écologiques déterminant pour la croissance et le développement des plantes [122, 123].

#### 2-1 Etude géographique de la région de Djelfa

La wilaya de Djelfa, est située sur les hauts plateaux, dans la partie centrale du Nord Algérien à égale distance de ses frontières Est et Ouest. Elle est située à 300 km au Sud d'Alger, à 110 Km au Nord de Laghouat et 80 Km au Sud-Ouest de Bou Saâda [124]. La latitude Nord est à 34°40' et la longitude est à 03°15' [125]. Elle couvre une superficie de 32.256,35 km<sup>2</sup> (figure 4).

La wilaya de Djelfa se caractérise par un climat semi-aride à aride avec de très faibles précipitations et un fort pouvoir évaporant de l'air. Il s'agit d'une région à vocation pastorale mais où l'agriculture est néanmoins omniprésente [126].

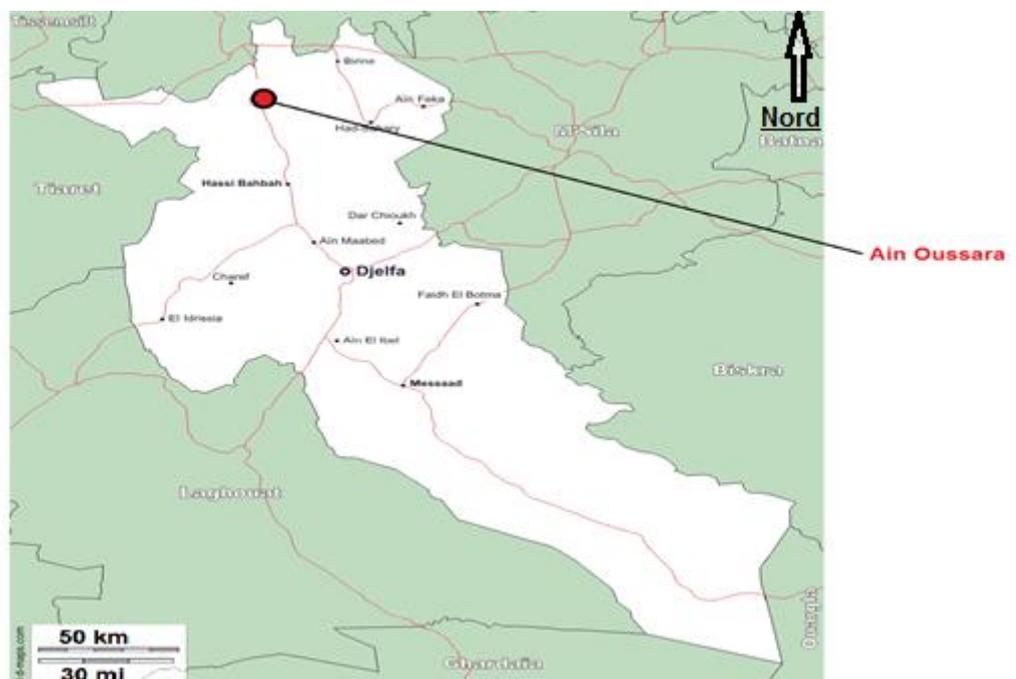


Figure 4 : Représentation géographique de la wilaya de Djelfa.

### 2.1.1. Géologie et géomorphologie

La région de Djelfa présente un substrat formé avec des roches calcaires du quaternaire, des dépôts d'argile, de graviers et du sable [127].

Elle se caractérise par la présence de trois principales formations : reliefs, dépressions et surfaces plus ou moins planes.

### 2.1.2 Hydrogéologie

Les plus importantes nappes d'eau sont localisées à Ain Ouessera, Birine et Zahrez dans la zone de Messaad. Un réseau d'oueds important draine l'eau de l'ensemble de la forêt. Il est une véritable source hydrique qui alimente la nappe phréatique en hiver [128].

### 2.1.3 Pédologie

Les sols de la région de Djelfa sont des sols fragiles et pauvres formés d'un dépôt hétérométrique variant de calcaire sablonneux à calcaire argileux, ils sont peu profonds allant de 0 à 20 cm [129].

Les sols de la région de Djelfa sont fragiles et pauvres. Les croûtes calcaires viennent souvent s'installer en surface. La quasi-totalité des sols se caractérisent par la richesse en calcaire et la pauvreté en matières organiques. Le pH est basique, la salinité se concentre surtout au bord des chotts. Cette fragilité et sensibilité est due à l'action de l'érosion [128].

## 2-2- Etude climatique de la région de Djelfa

La région de Djelfa est caractérisée par un climat sec et semi-aride avec l'existence de deux saisons, l'une sèche et chaude l'autre pluvieuse et froide. La pluviométrie est faible et irrégulière (< 350 mm/an) [130]. Les températures moyennes mensuelles sur la période 1985-2006 (20 ans) sont comprises entre 4.60°C durant l'Hiver et 26.56°C en Eté (Annexe 1).

Le régime des vents est caractérisé par une variation saisonnière des directions dominantes avec des vents pluvieux du Nord-Ouest et des vents secs et

chauds soufflant du Sud et ramenant des pluies orageuses et plus fréquentes pendant le mois de Juillet.

Les fortes valeurs d'insolation sont observées pendant la saison sèche avec un maximum de 321.70 heures au mois de Juillet. Durant la saison pluvieuse, l'insolation atteint un minimum de 168.87 heures en Décembre (Annexe 1) [129].

Afin de déterminer les caractéristiques climatiques de la région de Djelfa, les chercheurs ont suivi trois indices basés sur les principaux paramètres qui sont les températures et les précipitations dont le but de marquer la période sèche et l'étage bioclimatique de la région d'étude.

#### 2-2-1 Indice d'aridité de De MARTONNE

DERRAJI et *al.*, (2013), ont signalé que la première période (1913-1938) présentait un régime semi-aride à écoulement temporaire et à formation herbacée.

En revanche, dans la deuxième période la plus récente (1981-2011) l'aridité s'est accentuée présentant un régime à tendance désertique [131].

#### 2-2-2 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (1952)

La saison sèche à Djelfa dure 05 mois pour la période allant de 1913 à 1938. Actuellement, et durant les trois dernières décennies (1981-2011) (30 ans) la saison sèche est en moyenne de 06 mois et demi (de la mi-Mars à la fin Septembre). Nous remarquons que cette période s'est prolongée d'un mois et demi en dépit d'un Printemps déjà sec. Néanmoins, cette sécheresse ne reflète pas l'absence totale de pluies [131].

#### 2-2-3 Quotient Pluviothermique d'EMBERGER (1955)

Le climat de Djelfa est de type méditerranéen, située à la porte du Sahara algérien. La wilaya de Djelfa faisait partie durant la période (1913-1938) à un étage bioclimatique semi-aride à Hiver froid. Durant les trois dernières décennies (1980-2011), cette région se retrouve dans un étage bioclimatique aride à Hiver froid [131, 132].

### 2-2-4 Températures

Les données thermiques des températures moyennes mensuelles durant la campagne 2012/2013, sont représentées dans le tableau (1) et la figure (5).

Tableau 1 : Températures moyennes de la région de Djelfa  
(Campagne 2012-2013)

Mois	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mars	Avril
Max.(°C)	17.3	25.9	33	35.8	35.3	27.6	21.6	15.2	10.7	9.7	9.3	14.5	19.5
Min.(°C)	6.3	10.8	18.2	20.5	19.4	15.3	10.6	6.2	1.8	1.7	0.1	4.8	6.4
Moy.(°C)	11.5	19.3	26.1	28.6	28.3	21.2	15.8	10.7	6.1	5.7	4.7	9.7	13

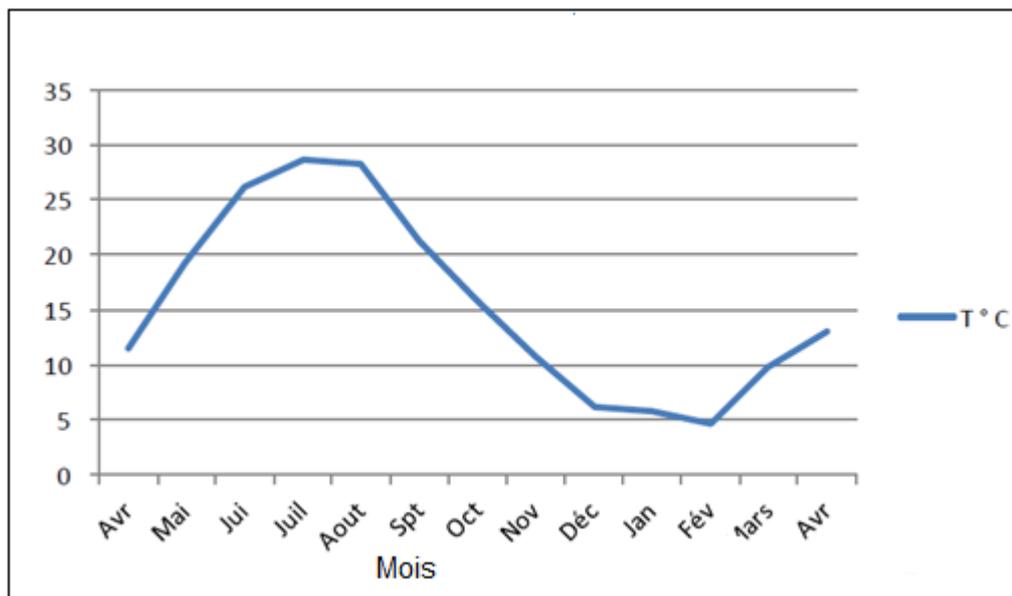


Figure 5 : Températures moyennes de la Wilaya de Djelfa  
(Campagne 2012/2013).

L'analyse de la figure (5) montre que le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température de 28.6°C. Le mois le plus froid est celui de Février, avec une température de 4.7°C.

### 2-2-5 Précipitations

Les données des précipitations moyennes mensuelles durant la campagne 2012/2013 sont représentées dans le tableau (2).

La répartition mensuelle des précipitations est irrégulière, avec un très faible taux pour le mois de juillet (1.7 mm) (tableau 2).

La période pluvieuse s'étale du mois d'Août à Novembre et de Janvier à Avril, avec un maximum de 48.8mm.

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Djelfa  
(Campagne 2012-2013)

Mois	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril
Précipitation (mm)	48.8	8.2	30.8	1.7	24.6	16.2	24.3	27.8	6.8	26.7	23.5	12.5	32.8

### 2-2-6 : Diagramme et quotient pluviothermique de la région de Djelfa :

Le diagramme pluviothermique de l'année 2012-2013 (Figure 6) ; montre que la période humide débute à partir de la fin du mois de Décembre à la fin du mois d'Avril. On enregistre deux mois secs à savoir Mars et Décembre. La période sèche s'étale de Mai à fin Octobre. Le mois de Juillet est le plus sec.

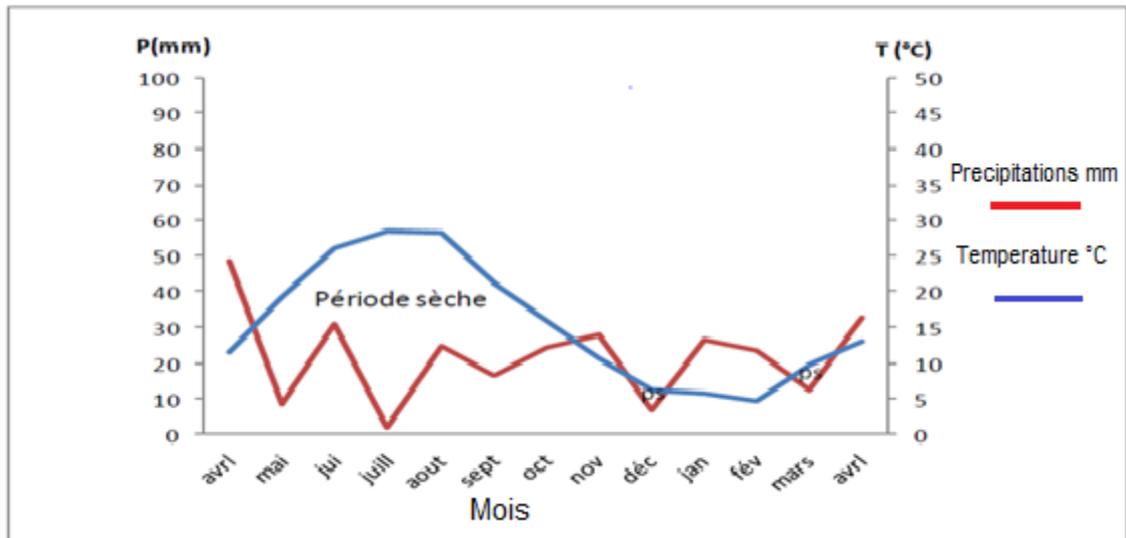


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de Djelfa (Campagne 2012-2013).

#### ➤ Quotient pluviométrique d'Emberger période (2012-2013)

- $Q = 3.43 \times P / (M - m)$
- $Q = 3.43 \times 284.7 / (35.8 - 0.1)$
- $Q = 27.29$ .

### 2-2-7 Climatogramme d'Emberger de la région de Djelfa

Emberger a élaboré un quotient climatique ( $Q_2$ ), celui-ci comporte les éléments du climat qui sont prépondérantes pour la végétation (températures et précipitations).

$$Q_2 = 3.43 * \frac{p}{M-m}$$

$Q_2$  : quotient pluviométrique

P : pluviosité moyenne annuelle (en mm)

M : moyenne des maximas

m : moyenne des minimas

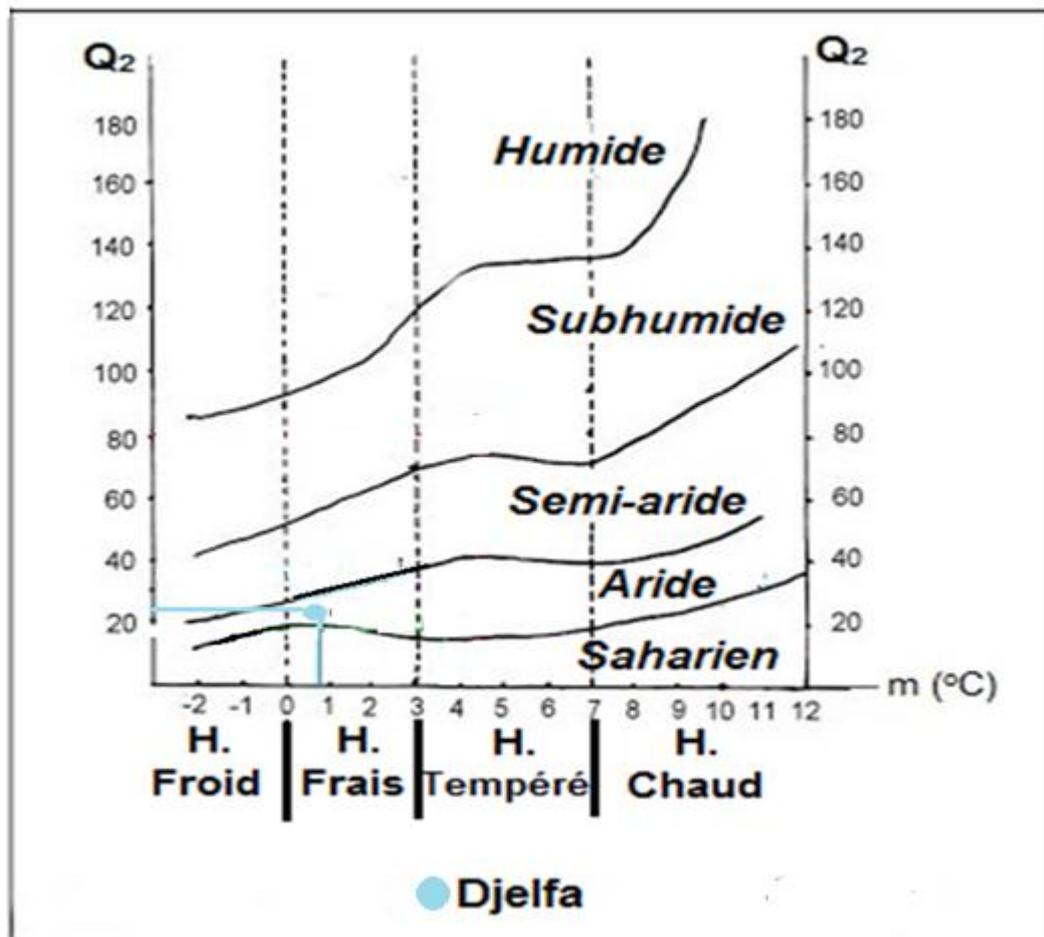


Figure 7 : Climatogramme d'Emberger  
(Campagne 2012-2013).

Selon le climatogramme d'Emberger période (2012-2013) la région de Djelfa se situe dans l'étage aride à hiver frais.

## CHAPITRE 3

### MATERIEL ET METHODES

Durant cette expérimentation, nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres physiologiques et biochimiques de l'*Artemisia campestris* L. et l'*Artemisia herba alba* Asso. Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de physiologie végétale au sein du département des Biotechnologies de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) à l'Université de Blida<sup>1</sup>.

La lecture des résultats du dosage des éléments minéraux a été effectuée suivant l'analyse spectrophotométrique par flux continue au niveau de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) de Blida.

Les tests de l'activité antimicrobienne ont été effectués au niveau de laboratoire d'hygiène de Blida.

#### 3-1 Matériel végétal

Le matériel végétal a été prélevé dans la zone de Ain Ouassara à Djelfa (hauts plateaux de l'Algérie).

L'étude a porté sur les phénophases de la plante durant trois saisons :

- Hiver (Février)
- Printemps (Avril)
- Eté (Juillet)

Nous avons retenu deux espèces d'*Artemisia*:

- *Artemisia campestris* L. : Armoise rouge ;
- *Artemisia herba alba* Asso. : Armoise blanche.

Le choix et les prélèvements des plantes sont faits d'une manière aléatoire dans des parcelles suffisamment étendues.

La partie aérienne de la plante a été séchée à l'ombre pendant quinze jours avant utilisation. Une autre partie de la plante est conservée fraîche pour l'analyse de quelques paramètres biochimiques et physiologiques. La conservation est faite

à l'abri de l'air dans des sacs en jutes humides au réfrigérateur à 4°C jusqu'à utilisation.

### 3-2 Matériel biologique

Nous avons réalisé des essais de l'activité antimicrobienne pour tester les vertus médicinales de *l'Artemisia campestris* et *l'Artemisia heba alba*. Les souches humaines utilisées ont été isolées par un biochimiste exerçant à l'établissement public hospitalier de Boufarik sur des patients hospitalisés.

Nous avons entrepris l'étude de l'activité antimicrobienne au niveau du laboratoire d'hygiène de Blida où tous les tests ont été réalisés.

### 3-3 Paramètres étudiés

En vue d'établir une étude comparative des deux plantes qui font l'objectif de travail de recherche; deux types de paramètres ont été étudiés :

- Les paramètres biochimiques ;
- Les paramètres physiologiques.

#### 3-3-1 Paramètres biochimiques

##### 3-3-1-1 Dosage des sucres

La méthode utilisée pour le dosage des sucres totaux est celle de DUBOIS (1956) [133], qui consiste en une macération de 100g de matière fraîche dans 2ml de l'éthanol à 80% de concentration (figure 8).

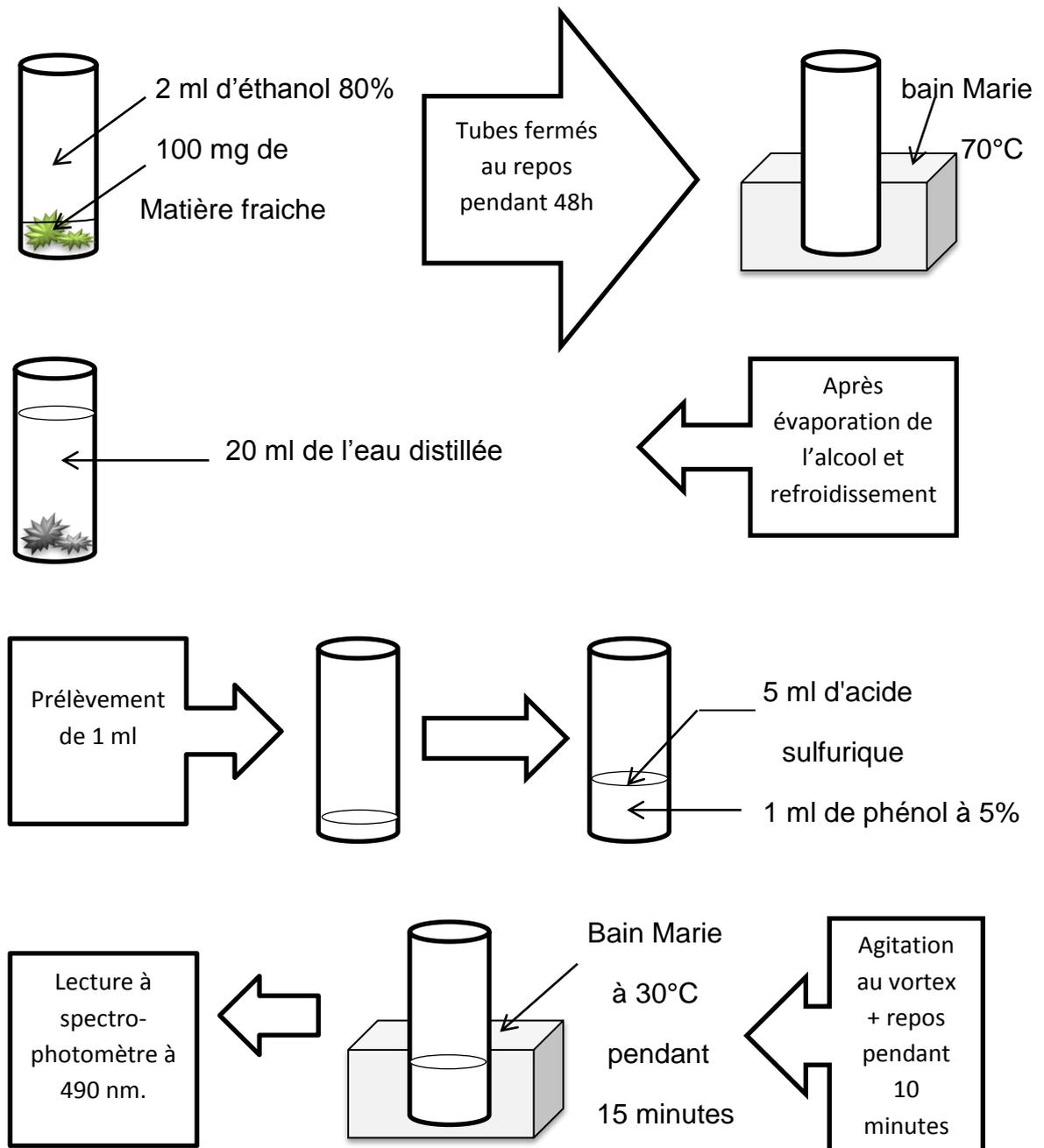


Figure 8 : Schéma illustratif de dosage des sucres.

