

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des sciences agronomiques et vétérinaires**

Département d'agronomie

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : AGRO-RESSOURCES

**ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES**

**ET BIOCHIMIQUES D' *Artemisia herba alba***

Par

**CHEBAB HADJIRA**

Devant le jury composé de :

M. SNOUSSI S.A.	Professeur, USD. Blida	Président
M. BENMOUSSA M.	Professeur, USD. Blida	Examineur
M. HADJ SADOK T.	Maître de conférences B, USD. Blida	Examineur
M <sup>me</sup> BENREBIHA F.Z.	Professeur, USD. Blida	Promotrice
M <sup>elle</sup> CHAOUIA C.	Maître de conférences B, USD. Blida	Co-promotrice

**Blida, Novembre 2012**

## REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force et la santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice Professeur BENREBIHA F/Z., ainsi qu'à ma co-promotrice Docteur CHAOUIA C. d'avoir bien voulu m'encadrer et pour avoir suivi attentivement la progression de mon travail ainsi que pour leurs conseils et leur patience.

Je remercie vivement Professeur SNOUSSI S.A. qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciements vont aussi au Professeur BENMOUSSA M. et Docteur HADJ SADOK T. pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime ma reconnaissance à la technicienne du laboratoire de physiologie végétale,

Je remercie aussi le personnel de la bibliothèque en occurrence Monsieur Kamel.

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

Qu'il me soit permis également de remercier mes amis BENMIMOUN S., ABAD M., BOUZIANI Y., DERFOUL S., EL KERDIM H., pour leurs précieuses aides.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé de loin ou de prêt à la réalisation de ce travail.

## DEDICACES

Je présente ma profonde gratitude et mes chaleureux et vifs remerciements à mes très chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leurs sacrifices, pour leur soutien moral et financier, pour tout ce qu'ils m'ont offert pour être enfin ce que je suis.

Ce mémoire de magister est dédié :

Ce mémoire de magister est dédié :

A mes frères et sœurs.

A mon petit frère Taki Eddine.

A mes neveux : Ilyess, Wassim et à ma nièce Alaa.

A la mémoire de mes grands parents qui ne sont plus de ce monde : Ahmed et Mastoura.

A mes amis Khadidja, Sihem, Zahra, Zahra, Zahia, Yamna, Hanan, Soumia et Lamia.

Je le dédie aussi à Mohamed et Omar.

Ainsi qu'à toute la promotion 2009/2010.

## RESUME

L'une des espèces propice à la reconstitution des écosystèmes pastoraux dégradés en bioclimat méditerranéen est l'armoise : *Artemisia herba-alba* Asso.

Trois zones d'étude ont été retenues (Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda) et deux saisons (hiver et printemps) afin de cerner l'adaptation de cette espèce aux conditions environnementales par le changement des paramètres biochimiques et physiologiques.

L'hiver étant la période rude, il présente un état de stress pour les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala qui ont réagi par une augmentation de l'accumulation des ions  $\text{Na}^+$ , de sucres solubles, de la proline et les protéines solubles et une faible quantité de chlorophylle, des flavonoïdes et une faible accumulation des ions  $\text{K}^+$ . Cette situation s'inverse au printemps avec une augmentation de la quantité de chlorophylle (a, b et c) et des ions  $\text{K}^+$ .

Quant à l'écotype Bou Saâda, la meilleure période est l'hiver où nous enregistrons des quantités importantes de chlorophylle (a, b et c) et des flavonoïdes. La période de printemps est la plus rude contrairement aux écotypes Djelfa et Ksar Chellala avec de fortes accumulations des ions  $\text{Na}^+$ , de sucres solubles, de la proline et des protéines solubles.

L'extrait aqueux de l'artémisia administré aux lots de souris provoque une baisse de l'inflammation à la concentration de 0.2g/ml durant la période printanière.

L'artémisia est une plante non toxique, elle ne présente aucun danger pour les souris testées. Notons également que c'est une plante très utilisée par la population locale contre différents maux.

**Mots clés** : *Artemisia herba alba* Asso.-chlorophylles- sucres solubles protéines- ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  - anti-inflammatoire - toxicité.

## ABSTRACT

One of suitable species to the reconstruction of degraded pastoral ecosystems in Mediterranean bioclimate is armoise: *Artemisia herba-alba* Asso. Three study areas were selected (Djelfa Ksar Chellala and Bou Saâda) and two seasons (winter and spring) to identify the adaptation of this species to environmental conditions by changing the biochemical and physiological parameters.

The winter is rough period, it presents a state of stress for both ecotypes Djelfa and Ksar Chellala which have responded by increasing the accumulation of Na<sup>+</sup> ions, soluble sugars, proline and soluble proteins and low amount of chlorophyll, flavonoids and low accumulation of K<sup>+</sup> ions. This situation is reversed in the spring with an increase in the amount of chlorophyll (a, b and c) and K<sup>+</sup> ions.

Regarding the ecotype Bou Saâda, the best time is winter where we record a large amounts of chlorophyll (a, b and c) and flavonoids. The period of spring is the hardest unlike the ecotypes Djelfa and Ksar Chellala with large accumulations of Na<sup>+</sup> ions, soluble sugars, proline and soluble proteins.

The aqueous extract of *Artemisia* given to groups of mice provokes a fall in inflammation at 0.2g/ml concentration during the spring period.

The artemisia is non-toxic plant and it does not present any danger to the mice tested. Note also that it is widely used by the local population against various diseases.

**Keywords:** *Artemisia herba alba* Asso.- chlorophylls- soluble sugars- protein- Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> - anti-inflammatory- toxicity.

## الملخص

يعتبر نبات الشيح من بين الأنواع المناسبة لإعادة بناء الأنظمة الايكولوجية للبيئة الرعوية المتدهورة في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

من اجل دراسة تأقلم هذا النبات مع الظروف المناخية و ذلك بتغييره لمكوناته الفيزيولوجية و البيوكيميائية، قمنا باختيار ثلاث مناطق (جلفة، قصر الشلالة و بوسعادة) خلال فصلي الشتاء و الربيع.

تعتبر فترة الشتاء مرحلة قاسية بالنسبة لنباتات الجلفة و قصر الشلالة، حيث لاحظنا زيادة في نسبة تراكم ايونات الصوديوم، السكريات، البرولين والبروتينات و انخفاض في نسبة اليخضور، فلافنويد و البوتاسيوم . تنعكس هذه الوضعية في فصل الربيع وذلك بزيادة نسب تراكم اليخضور و البوتاسيوم.

أما بالنسبة لمنطقة بوسعادة فيعتبر فصل الشتاء أفضل من فصل الربيع حيث لاحظنا زيادة في نسب كل من اليخضور، فلافنويد في فصل الشتاء و ارتفاع نسبة الصوديوم، السكريات، البرولين و البروتينات في فصل الربيع.

أظهرت نتائج استعمال المستخلص المائي لنبات الشيح لمعالجة الفئران من الالتهاب انخفاض ملحوظ في نسبة الالتهاب بجرعة 0.2 غ/مل .  
إن نبات الشيح، نبات غير سام حيث لم نسجل أي خطر على فئران التجارب، كما انه نبات كثير الاستعمال من قبل السكان المحليين ضد مختلف الأوجاع.

الكلمات الدالة: ارطماسيا –اليخضور- السكريات- البروتينات- الصوديوم- البوتاسيوم-مضاد الالتهاب- السمومة.

## **TABLES DES MATIERES**

<b>INTRODUCTION</b>	<b>15</b>
<b>CHAPITRE 1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>17</b>
1. Répartition géographique.	17
1.1. Dans le monde	17
1.2. En Afrique du nord	17
1.3. En Algérie	17
2. Systématique	18
3. Stades phénologiques	19
3.1. Description botanique	19
3.1.1. Système racinaire	20
3.1.2. Feuilles	20
3.1.3. Fleurs	20
3.1.4. Fruits	21
4. Caractéristiques pédoclimatiques des steppes à armoise blanche	21
4.1. Facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques	22
4.1.1. Sécheresse	22
4.1.2. Erosion éolienne et hydrique	22
4.1.3. Surpâturage	22
5. Réponses adaptatives des plantes aux conditions climatiques	23
5.1. Adaptation morphologique	23
5.2. Accumulation de la proline	23
5.3. Accumulation des sucres et leurs dérivés, les polyols	24
5.4. Accumulation des protéines	24
5.5. Accumulation des composés inorganiques	24
6. Intérêt de la plante	24

6.1. Intérêt thérapeutique	25
6.2. Intérêt pastorale	26
<b>CHAPITRE 2 .SITUATION GEOGRAPHIQUE</b>	<b>27</b>
<b>DES REGIONS D'ETUDE</b>	
2.1. Région de Djelfa	27
2.1.1. Géologie et géomorphologie	27
2.1.2. Hydrogéologie	27
2.1.3. Climat	28
2.1.3.1. Précipitations	28
2.1.3.2 .Températures	28
2.1.4. Sol	29
2.2. Région de Ksar Chellala	29
2.2.1. Géologie et géomorphologie	29
2.2.2. Climat	30
2.2.2.1. Précipitations	30
2.2.2.2 .Températures	30
2.2.3. Sol	31
2.3. Région de Bou Saâda	31
2.3.1. Géologie et géomorphologie	31
2.3.2. Climat	31
2.3.2.1. Précipitations	32
2.3.2.2. Températures	32
2.3.3. Sol	33
<b>CHAPITRE 3. MATERIEL ET METHODES</b>	<b>34</b>
3.1. Matériel végétal	34
3.2. Dosage des chlorophylles	34
3.4. Dosage des flavonoïdes	35
3.5. Détermination des tanins	35
3.6. Dosage des éléments minéraux	35

3.7. Dosage des sucres solubles	35
3.8. Dosage de la proline	36
3.9. Dosage des protéines solubles	37
3.10. Etude de l'activité anti-inflammatoire	38
3.11. Test de toxicité	40
3.12. Mode d'expression des résultats	41
<b>CHAPITRE 4. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>42</b>
4.1. Quantité de la chlorophylle	42
4.1.1. Quantité de la chlorophylle (a)	42
4.1.2. Quantité de la chlorophylle (b)	46
4.1.3. Quantité des caroténoïdes	50
4.2. Quantité des flavonoïdes	55
4.3. Identification des tanins	59
4.4. Accumulation de Na <sup>+</sup> au niveau des feuilles.	60
4.5. Accumulation de K <sup>+</sup> au niveau des feuilles.	64
4.6. Quantité des sucres solubles	68
4.7. Quantité de la proline	73
4.8. Quantité des protéines solubles	76
4.9. Effet Anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'armoise blanche	80
4.10. Test de toxicité	86
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>92</b>
<b>ANNEXE</b>	

# LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Touffe d'armoise blanche (originale).....	19
Figure 1.2 : Système racinaire de l'armoise blanche (originale).....	20
Figure 1.3 : Steppes à armoise blanche (originale).....	22
Figure 2.1 : Précipitations mensuelles décennales de la région de Djelfa.....	28
Figure 2.2 : Précipitations moyennes de la région de Ksar Chellala (Campagne 2008/2009).....	30
Figure 2.3 : Précipitations moyennes de la région de Bou Saâda (Campagne 2007/2008).....	32
Figure 3.1 : Dosage de la proline.....	36
Figure 3.2 : Extraction des protéines solubles de l' <i>Artemisia herba alba</i> Asso.	31
Figure 4.1 : Effet du facteur écotype sur la quantité de chlorophylle (a).....	42
Figure 4.2 : Effet du facteur saison sur la quantité de chlorophylle (a).....	43
Figure 4.3 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (a)....	44
Figure 4.4 : Effet du facteur écotype sur la quantité de chlorophylle (b).....	47
Figure 4.5 : Effet du facteur saison sur la quantité de chlorophylle (b).....	48
Figure 4.6 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (b).....	49
Figure 4.7 : Effet du facteur écotype sur la quantité des caroténoïdes.....	51
Figure 4.8 : Effet du facteur saison sur la quantité des caroténoïdes.....	52
Figure 4.9 : Interaction écotype / saison sur la quantité des caroténoïdes.....	53
Figure 4.10 : Effet du facteur écotype sur la quantité des flavonoïdes.....	55
Figure 4.11 : Effet du facteur saison sur la quantité des flavonoïdes.....	56
Figure 4.12 : Interaction saison / écotype sur la quantité des flavonoïdes.....	57
Figure 4.13 : Détection de la présence des tanins catéchiques.....	59
Figure 4.14 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de Na <sup>+</sup> .....	60
Figure 4.15 : Effet du facteur saison sur l'accumulation de Na <sup>+</sup> .....	61