La détermination de la teneur en sucres totaux est réalisée selon la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux } (\mu\text{g /g MF}) = \text{Do (490)} \times 1,657$$

### 3-3-1-2 Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par TROLL et LINDSELEY,(1955) [134], simplifiée et mise au point par GORING (1974) et modifiée par MONNEVEUX et NEMMAR, (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique (Annexe 2).

La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré, l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de la proline dans l'échantillon.

La teneur en proline est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{Do (528)} \times 0.6$$

### 3-3-1-3 Détermination des matières azotées totales

L'azote total (MAT) est dosé par ma méthode KJELDAHL, (1883) [135] qui comprend la minéralisation et la distillation (Annexe 3).

La détermination de l'azote total et la teneur des matières azotées totales (MAT) est réalisée selon les formules suivantes :

$$N(g) = X.0,0007.100/Y.200/A$$

X : Volume descend de la burette (ml).

Y : Poids de l'échantillon.

A : Volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N (g) \times 6.25$$

### 3-3-2 Paramètres physiologiques

#### 3-3-2-1 Dosage des chlorophylles

Le dosage des chlorophylles est réalisé selon la méthode FRANCIS *et al.*, [131]. Il consiste en une macération de 100 mg de tissus foliaires dans un mélange d'acétone et d'éthanol (75% et 25%) de volume soit 80% et 40% de concentration). Les feuilles sont fragmentées et mises dans des tubes à essai fermés et recouverts par du papier aluminium pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière. Les tubes sont ensuite mis au repos pendant 48 heures à la température ambiante.

Après 48 heures on procède à la lecture des densités optiques (DO) des solutions avec un spectrophotomètre ; à deux longueurs ; 645 nm pour la chlorophylle (a) et 663 nm pour la chlorophylle (b) La détermination des teneurs en chlorophylle se calcule selon les formules suivantes :

$$\text{Chl (a) } (\mu\text{g/g MF}) = [12,7 \times \text{Do (663)} - 2,59 \times \text{Do (645)}] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Chl (b) } (\mu\text{g/g MF}) = [22,9 \times \text{Do (645)} - 4,68 \times \text{Do (663)}] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Chl (a+b) } (\mu\text{g/g MF}) = \text{Chl(a)} + \text{Chl(b)}$$

V: volume de la solution extraite

W: le poids de la matière fraîche.

### 3-3-2-2 Dosage des caroténoïdes

Le dosage des caroténoïdes est similaire à celui de la chlorophylle avec une longueur d'onde plus faible de 470 nm. Le calcul s'effectue comme suit :

$$\text{Caroténoïdes (mg/ml)} = [(1000 \times Do(470) - (1,82 \times chl\ b) + (85,02 \times chl\ b))] / 198$$

### 3-3-2-3 Détermination des tanins

Les tanins sont déterminés par la méthode SARKER, [132], cette dernière nécessite la préparation au préalable d'un extrait méthanolique (Annexe 4).

Dans une série de tubes nous mettons 1ml de cet extrait et nous ajoutons 1ml d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  à 1%, cette fraction permettra de détecter la présence ou l'absence de tanins. La couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques.

### 3-3-2-4 Dosage des flavonoïdes

L'estimation des flavonoïdes totaux dans l'extrait de la plante a été effectuée en utilisant le procédé de (DJERIDANE et *al.*) [137]. Afin d'établir la courbe d'étalonnage, la quercétine est utilisée comme standard (figure 9 et Annexe 5).

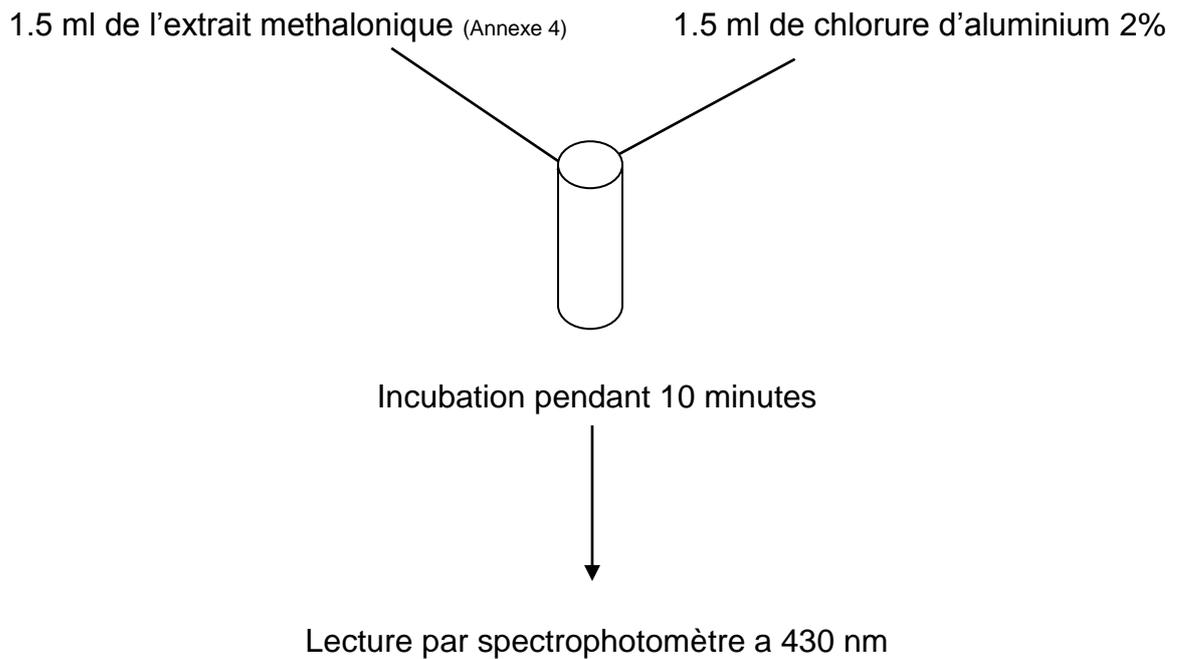


Figure 9 : Dosage des flavonoïdes.

#### 3-3-2-5 Dosage des ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>

Nous avons utilisé la méthode de minéralisation par calcination de la poudre végétale décrite par AFNOR, [138]. Le principe consiste à éliminer toute la matière organique par des dégradations thermiques et de mettre en solution l'élément à doser (Annexe 6).

La lecture des résultats du dosage des éléments minéraux a été effectuée suivant l'analyse spectrophotométrique par flux continue.

#### 3-4 Test de l'activité antimicrobienne

Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques bruts de la plantule, nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu gélosé (antibiogramme). Les extraits méthanoliques d'*Artemisia campestris* et d'*Artemisia herba alba* suivis durant les trois saisons étudiées ont été testés en utilisant le test du disque de papier conventionnel (BAUER et al. 1966) (Annexe 7).

Les souches utilisées pour repérer l'activité antibactérienne des extraits d'*Artemisia campestris* L. et d'*Artemisia herba alba* Asso sont : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, et *Pseudomonas aeruginosa*.

Les tests ont été répétés deux fois, des disques imprégnés de méthanol sont aussi utilisés (témoins négatifs), et des disques d'antibiotiques sont utilisés comme témoins positifs. L'activité antimicrobienne est déterminée à l'aide d'une règle mesurant le diamètre de la zone d'inhibition.

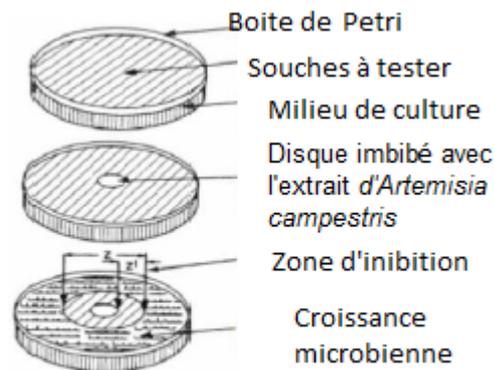


Figure 10 : Illustration de la méthode des aromatochromes [140].

### 3-5 Mode d'expression des résultats

Les résultats obtenus pour chaque paramètre, ont fait l'objet d'une analyse de la variance réalisée avec le logiciel SPSS Statistiques version 20. Le test utilisé est celui de MANOVA qui permet de distinguer les résultats des probabilités de la manière suivante :

$P > 0.05$  : Non significatif.

$P < 0.05$  : Significatif.

$P < 0.01$  : Hautement significatif.

$P < 0.001$  : Très hautement significatif.

La moyenne et l'écart type ont été calculés par Excel 2010.

## CHAPITRE 4

### RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse physiologique et biochimique des deux espèces étudiées d'*Artemisia* sont confirmés par une analyse statistique.

En effet, l'analyse de la variance du test MANOVA au seuil 5% montre les variations des teneurs obtenues selon les saisons (Hiver, Printemps, Été).

Une comparaison a été réalisée entre les deux espèces étudiées (*Artemisia herba alba* Asso. et *Artemisia campestris* L.) (Annexe 8) et les plantes (Annexe 9).

#### 4-1 Paramètres physiologiques

##### 4-1-1 Chlorophylles

La teneur en chlorophylles varie selon les saisons et les espèces.

##### 4-1-1-1 Teneur en chlorophylles des plantes par saison

L'analyse de la variance du test MANOVA au seuil 5%, montre que la teneur en chlorophylles varie selon les saisons pour les deux plantes (*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris*). Un effet significatif a été enregistré (figure 11 et Annexe 8).

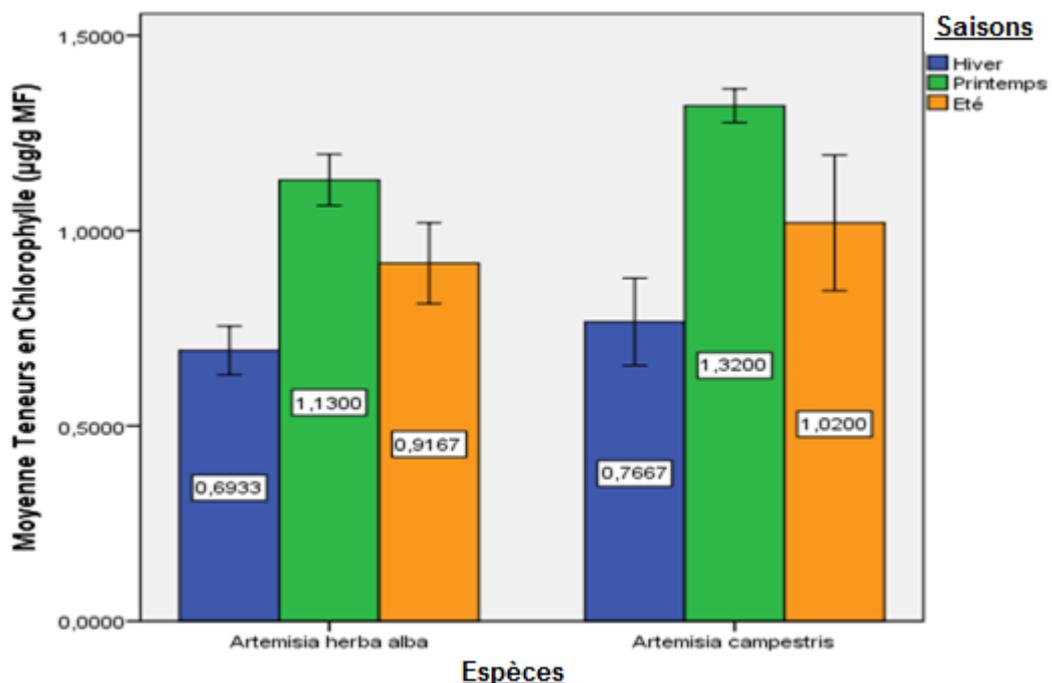


Figure 11 : Variation du taux de chlorophylles

(Hiver, Printemps, Été)

Il est à remarquer que le taux de chlorophylles le plus élevé se situe en période printanière avec une moyenne de 1,13 ( $\mu\text{g/g MF}$ ) pour l'*Artemisia herba alba* et 1.32 ( $\mu\text{g/g MF}$ ) pour l'*Artemisia campestris* où les plantes étaient en pleine végétation. Notons aussi que les taux les plus faibles ont été enregistrés en Hiver avec une moyenne de 0,69 ( $\mu\text{g/g MF}$ ) et 0.02 ( $\mu\text{g/g MF}$ ) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris*.

La teneur en chlorophylles par rapport aux deux espèces d'*Artemisia* varie selon les saisons, les résultats montrent que la variation de la photopériode joue un rôle très important dans la photosynthèse chez les végétaux.

Aux faibles éclairagements, la photosynthèse est très peu active et les échanges gazeux (respiratoires) sont plus importants que les échanges photosynthétiques [141].

L'intensité de la photosynthèse est contrôlée simultanément par divers facteurs environnementaux (éclairage, température, teneur de l'air en  $\text{CO}_2$  et en  $\text{O}_2$ ) [142].

En Eté, malgré que le nombre d'heures d'éclairément augmentent, la teneur en chlorophylles diminue considérablement, ceci peut s'expliquer par le problème de stress hydrique et/ou de salinité rencontré dans la région de Djelfa où nous enregistrons des précipitations très faibles de 1.7 mm en mois de Juillet.

D'une manière générale, la salinité et la sécheresse réduisent le mécanisme de la photosynthèse et par conséquent les échanges qui se traduisent par la diminution de l'activité photochimique [143, 144, 145, 146].

En effet, la perte en eau est due au stress et se traduit par la fermeture des stomates qui est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique [147]. Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse [148]. Cette situation a pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du  $\text{CO}_2$  et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le  $\text{CO}_2$  [149].

#### 4-1-1-2 Teneur en chlorophylles par espèce

Le test MANOVA au seuil 5%, montre une différence significative entre les deux espèces d'*Artemisia* ; *Artemisia campestris* et *Artemisia herba alba* durant les saisons. Les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 12 et l'Annexe 9.

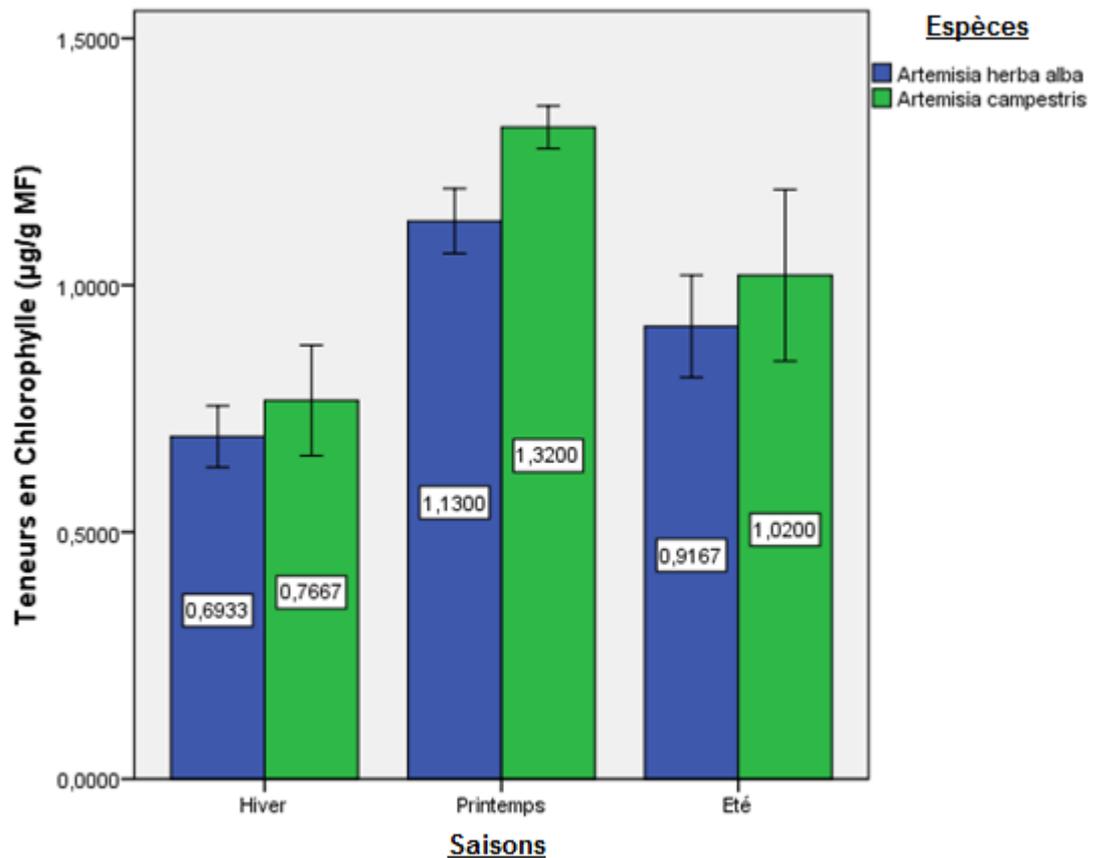


Figure 12 : Variation du taux de chlorophylles selon les espèces.

Nous remarquons que l'*Artemisia campestris* présente des taux de chlorophylles importants en comparaison avec ceux de l'*Artemisia herba alba* durant les trois saisons avec une prédominance au Printemps où nous enregistrons 1,32 (µg/g MF) et 1.13 (µg/g MF) respectivement pour l'*Artemisia campestris* et l'*Artemisia herba alba*. Les plus faibles taux se retrouvent durant la période hivernale avec 0.77 (µg/g MF) et 0.69 (µg/g MF) respectivement pour l'*Artemisia campestris* et l'*Artemisia herba alba*. Cette différence d'accumulation de chlorophylles entre les deux plantes peut s'expliquer par leur aptitude à s'adapter au milieu.

L'ensemble des teneurs en chlorophylles montrent qu'il existe une grande variabilité entre les deux espèces d'*Artemisia*.

En effet, les faibles taux de chlorophylles dans les feuilles de l'*Artemisia herba alba* en comparaison avec ceux de l'*Artemisia campestris*, peut s'expliquer par la différence de la surface foliaire, où nous avons observé que cette dernière est plus restreinte chez l'*Artemisia herba alba* comparée à l'*Artemisia campestris*.

NIEVES et al. [148] ont montré que la réduction de la teneur foliaire en chlorophylles est liée à la forte concentration du chlore et/ou du sodium.

#### 4-1-2 Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes varie selon les deux espèces étudiées et durant les phénophases de la plante.

##### 4-1-2-1 Teneur en caroténoïdes des plantes par saison

Les prélèvements des plantes ont été effectués durant les trois saisons (Hiver, Printemps, Été).

L'analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes a montré une différence significative selon le test MANOVA au seuil 5% (figure 13 et Annexe 8).