Figure 4.16 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de Na <sup>+</sup> .....	62
Figure 4.17 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de K <sup>+</sup> .....	64
Figure 4.18 : Effet du facteur saison sur l'accumulation de K <sup>+</sup> .....	65
Figure 4.19 : Interaction écotype /saison sur l'accumulation de K <sup>+</sup> .....	66
Figure 4.20 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation des sucres solubles.	69
Figure 4.21 : Effet du facteur saison sur l'accumulation des sucres solubles...	70
Figure 4.22 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation des sucres solubles.....	71
Figure 4.23 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de la proline.....	73
Figure 4.24 : Effet du facteur saison sur l'accumulation de la proline.....	74
Figure 4.25 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de la proline.....	75
Figure 4.26 : Effet du facteur écotype sur la quantité des protéines.....	77
Figure 4.27 : Effet du facteur saison sur la quantité des protéines.....	78
Figure 4.28 : Interaction écotype /saison sur la quantité des protéines.....	79
Figure 4.29 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps et du traitement.....	83
Figure 4.30 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.....	84
Figure 4.31 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.....	85
Figure 4.32 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.....	85

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Températures moyennes décennale (1998/2008).....	28
Tableau 2.2 : Températures mensuelles moyennes de la région de Ksar Chellala (Campagne 2008/2009).....	31
Tableau 2.3 : Températures moyennes décennale (Campagne 1999/2009)....	33
Tableau 3.1 : répartition des lots pour le test anti-inflammatoire.....	39
Tableau 3.2 : Classes de toxicité : Echelle de Hodge et Sterner (1943).....	41
Tableau 4.1 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (a)...	45
Tableau 4.2 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (b)...	49
Tableau 4.3 : Interaction écotype / saison sur la quantité des caroténoïdes.....	54
Tableau 4.4 : Interaction écotype / saison sur la quantité des flavonoïdes.....	58
Tableau 4.5 : Interaction écotype / saison sur la quantité accumulée de Na <sup>+</sup> ...	63
Tableau 4.6 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de K <sup>+</sup> .....	67
Tableau 4.7 : Interaction écotype / saison sur la synthèse et l'accumulation des sucres solubles.....	71
Tableau 4.8 : Interaction écotype / saison sur la quantité de la proline.....	75
Tableau 4.9 : Interaction écotype / saison sur la quantité des protéines.....	79
Tableau 4.10 : Evaluation du pourcentage moyen de l'œdème des pattes (% de l'inflammation).....	82
Tableau 4.11 : Application de la méthode de BEHREN et KARBBER.....	87

## LISTE DES ABRIVIATIONS

%	: Pourcentage
µg	: Microgramme
B	: Bou Saâda
C°	: Celsius
cm	: Centimètre
d	: Densité
D	: Djelfa
Déc	: Décembre
DL <sub>50</sub>	: Dose létale moyenne de 50% de population
E.A	: Extrait aqueux
E.P	: Eau physiologique
Fe	: Fer
Fev	: Février
g	: Gramme.
H	: Heure
ha	: Hectare.
H.E	: Huile essentielle
HCl	: Acide chlorhydrique
Jan	: Janvier
Juil	: Juillet
K	: Ksar Chellala
K <sup>+</sup>	: Potassium
kg	: Kilogramme
km	: Kilomètre
m	: Mètre

max : Maximale  
MF : Matière fraîche  
mg : Milligramme  
min : Minimale  
ml : Millilitre  
mm : Millimètre  
Moy : Moyenne  
MS : Matière sèche  
n : Nombre de chromosomes  
Nov : Novembre  
Oct : Octobre  
PEG : Hypertoniques de polyéthylène glycol  
UF : Unité fourragère  
Sept : Septembre  
W : Poids de la matière fraîche

## INTRODUCTION

L'Algérie avec sa diversité de climats et de sols, sa situation géographique et ses reliefs, présente une flore d'environ 3510 espèces dont 450 espèces sont répertoriées dans les hauts plateaux et le grand Sud du pays [1]. La flore médicinale naturelle est relativement abondante et compte plus de 300 espèces utilisées en médecine traditionnelle [2].

Les hautes plaines steppiques sont des régions à vocation essentiellement pastorale. Elles connaissent aujourd'hui une forte dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socio-économiques [3].

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique, une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation [4]. Les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables, inégalement réparties et anarchiquement exploitées. Les points d'eau sont au nombre de 6500 dont plus de 50% sont vétustes [5].

Cette situation cause des problèmes environnementaux et écologiques graves, avec une réduction de la production fourragère.

Afin de préserver et d'améliorer les sols de ces régions, la valorisation des espèces spontanées (fourragères et médicinales) connues pour leurs tolérances à la sécheresse et à la salinité telle que l'armoise blanche, s'avère indispensable.

L'*Artemisia herba alba* Asso. est un sous arbuste buissonnant appartenant à la famille des Astéracées, c'est une espèce ligneuse à feuilles persistantes.

Il présente un grand polymorphisme méritant d'être exploité dans le cadre de réhabilitation des zones semi-arides et arides. Il permet d'élargir les potentialités de sélection de génotype résistant au stress environnemental.

Son cycle végétatif, est à tout instant, affecté par une multitude de stress environnementaux. La plante a mis en place des mécanismes qui lui sont propres pour percevoir et répondre aux conditions extrêmes tels que la déshydratation, les basses températures, le surpâturage ou encore des infections par des espèces qui lui sont pathogènes. Ces stress abiotiques sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques et physiologiques.

Pour mieux cerner l'adaptation de l'*Artemisia herba alba* Asso. aux conditions climatiques des régions steppiques, nous avons retenu 03 écotypes pour le prélèvement des échantillons en deux saisons (hiver et printemps) :

- Djelfa
- Ksar Chellala
- Bou Saâda.

Durant cette étude, nous nous sommes intéressées à l'étude des paramètres biochimiques et physiologiques de cette espèce qui sont considérés comme des marqueurs à la réponse à tout changement des conditions environnementales par la modification de la production des molécules impliquées dans le rétablissement de l'homéostasie cellulaire, la chlorophylle (a, b et c) et les molécules d'osmorégulation (proline, sucres solubles et les protéines solubles).

Nous avons également tenté de mettre en lumière l'effet anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'armoise blanche.

Parallèlement, un test de toxicité de cet extrait de l'armoise blanche a été réalisé.

## CHAPITRE 1

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### 1. Répartition géographique

##### 1.1. Dans le monde

L'Armoise blanche est connue sous le nom d'Absinthe du désert [6], dont l'aire géographique s'étend depuis les Canaries et l'Espagne à l'ouest, jusqu'au Turkménistan et l'Ouzbékistan à l'Est. Elle se rencontre à travers tout le Nord de l'Afrique et le Proche-Orient [7].

##### 1.2. En Afrique du nord

L'armoise blanche est la plante aromatique la plus répandue au Maroc. Elle occupe environ 2.5 millions d'hectares. Elle est aussi rencontrée dans les régions de l'Oriental, du Rif oriental, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas Saharien [8]. Elle représente pour le pays un grand intérêt socio-économique.

Son l'huile essentielle est destinée essentiellement à l'exportation sur le marché international et y représente plus de 90% [9].

En Tunisie, l'armoise blanche est présente depuis l'étage bioclimatique semi-aride jusqu'à l'étage saharien [10].

L'armoise présente une large amplitude altitudinale et se rencontre dans toutes les conditions de variantes hivernales [10]. Elle se trouve dans les régions où les précipitations annuelles varient entre 400 mm et 90 mm.

##### 1.3. En Algérie

L'*Artemisia herba-alba* Asso. fut découverte pour la première fois en Algérie par le botaniste IGNATION JORDAN DE ASSO [11].

L'armoise blanche pousse dans la steppe, zone délimitée par les isohyètes de 100 à 400 mm/ an [12]. Cette espèce est assez rare dans le Tell algérien, elle est rencontrée dans les sahels et les plaines du littoral, ainsi que le Tell constantinois [13].

Dans le sud, l'*Artemisia herba alba* Asso. est rare au niveau du Sahara Septentrional ; mais elle a été observée près de Zousfana à El Goléa et le Hamada de Tinghert. Elle est rencontrée aussi dans les massifs du Sahara Central, dans le Hoggar à plus de 1400 m. Elle se retrouve également à Tamanrasset aux bords des Seguias (petits oueds), les plateaux de Tigharart à 1900 m, près du oued Amsa dans les pentes pierreuses à 2300 m et jusqu'au mont Tahat entre 2400 et 2900 d'altitude [14].

## 2. Systématique

La classification de l'armoise blanche est comme suit [15] :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Division : Magnoliopsida

Sous classe : Astéridae

Ordre : Astérales

Famille : Astéraceae (composées)

Genre : *Artemisia*

Espèce : *Artemisia herba alba* Asso.

Noms commun : Armoise blanche.

Le genre *Artemisia* est représenté par environ 280 espèces [16], dont certains forts abondants, d'autres rares et cantonnées à haute altitude, quelque fois près des neiges éternelles. La plupart de ces espèces sont vivaces, souvent aromatiques [17].

En Algérie les plantes du genre *Artemisia* forment des peuplements naturelles dans les zones bioclimatiques sub-humide à aride [18]. Les espèces rencontrées en Algérie sont : *Artemisia herba alba* Asso., *Artemisia campestris*, *Artemisia judaica*, *Artemisia arboriscentis* L., *Artemisia absinthum* L., *Artemisia atlantica* Coss. et Dur., *Artemisia alba turra ssp. kabylica*, *Artemisia verlotorum* Lamott., *Artemisia vulgaris* et *Artemisia monosperma* L. [19].

### 3. Stades phénologiques

Les pluies d'automne provoquent généralement l'émission de ramifications différenciées orthotropes au niveau des nœuds de la partie basale. Mais la période optimale de croissance est printanière. Les ramifications des tiges produites à cette période sont de type simultané et acrotoné. La phase de reproduction débute en fin d'été et se prolonge jusqu'au mois de février, date de maturité des semences [10].

#### 3.1. Description botanique

L'Armoise blanche est une chaméphyte [15]. C'est un sous arbrisseau buissonnant [6], ligneux qui se développe en touffe bien individualisée, mesurant en moyenne entre 20 et 30 cm de hauteur. Elles ont un diamètre de 30 à 40 cm [20] (figure1.1).



Figure 1.1 Touffe d'armoise blanche (Originale).

### 3.1.1. Système racinaire

Le système racinaire est très dense à la surface, il peut atteindre un étalement latéral de 50 cm au maximum [21]. Grâce à ce système racinaire, l'armoise blanche est capable de valoriser toute l'humidité superficielle occasionnée par les faibles pluies et d'exploiter l'eau du sol jusqu'à 50 cm de profondeur [22] (figure 1.2).



Figure 1.2 Système racinaire de l'armoise blanche (Originale).

### 3.1.2. Feuilles

Elles sont veloutés et pubescentes découpées en des petites languettes d'un vert argenté. Lors du développement des 1<sup>ères</sup> feuilles, leurs tailles est relativement grande mais au fur et mesure que les rameaux s'allongent les feuilles deviennent de plus en plus petites à l'extrémité [20].

### 3.1.3. Fleurs

Ce sont des capitules très petites et ovoïdes de 1.5 à 3 mm de diamètre, de couleurs jaunes à rougeâtres [6]. Elle sont groupées en grappes, celle du rang extérieur ont la corolle à 3 dents et sont pistillées ; les autres ont la corolle à 5 dents et sont stamino-pistillées soit stériles [23]. La floraison de l'*Artemisia herba alba* Asso. débute le plus souvent en juin mais les fleurs se développent essentiellement à la fin de l'été [24].

### 3.1.4. Fruits

Les fruits sont des akènes oblongs munis d'un pappus (ensemble de soies plus ou moins dures) qui assurent l'anémochorie et facilitent la dispersion par le vent [25].

## 4. Caractéristiques pédoclimatiques des steppes à armoise blanche

L'espèce trouve son optimum dans l'étage bioclimatique aride avec une pluviométrie moyenne de 200 à 300 mm à hiver frais ou froid. Elle présente une large amplitude altitudinale comprise entre 400 et 1300 m [26].

Concernant le facteur édaphique, les groupements à *Artemisia herba alba* colonisent les dépressions non salées et les glacis à sol généralement limoneux, peu perméables et à ruissellement important.

La texture la plus répandue de l'armoïse blanche est plutôt limono-sableuse, se trouvant dans les sols superficiels (inférieur à 20 cm de profondeur) avec un taux très faible d'éléments grossiers en surface et une salure très faible à nulle [27] (figure 1.3).



Figure 1.3 : Steppes à armoïse blanche (Originale).

## 4.1. Facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques

### 4.1.1. Sécheresse

L'Algérie fait partie des zones arides et semi-arides qui sont vulnérables et souffrent de sécheresses chroniques. Ce qui entraîne de forts déficits hydriques qui représentent une forte contrainte sur l'environnement [28].

Les régions les plus touchées en Algérie sont les hauts plateaux et la steppe. Celles-ci constituent des zones de transition entre le Nord et le Sud du pays et couvrent environ 70 % des terres viables du Nord. Les changements climatiques peuvent constituer un facteur aggravant la dégradation de ces régions [28].

Les écosystèmes steppiques sont marqués par une grande variabilité interannuelle des précipitations. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre 1913-1938 et 1978-1990 [29].

### 4.1.2. Erosion éolienne et hydrique

Ces phénomènes ont provoqué d'énormes pertes : près de 600.000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiées et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion hydrique et éolienne [29].

### 4.1.3. Surpâturage

Le surpâturage est une conséquence directe d'une augmentation de l'effectif des petits ruminants car les terres de parcours sont leur principale source d'alimentation [3].

L'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif. En effet, les meilleures espèces fourragères sont consommées avant d'avoir eu le temps de fructifier ou de former des repousses pour les saisons à venir [30].

## 5. Réponses adaptatives des plantes aux conditions climatiques

La plupart des cellules de la plante se trouvent confrontées aux conditions environnementales (sécheresse et salinité). Afin de subsister, les végétaux doivent s'adapter en développant des modifications morphologiques, physiologiques et biochimiques.

### 5.1. Adaptation morphologique

Grâce à son système racinaire très dense à la surface, l'armoise blanche peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire [31].

Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau [31, 32].

La division de la touffe en sous individus autonomes pour l'alimentation hydrique, lui permet de supporter la mort d'une partie de la touffe sans que l'individu disparaisse complètement [31].

Waisel et *al.*, [33] ont démontré que chez *A. herba-alba*, le transport de l'eau des racines aux tiges se fait selon un modèle dit « d'ascension sectorielle en détour ». L'eau prélevée par une racine est véhiculée jusqu'à une tige (et une seule) qui n'est pas forcément au dessus de la racine correspondante.

### 5.2. Accumulation de la proline

La proline (acide pyrrolidine-2 carboxilique) est un acide aminé cyclique, faisant partie avec l'hydroxyproline de la classe des acides aminés à fonction amine secondaire. Très répandu dans la nature, il est abondant dans les prolamines végétales (zéine, gliodine et la gélatine) [34].

L'éclairement [35], le froid [36], les températures élevées [37], la sécheresse, le stress salin et le stress hydrique induisent l'accumulation de la proline [38]. Cette accumulation est un moyen pour les plantes de maintenir une pression osmotique supérieure à celle du sol sans faire appel à une trop grande quantité d'ions minéraux toxiques [39].

### 5.3. Accumulation des sucres et leurs dérivés, les polyols

Les sucres semblent intervenir dans le contrôle de la régulation de l'état hydrique des cellules lors des contraintes osmotiques [40].

Les polyols sont des sucres formés de chaînes carbonées linéaires ou fermées. Ils se divisent en polyols acycliques. Ils s'accumulent dans le cytoplasme et chloroplastes pour réguler le fort potentiel osmotique de la vacuole sous stress abiotique [41].

### 5.4. Accumulation des protéines

Nombreuses sont les protéines qui s'accumulent spécialement en réponse au déficit hydrique [42], aux fortes salinités et aux basses températures [41].

Les protéines de la famille des fibrillines, sont synthétisées spécifiquement lors de contraintes environnementales. Elles s'accumulent dans les chloroplastes où elles s'associent aux membranes des thylakoïdes lamellaires et à des globules lipidiques appelés plastoglobules [43]. La modification de la teneur en lipides des membranes en condition de stress pourrait être le facteur déterminant de l'association des protéines de types fibrilline avec les membranes [43].

### 5.5. Accumulation des composés inorganiques

Les ions sont des solutés osmotiques actifs affectant significativement le potentiel osmotique tissulaire. Ils sont rencontrés dans la vacuole car leur présence à des taux élevés dans le cytoplasme peut entraver les processus métaboliques [44].

L'homéostasie ionique est assurée par le maintien du rapport  $K^+/Na^+$  qui doit être élevé. Le sodium ( $Na^+$ ) entre en compétition avec le  $K^+$  pour pouvoir pénétrer dans la cellule à travers des transporteurs  $Na^+-K^+$  et qui peut bloquer des transporteurs spécifiques de  $K^+$  lors de stress salin [45].

## 6. Intérêt de la plante

- L'armoise blanche a une importance écologique en raison de son aptitude à coloniser des zones marginales [46].

- Elle est utilisée comme épice, et comme aromatisant dans le thé et le café [47.48.49].

- Sa teneur en huile essentielle varie de 1 à 1.5% de matière fraîche. Son essence est destinée à l'industrie de la cosmétologie et de la parfumerie. Deux pays du maghreb partagent le marché international pour cette huile, le Maroc et la Tunisie [50].

### 6.1. Intérêt thérapeutique

Traditionnellement, cette espèce est utilisée pour traiter les problèmes gastriques. Elle présente un caractère vermifuge très prisé pour le bétail et possède une activité anti-helminthique, [14].

L'extrait aqueux et l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso. ont été prouvés pour leur activité anti-leishmanienne vis-à-vis deux espèces de *Leishmania* (*Leishmania tropica* et *Leishmania major*) [51].

La population locale l'utilise comme remède contre les maladies tel que diabète, les bronchites, diarrhées et aussi comme vermifuge [6].

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 [52, 53, 54].

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 [55].

L' $\alpha$ -thujone est le composé majoritaire de l'huile essentielle (HE) de Tunisie et de Jordanie avec respectivement 44 et 16%. En revanche, il est peu présent dans l'HE provenant d'Algérie, le taux est de 1.5 à 2.8% selon les régions. Ce composé a des activités biologiques telles qu'abortives, antibactériennes, emménagogues, insecticides et larvicides [11].

Une molécule active, l'artémisinine a été isolée à partir de cette plante, c'est une lactone sesquiterpénique dont la structure possède un groupe peroxyde nécessaire à l'activité antimalarique [56].

## 6.2. Intérêt pastorale

Les steppes à armoise blanche recouvrent 3 millions d'hectares (en aire potentielle) [57]. La phytomasse de cette steppe en bon état de conservation est de l'ordre de 900 à 1100 Kg /ha [58]. Les steppes à armoise présentent un fourrage disponible toute l'année [57].

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 [59].

L'armoise blanche a une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/Kg de MS [5]. Ce taux est très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/Kg MS), il augmente rapidement au printemps avec 0,92 UF/Kg MS pour diminuer de nouveau en été avec 0,6 UF/Kg MS. En automne les pluies de septembre, provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau où 0,8 UF/Kg MS est enregistré [58].

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 [60].

## CHAPITRE 2

### SITUATION GEOGRAPHIQUE DES REGIONS D'ETUDE

#### 2.1. Région de Djelfa

Elle est située sur les hauts plateaux, dans la partie centrale de l'Algérie du Nord 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 [61]. La latitude Nord est à 34°40' et la longitude est à 03°15' [62]. Elle couvre une superficie de 32.256,35 km<sup>2</sup>. Elle est limitée :

- . Au Nord : Médéa et Tissemsilt.
- . Au Sud : Ouargla, El Oued et Ghardaïa.
- . A l'Est : M'sila et Biskra.
- . A l'Ouest : Laghouat et Tiaret.

#### 2.1.1. Géologie et géomorphologie

La région de Djelfa présente un substrat dénonien avec des roches calcaires du quaternaire, des dépôts d'argile, de graviers et du sable [62].

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'ensemble de la forêt. Il est une véritable source hydrique qui alimente la nappe phréatique en hiver [63].

### 2.1.3. Climat

La région de Djelfa est caractérisée par un hiver pluvieux, froid avec une saison estivale sèche et chaude. Les précipitations se caractérisent par leur faiblesse en quantité et par leur fluctuation d'une campagne à une autre [63].

#### 2.1.3.1. Précipitations

La répartition mensuelle des précipitations est irrégulière (1998/ 2008). La période pluvieuse s'étale de septembre à mai, avec un maximum en automne (44.33 mm Octobre) (figure 2.1).

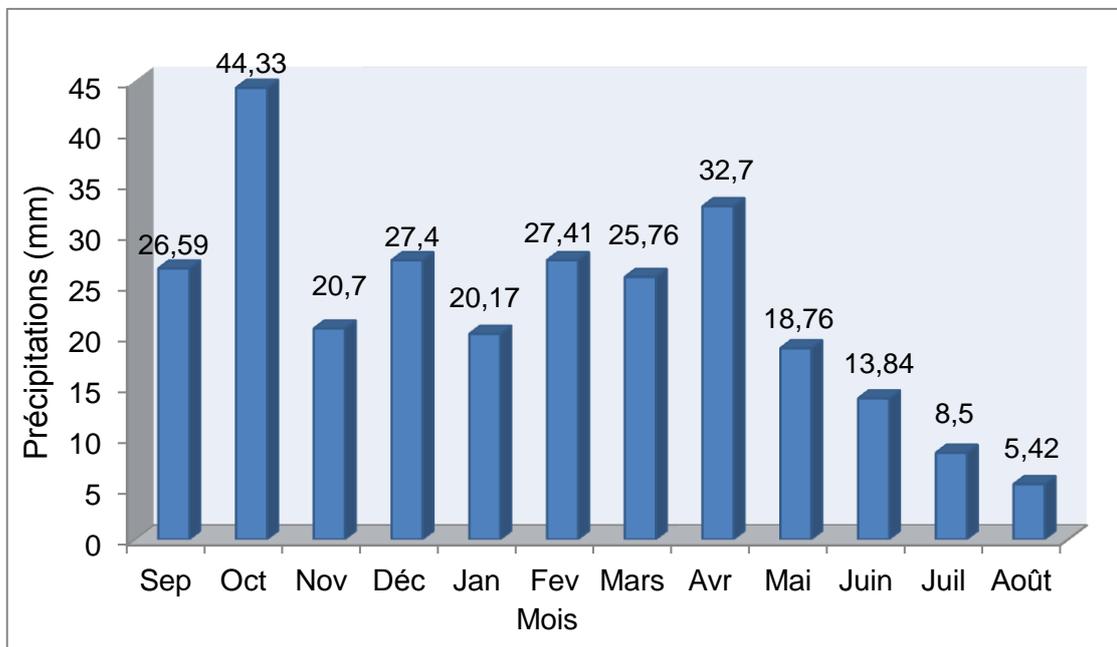


Figure 2.1 : Précipitations mensuelles décennale de la région de Djelfa [64].

#### 2.1.3.2. Températures

Le mois de juillet correspond au mois le plus chaud avec  $29.92 \pm 1$  °C. Les mois de Janvier et février sont les plus froids avec respectivement  $6.01$ , et  $7 \pm 1$ °C (tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Températures moyennes décennale (1998/2008) [64].

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
T°	22.76	15.8	8.68	7.12	6.01	7	9.25	15.54	21.14	26.58	29.92	28.97

#### 2.1.4. Sol

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, la pauvreté en matière organique. 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 [63].

#### 2.2. Région de Ksar Chellala

Ksar-Chellala est une région de parcours steppique, située entre la zone désertique au Sud et les zones côtières céréalières au Nord. Elle est à 116 Km au Sud-Est de la wilaya de Tiaret [65]. La daïra de Ksar Chellala, s'étant sur 1705.5 ha.

Elle est limitée :

- Au Nord par les communes de Djelfa (El Khemis, Sidi laadjel et Hassi Fdoul) ;
- A l'Est par les communes de Djelfa (Guernini et Zaafrane) ;
- A l'Ouest par les communes de Tiaret (Rechaiga, Nadorah et Faidja) ;
- Au Sud par la commune de Djelfa (Elguedid) ;

Elle comprend 3 communes (Ksar Chellala, Serghine et Zmalet Emir Abdelkader).

##### 2.2.1. Géologie et géomorphologie

Les montagnes de Ksar Chellala sont accidentées et constituent le prolongement géologique Nord oriental du Djebel Nador (1475 m) formées d'un ensemble de chaînes sub-parallèles allongés selon une direction Nord-Est/Sud Ouest et constituent pour le réseau hydrographique locale une ligne de partages des eaux [65]. La démarcation Nord de la steppe correspond au Crétacé inférieur du Djebel Rechaiga prolongée à l'Ouest par le Mont du Nador et l'Ouled Boussalem.