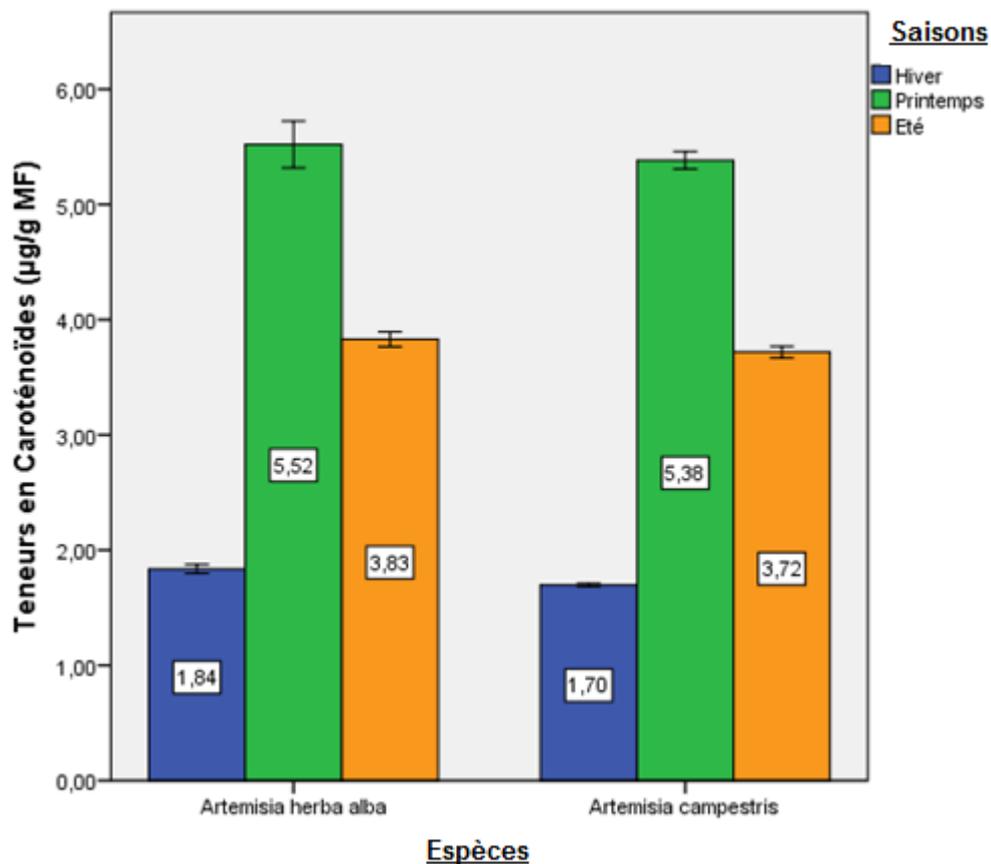


Figure 13 : Variation du taux des caroténoïdes  
(Hiver, Printemps, Été).

Les résultats enregistrés pour la teneur en caroténoïdes sont similaires à ceux trouvés pour la teneur en chlorophylles. En effet, les quantités les plus élevées en caroténoïdes sont enregistrées au Printemps avec une teneur moyenne de 5.52 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour *l'Artemisia herba alba* et de 5.38 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour *l'Artemisia campestris* comparées à la saison hivernale où les plantes

présentent une quantité de caroténoïdes plus faible avec 1.84 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) et de 1.70 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) respectivement pour *l'Artemisia herba alba* et *l'Artemisia campestris* (figure13).

Les pigments caroténoïdes sont un groupe diversifié de composés lipophiles qui contribuent à la coloration jaune ou rouge de nombreux aliments [95].

Chez les plantes, ce sont des pigments complémentaires (transmetteur d'énergie) de la photosynthèse, qui présentent deux principaux rôles [150]. :

- ✓ Collecteur de lumière (transfert à la chlorophylle de l'énergie lumineuse qu'ils absorbent dans les gammes du spectre situées entre le violet et le rouge).
- ✓ Photoprotecteur (récupération de l'énergie de la chlorophylle en particulier en cas d'excès de lumière et d'ombre).

#### 4-2-2 Teneur en caroténoïdes selon les espèces

Les deux espèces d'*Artemisia* ont enregistré une synthèse importante en caroténoïdes pendant la période printanière.

L'analyse de la variance MANOVA au seuil 5% (figure 14 et Annexe 9) de la teneur en caroténoïdes a montré une différence significative entre les espèces testées.

Il est à remarquer que les résultats d'analyse de la variance montrent que les teneurs en caroténoïdes de *l'Artemisia herba alba* sont plus élevées que celles de *l'Artemisia campestris* durant les trois saisons (figure 14).

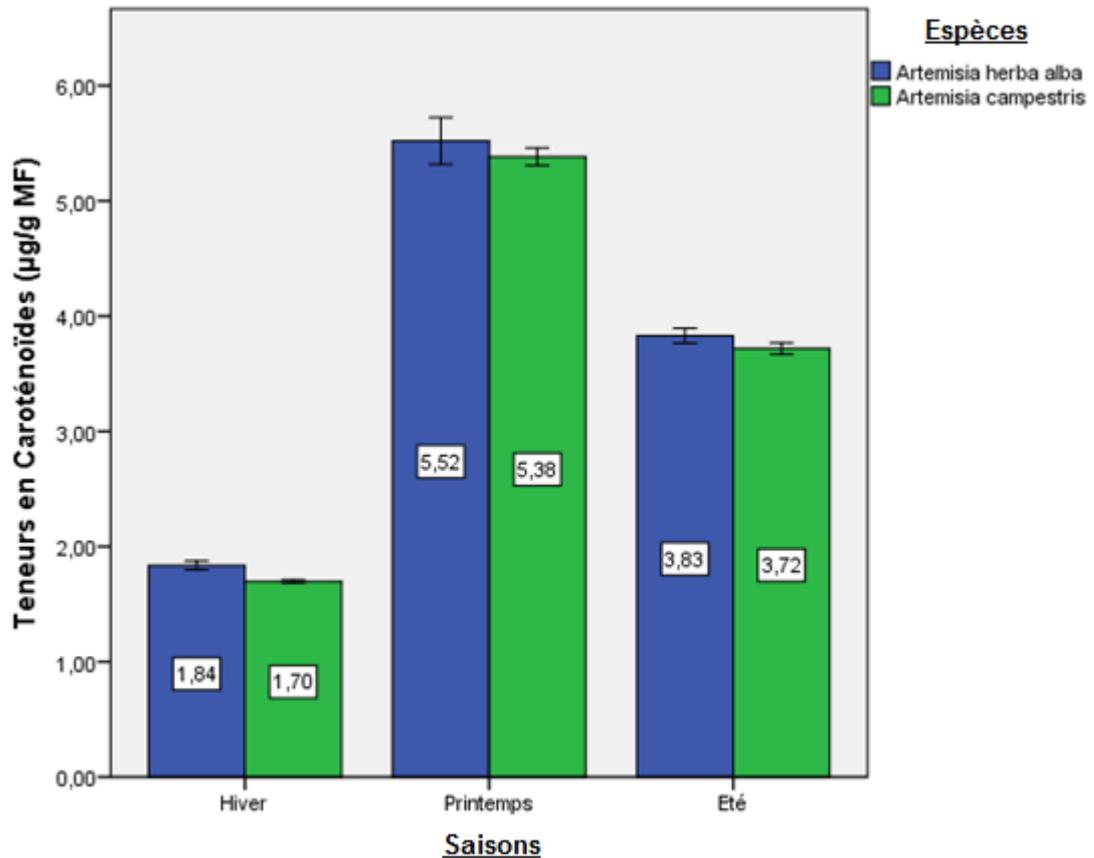


Figure 14 : Variation du taux des caroténoïdes selon les espèces.

Les meilleurs résultats sont enregistrés au printemps avec 5.52 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) et 5.38 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour l'*Artemesia herba alba* et l'*Artemesia campestris* respectivement. Les plus faibles taux sont enregistrés en Hiver avec 1.84  $\mu\text{g/g}$  de MF et 1.70  $\mu\text{g/g}$  de MF pour l'*Artemesia herba alba* et l'*Artemesia campestris* respectivement.

Cette différence peut s'expliquer par le cycle annuel de développement des deux *Artemesia* qui se caractérise par une période de repos hivernal où la plante entre en dormance d'où cette réduction ; et une période de végétation active printanière avec une augmentation des caroténoïdes.

#### 4-1-3 Flavonoïdes

##### 4-1-3-1 Teneur en flavonoïdes des plantes par saison

La teneur en flavonoïdes des plantes varie en fonction des saisons.

Le résultat de ce paramètre est confirmé par l'analyse de la variance du test MANOVA au seuil 5%. Une différence significative est signalée (figure 15 et Annexe 8).

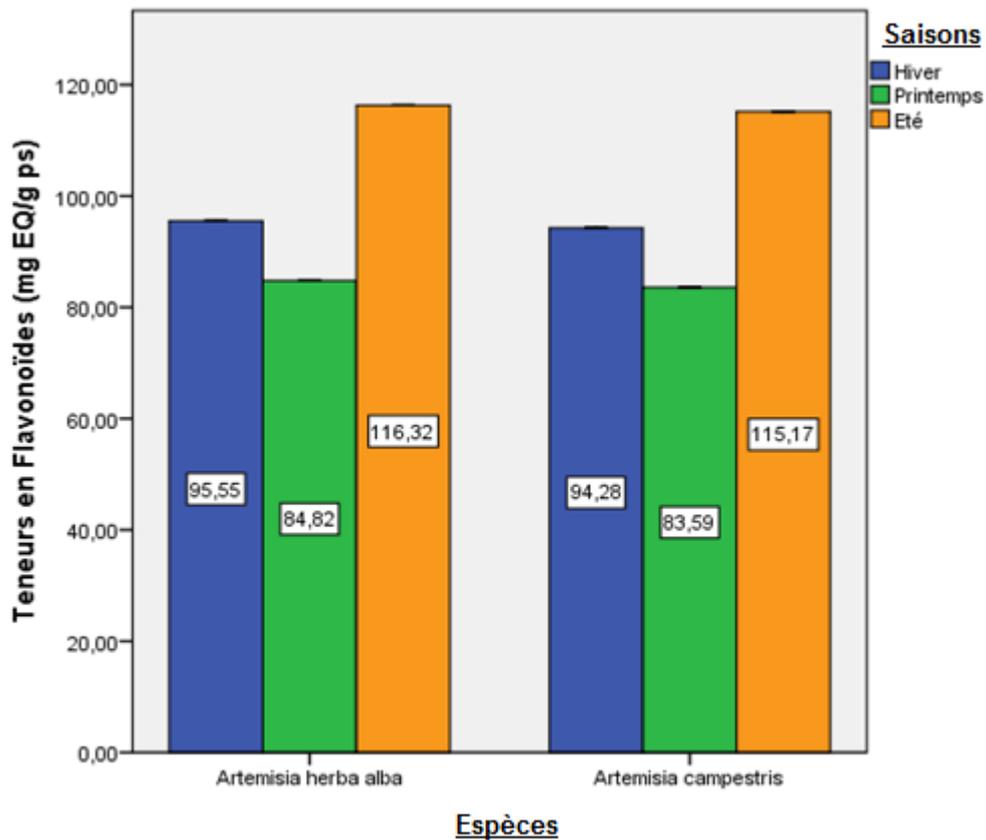


Figure 15 : Variation de la teneur en flavonoïde  
(Hiver, Printemps, Eté).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que durant la période estivale les plantes montrent un taux plus élevé en flavonoïdes avec des teneurs de 116.32 (mg EQ/g Ps) et 115.17 (mg EQ/g Ps) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris*. Durant la période hivernale les teneurs moyenne sont plus faibles, ou enregistre de 95.55 (mg EQ/g Ps) et 94.28 (mg EQ/g Ps) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia*. La période printanière montre une certaine stabilité avec des valeurs plus proches pour les deux espèces étudiées (figure 15).

Les flavonoïdes sont synthétisés au niveau des feuilles, des fleurs, des fruits, et des graines d'un grand nombre de végétaux. Leur accumulation confère des avantages écologiques et physiologiques majeurs [108, 109, 110,111]. On estime que 2 % environ du carbone organique photo-synthétisé par les plantes, est converti en flavonoïdes [107].

KARABEGOVIĆ et al., [150] ont dosé les flavonoïdes chez l'armoise durant la saison estivale par trois techniques, ils ont obtenu :  $102.5 \pm 6.2$  (mg EQ/g Ps) avec la méthode extraction par ultrason,  $104.5 \pm 3.8$  (mg EQ/g Ps) avec la méthode et extraction par le Soxhlet et  $118 \pm 3.0$  (mg EQ/g Ps) par l'extraction classique.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation sont proches de ceux de KARABEGOVIĆ et al., [150] ou nous avons utilisé la méthode classique.

En effet, nous avons enregistré un taux moyen en flavonoïdes dans les feuilles durant la période estivale avec  $116.32$  (mg EQ/g Ps) et  $115.17$  (mg EQ/g Ps) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris* comparé à  $118 \pm 3.0$  (mg EQ/g Ps) obtenu par la même technique d'extraction classique [154].

#### 4-1-3-2 Teneur en flavonoïdes selon les espèces

La teneur en flavonoïdes varie selon les plantes durant les trois saisons (Hiver, Printemps, Été). L'analyse de la variance de la teneur en flavonoïdes a montré une différence significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%, les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 16 et Annexe 9.

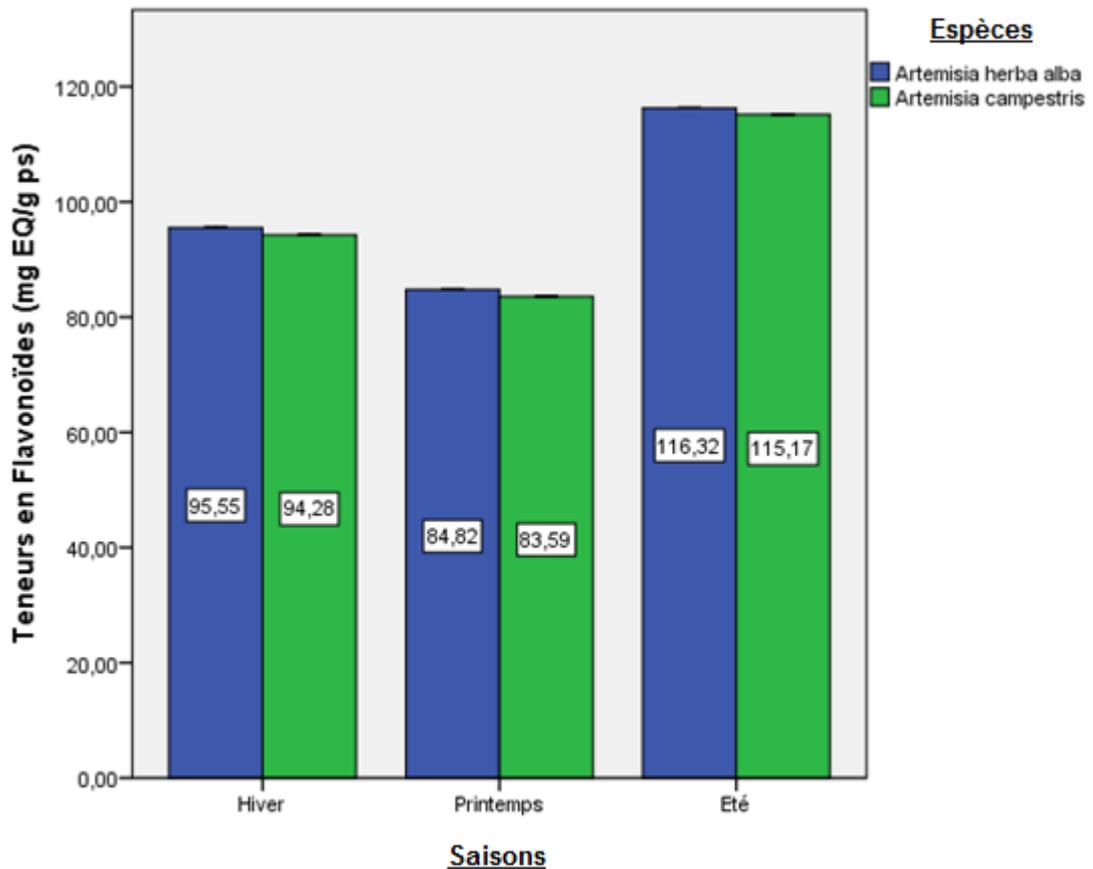


Figure 16 : Variation de la teneur en flavonoïdes selon les espèces.

Nous remarquons que les teneurs en flavonoïdes sont très rapprochées pour les deux espèces d'*Artemisia* (figure 16). L'*Artemisia herba alba* possède une légère augmentation durant les saisons avec des taux de 116.32 (mg EQ/g Ps) en Été suivi par 95.55 (mg EQ/g Ps) en Hiver et 84.82 (mg EQ/g Ps) au Printemps ; par rapport à ceux qui sont enregistré pour l'*Artemisia campestris* avec 115.17 (mg EQ/g Ps) en Été suivi par 94.28 (mg EQ/g Ps) en Hiver et 83.59 (mg EQ/g Ps) au Printemps.

Les flavonoïdes agissent dans les systèmes de défense des cellules végétales en réponse à certains stress tels que les radiations ultra violettes. Ce sont également des inhibiteurs d'enzymes, des agents chélatants des métaux nocifs aux plantes. De plus, ils sont impliqués dans la photo-sensibilisation et les transferts d'énergie, la morphogenèse, la photosynthèse et la régulation des hormones de croissance des plantes [153].

#### 4-1-4 Identification des tanins

Les résultats obtenus après l'ajout du chlorure d'aluminium aux extraits méthanoliques des deux espèces d'*Artemisia* prélevées durant les trois périodes saisonnières montrent l'apparition de la couleur brune verdâtre qui détermine la présence de tanins catéchiques (figure 17).

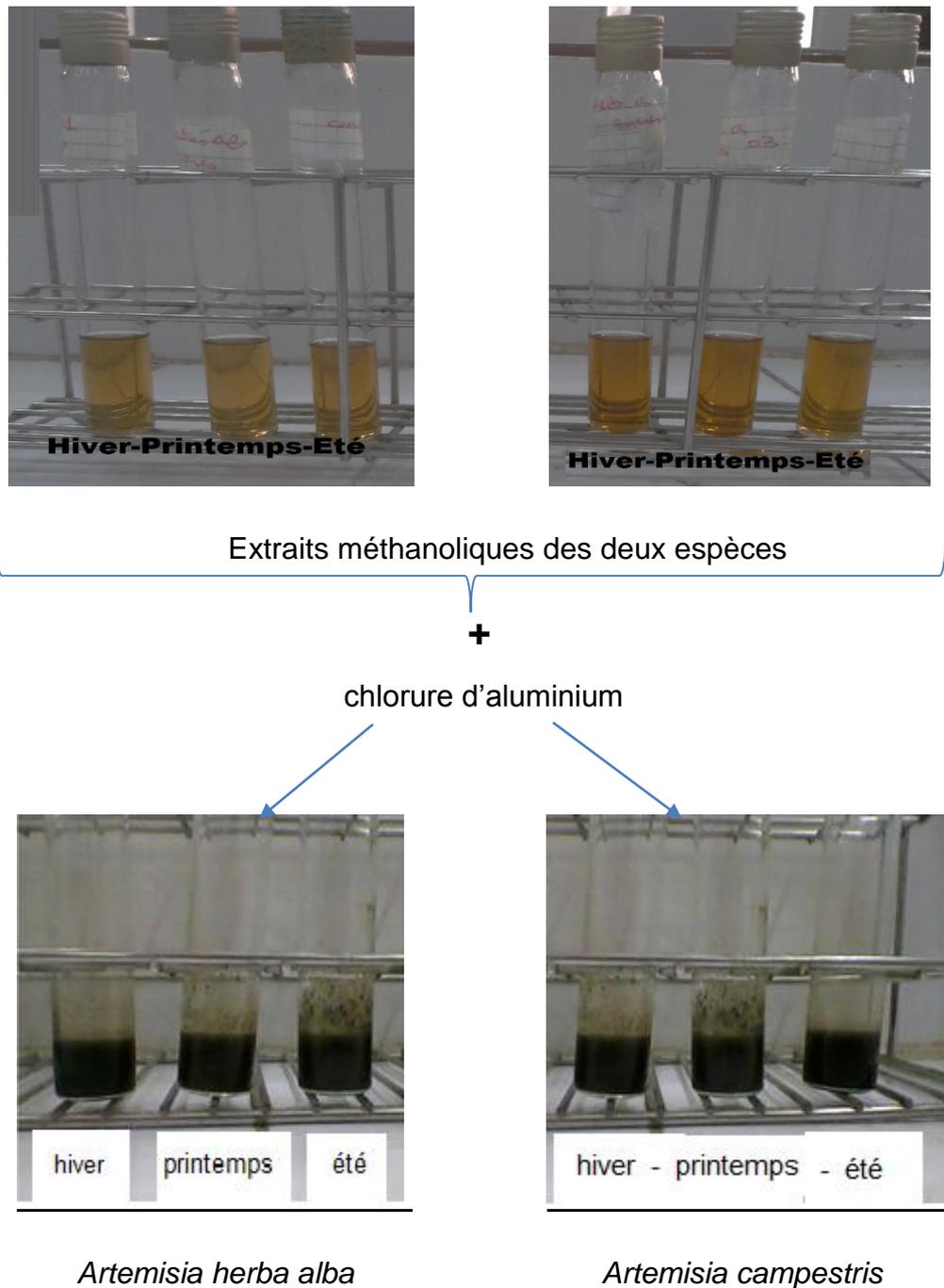


Figure 17 : Détection des tanins (tanins catéchiques)

(Coloration brune verdâtre).

Cette coloration brune verdâtre dû à la présence des tanins catéchiques (oligomère et polymère d'aglycones poly phénoliques) [148]. Tous les organes végétaux peuvent en refermer. Ils se trouvent dans le cytoplasme des cellules végétales, ou concentrés dans des poches spéciales, tels que les vacuoles à tanins [152].

Les tanins sont des substances de saveur astringente ayant la propriété de tanner la peau et de se combiner aux protéines animales par des liaisons hydrogènes, ce sont des composés polyphénoliques qui permettent de stopper les hémorragies et luttent contre les infections [150]. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour rendre les tissus souples comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les secrétions excessive, comme dans les diarrhées et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure [152].