### 2.2.2. Climat

La région de Ksar Chellala a un climat aride. Deux saisons bien distinctes se rencontrent : l'hiver et l'été.

Les précipitations sont concentrées surtout en automne et au printemps avec des moyennes comprises entre 38.7 et 31.6 mm. Cependant, la température moyenne mensuelle en hiver est inférieure à  $10 \pm 1$  °C (Campagne 2008/2009).

#### 2.2.2.1. Précipitations

La période pluvieuse s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai, avec un maximum de 38.7 mm et une période sèche estivale correspondant au minimum pluviométrique (figure 2.2).

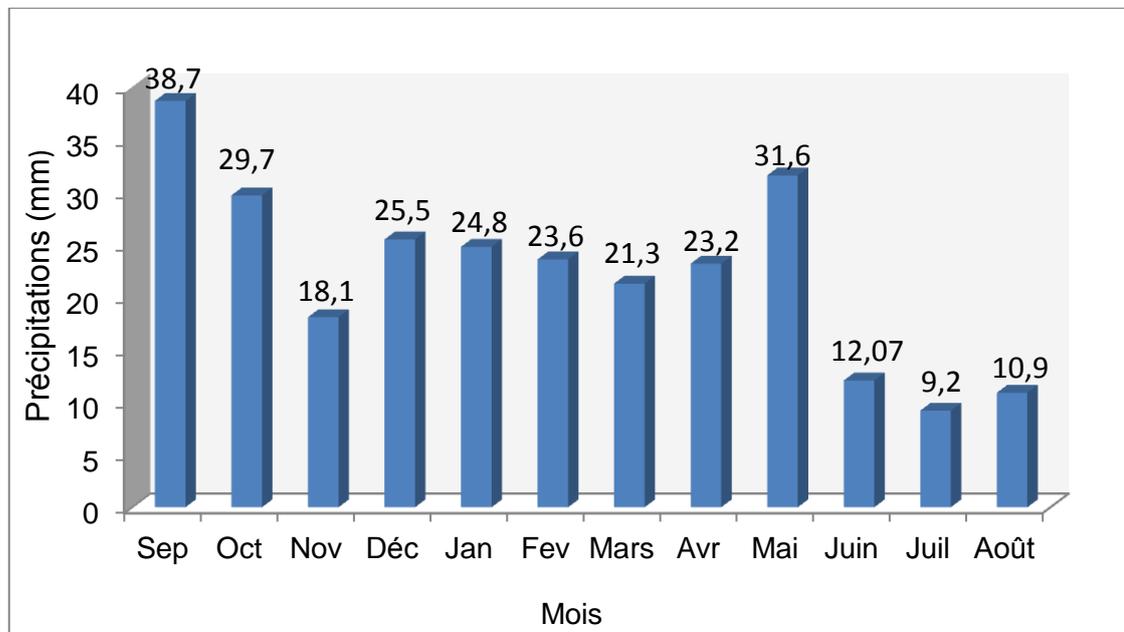


Figure 2.2 : Précipitations moyennes de la région de Ksar Chellala (Campagne 2008/2009) [66].

#### 2.2.2.2. Températures

La région de Ksar Chellala se caractérise par un hiver froid et un été chaud. La température la plus faible est obtenue au mois de Janvier avec une moyenne correspondant à  $7.24 \pm 1$ °C, tandis que, la température la plus élevée est enregistrée au mois de Juillet avec une moyenne de  $29.5 \pm 1$ °C (tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Températures mensuelles moyennes de la région de Ksar Chellala  
(Campagne 2008/2009) [66].

mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
Température Moyenne °C	23.3	18.1	11.5	8.1	7.24	9.09	12.3	14.7	20.1	25.7	29.5	28.7

### 2.2.3. Sol

Les sols de la région de Ksar Chellala sont maigres, moins de 30 cm d'épaisseur reposant sur une croûte de 10 à 25 cm. La composition chimique des sols est marquée par une déficience en azote, en phosphore et en matière organique. La teneur en calcaire actif est très forte [65].

## 2.3. Région de Bou Saâda

Bou Saâda est une région des hauts plateaux algériens. Elle est inscrite en bordure de steppe, celle de la dépression du Hodna. Elle est située à 150 Km au Sud-Est d'Alger, à 35°13' de latitude Nord, 04°11' de longitude [95] et de 560 m au dessus du niveau de la mer [67].

### 2.3.1. Géologie et géomorphologie

La région de Bou Saâda se caractérise par la présence des reliefs, qui font partie de l'extrémité septentrionale de l'Atlas saharien. Ils sont composés d'une alternance de marnes argileuses et de niveaux calcaires relevant du Cénomaniens.

Les dépressions sont des zones de concentration des eaux de ruissellement et de décantation des particules solides, elles correspondent à deux types selon leur caractère salé « sebkha, chott » ou eau douce « daya ». Tandis que le R'mel (400 m à 550 m) est formé de dunes de sables, de dépôts alluviaux récents et de collines rocheuses isolées. C'est un pli constitué de calcaires, marnes et grès du jurassique et du crétacé [67].

### 2.3.2. Le climat

La région de Bou Saâda est caractérisée par un climat semi aride, elle est située entre 15° et 35° de latitude au nord de l'équateur. C'est une région froide en

hiver et chaude en été, avec une forte luminosité et un rayonnement solaire intense. Le vent de sable est fréquent durant toute l'année.

### 2.3.2.1. Précipitations

La période pluvieuse s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai. Un maximum de 33 mm est enregistré au mois Janvier. Tandis que, la période estivale enregistre un minimum pluviométrique avec une moyenne de 12 mm au mois de Juillet (figure 2.3).

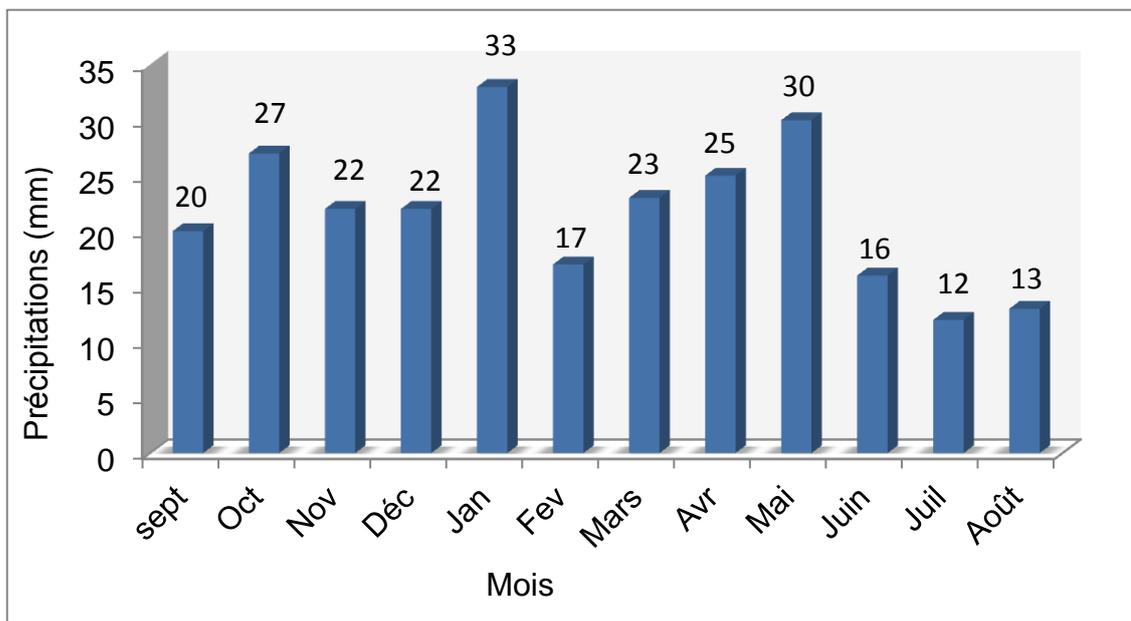


Figure 2.3 : Précipitations moyennes de la région de Bou Saâda  
(Campagne 2007/2008) [68].

### 2.3.2.2. Températures

La région de Bou Saada se caractérise par un hiver froid avec un minimum de température ( $14 \pm 1^\circ\text{C}$ ) enregistré au mois de Janvier. Les fortes températures sont enregistrées durant la période estivale avec une moyenne de  $31 \pm 1^\circ\text{C}$  (tableau 2.3).

Tableau 2.3 : Températures moyennes décennale (Campagne 1999/2009) [68].

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T° max	22.1	24.2	28	32	37.5	38.5	39.2	39.3	36.5	34	28.5	24
T° min	6.1	7.2	7.2	11	15.5	22	22.2	22.3	21.5	18.5	12	8
T° moy	14	15.5	19.5	24	29	30.5	31	31	29	26	21	16

### 2.3.3. Sol

Les sols sont à texture limono-sableuse, peu évolués sur les glacis à encroûtement calcaire à gypseux.

## CHAPITRE 3

### MATERIEL ET METHODES

Durant cette expérimentation, nous nous sommes intéressées à l'étude des paramètres biochimiques et physiologiques de l'*Artemisia herba alba* Asso. Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de physiologie végétale au sein du département d'agronomie de la faculté Agro-vétérinaire à l'université Saad Dahleb de Blida.

Les paramètres pharmaco-toxicologiques ont été évalués au niveau du laboratoire de complexe antibiotique de Medéa.

#### 3.1. Matériel végétal

Les échantillons récoltés proviennent l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. Trois sites ont été retenus : Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda. Les échantillons sont récoltés aléatoirement durant les périodes hivernale et printanière.

#### 3.2. Dosage des chlorophylles

L'extraction de la chlorophylle (a), (b) et caroténoïdes a été réalisée selon la méthode de Francis et *al.*, (1970) (Annexe 1) [69].

Cette méthode consiste en une macération des feuilles (0,1g) dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol. La lecture des densités optiques est faite après 48 heures. L'absorbance est enregistrée au niveau de spectrophotomètre, à trois longueurs d'ondes : (645, 663 et 470 nm).

Détermination des teneurs en chlorophylles réalisée selon les formules :

$$\text{➤ Chl (a) } (\mu\text{g} / \text{g MF}) = 12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{➤ Chl (b) } (\mu\text{g} / \text{g MF}) = 22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{➤ Caroténoïdes } (\mu\text{g} / \text{g MF}) = 1000 \times \text{DO}_{(470)} - [1,82 \times \text{Chl a} - 85,02 \times \text{Chl b}] / 198.$$

V : Volume solution extraite.

W : le poids de matière fraîche de l'échantillon.

### 3.4. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes se fait selon la méthode de Djeridane et *al.*, (2006) [70]. Elle consiste à prélever 1,5 ml de l'extrait méthanolique auquel on ajoute 1,5 ml de chlorure de l'aluminium  $AlCl_3$  à 2%. Ce mélange reste en incubation pendant 10 mn avant la lecture (Annexe 2).

La lecture est faite à une longueur d'onde de 430 nm.

### 3.5. Détermination des tanins

Les tanins sont détectés selon la méthode de Sarker, (2007) [71]. Cette opération consiste à prélever 1.5 g de poudre d'armoise blanche, 10ml méthanol à 80% et 1ml d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  à 1%. Le Trichlorure ferrique permet de détecter la présence ou non des tanins (Annexe 3).

### 3.6. Dosage des éléments minéraux

#### Minéralisation de l'échantillon végétal

Pour le dosage du potassium et du sodium, on a adopté la technique de minéralisation par calcination de la poudre végétale décrite par AFNOR, (1988) (Annexe 4). Le principe est d'éliminer toute la matière organique par dégradation thermique et de mettre en solution l'élément à doser [72].

Le dosage a été effectué suivant la méthode d'analyse spectrophotométrique par flux continu. Les résultats sont traités directement par un ordinateur relié à l'appareillage.

### 2.7. Dosage des sucres solubles

Le dosage des sucres solubles a été réalisé selon la méthode de Dubois, (1956) [73].

L'extraction des sucres solubles a été faite après macération du matériel végétal. 100 mg de tissus foliaires frais sont prélevés et mis dans 2ml d'éthanol à 80% (Annexe 5).

L'absorbance est lue à la spectrophotométrie à une longueur d'onde de 490 nm.

La détermination de la teneur des sucres solubles est réalisée selon la formule :

$$\text{Sucres Solubles } (\mu\text{g} / \text{g MF}) = \text{DO}_{490} \times 1,657.$$

### 3.8. Dosage de la proline

La technique utilisée pour le dosage de la proline est celle de Troll et Linsley, (1955) simplifiée et modifiée par Monneveux et Nemmar, (1986) [74] (Annexe 6).

Le principe de cette méthode est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. 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 (figure 3.1).

La détermination des densités optiques des différents échantillons a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 528 nm. La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule :

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

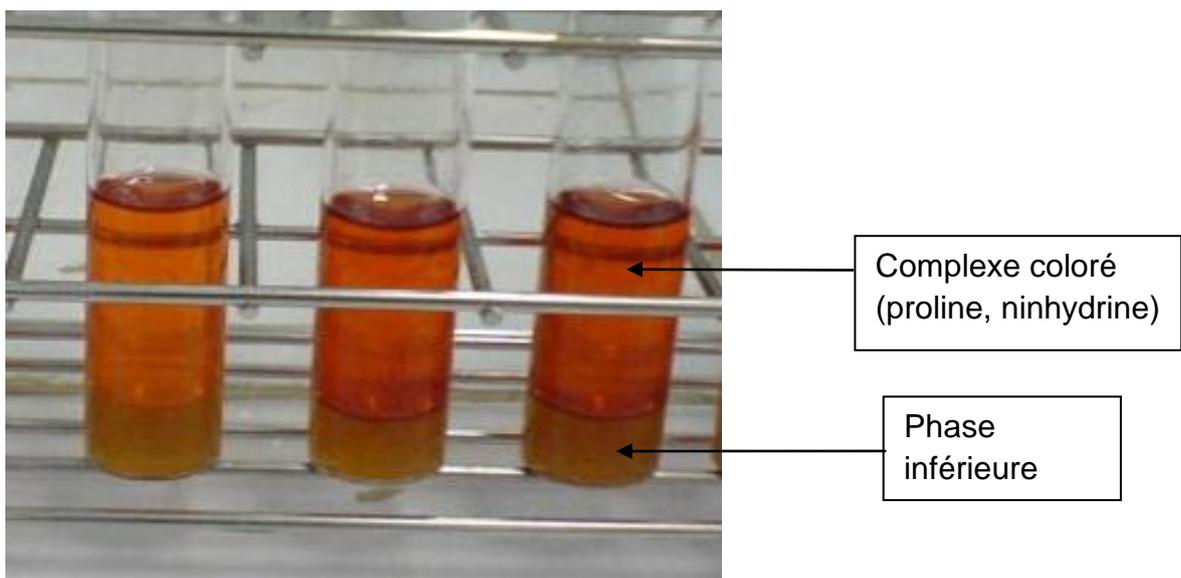


Figure 3.1 : Dosage de la proline.

### 3.9. Dosage des protéines solubles

Le dosage des protéines solubles se fait par spectrophotomètre. Le but est de quantifier l'évolution des protéines cytoplasmiques et les protéines pariétales.

Pour notre étude, nous avons retenu la méthode de Bradford, (1975) [75] (figure 3.2).

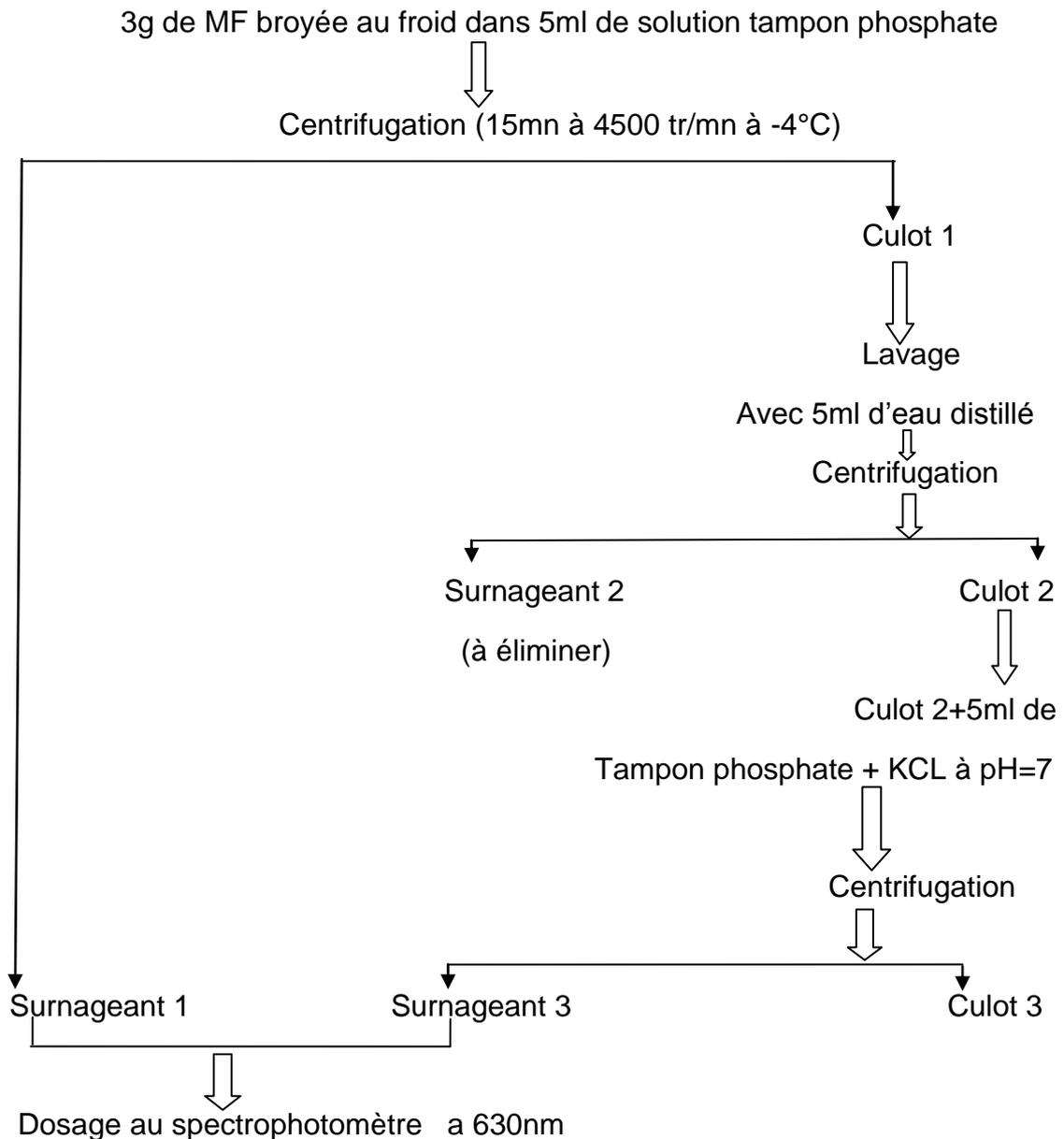


Figure 3.2 : Extraction des protéines solubles de l'*Artemisia herba alba* Asso.

La teneur en protéine en mg/g de matière fraîche est exprimée selon la formule suivante :

$\text{Teneur en protéines (mg/g MF)} = \frac{\text{Quantité des protéines (g)} \times 200}{\text{Poids de l'échantillon}}$ <p>200 : coefficient de dilution.</p>
---

### 3.10. Etude de l'activité anti-inflammatoire

#### 3.10.1. Choix des doses de l'extrait aqueux

L'extrait aqueux a été préparé par une infusion à base de la poudre végétale (1 ou 2 g en fonction de la dose) dans 10 ml d'eau distillée bouillante. Cette infusion est laissée au repos pendant 15 à 20 minutes (jusqu'au refroidissement). Une première filtration est effectuée à l'aide d'un papier filtre stérilisé et une deuxième filtration à l'aide de micro-filtre stérilisé.

Pour chaque écotype nous avons testé deux doses. L'une faible à 0,1 g/ml et l'autre maximale à 0,2 g/ml. Le test anti-inflammatoire consiste à prendre 150 souris blanches réparties en 15 lots de 10 (tableau 3.1).

#### 3.10.2. Principe du test anti-inflammatoire

La mise en évidence de l'effet anti-inflammatoire a été réalisée selon la méthode de Levy (1969) [76]. Le principe est d'administrer la dose appropriée de la substance à contrôler à un groupe de souris. L'inflammation de la patte de la souris est provoquée par injection locale de carraghénine à 1%.

La comparaison de l'évolution de l'inflammation à travers le volume ou l'épaisseur de la patte, chez les souris testées et le témoin nous renseigne sur la propriété anti-inflammatoire du produit.

Tableau 3.1 : Répartition des lots pour le test anti-inflammatoire.

Lot	12	6	9	3	11	5	8	2	10	4	7	1	14	13
Nature de produit	Extrait aqueux												E.P.	Diclofenac de Na
écotypes	Djelfa			Ksar Chellala				Bou Saâda				-	-	
Saison	H- P		H- P		H- P		H- P		H- P		H- P			
Dose	0,1 g/ml		0,2 g/ml		0,1 g/ml		0,2 g/ml		0,1 g/ml		0,2 g/ml		-	0,1mg/ml

E.P. : Eau physiologique

H : Hiver.

P : Printemps.

Une demi-heure après administration de 0.5 ml du traitement, une injection de 0.05 ml de la carraghénine à 1%, ou l'eau physiologique est réalisée au niveau de la patte postérieure de la souris. Les souris sont gardées dans des conditions de stabulation habituelles au cours de l'expérience.

La mesure de volume de la patte avant, pendant et à l'issue de l'inflammation locale se fait à l'aide d'un pied à coulisse précis au 1/50<sup>ème</sup> de millimètre.

Les mesures sont faites au niveau de l'articulation tarso-métatarsienne des pattes postérieures des souris, dans le sens antéro-postérieur. Elles sont faites dans l'ordre suivant :

- Epaisseur initiale des pattes.
- Une mesure immédiatement après injection de carraghénine ou eau physiologique est pratiquée pour tenir compte du renflement dû au volume injecté.
- Des mesures toutes les 30 minutes sont réalisées pour suivre l'évolution de l'inflammation jusqu'à 210 minutes.

Calcul du pourcentage de l'œdème des pattes :

$$PO = \frac{E_f - E_{i1}}{E_{i1}} \times 100$$

P0 : Pourcentage de l'œdème des pattes.

$E_f$  : Epaisseur finale de la patte (mesurée chaque demi heure).

$E_{i1}$  : Epaisseur initiale de la patte avant injection de la carraghénine ou de l'eau physiologique.

### 3.11. Test de toxicité

La méthode de Berhens et Karber, (1935) [77] consiste à administrer à chaque fois à un nombre d'animaux constant, soit 160 souris blanches réparties en 16 lots de 10. Nous avons administré des doses croissantes de la substance à tester de façon à avoir un pourcentage de mortalité variant entre 0 et 100%. Ainsi, nous pouvons déterminer statistiquement la dose moyenne qui provoque la mortalité de la moitié des animaux testés.

Sur le plan expérimental, nous avons pris 16 lots de souris du même sexe ayant un poids moyen de  $23 \pm 1$  g. 15 lots ont subit 0.5 ml de l'extrait aqueux de l'armoise blanche par voie orale et le groupe témoin a reçu 1 ml d'eau physiologique. L'expression numérique de la toxicité aiguë est la  $DL_{50}$ , c'est le pourcentage de mortalité de la moitié de la population noté après 1H, 4H, 24H jusqu'au 8<sup>ème</sup> jour .Elle est exprimée en mg/kg de poids corporel.

Le but de ce test est de déterminer la dose létale  $DL_{50}$ . En plus de la mortalité, d'autres signes de toxicité, peuvent apparaitre tel que les vomissements, la diarrhée ainsi que l'irritation. Ces paramètres sont à enregistrer pour évaluer la  $DL_{50}$  [78].

### Lecture des résultats

Le calcul de la DL<sub>50</sub> se fait selon la méthode de Berhens et Karber, (1935) :

$$DL_{50} = DL_{100} - \frac{\sum a b}{n}$$

n : Nombre moyen d'animaux par lot.

b : Nombre moyen des morts de deux doses successives.

a : Différence entre deux doses successives.

Les valeurs obtenues vont être comparées à l'échelle de Hodge et Sterner [79,80,81] (tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Test de toxicité : Echelle de Hodge et Sterner, (1943).

DL <sub>50</sub> (orale)	Indice de Toxicité
Jusqu'à 1 mg / kg	1 : Extrêmement toxique
De 1 à 50 mg / kg	2 : Hautement toxique
De 50 à 500 mg / kg	3 : Modérément toxique
De 500 à 5000 mg / kg	4 : Légèrement toxique
De 5000 à 15000 mg / kg	5 : Presque pas toxique
Plus de 15000 mg /kg	6 : Relativement inoffensif

### 2.12. Mode d'expression des résultats :

Les données ont fait l'objet d'une analyse de la variance simple réalisée avec le logiciel STATITCF. Ces résultats sont suivis par le test de Newman et Keuls au seuil de 5% (risque 0.05). Ce test permet de distinguer les groupes homogènes en comparant les probabilités de la manière suivante :

P>0.05 : résultat non significatif.