#### 4-1-5 Sodium

##### 4-1-5-1 Teneur en sodium ( $\text{Na}^+$ ) des plantes par saison

Les résultats du dosage de la teneur en sodium montrent une différence très hautement significative de cet élément selon les saisons. L'analyse de la variance du test MANOVA au seuil 5% regroupe les moyennes de la teneur en sodium dans les feuilles des deux espèces analysées (figure 18 et Annexe 8).

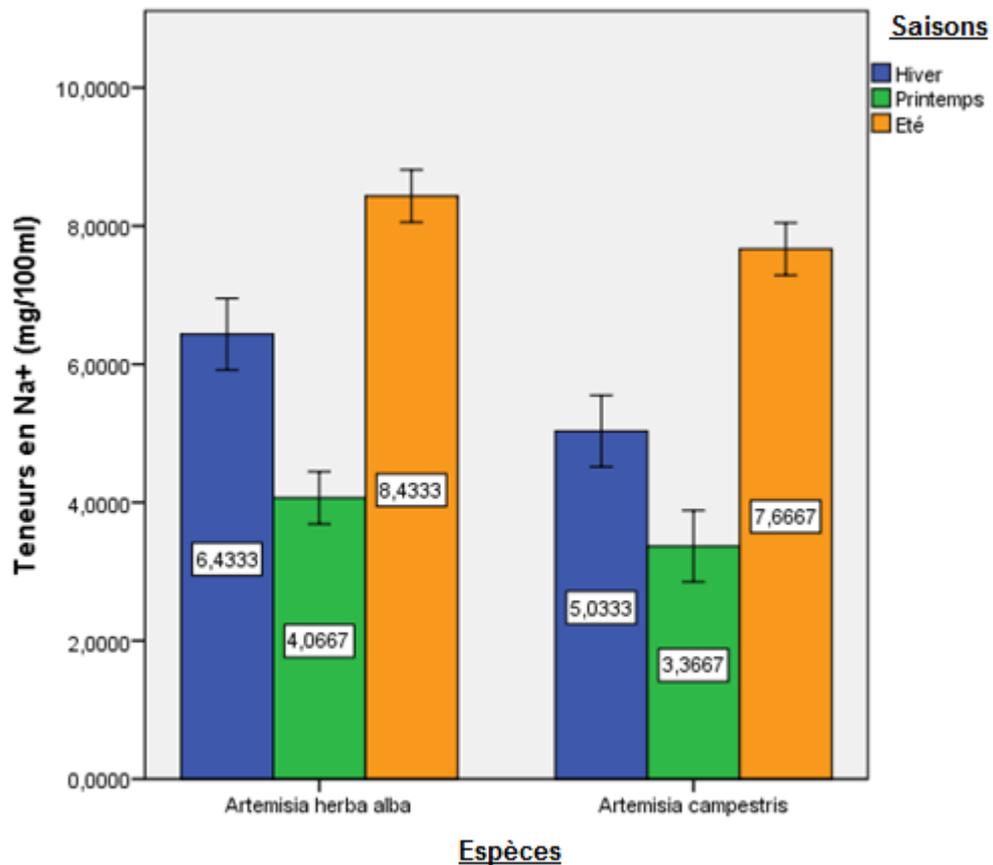


Figure 18 : Variation du taux en sodium

(Hiver, Printemps, Eté)

Nous remarquons une forte accumulation de l'ion  $\text{Na}^+$  dans les feuilles pendant l'Eté pour les deux espèces, où nous enregistrons une moyenne de 8.43 (mg/100ml) pour l'*Artemisia herba alba* et une teneur de 7.66 (mg/100ml) pour l'*Artemisia campestris*, suivie par la saison hivernale. Les teneurs les plus faibles ont été enregistrées durant la saison de Printemps où les feuilles accumulent 4.06 (mg/100 ml) et 3.36 (mg/100 ml) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris* (figure 18).

Haouala et *al.*, [152], montrent que le stress salin provoque l'augmentation de  $\text{Na}^+$  durant la période hivernale chez le ray-grass anglais.

Le  $\text{Na}^+$  s'entoure d'un film d'eau particulièrement large et perturbe la structure moléculaire de l'eau dans le cytoplasme. Les vacuoles sont compensées par les effets osmotiques d'autres substances dans le cytoplasme. Il s'agit d'une

adaptation qui se repose sur la biosynthèse de différentes substances organiques [98].

La tolérance au sel chez les plantes supérieures dépend de la façon dont les plantes contrôlent le transport du sel à travers les organes [154].

Les mécanismes de tolérance au sel sont diversifiés chez les plantes. Ces dernières peuvent tolérer le stress osmotique, d'autres excluent le sodium de leurs tissus ou l'accumulent [155,156].

Cette sensibilité ou cette tolérance à la salinité varie selon les espèces et les variétés. Durant notre expérimentation et les analyses effectuées sur des fragments de feuilles montrent que *l'Artemisia herba alba* et *l'Artemisia campestris* tolèrent l'accumulation du sodium ( $\text{Na}^+$ ) dans leurs tissus et résistent à ce stress abiotique. Ce résultat obtenu durant les deux périodes de stress (estivale et hivernale) est confirmé par les taux moyens de 4.06 (mg/100ml) et 3.36 (mg/100ml) respectivement pour *l'Artemisia herba alba* et *l'Artemisia campestris*.

#### 4-1-5-2 Teneur en sodium ( $\text{Na}^+$ ) selon les espèces

La teneur en sodium varie parallèlement pour les deux espèces étudiées durant les trois saisons (Hiver, Printemps, Été). L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%. Les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 19 et Annexe 9.

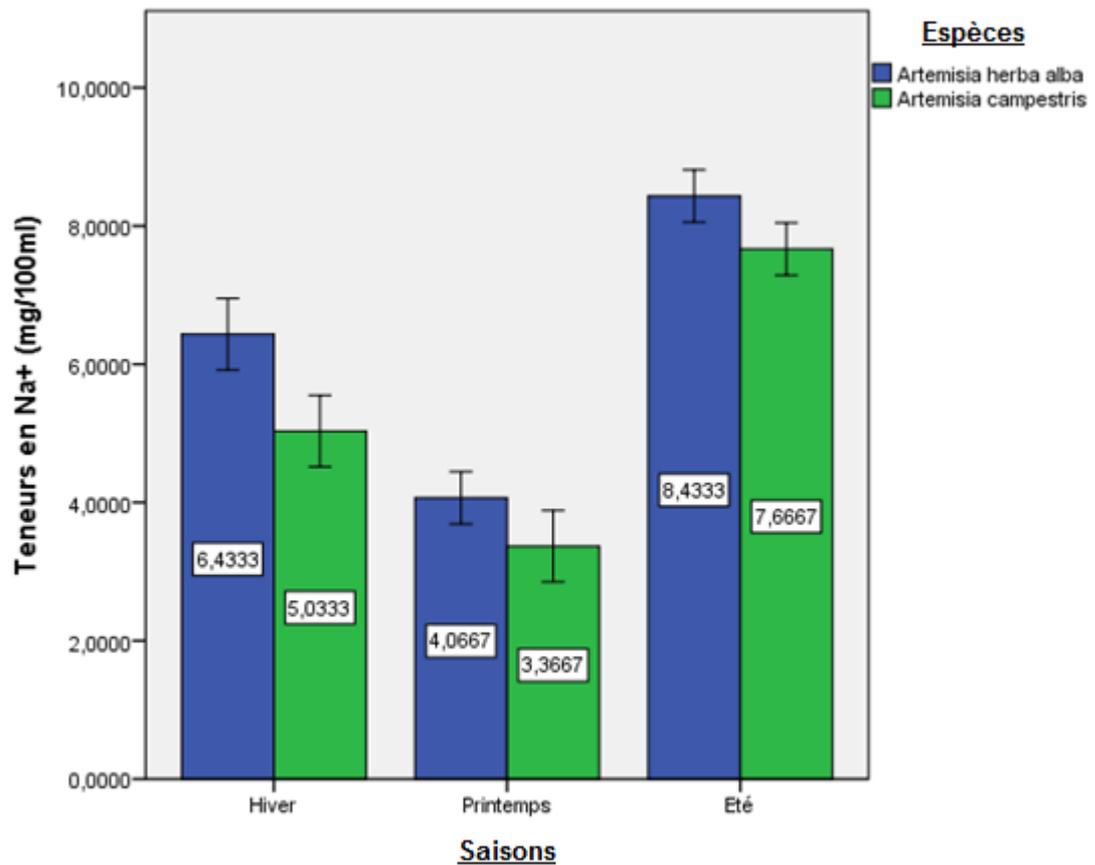


Figure 19 : Variation de taux de sodium selon les espèces

Nous remarquons une forte accumulation du sodium chez l'espèce *Artemisia herba alba* en comparaison avec l'espèce *Artemisia campestris* où trois prélèvements de matériel végétal effectuée durant les trois saisons. Cette constatation peut s'expliquer par la diversification dans l'accumulation de cet élément d'une espèce à une autre. Nous pouvons déduire que le mécanisme de la tolérance de l'*Artemisia herba alba* en comparaison avec l'espèce *Artemisia campestris* est plus grand.

Nous avons enregistré durant la saison estivale une teneur pouvant atteindre jusqu'à 8.43 mg/100ml et 7.66 mg/100ml respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris* en période estivale. Cette quantité accumulée est importante et confirme les travaux de SCHWARDZ, [155]. Le sodium peut jouer un rôle dans l'ajustement osmotique, par contre l'accumulation accrue de cet élément présente un effet toxique direct. Notons que cet élément intervient dans l'équilibre cationique [156]. L'enrichissement des tissus en sodium serait la cause de la réduction de la croissance de la plante [157].

#### 4-1-6 Potassium (K<sup>+</sup>)

##### 4-1-6-1 Teneur en potassium des plantes par saison

La présence de potassium dans les feuilles des espèces étudiées varie durant les trois saisons (Hiver, Printemps, Été). Les résultats du dosage de la teneur en potassium dans les feuilles montrent une différence significative de cet élément selon les saisons, confirmée par l'analyse de la variance (figure 20 et Annexe 9).

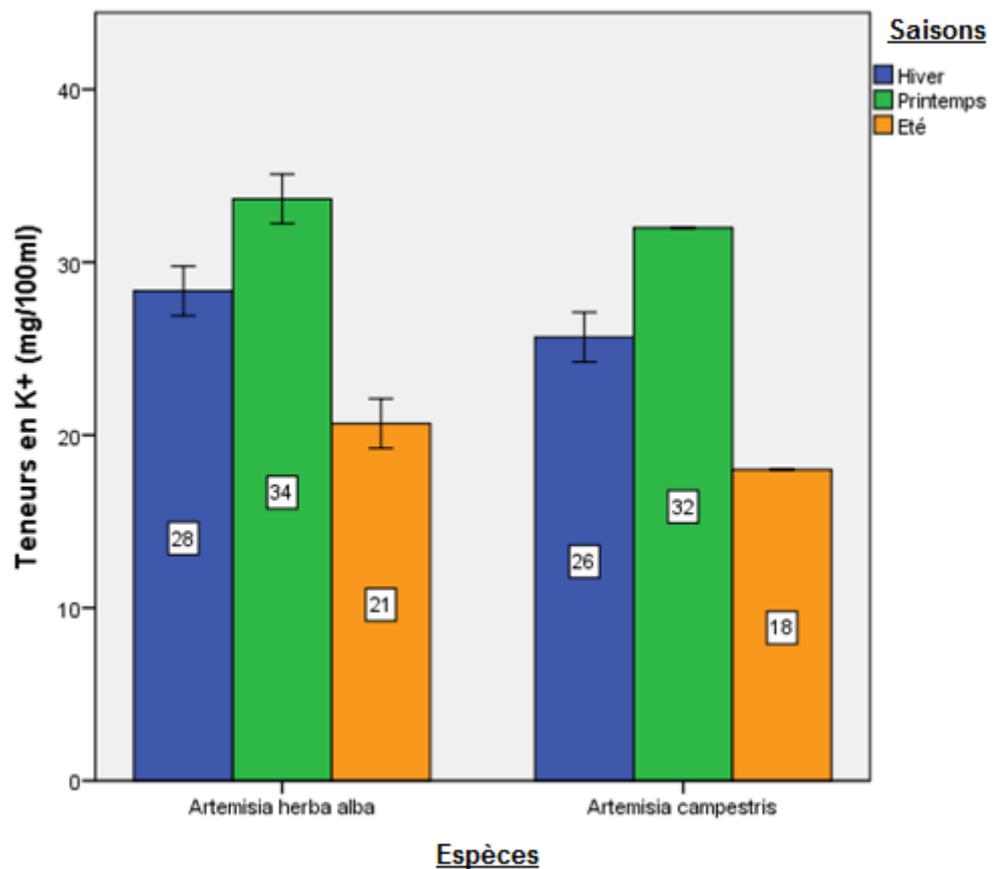


Figure 20 : Variation de la teneur en potassium

(Hiver, Printemps, Été)

Le taux le plus élevé a été observé au Printemps avec une teneur en potassium de 34 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia herba alba* et une teneur de 32 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia campestris*, suivi par la saison hivernale avec une teneur de 28 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia herba alba* et une teneur de 26 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia campestris*. En Été, nous constatons que la quantité de K<sup>+</sup>

accumulée dans les feuilles de la plante est plus faible avec une valeur de 21 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia herba alba* et une teneur de 18 (mg/100 ml) pour l'*Artemisia campestris*.

Nous avons constaté que l'augmentation du taux de sodium dans les feuilles est accompagnée d'une diminution d'accumulation de potassium dans celle-ci.

Ce phénomène a été expliqué par une interaction compétitive entre le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{K}^+$  et l'inhibition de la rétention du potassium en présence de fortes concentrations en  $\text{Na}^+$  [159,160]. Cet antagonisme entre les cations  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$  est un des caractères communs aux halophytes.

Il est admis que c'est la performance à stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces [161]. En effet, le mécanisme d'absorption des cations comme les ions  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$ , est perturbé par la présence du  $\text{Na}^+$  [162].

#### 4-1-6-2 Teneur en potassium selon les espèces

L'analyse de la variance de la teneur en potassium a montré une différence significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%, les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 21 et l'Annexe 9.

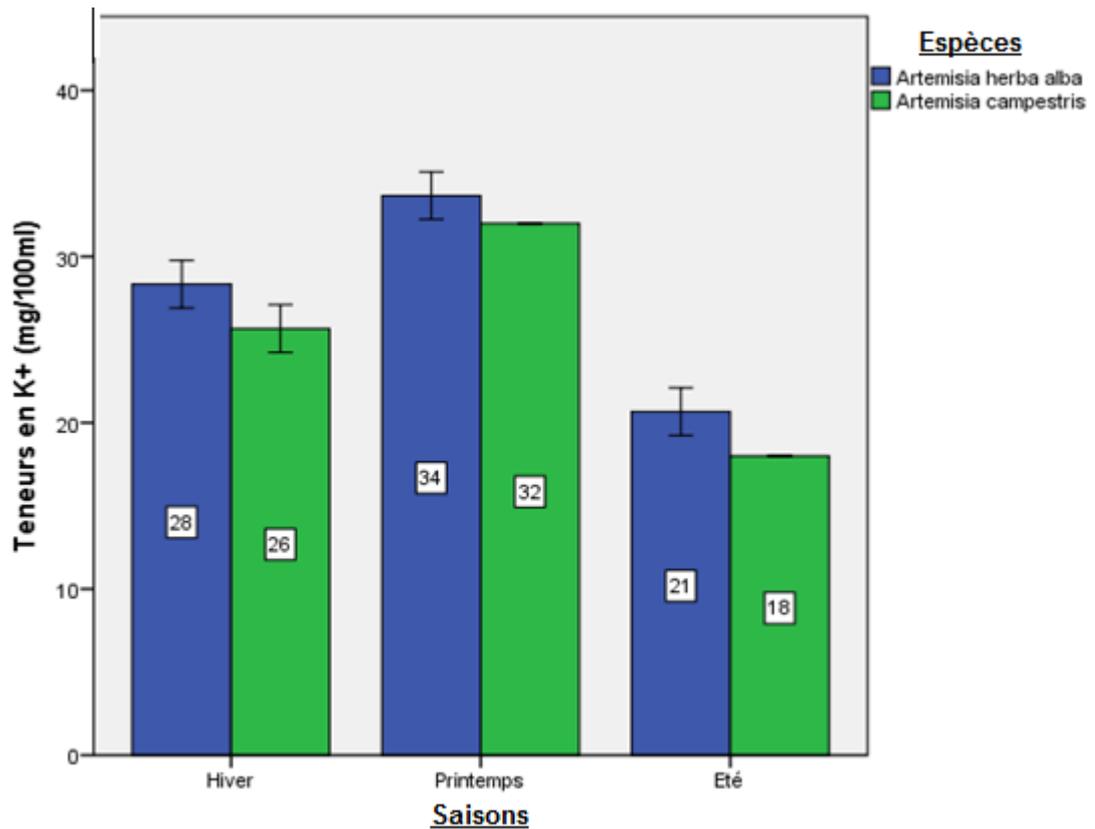


Figure 21 : Variation de la teneur en potassium selon les espèces

Nous remarquons que les deux espèces d'*Artemisia* accumulent le  $K^+$  de la même manière en fonction des changements climatiques saisonnières.

Il est à noter aussi que l'*Artemisia herba alba* accumule un peu plus de potassium par rapport à l'*Artemisia campestris*.

Les ions  $K^+$  se rencontrent généralement combinés à des anions inorganiques dans les liquides cellulaires ; assez souvent, également, cet ion vient équilibrer les charges des macromolécules biologiques ou de certains anions organiques. Le rôle principal de potassium semble être catalytique puisque la carence en potassium entraîne notamment des déficiences dans la synthèse des protéines ou la photosynthèse. L'ion  $K^+$  intervient aussi directement dans les mécanismes de perméabilité cellulaire. La mitose exige du potassium pour se dérouler normalement [163].

## 4-2 Paramètres biochimiques

Les résultats obtenus pour les différents paramètres biochimiques des deux espèces et durant les trois saisons (Hiver, Printemps, Été) ont été confirmés par une analyse statistique.

### 4-2-1 Sucres totaux

La teneur en sucres totaux varie selon les saisons et les espèces d'*Artemisia* étudiées.

#### 4-2-1-1 Teneurs en sucres totaux des plantes par saison

Nous constatons que la variation des saisons a un effet significatif sur la teneur en sucres solubles dans les plantes (figure 22 et Annexe 8). L'analyse de la variance du test MANOVA au seuil 5%, montre que la teneur la plus élevée en sucres solubles dans les feuilles a été enregistrée en hiver pour les deux espèces comparées aux autres saisons retenues.

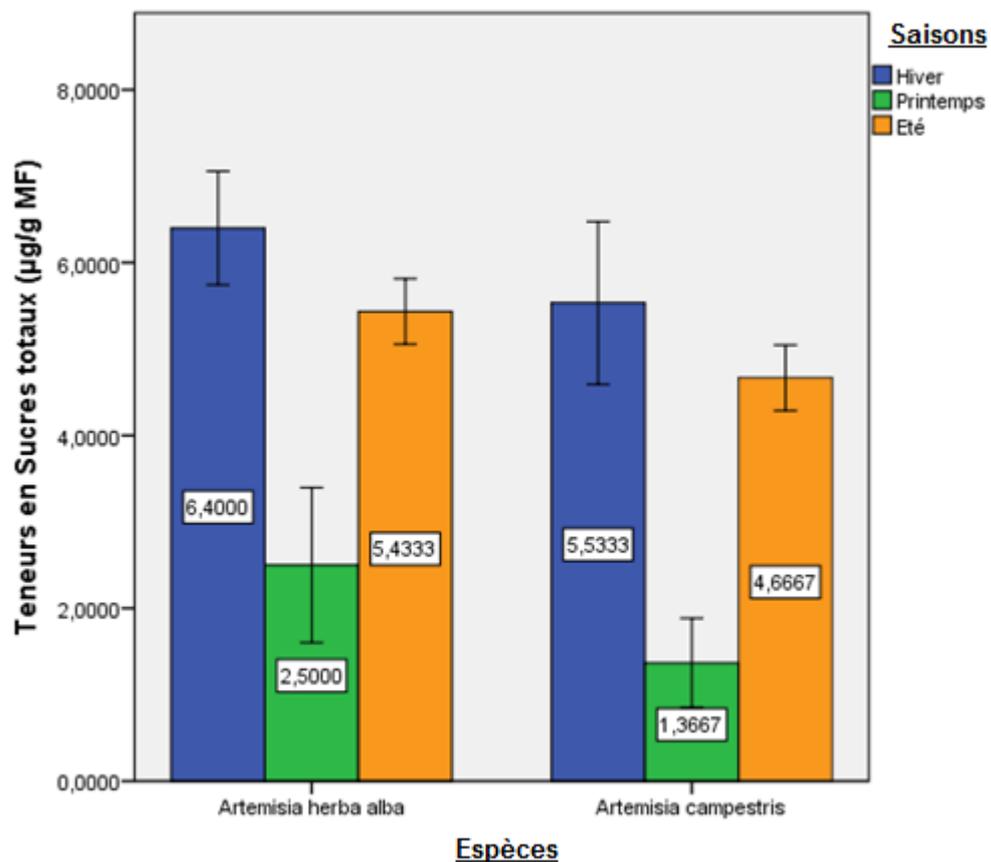


Figure 22 : Variation de taux de sucre totaux  
(Hiver, Printemps, Été)

Nous remarquons que la teneur en sucres solubles est élevée dans les feuilles des deux espèces en Hiver avec les moyennes de 6.40 ( $\mu\text{g/g}$  de MF), 5.53 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris*. Les plus faibles ont été enregistrées au Printemps avec un taux moyen de 2.50 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour l'*Artemisia herba alba* et de 1.37 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour l'*Artemisia campestris*.

Cette augmentation des sucres totaux chez les plantes d'*Artemisia* est un paramètre d'adaptation aux conditions environnementales permettant de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée [164]. La source principale des sucres pendant un déficit hydrique est l'hydrolyse de l'amidon [165]. Cette dégradation serait un facteur de résistance au stress abiotiques [166]. Parallèlement, le saccharose peut intervenir aussi dans l'ajustement osmotique, par son hydrolyse en sucres simples [167].

Le rôle probable de l'accumulation des réserves carbonées est de favoriser la tolérance au stress hydrique par la réduction du potentiel osmotique et le maintien de la turgescence cellulaire [168,169].

Les sucres solubles s'accumulent et forment la majeure partie des solutés d'ajustement en cas de sécheresse chez diverses espèces végétales [170, 171, 172].

#### 4-2-1-2 Teneur en sucres totaux selon les Espèces

L'analyse de la variance de la teneur en sucres totaux solubles a montré une différence significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%, (figure 23 et Annexe 9).

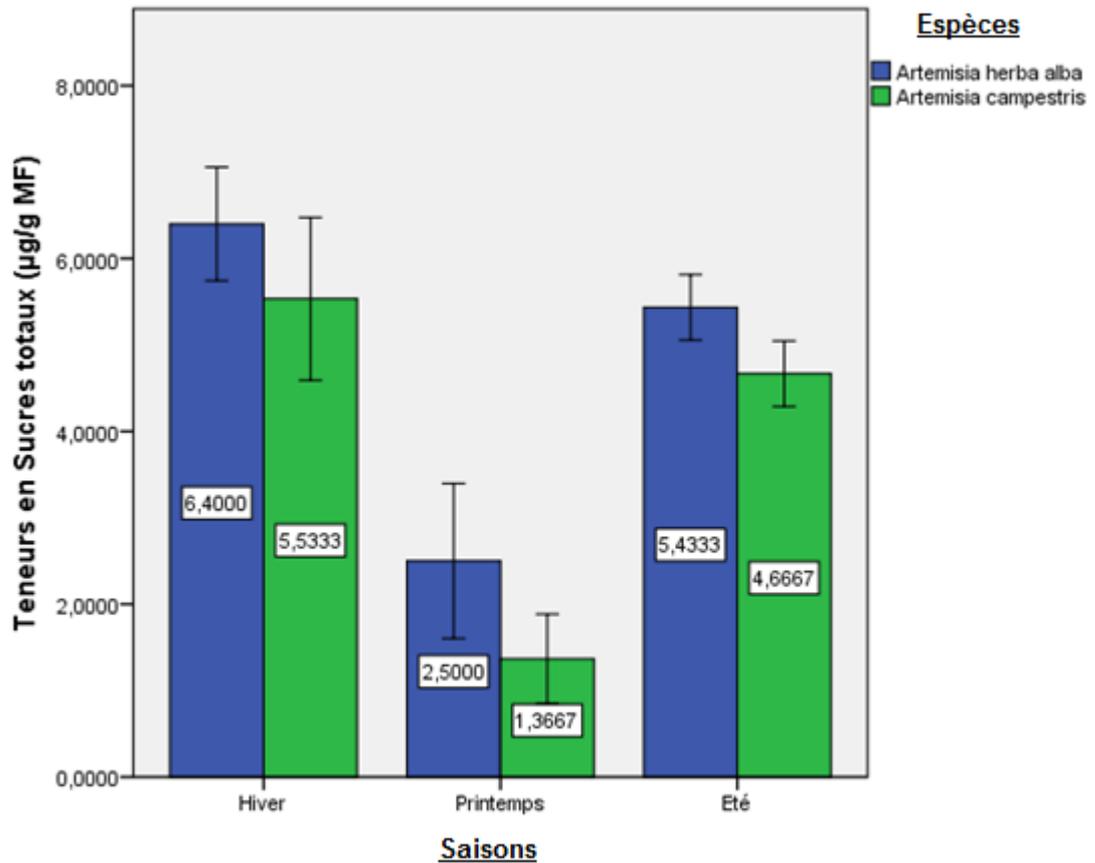


Figure 23 : Variation de la teneur des sucres totaux selon les espèces

Nous remarquons que les deux plantes d'*Artemisia* ont cumulé un taux élevé de sucres solubles durant la saison hivernale suivi par un taux un peu moins élevé durant la saison estivale. Le taux le plus faible est enregistré durant la période printanière. La différence existante entre les taux des deux espèces peut s'expliquer par l'aptitude de chacune d'entre elles à l'adaptation aux conditions de milieu.

Il est à conclure que les composés carbonés tels que les sucres solubles jouent un rôle capital dans le développement et le fonctionnement des cellules vivantes. Ils sont utilisés par les plantes pour s'adapter à un stress environnemental.

Cette augmentation est en réalité un paramètre d'adaptation aux conditions environnementales permettant de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée [173]. De plus, des situations de stress, telles que la sécheresse, les fortes salinités, les basses températures ou un excès d'énergie conduisent à une forte accumulation eu sucres solubles. Ce phénomène est

interprété comme une réponse adaptative où les sucres jouent un rôle de soluté compatible, intervenant dans la stabilisation des protéines et des membranes [174, 175].

#### 4-2-2 Proline

La teneur en proline varie selon les trois saisons (Hiver, Printemps, Été) ainsi que les deux espèces d'Artemesia.

##### 4-2-2-1 Teneur en proline des plantes par saison

L'analyse de la variance de la teneur en proline a montré une différence significative entre les saisons selon le test MANOVA au seuil 5%, a (figure 24 et Annexe 8).

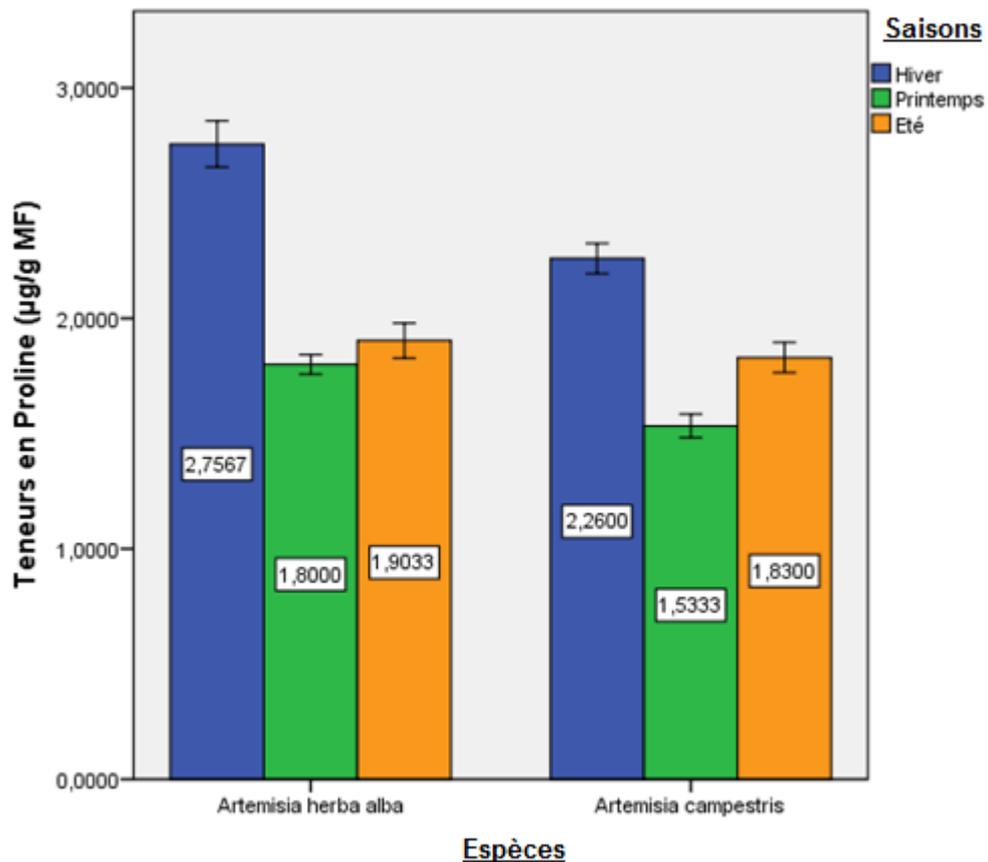


Figure 24 : Variation de la teneur en proline  
(Hiver, Printemps, Été)

Les résultats enregistrés montrent que les taux les plus élevés pour les deux espèces ont été relevés durant la période hivernale et les plus faibles sont signalés au printemps.

En effet, plusieurs facteurs induisent l'accumulation de la proline parmi eux l'éclairement [176], le froid [177], les fortes températures [178] et le manque d'eau [179].

L'accumulation active de solutés tels que la proline entraîne une baisse du potentiel osmotique à des valeurs inférieures à celles du potentiel hydrique. Elle favorise ainsi le maintien de la turgescence en permettant l'ouverture des stomates ainsi qu'une bonne activité physiologique [180].

De ce fait, la proline est considérée comme un indicateur métabolique de contrainte. Elle est non spécifique et peut être due à une contrainte hydrique, thermique ou saline. Son accumulation est une caractéristique commune à de nombreuses monocotylédones soumises à un stress hydrique [181].

Nous constatons durant notre expérimentation que les concentrations des sucres solubles et de la proline sont proches. JOYCE et *al.*, [35] signalent que les sucres sont des effecteurs de la proline [182].

En effet ; ces paramètres biochimiques agissent favorablement sur la plante en cas de stress abiotiques.

#### 4-2-2-2 Teneur en proline selon les espèces

L'analyse de la variance de la teneur en potassium a montré une différence significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%, (figure 25 et Annexe 9).

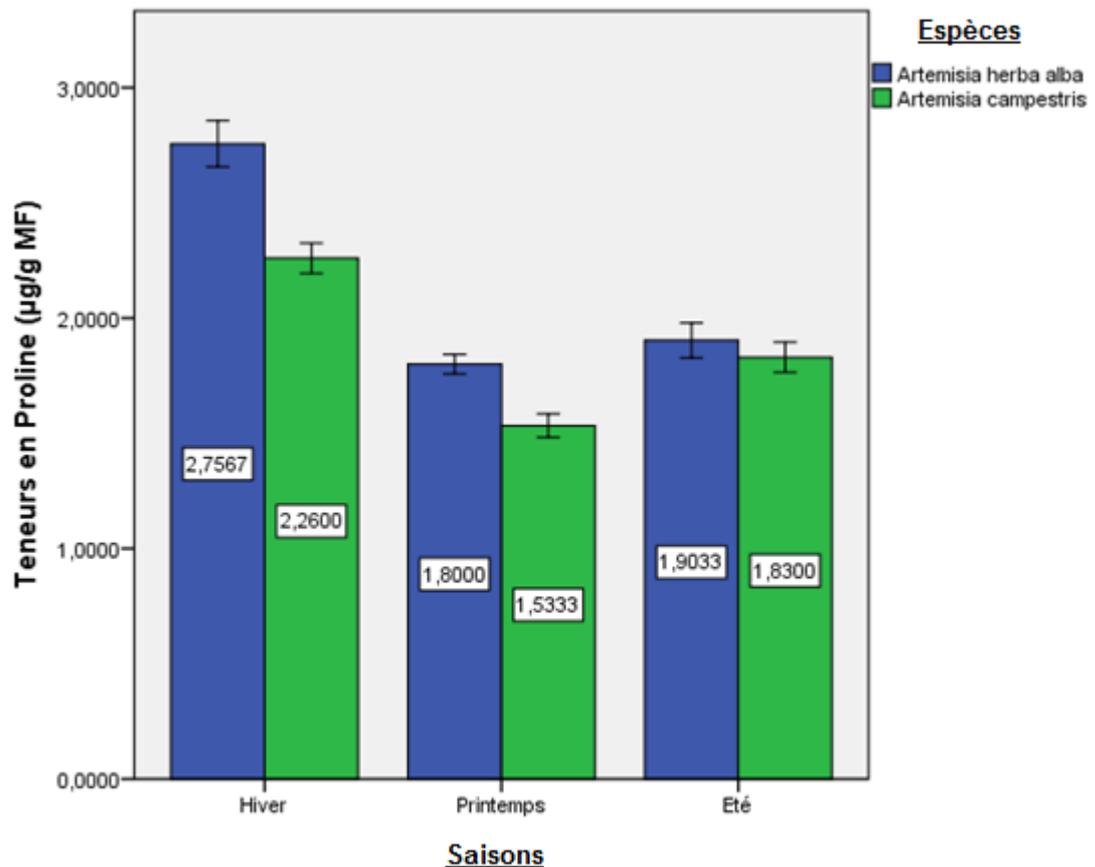


Figure 25 : Variation de taux de proline selon les espèces

Nous remarquons que les deux espèces ont eu le même comportement vis-à-vis l'accumulation de la proline et ce pour les trois saisons retenues. Les moyennes les plus élevées ont été enregistrées en Hiver avec des taux de 2.76 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) et 2.26 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) respectivement pour l'*Artemisia herba alba* et l'*Artemisia campestris*. Les taux les plus faibles ont été enregistrés durant la saison de Printemps avec un taux de 1.8 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour l'*Artemisia herba alba* et 1.53 ( $\mu\text{g/g}$  de MF) pour l'*Artemisia campestris*.

#### 4-2-3 Protéines

La teneur en protéines varie selon les trois saisons (Hiver, Printemps, Été) ainsi que les deux espèces d'*Artemisia*.

##### 4-2-3-1 Teneur en protéine des plantes par saison

Une différence non significative est observée sur la teneur en protéines selon les saisons (figure 26 et Annexe 8). Nous avons enregistré une teneur plus élevée en protéines dans les feuilles durant la saison estivale et printanière par rapport à celle enregistrée en période hivernale.

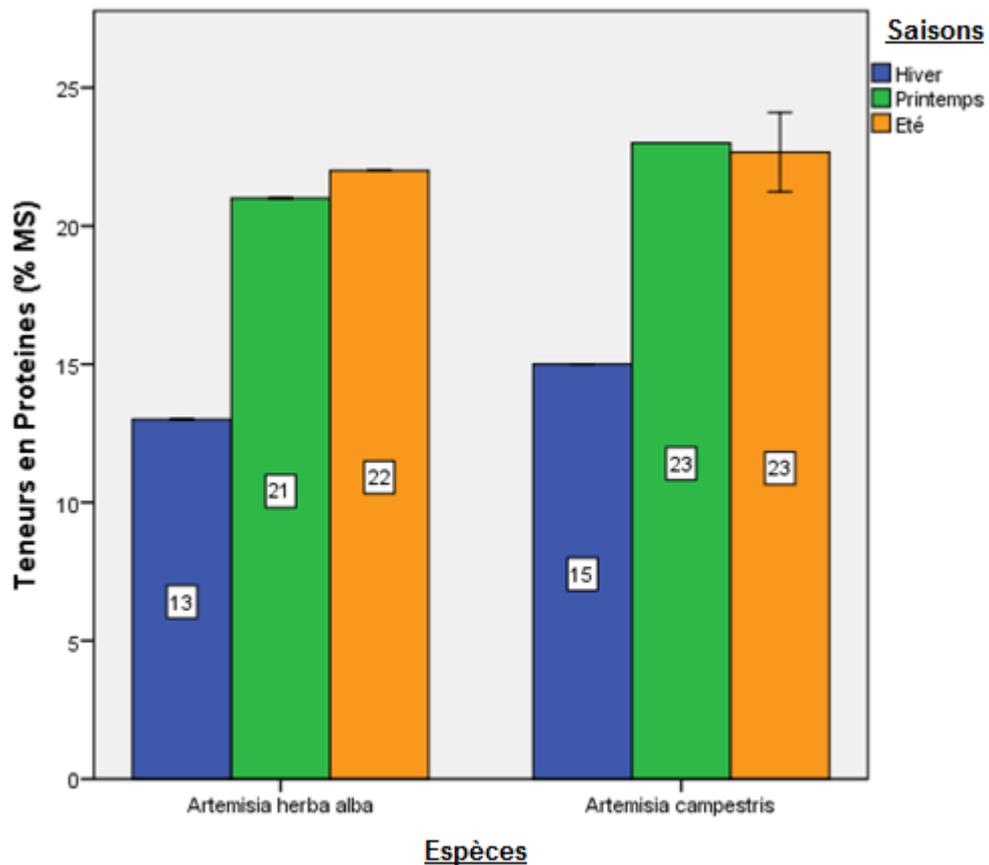


Figure 26 : Variation de la teneur de protéines  
(Hiver, Printemps, Été)

Les protéines de stress jouent un rôle dans l'adaptation de la plante et de ce fait de nombreux chercheurs abordent la résistance au stress par l'isolement et l'étude de ces molécules. CAMPALANS et *al.*, [117] et SCHULTZ et *al.*, [182], ont décrit qu'une partie des protéines induite ont une fonction directe dans l'augmentation de la tolérance au stress (protéines fonctionnelles). D'autres protéines ont une fonction dans la chaîne de transduction (protéines régulatrices) qui aboutiront à la production de protéines fonctionnelles. La plupart des protéines à fonction directe sont des aquaporines et des enzymes catalysant la biosynthèse d'osmolytes (carbohydrates et acides aminés).

CLOSE, [184] signale que ces protéines peuvent jouer un rôle en protégeant les structures cytoplasmiques pendant la déshydratation.

#### 4-2-3-2 Variation de la teneur en protéine selon les espèces

L'analyse de la variance de la teneur en protéines a montré une différence non significative entre les espèces selon le test MANOVA au seuil 5%, les résultats obtenus sont enregistrés dans la figure 27 et l'Annexe 9.

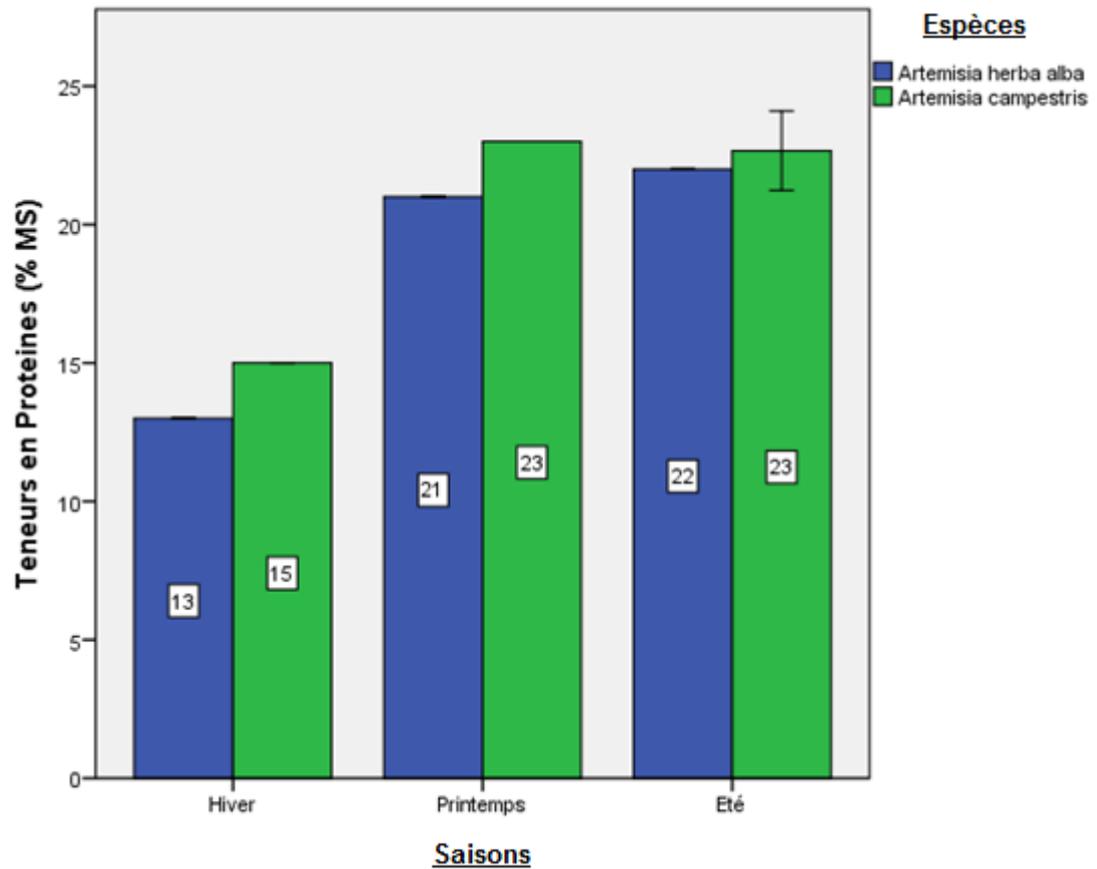


Figure 27 : Variation de la teneur en protéines selon les espèces.

Nous remarquons que l'accumulation en protéines diffère légèrement entre les deux espèces d'Artemisia. L'*Artemisia campestris* avec une teneur 23 (% MS) est produite en Eté et le Printemps par contre l'espèce l'*Artemisia herba alba* présente des taux de 22 (% MS), 21 (% MS) durant la période estivale et printanière successivement. Le plus faible taux enregistré se situe en Hiver avec 15 (% MS) pour l'*Artemisia campestris* et 13 (% MS) pour l'*Artemisia herba alba*.