P<0.05 : résultat significatif.

P<0.01 : résultat très significatif.

P<0.001 : résultat très hautement significatif.

Le logiciel STATITCF nous a permis d'effectuer la corrélation entre les différents paramètres étudiés.

## CHAPITRE 4

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### 4.1. Quantité de la chlorophylle

Chez les organismes photosynthétiques, l'utilisation de l'énergie lumineuse est rendue possible par l'existence de pigments, molécules capables d'interagir spécifiquement avec certaines longueurs d'onde de la lumière.

Parmi les pigments impliqués dans la photosynthèse se trouvent les chlorophylles (a) et (b) ainsi que les caroténoïdes. Ce sont des molécules lipophiles qui absorbent spécifiquement la lumière à certaines longueurs d'onde.

##### 4.1.1. Quantité de la chlorophylle (a)

##### 4.1.1.1. Effet du facteur écotype

Les résultats obtenus montrent que l'écotype Ksar Chellala synthétise la plus grande quantité de fluorescence chlorophyllienne (a) par rapport aux deux écotypes Bou Saâda et Djelfa (figure 4.1).

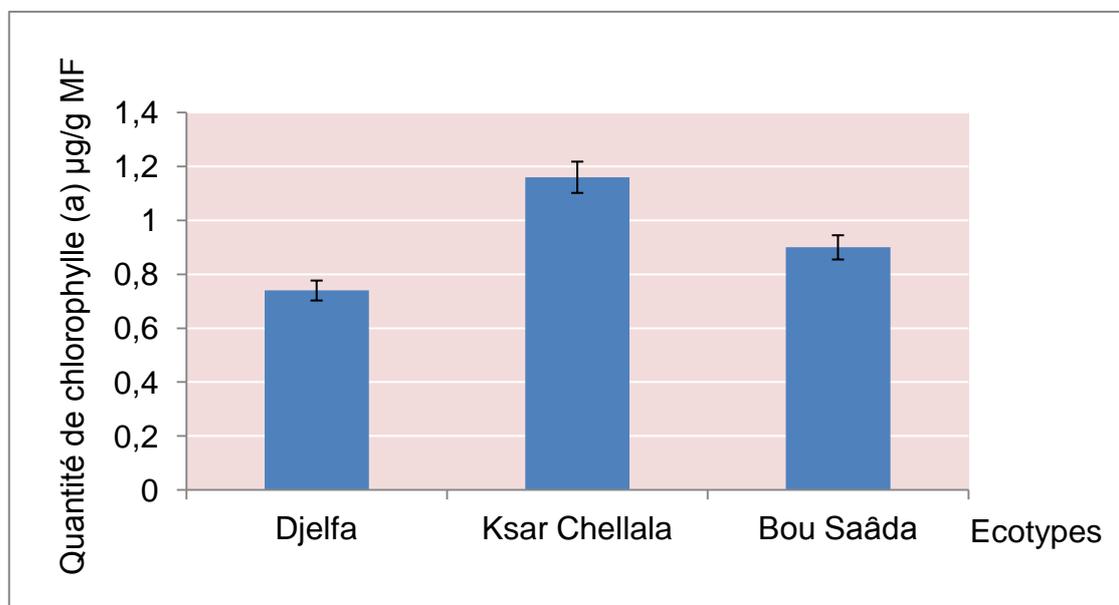


Figure 4.1 : Effet du facteur écotype sur la quantité de chlorophylle (a).

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, révèle l'existence de trois groupes distincts. L'écotype Ksar Chellala classé dans le premier groupe synthétise une quantité plus importante en chlorophylle (a) avec une moyenne de  $1.16 \pm 0.13 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

Le deuxième groupe est représenté par l'écotype Bou Saâda avec une moyenne respective de chlorophylle (a) de  $0.90 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

L'écotype Djelfa se classe dans le troisième groupe avec une moyenne respective de la chlorophylle (a) de  $0.74 \pm 0.09 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

#### 4.1.1.2. Effet du facteur saison

Les résultats obtenus montrent que la quantité de chlorophylle (a) varie selon les saisons. Les quantités les plus faibles ont été obtenues en hiver (figure 4.2).

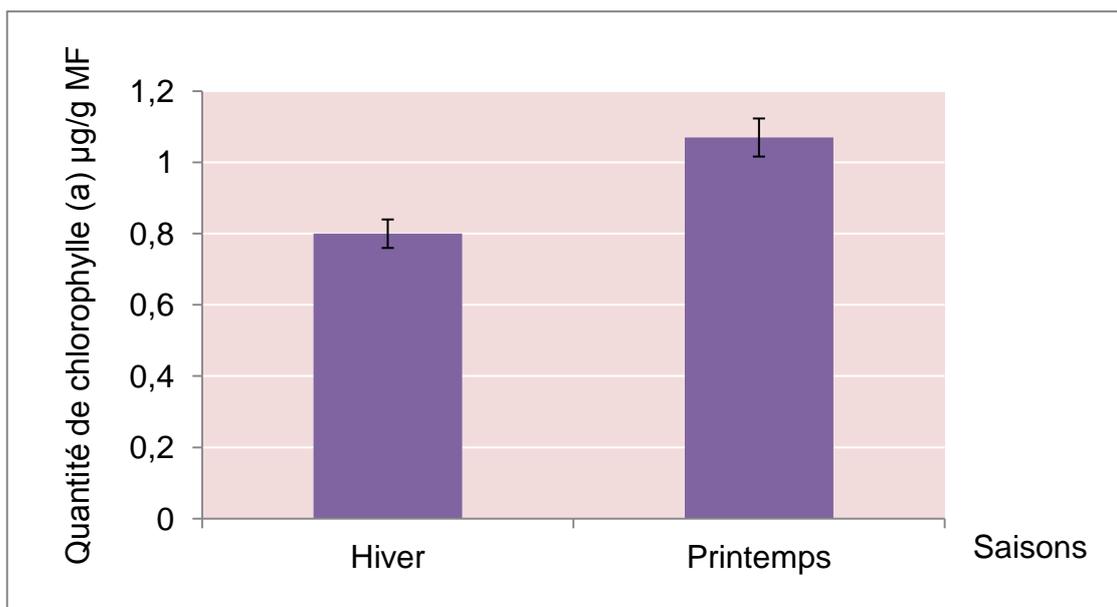


Figure 4.2 : Effet du facteur saison sur la quantité de chlorophylle (a).

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes homogènes. Une quantité importante de chlorophylle (a) a été enregistrée pendant la période printanière avec une moyenne de  $1.07 \pm 0.12 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche. Cependant la plus faible quantité de chlorophylle (a) est enregistrée

pendant la période hivernale avec une moyenne de  $0.80 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

#### 4.1.1.3. Interaction écotype / saison

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif de l'interaction des deux facteurs sur la quantité de chlorophylle (a) de l'*Artemisia herba alba* Asso. (figure 4.3). Les résultats obtenus sont confirmés par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

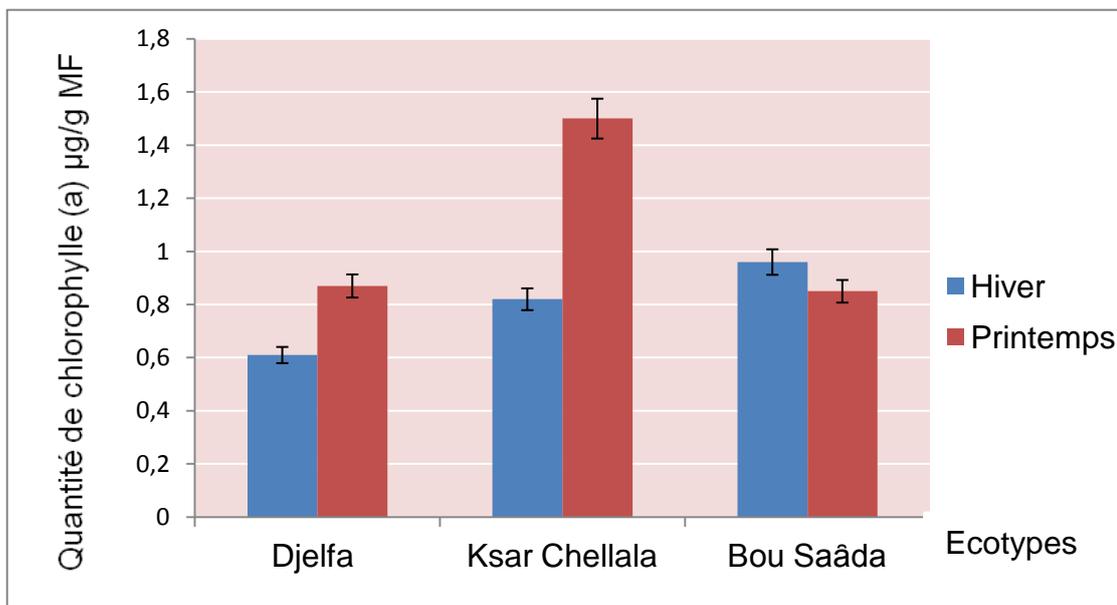


Figure 4.3 : interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (a).

Quatre groupes homogènes se distinguent. La quantité la plus élevée en chlorophylle (a) est enregistrée au niveau de l'écotype Ksar Chellala pendant la période printanière, suivi par l'écotype Bou Saâda pendant la période hivernale.

Le groupe C regroupe les trois écotypes Djelfa, Bou Saâda pendant la période printanière et Ksar Chellala pendant la période hivernale. L'écotype Djelfa durant la saison hivernale présente la plus faible quantité de chlorophylle (a), il est classé dans le dernier groupe (D) (tableau 4.1).

Tableau 4.1 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (a).

Interactions	Teneur en chlorophylle (a) ( $\mu\text{g/g}$ de MF)	Groupes homogènes
Ksar Chellala / printemps	$1.51 \pm 0.17$	A
Bou Saâda / hiver	$0.96 \pm 0.09$	B
Djelfa / printemps	$0.87 \pm 0.10$	C
Bou Saâda / printemps	$0.85 \pm 0.08$	C
Ksar Chellala / hiver	$0.82 \pm 0.08$	C
Djelfa / hiver	$0.61 \pm 0.08$	D

Les résultats obtenus montrent que, l'écotype Djelfa synthétise la plus faible quantité de chlorophylle (a) avec une moyenne de  $0.61 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche pendant la période hivernale. Cependant, la synthèse de cette chlorophylle augmente au printemps pour atteindre une valeur moyenne de  $0.87 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

La quantité synthétisée au printemps par l'écotype Djelfa reste plus faible par rapport à celle synthétisée par l'écotype Ksar Chellala où nous enregistrons une quantité importante de fluorescence chlorophyllienne (a) avec une moyenne de  $1.50 \pm 0.17 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche. Tandis qu'une faible quantité a été enregistrée par le même écotipe en hiver avec une moyenne de  $0.82 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche. L'ensemble des résultats montre qu'il existe une grande variabilité concernant le comportement des deux écotypes.

En effet, la saison d'hiver présente une période de stress pour l'armoise blanche qui se traduit par une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. Cette réduction diminue la surface évaporatoire de la plante et limite considérablement la photosynthèse qui se déduit par une réduction de la teneur en chlorophylle (a). L'augmentation de la quantité de chlorophylle (a) au printemps

peut s'expliquer par le photopériodisme qui joue un rôle prépondérant sur les végétaux [82]. En effet, le changement de la durée du jour au cours de l'année influe sur plusieurs paramètres biologiques notamment la photosynthèse.

Contrairement aux deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala, l'écotype Bou Saâda présente une valeur importante de la chlorophylle (a) pendant la période hivernale avec une moyenne de  $0.96 \pm 0.09$   $\mu\text{g/g}$  de MF. Cette quantité diminue au printemps pour atteindre une valeur moyenne de  $0.85 \pm 0.08$   $\mu\text{g/g}$  de MF. En générale, la sécheresse tout comme la salinité a pour conséquence de réduire la photosynthèse par la réduction des échanges gazeux mais aussi de l'activité photochimique [82].

L'intensité de la photosynthèse est contrôlée simultanément par divers facteurs de l'environnement (température, éclairage, teneur de l'air en  $\text{CO}_2$  et en  $\text{O}_2$ ) [83].