#### 4-3 Activité antimicrobienne des extraits méthanolique.

L'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques d'*Artemisia campestris* L. et *Artemisia herba alba* Asso. se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour du disque de papier préalablement imprégné d'extrait des plantes prélevées durant les trois saisons d'étude (Hiver, Printemps, Été).

L'absence de la zone d'inhibition révèle la résistance de la souche à l'extrait testé.

Le test MANOVA au seuil 5%, n'a révélé aucune signification entre les espèces et durant les trois saisons d'étude (figure 28 et Annexe 10).

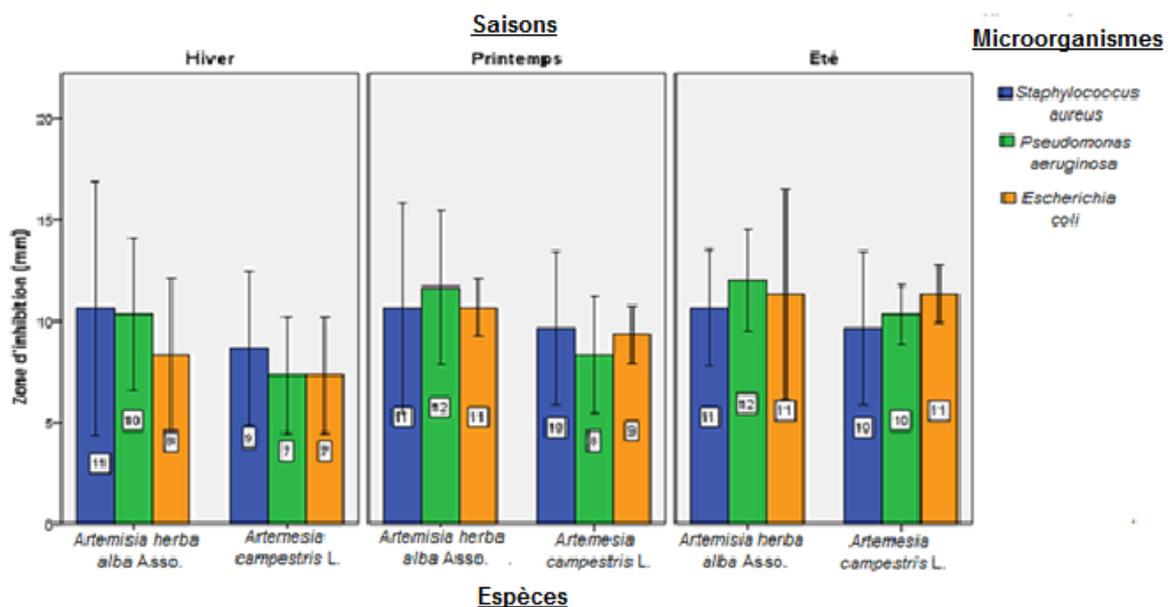


Figure 28 : Variation de l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques

Il est à remarquer selon la figure 28, qu'il y a un faible effet sur les souches bactériennes utilisées. Le meilleur résultat est enregistré durant la période estivale et ceux pour les deux espèces d'*Artemisia* étudiées.

D'une autre part, nous avons testé 15 antibiotiques standards sur les trois souches précédentes ; les résultats sont inscrits dans le tableau 3.

Tableau 3 : Antibiogramme des germes étudiés en comparaison avec certains antibiotiques (Diamètre de la zone d'inhibition en mm)

Souches / Antibiotiques	<i>Staphylococcus aureus</i> (Gram+)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram-)	<i>Escherichia coli</i> (Gram-)
<b>Cotrimoxazole (SXT)</b>	26	-	-
<b>Oxacilline 1 (OX1)</b>	19	-	-
<b>Téicoplanine (TE)</b>	24	-	-
<b>Vancomycine (VAN)</b>	23	-	-
<b>Ciprofloxacine (CIP)</b>	29	-	-
<b>Amoxicilline (AMC)</b>	-	-	20
<b>Ticarcilline (TIC)</b>	-	-	Résistance
<b>Ampicilline (AMP)</b>	-	-	Résistance
<b>Amikacine (AKN)</b>	-	-	21
<b>Cotrimoxazole (SXT)</b>	-	-	Résistance
<b>Amoxicilline (AMC)</b>	-	Résistance	-
<b>Gentamicine (CN)</b>	-	18	-
<b>Amikacine (AKN)</b>	-	22	-
<b>Piperacilline (PIP)</b>	-	20	-
<b>Cotrimoxazole (SXT)</b>		Résistance	

On observe que les différents types de souches réagissent différemment aux antibiotiques étudiés.

La souche *Staphylococcus aureus* a montré une sensibilité vis-à-vis de tous les antibiotiques, sauf à l'oxacilline (1).

Concernant *Escherichia coli*, cette dernière est résistante aux antibiotiques notamment : Ticarcilline, Ampicilline et Cotrimoxazole . Elle est néanmoins plus sensible à l'Amoxicilline et l'Amikacine.

*Pseudomonas aeruginosa* est sensible aux antibiotiques utilisés sauf à l'Amoxicilline et la Cotrimoxazole où elle est résistante (Tableau 3).

Tous les extraits ont réagi positivement au moins sur une des souches microbiennes testées. Les meilleurs résultats sont obtenus pour les extraits de plantes récoltées en Été. Nous pouvons confirmer que l'*Artemisia campestris* et l'*Artemisia herba alba* ont des propriétés antimicrobiennes.

NAILI et *al.*, [48], ont étudié l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des feuilles d'*A. campestris*, Ils ont utilisé plusieurs souches notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, les résultats obtenus durant cette étude ont montré que l'extrait possède un effet inhibiteur sur toutes les bactéries étudiées avec une zone d'inhibition de (10 mm) pour *Escherichia coli*, (9 mm) pour *Pseudomonas aeruginosa* et (27 mm) obtenue par *Staphylococcus aureus*.

Nos résultats sont proches de ceux de NAILI et *al.*, [48], exception faite pour la bactérie *Staphylococcus aureus*, où sa sensibilité est plus importante de l'ordre de (27 mm) comparée aux résultats obtenus de notre essai avec seulement une zone d'inhibition de (11 mm). Cette différence peut s'expliquer par le site de prélèvement qui est différent ou probablement la date de récolte en fonction des stades phénologiques qui diffèrent d'une saison à l'autre.

Suite à cet essai, nous avons constaté que les résultats obtenus par les antibiotiques synthétiques commercialisables testés sont plus élevés et plus efficaces que ceux obtenus avec les extraits méthanoliques de plante d'*Artemisia* et ce quel que soit le prélèvement du végétal et la saison de prélèvement.

## CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons réalisé, sur l'étude comparatif des paramètres physiologiques et biochimiques de l'*Artemisia campestris* L. et l'*Artemisia herba alba* Asso. présentent des variations sous l'effet de la saison.

L'étude de l'effet de la variation saisonnière sur les caractéristiques physiologiques et biochimiques chez les deux espèces d'armoise (*Artemisia campestris* et *Artemisia herba alba*) nous a permis de confirmer que le facteur abiotique saison, a un effet significatif sur l'accumulation des éléments minéraux et biochimiques.

Nous avons enregistré des taux de chlorophylles et caroténoïdes les plus élevés au printemps au moment de développement de nouvelles pousses. La variation de ces deux paramètres dépend du cycle de l'armoise et des conditions du milieu. Une diminution marquée de la teneur en chlorophylles et en caroténoïdes est observée en été (période de stress hydrique essentiellement) et cette diminution conditionnée par la fermeture des stomates, stratégie utilisée par la plante pour permettre d'ajuster la pression osmotique. Ce phénomène se traduit par la réduction de la surface foliaire entraînant un ralentissement de la croissance.

L'identification des tanins a permis de révéler que cette plante contient des tanins catechiques. Les résultats du dosage des flavonoïdes ont montré que le taux le plus élevé est enregistré durant la période estivale suivie par la période hivernale, Le taux de flavonoïdes est plus faible au printemps.

Nous avons remarqué que la variation de la teneur en sodium dans les feuilles est significative, une forte accumulation de cet ion dans les feuilles est enregistré pendant la saison estivale, suivi par la saison hivernale. Les teneurs les plus faibles sont enregistrées durant les saisons de Printemps pour les deux espèces d'armoise.

Les résultats du dosage de la teneur en potassium dans les feuilles montrent une différence non significative de cet élément selon les saisons. Le taux le plus élevé a été observé au Printemps, suivie par la saison hivernale. En Eté nous constatons que la quantité de  $K^+$  accumulée dans les feuilles de la plante est plus faible.

L'augmentation du taux de sodium dans les feuilles est accompagnée d'une diminution d'accumulation de potassium dans celle-ci, Il est admis que c'est la performance à stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de la tolérance au sel des espèces. En effet, le mécanisme d'absorption des cations comme les ions  $K^+$  et  $Ca^{++}$ , est perturbé par la présence du  $Na^+$ .

La variation de la teneur en proline et en sucres solubles est remarquable selon les saisons et ce pour les deux espèces. Le taux le plus élevé en sucres solubles est enregistré durant les saisons hivernale et estivale où la pluviométrie est faible de l'ordre de 1.7 mm et les plantes stressées adoptent une stratégie de défense en accumulant des quantités importantes.

La synthèse de la proline est liée au métabolisme des sucres solubles, le taux le plus élevé est observé en Hiver et en Été. La teneur la plus faible est enregistrée au Printemps.

Concernant la teneur en protéines, les feuilles accumulent des quantités les plus élevées en protéine en Été et au Printemps. Il existe une relation entre les paramètres physiologiques, biochimiques et la variation saisonnière pour les deux espèces d'*Artemisia* (*l'Artemisia campestris* et *l'Artemisia herba alba*) qui est marqué par une augmentation des teneurs en sucres, proline et protéines durant les périodes difficiles pour la plante (Été –Hiver) et une diminution de la teneur en pigments (chlorophylles, caroténoïdes).

Ce rapport s'explique par le phénomène d'ajustement osmotique, la plante accumule certains composés organiques et inorganiques comme moyens de défense pour contourner le stress abiotique dont elle est confrontée en poursuivant sa croissance de façon ralentie.

Les plantes contiennent de nombreux composés ayant une action antimicrobienne. Ces constituants comprennent les composés phénoliques, flavonoïdes, les huiles essentielles et les triterpénoïdes. L'étude de l'effet antimicrobien des extraits méthanoliques brut de l'Armoise rouge et l'Armoise blanche des trois saisons a montré des résultats satisfaisants.

Tous les extraits ont réagi positivement au moins sur une des souches microbiennes testées. Les meilleurs résultats sont obtenus par les extraits des plantes d'Été et de Printemps, ce qui confirme que les plantes d'*Artemisia herba alba* Asso. et *Artemisia campestris* L. possèdent des propriétés antimicrobiennes, cependant les résultats obtenus par les antibiotiques ont montré une meilleure réaction que ceux obtenus par les extraits méthanoliques d'*Artemisia* testés.

### **Perspectives et recommandations :**

Il serait souhaitable que cette étude soit complétée et approfondie par d'autres expérimentations afin de mieux connaître les gènes responsables du mécanisme de tolérance aux conditions environnementales dans les zones semi-arides et arides, afin de mieux comprendre ses effets thérapeutiques.

Choisir d'autres régions steppiques où pousse cette plante afin de mettre en exergue les composés phytochimiques pour mieux les valoriser et doser d'autres composés qui peuvent être intéressants.

La comparaison des résultats obtenus avec les antibiotiques testés montre une efficacité certaine, mais face au problème de résistance aux antibiotiques qui est d'actualité, il serait préférable de tester d'autres extraits de la plante tels que l'extrait éthanolique, chloroformique ou encore l'huile essentielle afin de mieux cerner l'extrait le plus performant et d'essayer de diminuer la prise d'antibiotiques et de s'orienter davantage vers la phytothérapie.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Yerdon m. (2004) : la médecine naturelle au service de votre beauté et santé, Ed suisse, 295p.
- [2]. Quezel P., BABERO M. (1993) : « variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le pliocène » enseignement de la flore et de la végétation actuelle, Bull. Ecol., pp : 191-202.
- [3]. Higazy M., SHEHATA M., ALLAM A. (1995) : « free proline relation to salinity of three sugar beet varieties », Egypte Agriculture ressources pp : 89-175.
- [4]. Aziz H., ABDELMADJID B, MOSTEFA S.,(2007) : « Evolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides Algériennes » ; sciences et changement planétaires, sechress, Volume 18, N°4, pp : 20-314, Article scientifique Doi : 101684/sec., p99.
- [5]. Baba aissa F. (2011) : « Encyclopédie des plantes utiles », Ed service PAO, 2709, 2011, p. 53.
- [6]. De Pascual J.T., Gonzalez M.S., Muriel M.R and Bellid I.S. (1984) Phenolic derivatives from *Artemisia campestris* Subsp *Glutinosa*. Phytochemistry. 23 (8):1819-1821.
- [7]. Rauter A.P., Branco I., Tostao Z., Pais M.S., Gonzalez A.G et Bermejo J.B. (1989) Flavonoids from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. Phytochemistry. 28 (8):2173-2175.
- [8]. Joa O.M., Vasconcelos., Artur M.S.S and Jose A.S.C. (1998) Chromones and flavones from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. Phytochemistry. 49 (5):1421-1424
- [9]. Akrouf A., Chemli R.C., Chrief., and Hammami M. (2001) Analysis of the essential oil of *Artemisia campestris* L. J. Flavour Fragr. pp : 337–339.
- [10]. Memmi A., Sansa G., Rjeibi I., El ayeb M., Srairi-Abid N., Bellasfer Z., and Fekih A. (2007) Use of medicinal plants against scorpionic and ophidian venoms. Arch. Inst. Pasteur. Tunis. 84 (1-4): pp: 49-55.
- [11]. Sefi M., Fetoui H., Makni M., and Najiba Zeghal N. (2010) Mitigating effects of antioxidant properties of *Artemisia campestris* leaf extract on hyperlipidemia, advanced glycation end products and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. J. Food. Chem. Toxicol. 48: 1986–1993.
- [12]. Akrouf A., Gonzalez L.A., El Jani H.J., and Madrid P.C. (2011) Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaeahirsuta* from southern of Tunisia. J. Food. Chem. Tox. 49:342–347.

- [13].Ozenda, P., (1983) : “ Flore du Sahara septentrional et central ”, CNRS; Louis-Jan. Gop. Paris. 662P.
- [14].Maire, R., (1933) : “Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central”. Ed la typ. Lytho. Mémoires de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord 3, Mission du Hoggar II, 310 P.
- [15].Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P., (2002) : “Botanique systématique une perspective phylogénétique”, Ed. De boeck université, pp : 398-400.
- [16].Boussard, R., et Cuisance, P., (1984) : “Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes”. Ed : Lavoisier 75384 Paris, Cedex 08, 600 P.
- [17].Piene, L., “Le livre des bonnes herbes”, Ed. Rober Morel Actes Sud, (1996), 517P.
- [18].Boukara S., (2007) : “Effet du stress salin sur les calcs d'Artemisia herba alba Asso.”, Mémoire d'ingénieur USD, Blida, 48 P.
- [19].Le Houerou, HN., (1969) : “La végétation de la Tunisie steppique”, Ann. Inst. Nati. Rech. Agronome, (INRA), Tunisie, 42 (5). 624 P.
- [20].Aidoud, A., (1984) : “Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais”, Thèse 3eme cycle, USDHB, Alger, 255 P.
- [21].Le Floch, E., (1989) : “Biologie et écologie des principaux taxons in Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne” : I Eléments de botanique et de phyto-écologie, 193 P.
- [22].Floret, Ch., et Pontannier, R., (1982) : “L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement”. Trav. Docum, ORSTOM n° 155, 544 P.
- [23].Gaston, B., (1990) : “La grande Flore de Gaston Bonnier. France, Suisse. Belgique et pays voisins”, Ed Belin Paris, volume 3, 539 P.
- [24].Nabli, M.A., (1989) : “Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne”, Programme flore et végétations tunisiennes, volume 4 A6, 193P.
- [25].Ozenda, P., (1977) “Flore du Sahara”, Ed. Centre national de recherche scientifique, Paris, 662 P.
- [26].Aidoud, A., (1988) : “Les écosystèmes à armoise blanche (Artemisia herba-alba Asso)”, I: caractères généraux, Biocénoses, 3 : 1-15
- [27].Pouget, M., (1980) : “Les conditions sol-végétation dans les steppes sud-algéroise”. Trav.Doc.ORSTOM

- [28].Communication nationale initiale Projet national ALG/98/G31, (2001) : "Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques", Mars
- [29].Djellouili, Y., et Nedjraoui, D., (1995) : "Evolution des parcours méditerranéens". In Pastoralisme, troupeau, espaces et société, Ed : Hatier, pp : 440-454.
- [30].Nedjraoui, D., (1981) : "Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida". Thèse Doct. 3<sup>o</sup>cycle, USTHB, Alger, 156 P.
- [31].Ourcival, JM., (1992) : "Réponse de deux chamephytes de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations", Thèse Doc, USTL, Montpellier, 167 P.
- [32].Openheimer, H.R., (1961) : L'adaptation à la sécheresse : le xérophytisme. In : "Echange hydrique des plantes en milieux arides", UNESCO, Paris, pp : 115-153.
- [33].Waisel, Y., Liphshitz, N. et Kuller, Z., (1972) : "Pattern of water movements in stress and shrubs"., Ecology, 53: 520-523.
- [34].Polonovski, J., (2000) : "Dictionnaire de biologie", Ed. Conseil international de la langue française, Paris, 967 P.
- [35].Joyce, P.A., Aspinall, D., and Paleg, L.G., (1992) : "Photosynthesis and accumulation of proline to water deficit". Aust. J. Plant, 19. 249-261.
- [36].Paquin, R., (1986) : "Effet de l'humidité du sol sur la teneur de la proline libre et des sucres totaux de la luzerne endurcie au froid et à la sécheresse", Can. J. Plant. Scie, pp : 66-101.
- [37].Santoro, M.M., Liu, Y., Khan, S.M.A., Hou, L-X and Dollen D.W., (1992) : "Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes". Biochimie, 31.5278-5283.
- [38].MC Michel, B.H., and Elmore C.D., (1977) : "Proline accumulation in water stress cotton leaves". Crops Science, 17. 905-908.
- [39].Guignard, J.L., (2000) : "Biochimie végétale", Ed. Dunod, Paris, 274 P.
- [40].Popp, M., and Smirnoff N., (1995) : "Polyol accumulation and metabolism during water deficit" in Davies W.I. Ed Smirnoff N, "environment and plant metabolism flexibility and acclimatation". Bios. Scientific publishers, Oxford, pp: 129- 169.
- [41].Bonhert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G., (1995) : "Adaptation to the environmental stress", Plant Cell, 7. 1099-1111.

- [42]. Gillet, B., (1998) : “Caractérisation moléculaire de CDSP34 protéine induite par le déficit hydrique chez *Solanum tuberosum* L. : Implication potentielle dans la protection des thylakoïdes lors des contraintes environnementales”. Thèse de Doctorat en sciences Agronomiques. Paris-Grignon, 130 P.
- [43]. Montaigu, A., (2002) : “Etude du rôle de CDSP34, protéine chloroplastique synthétisée en réponse aux contraintes environnementales chez *Solanum tuberosum*”, Thèse DEA, Univ Aix – Marseille II, France, 20 P.
- [44]. Aniya, Y., Shimabukuro, M., Shimoji, M., Kohatsu, M., Gyamfi, M.A., Miyagi, C., Kunii, D., Takayama, F., Egashira, (2000) “Antioxidant and hepatoprotective actions of the medicinal herb *Artemisia campestris* from the Okinawa Islands”. *Biol. Pharm. Bull.* 23 (3), 309–312.
- [45]. Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., (2006): “Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds”. *Food Chem.* 97, 654–660.
- [46]. Bruneton, J. (1999) : *Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed Techniques et documentations.* Paris. pp: 227-310-312-313-314.494.
- [47] Harrison, A.P., Bartels, E.M., (2006) *Am. J. Pharm. Toxicol.* 1 (2), 26.
- [48]. Naili M.B., Alghazeer O.A., Saleh N.A., Al-Najjar A.Y. (2010) Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Astraceae) and *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae). *Arab. J. Chem.* 3: 79–84.
- [49] Crowell, P.L., (1999): “Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes”. *J.Nutr.* 129 (3), pp: 775–778.
- [50]. Akrouf A., Gonzalez L.A., El Jani H.J., and Madrid P.C.(2011) : “Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaeahirsuta* from southern of Tunisia”. *J. Food. Chem. Tox.* 49:342–347.
- [51] Li, Y.L., Yeung, C.M., Chiu, L.C.M., Cen, Y.Z., Ooi, V.E.C., (2009) : “Chemical composition and antitumor activity of essential oil from the leaves of a medicinal herb”, *Schefflera heptaphylla*. *Phytother. Res.* 23, pp: 140–142.
- [52] Darmanin, S., Wismayer, P.S., Camilleri Podesta, M.T., Micallef, M.J., Buhagiar, J.A.,(2009): “An extract from *Ricinus communis* L. leaves possesses cytotoxic properties and induces apoptosis” in SK-MEL-28 human melanoma cells. *Nat. Prod. Res.* 23 (6), 561–571.

- [53] J. Kyeong W.Y., Anwar M., and Jong H.K. (2007): "Effects of the Aqueous Extract from *Artemisia campestris* ssp. *caudata* on Mycorrhizal Fungi Colonization and Growth of Sand Dune Grasses". *J. Plant. Biology*. 50 (3), pp : 358-361.
- [54]. Benaceur M ; Rahmoun C ; Sdiri H ; Medahi M & Selmi M ; (2001): "Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. Sécheresse", 12 (3), pp: 167-174.
- [55]. Grennan A.K ; (2006): "High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach"; *Plant Physiol*, April 2006, Vol. 140, pp: 1139–1141.
- [56]. Martinez JP ; Silva H ; Ledent JF & Pinto M ; (2007): "Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *European journal of agronomy*". Jan., Vol. 26,1,pp: 30-38.
- [57]. Zhang J.; Nguyen, H.T. et Blum, A.; (1999): "Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants". *J. Exp. Bot.*, 50, pp: 291-302.
- [58]. M. El Midaoui, M. Benbella, A. Aït Houssa, M. Ibriz & A. Talouizte, (2007) : "Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation a la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.) " *HTE N° 136*, Maroc , 29 P.
- [59]. MARSCHNER, H.; (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London.
- [60]. Hopkins, William G. (2003): " *Physiologie végétale*", 2e éd. De Boeck, Bruxelles, , pp: 45-58.
- [61]. CEPPI, Margarita Georgina. Paramètres photosynthétiques affectant le transport d'électrons à travers le pool de plastoquinone : la densité des photosystèmes I, le contenu de chlorophylle et l'activité d'une plastoquinol-oxydase. Thèse de doctorat : Univ. Genève (2009), no. Sc. 4175, 203P.
- [62]. NICHOLAS, D. J. D.; (1961) Minor mineral nutrients. *Annu Rev Plant Physiol*. 12, pp: 63-90.
- [63]. RAINS, D. W.; (1972) Salt transport by plants in relation to salinity. *Annu Rev Plant Physiol*. 23, pp: 367-388.
- [64]. CRAM, W. J.; (1976) Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply. *Encyclopedia of Plant Physiol*. 2A: 284-316. Berlin- Heidelberg-New York: Springer.
- [65]. JENNINGS, D. H.; (1976) The effect of sodium chloride on higher plants. *Biol Rev*. 51, pp: 454-486.

- [66]. HELLEBUST, J. A.; (1976) Osmoregulation. *Annu Rev Plant Physiol.* 27, pp: 485-505.
- [67]. FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F.; YEO, A. R.; (1977) The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu Rev Plant Physiol.* 28, pp : 89-121.
- [68]. Clarkson D.T. et Hanson J.B.(1980) The mineral nutrition of higher plants.*Annu Rev . Plant Physiol .*31, pp : 239-298.
- [69] Maathuis F.J.M et Sands D. (1996) Mechanisms pf potassium absorption by higher plant root. *Physiol. Plant .* 96, pp : 158-168.
- [70]. Vorobiev L.N(1967)Potassium ion activities in the cytoplasm and vacuole of cells of *chara australis* .*Nature*216, pp : 1325-1327.
- [71]. Walker D.J. Leigh R.A.et Miller A.J.(1996) Potassium homéostasis in vacuolate plant celles.*Proc.Nath .Acad.Sci.USA*93, pp :10510-10514.
- [72]. Lu Y-K, Chen Y-R and Yang C-M (1995) Influence of Fe-deficiency and Mg-deficiency onthe thylakoid membranes of a chlorophyll-deficient Ch5 mutant of *Arabidopsis thaliana*. *BotBull Acad Sin* 36, pp: 175-179
- [73]. Hopkins W (1999) Introduction to Plant Physiology. John Wiley and Sons Inc., New York,USA, 464P
- .
- [74]. POOVAIAH, B. W.; LEOPOLD, A. C.; (1976) Effects of inorganic salts on tissue permeability. *Plant Physiol.* 58, pp: 182-185.
- [75]. SIMON, E.W.; (1978) The symptoms of calcium deficiency in plants. *New Phytol.* 80, pp: 1-15.
- [76]. POOVAIAH, B. W.; LEOPOLD, A. C.; (1973) Inhibition of abscission by calcium. *Plant Physiol.* 51, pp: 848-851.
- [77]. Taiz, L., Zeiger, E. (2002) "Plant Physiology", Troisième édition, Editions Sunderland, Massachusetts.
- [78]. Jones, J.B Jr (1998) "Plant Nutrition Manual", CRC Press, USA.
- [79]. Kawakami K, Umena Y, Kamiya N, Shen JR (2009) Location of chloride and its possible functions in oxygen-evolving photosystem II revealed by X-ray crystallography. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106, pp: 8567-8572.

- [80]. Xu G, Magen H, Tarchitzky J, Kafkafi U (2000) Advances in chloride nutrition of plants. *Advances in Agronomy* 68, pp: 97-150.
- [81]. White PJ, Broadley MR (2001) Chloride in soils and its uptake and movement within the plant : A review. *Annals of Botany* 88, pp: 967-988.
- [82]. Teakle NL, Tyerman SD (2010) Mechanisms of Cl<sup>-</sup> transport contributing to salt tolerance. *Plant Cell Environ* 33, pp: 566-589.
- [83]. Bauwens,A et Kivits,S " La mise en œuvre expérimentale de la nutrition chez les autotrophes " *Scienceinfuse – UCL*, (2010), 11P.
- [84]. Scheer, H. *Chlorophylls*, CRC Press, Boca Raton, USA,(1991), pp: 3-30.
- [85].Lebeau P.,Janot M. ; " *Traité de pharmacie chimique*" , Tome 2 , ed Masson et Cie (1955), 373P.
- [86]. Robert.,P, Carlsson., R.M. Romero., N. and Masson., L. (2003): "Stability of spray-dried encapsulated carotenoid pigments from rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) oleoresin", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 80(11).
- [87]. Paris M et Hurabielle. (1981) *Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Tome 1.* Ed Masson. Paris. pp: 102-107.
- [88]. Ghestem A., Seguin E., Paris M., and Orecchioni A.M. (2001) *Le préparateur en pharmacie dossier 2èmeEd TEC&DOC.* Paris. pp275. (cited in Djemai Zoueglache S, 2008).
- [89]. Khanbabae K and Ree T.R. (2001) Tannins:Classification and Defenition. *Journal of Royal Society of Chemistry.* 18, pp: 641-649 (cited in Djemai Zoueglache S, 2008).
- [90] Bruneton, J. (1999) *Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed Techniques et documentations.* Paris. pp: 227-494.
- [91]. Gouveia.,L and. Empis.,J "Relative stabilities of microalgal carotenoids in microalgal extracts, biomass and fish feed: effect of storage conditions", *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 4, pp: 227- 233, (2003).
- [92]. Robert.,P, Carlsson., R.M. Romero., N. and Masson., L. "Stability of spray-dried encapsulated carotenoid pigments from rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) oleoresin", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 80(11), (2003).

- [93]. Mc Clements., D.J. Decker., E.A. Park., Y. and Weiss., J. (2009); "Structural design principles for delivery of bioactive components in nutraceuticals and functional foods", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 49, pp: 577-606,
- [94]. Seyoum A., Asres K., and El-Fiky F.K. (2006) Structure– radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*. 67, pp : 2058–2070.
- [95] Lhuillier, A. (2007) Contribution a l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *Agauria salicifolia* Hook.f ex Oliver, *Agauria polyphylla* Baker (*Ericaceae*), *Tambourissa trichophylla* Baker (*Monimiaceae*) et *Embelia concinna* Baker (*Myrsinaceae*). Thèse de doctorat. Toulouse.
- [96]. Koes RE, Quattrocchio F, Mol JNM (1994) The Flavonoid Biosynthetic-Pathway in Plants - Function and Evolution. *Bioessays* 16, pp: 123-132
- [97]. Harborne JB, Williams CA (2000) Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55; pp: 481-504.
- [98]. Winkel-Shirley B (2002) Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology* 5, pp: 218-223.
- [99]. Dixon RA, Xie DY, Sharma SB (2005) Proanthocyanidins - a final frontier in flavonoid research? *New Phytologist* 165, pp: 9-28.
- [100]. Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A (2008) Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *Plant Journal* 54, pp: 733-749.
- [101]. Effendi L., Yajun Y. et al.,(2008) Functional expression of a P450 flavonoid hydroxylase for the biosynthesis of plant-specific hydroxylatedflavonols in *Escherichia coli* .*Metab.Eng.*8, pp: 172-181.
- [102]. Hayashi, F. ; Ichino, T. Osanai, M. et Wada, K. ; (2000) Oscillation and regulation of proline content by P5CS and ProDH gene expressions in the light/dark cycles in *Arabidopsis thaliana* L. *Plant Cellular Physiology*, 4(10), pp:1096-1101.
- [103]. Tallman, G.; (1992) The chemiomatic model of stomatal opening revisited critical reviews in plant Sciences, 11, pp: 35-57.
- [104]. Da Silva, D.L.R.; Honour, S.J. et Manfield, T.A.; (1996) Estimation of apoplastic concentrations of K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> in the vicinity of stomatal guard cells. *New Phytol.*, 134, pp : 463-469.

- [105]. Moulineau, C. ; (1993) Variations sous contrainte hydrique de la teneur en acides aminés libres foliaires du mil. In : Le mil en Afrique. Diversité génétique et agro-physiologique : Potentialités et contraintes pour l'amélioration et la culture. Eds, Serge Hamon et ORSTOM, pp : 231-244.
- [106]. Zoumarou-Wallis, N. ; (1996) Etude des contraintes hydriques chez le mil (C4) et le blé (C3). DEA Faculté des Sci. de Tunis. Université de Tunis II. 75P.
- [107]. Nayyar, H. et Walia, D.P. ; (2003) Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Biol. Plant., 46(2), pp: 275-279.
- [108]. Ashraf, M. et Harris, P.J.C.; (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci., 166, pp: 3-16.
- [109]. Souza, R.P.; Machado, E.C. ; Silva, J.A.B.; Lagôa, A.M.M.A. et Silveira, J.A.G. ; (2004) Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany, 51, pp: 45-56.
- [110]. Hills, MJ (2004) Control of storage-product synthesis in seeds. Current Opinion in Plant Biology 7, pp: 302-308
- [111]. Gibson, SI (2005) Control of plant development and gene expression by sugar signaling. Current Opinion in Plant Biology 8, pp: 93-102
- [112]. Rolland F, Moore B, Sheen J (2002) Sugar sensing and signaling in plants. Plant Cell 14, pp: 185-205
- [113]. Roitsch, T (1999) Source-sink regulation by sugar and stress. Current Opinion in Plant Biology 2, pp: 198-206
- [114]. Korn M, Peterek S, Mock HP, Heyer AG, Hinch DK (2008) Heterosis in the freezing tolerance, and sugar and flavonoid contents of crosses between *Arabidopsis thaliana* accessions of widely varying freezing tolerance. Plant Cell and Environment 31, pp: 813- 827.
- [115]. Crowe JH, Crowe LM, Carpenter JF, Wistrom CA (1987) Stabilization of dry phospholipid bilayers and proteins by sugars. Biochemical Journal 242, pp: 1-10
- [116]. Crowe JH, Carpenter JF, Crowe LM, Anchordoguy TJ (1990) Are freezing and dehydration similar stress vectors - A comparison of modes of interaction of stabilizing solutes with biomolecules. Cryobiology 27, pp: 219-231.

- [117]. Campalans A.; Messeguer R., Goday A. & Pagès M. (1999) Plant responses to drought, from ABA signal transduction events to the action of the induced proteins. *PlantPhysiol. Biochem.* 37. 5, pp: 327 - 340.
- [118]. Zerrad, W. Maataoui ,B.S., Hilali ,S. El Antri ,S. et Hmyene, A (2008) . " Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur" *Lebanese Science Journal, Vol. 9, No. 2*, pp : 27-36.
- [119]. David, J.C. et Grongnet, J.F. (2001) Les protéines de stress. *INRA Prod. Anim.*, 14(1), pp: 29-40.
- [120]. Baker, J., Steel, C.H. and Dure, I.L. (1988) Sequence and characterization of 6 LEA proteins and their genes from cotton. *Plant Mol. Biol.*, 11, pp : 277-291.
- [121]. OUANOUKI Benalia." Modélisation de la demande en eau dans une région aride. Cas de la Wilaya de Djelfa" *Nature & Technologie* (2011) ; pp : 93-105.
- [122].PEGUY, C., « précis de climatologie », Ed, masson, paris,(1970), 468P.
- [123]. Haddad, A., « contribution à l'étude de la production du cédre de l'Atlas en fonction des facteurs stationnels dans le parc National de chréa », mémoire de magister, INA, Alger, (1998), pp : 12-15.
- [124].Chibane B., " Geochemistry study and Isotopic Approach in Semi-Arid Region: Case of the Djelfa Syncline (Algeria)", *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X, (2010), Vol.45 No.2 pp : 270-290.
- [125].Kasbadji, Merzouk, N., "Evaluation du gisement énergétique éolien contribution a la détermination du profil vertical de la vitesse du vent en Algérie", Thèse de doctorat l'université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, (2006), 114P.
- [126]. TELIBI. A. (2004) Contribution à l'étude de l'évapotranspiration et des besoins en eaux en zone semi arides (cas de la région de Djelfa). Mémoire Ingéniorat. Centre Universitaire (Djelfa), 120 P.
- [127]. Bouteljaoui.F ; Bessenasse .M ; Guendouz .A. ; (2012) : "Etude comparative des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration en zone semi-aride (cas de la région de Djelfa) "Revue « Nature & Technologie ». n° 07/Juin pp : 109-116.
- [128]. Derraji ,N. ; Bouchelouch , D. ; et Moulai ,R. ; ,(2013) : " Place des oiseaux d'eau dans le fonctionnement de deux zones humides continentales, Zehrez Chergui et Zehrez Gharbi (wilaya de Djelfa)" *USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities*; pp : 399-409.
- [129]. Anonyme, l'Office National de météorologie à Djelfa (O.N.M), (2013),2P.

- [130]. Arrour ,A., (2012) : “Contribution à l’étude de la dynamique de la phytomasse de pâturages steppiques dans la région de Djelfa”. Mémoire d’ingénieur, .USD. Blida, (1991), 80P. In Chebab,H.
- [131]. Francis et al., (1970) “Cooper enzymes in isolated chloroplastes”. *Plant Physiol.*, 24 (1949), pp : 1-15.
- [132]. Sarker. S. D., Nahar. L., (2007) : “Chemistry for Pharmacy Students General, Organic and Natural Product Chemistry”, John Wiley & Sons Ltd, England, pp :302-389.
- [133]. Dubois M., Gillet K.A. (1965) Dosage des sucres totaux à l’ortho–toluidine, *J. Agr.Food Chem.* 13 : 137P.
- [134]. Monneveux, P. & Nemmar, M. (1986) “Contribution à l’étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): Etude de l’accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 (6), pp. 583-590.
- [135]. Kjeldahl, J. (1883) "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances), *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22 (1), pp : 366-383.
- [136]. Francis et al., (1970) “Cooper enzymes in isolated chloroplastes”. *Plant Physiol.*, 24 (1949), pp : 1-15.
- [137]. Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. (2006) : “Antioxidant activity of some metabolit medicinal plants extracts containing phenolic compounds“, *Food Chemistry*, V.97, n°4, pp : 654–660.
- [138]. AFNOR, (1988) : Recueil de normes françaises des corps gras, oléagineuse, produits dirivés, ed. AFNOR, 325P.
- [139]. Levigneron, A., Lopez F., Vansuyt, G., Berthomie, P., Fourcroy, P. et Casse-Delbart, F. (1995): “ Les plantules face au stress salin”, *Cahier Agriculture*, France, V. 4, pp :263-276.
- [140]. Mazliak, P. (1981) : “Physiologie végétale, nutrition et métabolisme”, Ed. Harman, paris, 349 P.
- [141]. Eastman, P.A.K., & Camm, E.L. (1995): “Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence”, *Tree Physiology*, 15, pp: 229-235.
- [142]. Orcutt, D.M., & Nilsen, (2000): E.T., “Physiology of plants under stress”, John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.

- [143]. Godde, D., (1999) "Adaptation of the photosynthetic apparatus to stress conditions", In: Lerner.
- [144]. Ortega, U., Dunabeitia, M., Menendez, S., Gonzalez-murua, & Majada, J., "Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relations of *Pinus radiata* in different water regimes", *Tree physiology*, (2004), 24, pp: 65-73.
- [145]. Friedman, M. (2002) Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *JAgric Food Chem* 50, pp : 5751-5780.
- [146]. Djekoun A. & planchon C. (1992) Stomatal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes. *Can. J.Plant sci.*72:383 - 390 P.
- [147]. Friedman, M. (2002) Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *JAgric Food Chem* 50, pp: 5751-5780.
- [148]. Cazzonelli, C., I., (2011): "Carotenoids in nature: insights from plants and beyond", *Functional Plant Biology* 38, pp: 833–847.
- [149]. Lebreton, P., Jay, M., Voirin. B., (1967) : " L'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes", *Chimie analytique*, pp : 375- 383.
- [150]. Karabegovic, I., Nikolova, M., Velickovic, D., Stojicevic, S., Veljkovic, V., Lazic, M., (2011) Comparison of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Methanolic Extracts of the *Artemisia* sp. Recovered by Different Extraction Techniques. *BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING .Chinese Journal of Chemical Engineering*, 19(3), pp: 504-511.
- [151]. Niu, G., Rodriguez, D.S., Starman, T., (2010) Response of bedding plants to saline water irrigation. *Hort Science* 45 (4), pp : 628–636.
- [152]. Haouala, F., Ferjani, H., Ben El Hadj, S., (2007) Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup>) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Bitechnol. agronom. Soc. Environ*, 11 (3), pp: 235-244.
- [153]. Lebreton, P., Jay, M., Voirin. B., (1967) : " L'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes", *Chimie analytique*, pp: 375- 383.
- [154]. Munns, R., Tester, M., (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, pp: 651–681.
- [155]. SCHWARDZ, (1985) The use of saline water in hydroponie soiless culture, 1(10), pp 26-34.
- [156]. Martin P., Gagnard J., Gaytier P. (1987): "Plant analysis as guide the nutrient requirement of temperate and tropical crops", Ed. Lavoisier, Paris, 122P.

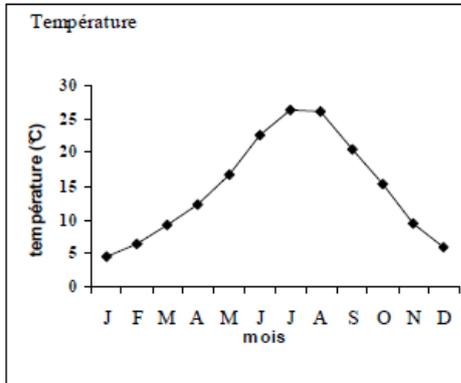
- [157]. Jeschke W D. (1984): K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. Salinity tolerance in plants, Strategies for crop improvement (ed. R. C. Staples) Wiley, New York; , pp:37-66.
- [158]. Rengel Z. (1992) :Disturbance of cell Ca<sup>2+</sup> homeostasis as a primary trigger of Al toxicity syndrome Plant Cell et Env; 15, pp:931-938.
- [159]. Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P. Casse-Delbart F. (1995) : Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures; 4 (4), pp: 263-273.
- [160]. Botella M A., Marinez V., Pardines J., Cerda A. (1997): Salinity induced potassium deficiency in maize plants. J. Plant Physiol; 150, pp: 200-205.
- [161]. LESSANI H et MARSCHNER H (1978) Relation between salt tolerance and long distance transport of sodium and chloride in various crop species. Aust. J. Plant. Physiol. 5, pp: 27-37.
- [162]. Benabedlkader, T. (2005): "Contribution à l'étude phytochimique et chimiotaxonomique et biologique de dgouft (*Artemisia campestris*) ". Mémoire de magister, INES Kouba, alger, 145 P.
- [163]. Mazliak, P., (1981): "Physiologie végétale, nutrition et métabolisme", Ed. Harman, paris, 349 P.
- [164]. Reeman C and Breakle S .W. (1993): "Sodium relation in chenopodiaceae: acomparative approach ", Plant .Cei and environement. Gramy.Vol 12, pp: 323-328.
- [165]. Bensari, M. ; Camés, J. et Viala, g. ; (1990) répartition du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja. Influence d'un déficit hydrique. Plant Physiol. Biochem., 28, pp: 17-26.
- [166]. Blaclow, W.M. ; Darbyshire, B. et Pheloung, P. ; (1984) Fructan polymerized and depolymerized in the inter-nodes of winter wheat as grain-filling progressed. Plant Sci. Letters, 36, pp: 213-218
- [167]. Rodriguez, M. L. ; David, M. M. ; Chaves, M. M. et Pereira, J. S. ; (1993) Water deficits and osmotic adjustment in grapevine leaves. In: actas del 1er Simposium hispano-Portugues relaciones hidricas en las Plantas. Palma de Mallorca, pp:155-158.
- [168]. Tan, W. ; Blake, T.J. et Boyle, T.J.B. ; (1992) Drought tolerance in faste rand lower growing black spruce (*Picea mariana*) progenies. II. Osmotic adjustment and changes of soluble carbohydrates and amino acids under stress. Physiol. Plant, 85, pp: 645-651.