Des études effectués montrent que quelque soit le type de stress, il provoque une diminution de la teneur en chlorophylle. Nieves et *al.*, [84] ont montré que la réduction de la teneur foliaire en chlorophylle est liée à la forte concentration du chlore et /ou du sodium.

D'une façon générale, la salinité et la sécheresse réduisent le mécanisme de la photosynthèse et par conséquent des échanges gazeux qui se traduisent par la diminution de l'activité photochimique [85, 86, 87, 88].

#### 4.1.2. Quantité de la chlorophylle (b)

##### 4.1.2.1. Effet du facteur écotype

Les résultats obtenus montrent que la plus grande quantité de fluorescence chlorophyllienne (b) a été synthétisée par l'écotype Ksar Chellala (figure 4.4).

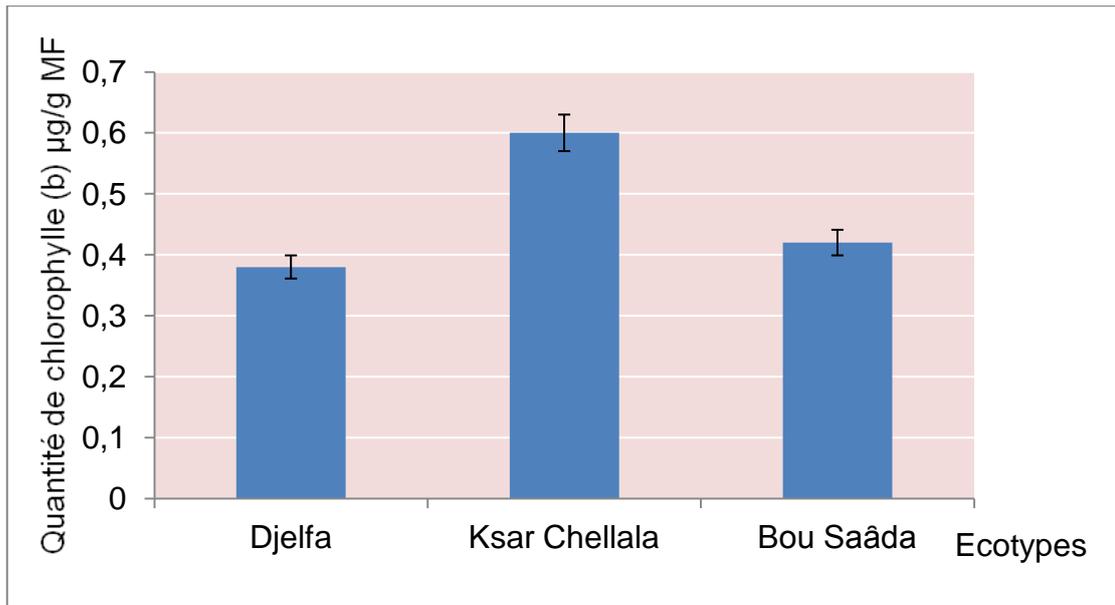


Figure 4.4 : Effet du facteur écotype sur la quantité de chlorophylle (b).

Le test de Newman et Keuls révèle qu'au seuil de 5% l'existence de deux groupes homogènes.

L'écotype Ksar Chellala est classé dans le premier groupe. Les plantes synthétisent la plus grande quantité de fluorescence chlorophyllienne (b) avec une valeur moyenne de  $0.60 \pm 0.12$  µg/g de matière fraîche.

Le deuxième groupe est représenté par les deux écotypes Bou Saâda et Djelfa avec des moyennes respectives de chlorophylle (b) de  $0.42 \pm 0.08$  et  $0.38 \pm 0.08$  µg/g de matière fraîche.

#### 4.1.2.2. Effet du facteur saison

La quantité de chlorophylle (b) varie selon la saison. Les résultats montrent que les quantités les plus faibles ont été obtenues en hiver (figure 4.5).

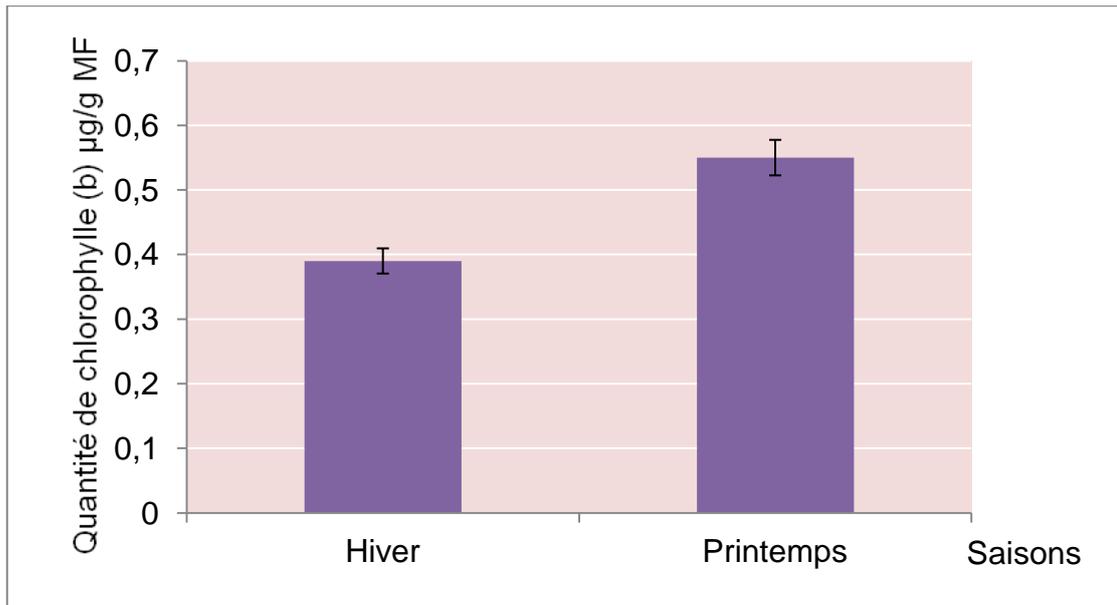


Figure 4.5 : Effet du facteur saison sur la quantité de chlorophylle (b).

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes distincts. Durant la période printanière nous enregistrons une quantité importante de la chlorophylle (b) avec une moyenne de  $0.55 \pm 0.11$  µg/g de matière fraîche, comparée à la saison hivernale où la quantité de chlorophylle (b) est plus faible avec  $0.39 \pm 0.07$  µg/g de matière fraîche.

#### 4.1.2.3. Interaction écotype / saison

L'étude de l'interaction des facteurs entre les saisons (hiver et printemps) et les écotypes (Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda) sur la synthèse de chlorophylle (b), révèle un effet très hautement significatif.

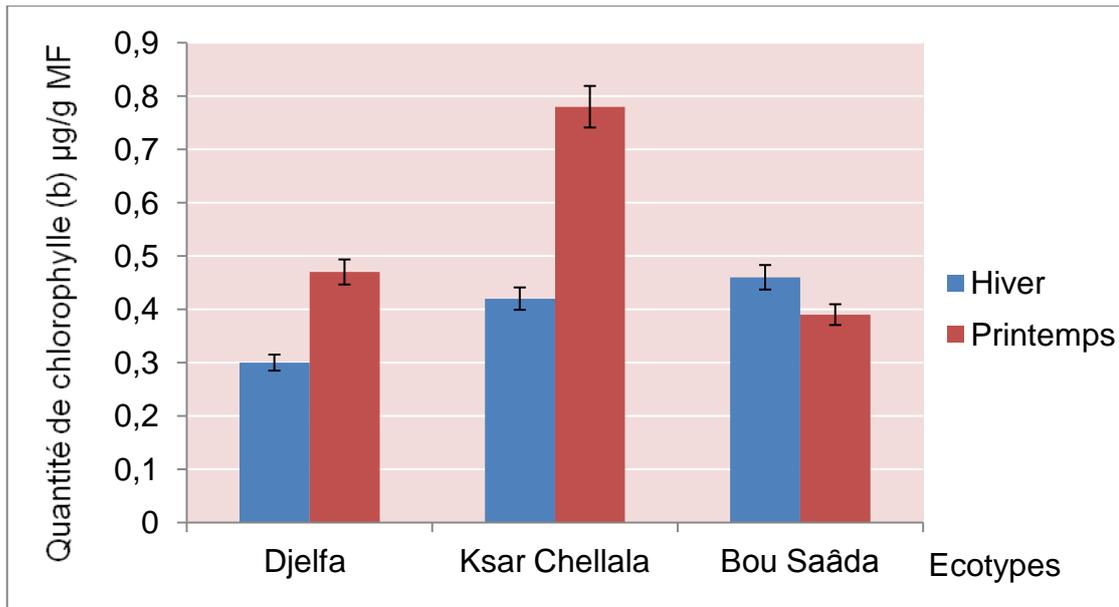


Figure 4.6 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (b).

Les résultats illustrés dans la figure 4.6 ont été confirmés par le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %. Le tableau 4.2 fait ressortir trois groupes distincts.

Tableau 4.2 : Interaction écotype / saison sur la quantité de chlorophylle (b).

Interactions	Teneur en chlorophylle (b) (µg/g de MF)	Groupes homogènes
Ksar Chellala / printemps	0.78 ± 0.16	A
Djelfa / printemps	0.47 ± 0.09	B
Bou Saâda / hiver	0.46 ± 0.07	B
Ksar Chellala / hiver	0.42 ± 0.08	B
Bou Saâda / printemps	0.39 ± 0.08	B
Djelfa / hiver	0.30 ± 0.06	C

L'étude de l'interaction inter-factorielle révèle que durant la période hivernale, les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala synthétisent des faibles

quantités de chlorophylle (b) avec des moyennes respectives de  $0.30 \pm 0.06$  et  $0.42 \pm 0.08$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche. La synthèse devient plus importante au printemps pour atteindre une moyenne de  $0.47 \pm 0.09$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche pour l'écotype Djelfa et de  $0.78 \pm 0.16$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche pour l'écotype Ksar Chellala. Nous pouvons expliquer ces résultats par le dimorphisme saisonnier de l'*Artemisia herba alba* Asso. En effet, ce phénomène est accentué au niveau du feuillage permettant de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau en hiver [10].

Ces résultats montrent que la variation d'éclairement entre les saisons peut être la cause de cette différence. Aux très faibles éclaircements, la photosynthèse est très peu active et les échanges gazeux respiratoires l'emportent sur les échanges photosynthétiques [89].

Contrairement à l'écotype Bou Saâda qui lui, synthétise une quantité importante de chlorophylle (b) durant la période hivernale avec une moyenne de  $0.46 \pm 0.07$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche, et une faible quantité au printemps avec une moyenne de  $0.39 \pm 0.08$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche. Nous pouvons expliquer ce phénomène par l'oxydation des pigments chlorophylliens à cause des conditions défavorables du milieu au printemps.

En effet, la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, celui-ci est conditionné par la fermeture des stomates. 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  $\text{CO}_2$  [90].

#### 4.1.3. Quantité des caroténoïdes

##### 4.1.3.1. Effet du facteur écotype

Les quantités les plus élevées en caroténoïdes sont enregistrées chez les deux écotypes Ksar Chellala et Bou Saâda. Cependant l'écotype Djelfa présente la quantité la plus faible (figure 4.7).

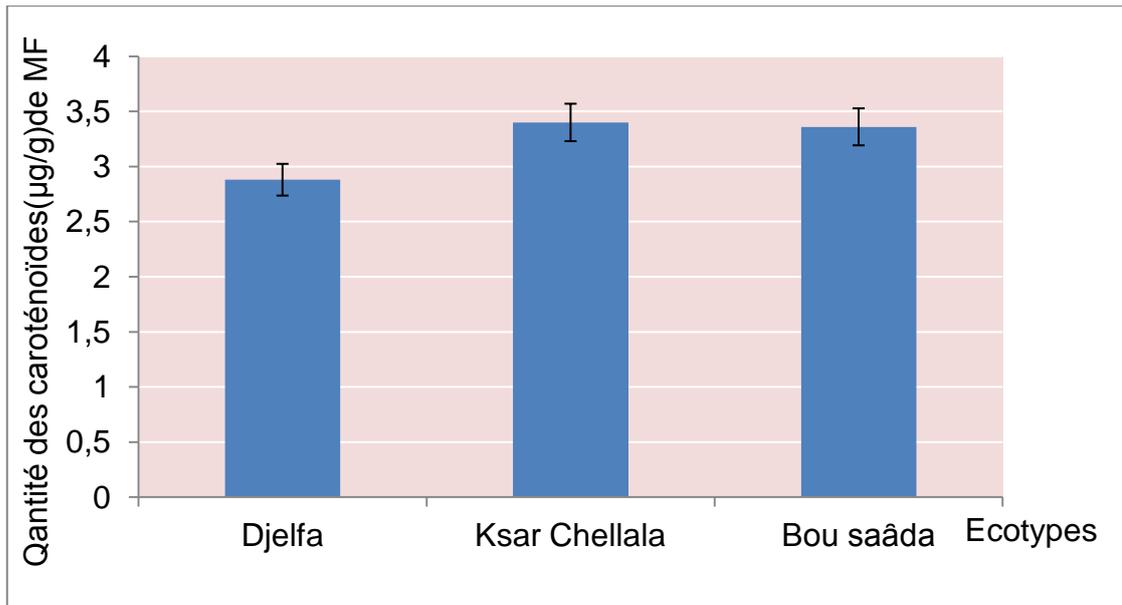


Figure4.7 : Effet du facteur écotype sur la quantité des caroténoïdes.