- [169]. Gebre, g.M.; Kuhns, M.r. et brandle, J.r.; (1994): "Organic solute accumulation and dehydration tolerance in three water-stressed *Populus deltoids* clones". *tree Physiol.*, 14, pp: 575-587.
- [170]. Tschaplinski, T.J. et Tuskan, G.A.; (1994) Water stress tolerance of black and eastern cottonwood clones and four hybrid progeny.II. Metabolites and inorganic ions that constitute osmotic adjustment. *Can. J. fors. res.*, 24, pp: 681-687
- [171]. Noiraud, N., Delrot, S., and Lemoine, R. (2000): "The sucrose transporter of celery .Identification and expression during salt stress", 1.*Plant physiol.*, Volum 1.22 ,pp: 1447-1456.
- [172]. Ranieri, a. ; Bernard, r. ; Lanese, P. et Soldantini, g.f. (1989): "Changes in free amino acid content and protein pattern of maize seedlings under water stress". *Env. Exp. Bot.*, 29, pp: 351-357.
- [173]. Benabedlkader, T., (2005) : " Contribution à l'étude phytochimique et chimiotaxonomique et biologique de dgouft (*Artemisia campestris*) ". Mémoire de magister, INES Kouba, alger, 145 P.
- [174]. Gaertn M. Mefti, A. Abdelguerfi et A. Chebouti :Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Institut National Agronomique, El-Harrach, 16200 Alger, Algérie
- [175]. M. C. Clintock D. et fitter R.S.R. , (1964) : « Guide des plantes à fleurs de l'Europe occidentale ». Ed. Delachaux et Niestlé Neuchatel, Suisse.
- [176]. Santoro, M.M., Liu, Y., Khan, S.M.A., Hou, L-X and Dollen D.W. (1992) : "Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes". *Biochimie*, 31.5278-5283.
- [177]. Guignard, J.L. (2000) : "Biochimie végétale", Ed. Dunod, Paris, , 274 p.
- [178]. Tallman, g. ; (1992) the chemiomatic model of stomatal opening revisited critical reviews in plant Sciences, 11: 35-57.
- [179]. Da Silva, D.L.R.; Honour, S.J. et Manfield, T.A.; (1996) Estimation of apoplastic concentrations of K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> in the vicinity of stomatal guard cells. *New Phytol.*, 134, pp : 463-469.
- [180]. Moulineau, C. ; (1993) Variations sous contrainte hydrique de la te neur en acides aminés libres foliaires du mil. in : Le mil en afrique. diversité gnétique et agro-physiologique : Potentialités et contraintes pour l'amélioration et la culture. eds, Serge hamon et ORSTOM, pp : 231-244.

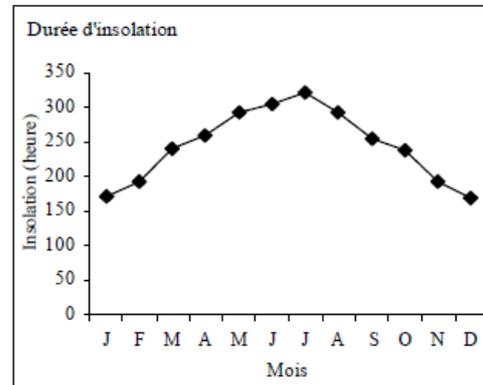
- [181]. Campalans A.; Messeguer R., Goday A. & Pagès M. (1999) Plant responses to drought, from ABA signal transduction events to the action of the induced proteins. *Plant Physiol. Biochem.* 37. 5, pp : 327 - 340.
- [182]. Schulz E-D. Beck E. & Müller-Hohenstein K. (2005) *Plant ecology*. Springer. Berlin, pp : 117-143.
- [183]. Campbell S.A. & Close T.J. (1997) Dehydrins :genes,proteins and association with phenotypic traits. *New phytol.*137, pp : 61 - 74.
- [184]. Close T.J. (1996) Dehydrins : emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. *Physiol Plant.* 97, pp : 795 - 803.
- [185]. Tharib, S.M., Gnan, S.O., Veitch, G.B.A., (1983) "Antimicrobial activity of compounds from *Artemisia campestris*", *J. Food Prot.*, 46 (3), pp : 185-187.

# ANNEXES

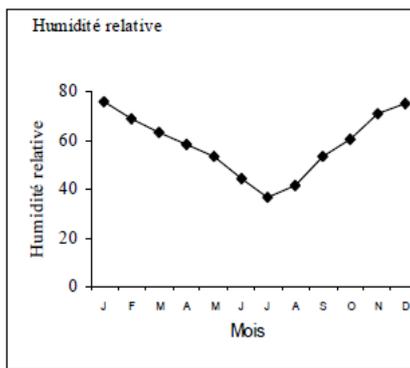
## Annexe 1. Évolution des variables climatiques durant la période (1984-2006)



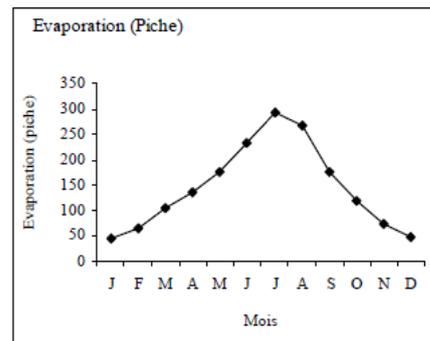
a



c



b



d

## Annexe 2 : Principe du dosage de la proline

On met 100 mg de matière végétale fraîche dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de méthanol à 40%.

Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à ébullition au bain Marie à 85° C pendant 60 minutes.

Après refroidissement, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes aux quels nous avons ajouté :

- 1 ml d'acide acétique
- 25 mg de ninhydrine

Ensuite, on a ajouté, dans chaque tube 1 ml d'un mélange contenant,

- 120 ml d'eau distillée
- 300 ml d'acide acétique
- 80 ml d'acide ortho phosphorique

On porte les tubes à ébullition au bain marie durant 30 minutes après refroidissement des solutions en ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube, après agitation au vortex deux phases apparaissent, en prélève la phase supérieure à la qu'elle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48 heures, On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec un spectrophotométrie à la longueur d'onde (528nm).

### **Annexe 3 : Détermination des matières azotées totales (MAT).**

#### a) Minéralisation

Opérer sur un échantillon de 0.5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250ml, jouter 2g de catalyseur composé de (250g de  $K_2SO_4$ , 250g de  $CuSO_4$  et 5g de Se) dans le mélange on ajout 20 ml d'acide sulfurique concentre (densité = 1.84).

Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration vert stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

#### b) Distillation

Transvaser 10 à 15 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10 ml d'indicateur contenant :  $\frac{1}{4}$  de rouge de méthyle à 0.2 % dans l'alcool à 95° et  $\frac{3}{4}$  de vert de bromocresol à 0.1 % dans l'alcool 95°.

Verser lentement dans matras de l'appareil a distillateur , 50 ml de lessive de soude (d= 1.33) , mettre en marche l'appareil , laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide

sulfurique a N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention a nouveau de la couleur initiale de l'indicateur .

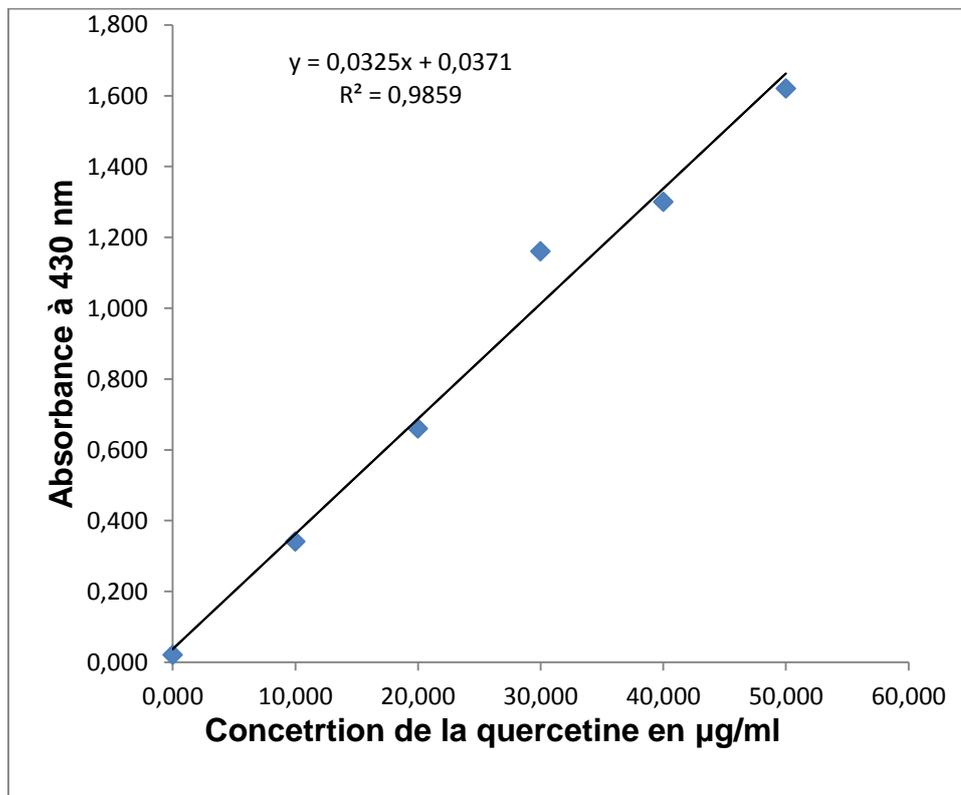
1 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1N) → 0.014 d'N

1 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/20) → 0.0007 d'N

#### **Annexe 4 : Préparation de l'extrait méthanolique**

1,5 g de la poudre végétale est introduit dans des tubes à essai contenant 10 ml de méthanol à 80%, après agitation pendant 15 minutes les extraits sont filtrés. Le filtrat obtenu est l'extrait méthanolique.

#### **Annexe 5 : Courbe d'étalonnage la quercétine**



## **Annexe 6 : Mode opératoire du dosage des éléments minéraux**

Homogénéiser la poudre végétale finement broyée et la sécher pendant 16 heures à 70 – 80°C et refroidir durant 30 minutes au dessiccateur.

- ✓ Peser 2 g dans une capsule de platine ou en porcelaine.
- ✓ Disposer la capsule dans un four froid, élever la température à 450°C en 2 heures et la maintenir 2 heures, refroidir.
- ✓ Humecter les cendres par 2 à 3 ml d'eau distillée et 1 ml d'Hcl concentré (lentement ajouté).
- ✓ Chauffer sur plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, ajouter quelques ml d'eau distillée.
- ✓ Filtrer sur filtre sans cendre, dans une fiole jaugée de 100 ml, rincer la capsule ou 4 fois à l'eau tiède (30°C à 40°C).
- ✓ Incinérer le papier filtre et son contenu dans la capsule pendant une demi-heure à 550°C.
- ✓ Reprendre par 5 ml d'acide fluorhydrique (HF).
- ✓ Aller à sec sur plaque chauffante douce sans dépasser 100°C.
- ✓ Reprendre par 1 ml d'Hcl concentré, laver à l'eau tiède. Filtrer. Amener à 100 ml, compléter au trait de jauge après refroidissement.

## **Annexe 7 : Test de l'activité antimicrobienne**

Préparation de extraits methalonique brute :

Les échantillons (10 g de la plante séchée) ont été trempés individuellement dans 100 ml de méthanol et on agite pendant 24 heures à température ambiante (25 ± 2,0°C), puis filtré à travers du coton stérile jusqu'à filtrat limpide obtenue.

### **a- Conservation des souches**

Les souches ont été conservées à 5°C dans des tubes stériles contenant 10 ml de milieu de culture incliné (gélose nutritive).

### **b- Milieux de culture**

Selon les méthodes utilisées dans l'essai et selon les souches, nous avons utilisé les milieux suivants:

- La gélose nutritive pour l'isolement et l'entretien des souches bactériennes;

- La gélose Mueller Hinton pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux différents extraits d'*Artemisia campestris*.

c- Préparation de précultures

Les souches microbiennes à tester ont été cultivées dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive. Après 18h d'incubation à 37°C, des suspensions microbiennes d'une densité optique de 0.5 Mc Farland a été préparées pour chaque microorganisme, dans 5 ml d'eau distillée stérile.

d- Application:

Des disques de papier filters stériles Whatmann de 6 millimètres de diamètre sont imprégnés de différentes solutions des extraits d'*Artemisia campestris* des 4 saisons ; à l'aide d'une pince stérile les disques sont déposés à la surface d'un milieu ensemencé (étalé) par une suspension microbienne d'une densité optique de 0.5 McFarland. Après diffusion, les boîtes sont incubées pendant 18 à 24 heures à 37°C.

Après l'incubation l'effet des extraits se traduit par l'apparition autour de disque d'une zone circulaire transparente correspondant à l'absence de la croissance. Plus le diamètre de cette zone est grand plus la souche est sensible.

**Annexe 8 : Tableaux de comparaison des variations saisonnière**

A- Paramètres physiologiques

1- Dosage de la teneur en chlorophylles

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Chlorophylle	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,02	-0,49	-0,40
			Eté	0,03	-0,28	-0,17
		Printemps	Hiver	0,02	0,40	0,49
			Eté	0,03	0,16	0,27
	<i>Artemisia campestris</i>	Eté	Hiver	0,03	0,17	0,28
			Printemps	0,03	-0,27	-0,16
			Hiver	0,03	-0,62	-0,49
		Printemps	Eté	0,03	-0,32	-0,19
			Hiver	0,03	0,49	0,62
			Eté	0,03	0,24	0,36
Eté	Hiver	0,03	0,19	0,32		
	Printemps	0,03	-0,36	-0,24		

## 2- Dosage des caroténoïdes

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Caroténoïdes	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,02	-3,75	-3,66
			Eté	0,03	-2,05	-1,94
		Printemps	Hiver	0,02	3,66	3,75
			Eté	0,03	1,65	1,76
		Eté	Hiver	0,03	1,94	2,05
			Printemps	0,03	-1,76	-1,65
<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,03	-3,75	-3,62	
		Eté	0,03	-2,09	-1,96	
	Printemps	Hiver	0,03	3,62	3,75	
		Eté	0,03	1,60	1,73	
	Eté	Hiver	0,03	1,96	2,09	
		Printemps	0,03	-1,73	-1,60	

## 3- Dosage des flavonoïdes

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Flavonoïdes	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,02	10,69	10,78
			Eté	0,02	-20,82	-20,72
		Printemps	Hiver	0,02	-10,78	-10,69
			Eté	0,03	-31,56	-31,45
		Eté	Hiver	0,02	20,72	20,82
			Printemps	0,03	31,45	31,56
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,03	10,63	10,75
			Eté	0,03	-20,95	-20,83
		Printemps	Hiver	0,03	-10,75	-10,63
			Eté	0,03	-31,64	-31,52
		Eté	Hiver	0,03	20,83	20,95
			Printemps	0,03	31,52	31,64

## B- Paramètres biochimiques

### 1- Dosage des sucres solubles totaux

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Sucres solubles Totaux	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,16	3,53	4,23
			Eté	0,19	0,56	1,37
		Printemps	Hiver	0,16	-4,23	-3,53
			Eté	0,20	-3,33	-2,49
		Eté	Hiver	0,19	-1,37	-0,56
			Printemps	0,20	2,49	3,33
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,22	3,70	4,63
			Eté	0,22	0,40	1,33
		Printemps	Hiver	0,22	-4,63	-3,70
			Eté	0,22	-3,77	-2,83
		Eté	Hiver	0,22	-1,33	-0,40
			Printemps	0,22	2,83	3,77

### 2- Dosage de la proline

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Proline	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,02	0,92	0,99
			Eté	0,02	0,81	0,89
		Printemps	Hiver	0,02	-0,99	-0,92
			Eté	0,02	-0,15	-0,06
		Eté	Hiver	0,02	-0,89	-0,81
			Printemps	0,02	0,06	0,15
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,02	0,68	0,77
			Eté	0,02	0,38	0,48
		Printemps	Hiver	0,02	-0,77	-0,68
			Eté	0,02	-0,34	-0,25
		Eté	Hiver	0,02	-0,48	-0,38
			Printemps	0,02	0,25	0,34

### 3- Dosage de sodium

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Sodium	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,11	2,15	2,60
			Eté	0,13	-2,26	-1,74
		Printemps	Hiver	0,11	-2,60	-2,15
			Eté	0,13	-4,65	-4,10
		Eté	Hiver	0,13	1,74	2,26
			Printemps	0,13	4,10	4,65
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,14	1,36	1,97
			Eté	0,14	-2,94	-2,33
		Printemps	Hiver	0,14	-1,97	-1,36
			Eté	0,14	-4,60	-4,00
		Eté	Hiver	0,14	2,33	2,94
			Printemps	0,14	4,00	4,60

### 4- Dosage de potassium

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Potassium	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,22	-5,89	-4,97
			Eté	0,25	7,18	8,25
		Printemps	Hiver	0,22	4,97	5,89
			Eté	0,26	12,60	13,70
		Eté	Hiver	0,25	-8,25	-7,18
			Printemps	0,26	-13,70	-12,60
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,29	-6,82	-5,58
			Eté	0,29	7,08	8,32
		Printemps	Hiver	0,29	5,58	6,82
			Eté	0,29	13,28	14,52
		Eté	Hiver	0,29	-8,32	-7,08
			Printemps	0,29	-14,52	-13,28

## 5- Dosage des protéines

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Protéines	<i>Artemisia herba alba</i>	Hiver	Printemps	0,12	-8,11	-7,60
			Eté	0,14	-9,43	-8,84
		Printemps	Hiver	0,12	7,60	8,11
			Eté	0,15	-1,58	-0,97
		Eté	Hiver	0,14	8,84	9,43
			Printemps	0,15	0,97	1,58
	<i>Artemisia campestris</i>	Hiver	Printemps	0,16	-7,94	-7,25
			Eté	0,16	-8,06	-7,37
		Printemps	Hiver	0,16	7,25	7,94
			Eté	0,16	-0,46	0,22
		Eté	Hiver	0,16	7,37	8,06
			Printemps	0,16	-0,22	0,46

## Annexe 9 : Tableaux de comparaison des espèces

### A- Paramètres physiologiques

#### 1- Dosage des chlorophylles

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Chlorophylle	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	-0,13	-0,02
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>			
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	-0,24	-0,13
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>			
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	-0,17	-0,04
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>			

## 2- Dosage des caroténoïdes

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Caroténoïdes	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	0,09	0,19
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,03	-0,19	-0,09
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	0,10	0,21
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,03	-0,21	-0,10
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	0,05	0,17
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,03	-0,17	-0,05

## 3- Dosage des flavonoïdes

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Flavonoïdes	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,02	1,22	1,32
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,02	-1,32	-1,22
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	1,18	1,29
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,03	-1,29	-1,18
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,03	1,09	1,21
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,03	-1,21	-1,09

## B- Paramètres biochimiques

### 1- Dosage des sucres solubles totaux

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Sucres solubles Totaux	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,19	0,46	1,27
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,19	-1,27	-0,46
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,20	0,73	1,57
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,20	-1,57	-0,73
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,22	0,30	1,23
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,22	-1,23	-0,30

### 2- Dosage de la proline

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Proline	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,02	0,46	0,54
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,02	-0,54	-0,46
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,02	0,22	0,31
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,02	-0,31	-0,22
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,02	0,03	0,12
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,02	-0,12	-0,03

### 3- Dosage de sodium

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Sodium	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,13	1,14	1,66
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,13	-1,66	-1,14
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,13	0,42	0,97
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,13	-0,97	-0,42
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,14	0,46	1,07
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,14	-1,07	-0,46

### 4- Dosage de potassium

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Potassium	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,25	2,32	3,38
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,25	-3,38	-2,32
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,26	1,53	2,63
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,26	-2,63	-1,53
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,29	2,22	3,45
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,29	-3,45	-2,22

## 5- Dosage des protéines

Variable dépendante				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Protéines	Hiver	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,14	-2,24	-1,64
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,14	1,64	2,24
	Printemps	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,15	-1,98	-1,37
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,15	1,37	1,98
	Eté	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Artemisia campestris</i>	0,16	-0,86	-0,18
		<i>Artemisia campestris</i>	<i>Artemisia herba alba</i>	0,16	0,18	0,86

## Annexe 10 : Tableau de l'activité antimicrobienne

- Comparaison par paire

Variable dépendante: zone d'inhibition

saison				Erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Hiver	Staph.a	A.H.A	A.C	1,17	-0,36	4,36
		A.C	A.H.A	1,17	-4,36	0,36
	Pseudo. a	A.H.A	A.C	1,17	0,64	5,36
		A.C	A.H.A	1,17	-5,36	-0,64
	E.coli	A.H.A	A.C	1,17	-1,36	3,36
		A.C	A.H.A	1,17	-3,36	1,36
Printemps	Staph.a	A.H.A	A.C	1,17	-1,36	3,36
		A.C	A.H.A	1,17	-3,36	1,36
	Pseudo. a	A.H.A	A.C	1,17	0,97	5,70
		A.C	A.H.A	1,17	-5,70	-0,97
	E.coli	A.H.A	A.C	1,17	-1,03	3,70
		A.C	A.H.A	1,17	-3,70	1,03
Eté	Staph.a	A.H.A	A.C	1,17	-1,36	3,36
		A.C	A.H.A	1,17	-3,36	1,36
	Pseudo. a	A.H.A	A.C	1,17	-0,70	4,03
		A.C	A.H.A	1,17	-4,03	0,70
	E.coli	A.H.A	A.C	1,17	-2,36	2,36
		A.C	A.H.A	1,17	-2,36	2,36