Le test de Newman et Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ , révèle l'existence de deux groupes homogènes.

Le premier groupe est représenté par les des deux écotypes Ksar Chellala et Bou Saâda avec des moyennes respectives de  $3.40 \pm 0.24$  et  $3.36 \pm 0.36$  µg/g de matière fraîche.

Le deuxième groupe représente la quantité la plus faible en caroténoïde, synthétisée par l'écotype Djelfa avec une moyenne de  $2.88 \pm 0.36$  µg/g de matière fraîche.

#### 4.2.2. Effet du facteur saison sur la quantité des caroténoïdes

La saison printanière a permis une synthèse plus importante de caroténoïdes par rapport à la période hivernale (figure4.8).

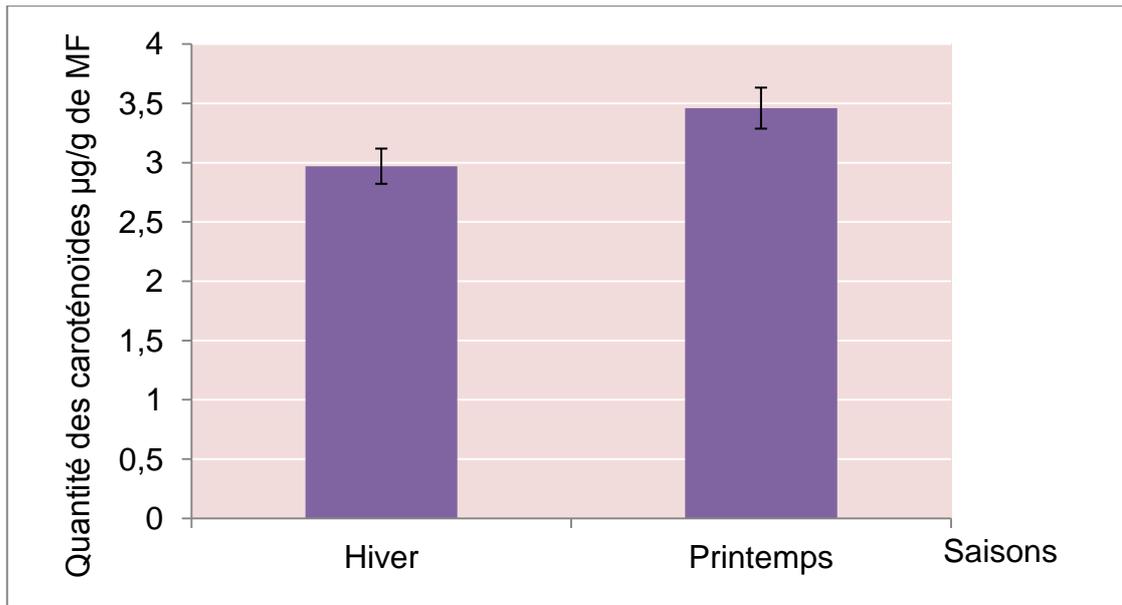


Figure 4.8 : Effet du facteur saison sur la quantité des caroténoïdes.

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative du facteur saison sur la quantité des caroténoïdes dans les feuilles. Le test de Newman et Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ , fait ressortir deux groupes homogènes. Le printemps est classé dans le groupe A, il enregistre un maximum de la quantité des caroténoïdes synthétisée avec une moyenne de  $3.46 \pm 0.27$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche, suivi par la période hivernale avec une moyenne de  $2.97 \pm 0.28$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

#### 4.1.3. Interaction écotype / saison

L'interaction entre les deux facteurs révèle que la quantité la plus faible est obtenue en hiver chez l'écotype Djelfa avec une moyenne de  $2.25$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

Cette quantité augmente au printemps pour atteindre une moyenne de  $3.52$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche (figure 4.9).

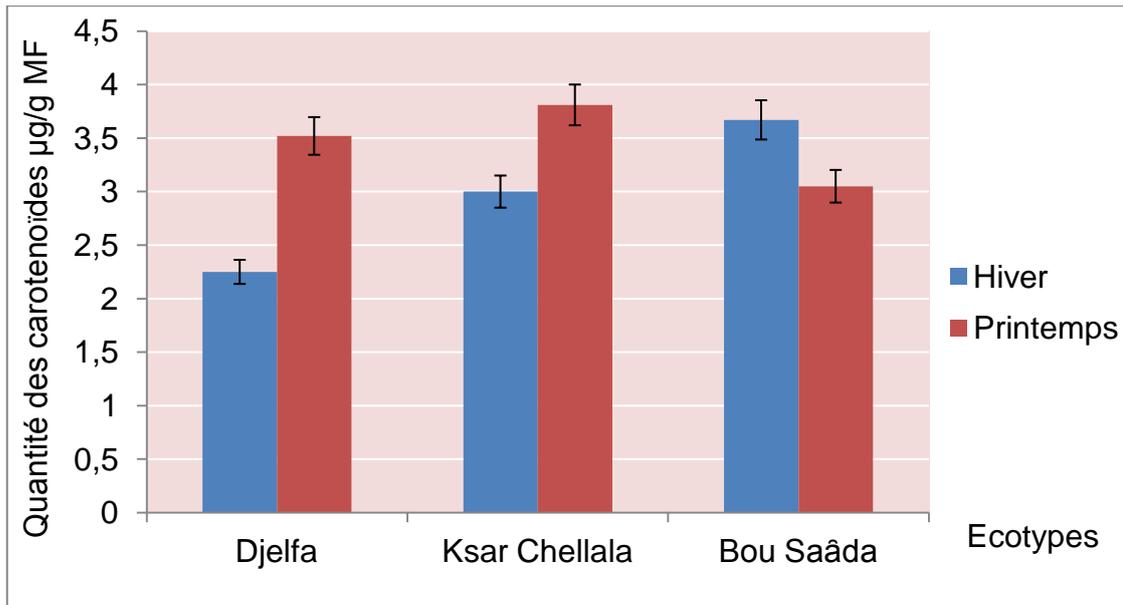


Figure 4.9 : Interaction écotype / saison sur la quantité des caroténoïdes.

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur la teneur en caroténoïdes.

L'écotype Ksar Chellala présente une valeur importante de la quantité des caroténoïdes synthétisée au printemps avec une moyenne respective de 3.81 µg/g de matière fraîche et une faible quantité en hiver avec une moyenne de 3.00 µg/g de matière fraîche.

Contrairement à l'écotype Bou Saâda qui lui, présente une valeur importante de la quantité des caroténoïdes synthétisée pendant la période hivernale, avec une moyenne correspond à 3.67 µg/g de matière fraîche. Cette quantité diminue graduellement au printemps pour atteindre une valeur moyenne de 3.05 µg/g de matière fraîche.

Les résultats du test de Newman et Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ , confirme ces résultats. 5 groupes distincts sont mentionnés (tableau 4.3).

Tableau 4.3 : Interaction écotype/saison sur la quantité des caroténoïdes.

Interactions	Teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g/g}$ de MF)	Groupes homogènes
Ksar Chellala / printemps	$3.81 \pm 0.13$	A
Bou Saâda / hiver	$3.67 \pm 0.18$	A-B
Djelfa / printemps	$3.52 \pm 0.40$	B
Bou Saâda / printemps	$3.05 \pm 0.24$	C
Ksar Chellala / hiver	$3.00 \pm 0.32$	C
Djelfa / hiver	$2.25 \pm 0.33$	D

Les résultats mentionnés dans le tableau 4.3, sont similaires à ceux trouvés pour les deux facteurs précédents (chlorophylles (a et b)). Ce sont toujours les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala qui synthétisent de faibles quantités de caroténoïdes pendant la période hivernale et qui augmentent durant la période printanière. Notons que l'armoise blanche présente un cycle annuel de développement qui se caractérise par une période de repos hivernale d'où cette réduction et une période de végétation active printanière avec augmentation des caroténoïdes [10].

Par contre, la quantité des caroténoïdes synthétisée par l'écotype Bou Saâda présente son maximum pendant la période hivernale avec une moyenne de  $3.67 \mu\text{g/g}$  de MF. Cette situation s'inverse pendant la période printanière et la quantité diminue pour atteindre une valeur de  $3.05 \mu\text{g/g}$  de MF. Ceci peut s'expliquer par l'effet dépressif d'un déficit hydrique sur la photosynthèse et qui se traduit par une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou une diminution de la surface foliaire [90]. En effet, la fermeture des stomates se traduit par un échauffement important des tissus foliaires provoquant une altération de l'appareil photosynthétique et des nombreuses perturbations du métabolisme [86].

## 4.2. Quantité des flavonoïdes

### 4.2.1. Effet du facteur écotype

Les écotypes Bou Saâda et Djelfa présentent des valeurs importantes en flavonoïdes par rapport à l'écotype Ksar Chellala (figure 4.10).

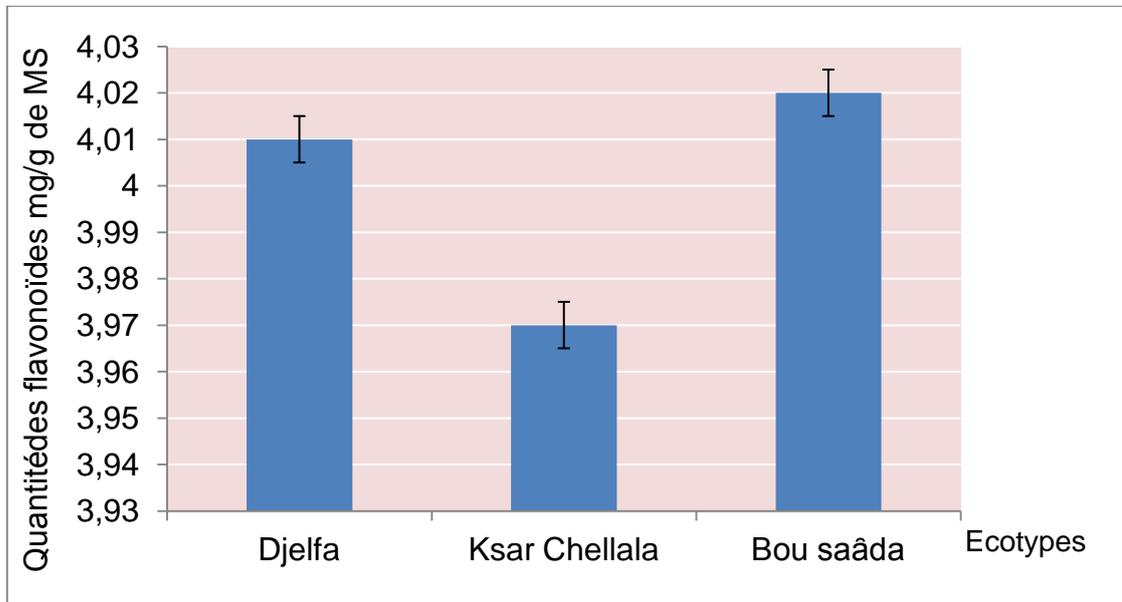


Figure 4.10 : Effet du facteur écotype sur la quantité des flavonoïdes.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, révèle l'existence de deux groupes distincts :

Le premier groupe représente les deux écotypes Bou Saâda et Djelfa avec des moyennes respectives de flavonoïdes synthétisés correspondent à  $4.02 \pm 0.03$  et  $4.01 \pm 0.06$  mg/g de matière sèche.

Cependant, le deuxième groupe présente la quantité la plus faible en flavonoïdes, synthétisée par l'écotype Ksar Chellala avec une moyenne de  $3.97 \pm 0.1$  mg/g de matière sèche.

### 4.2.2. Effet du facteur saison

Le printemps a permis une synthèse plus importante de flavonoïdes de tous les écotypes par rapport à la période hivernale où la quantité est réduite (figure 4.11).

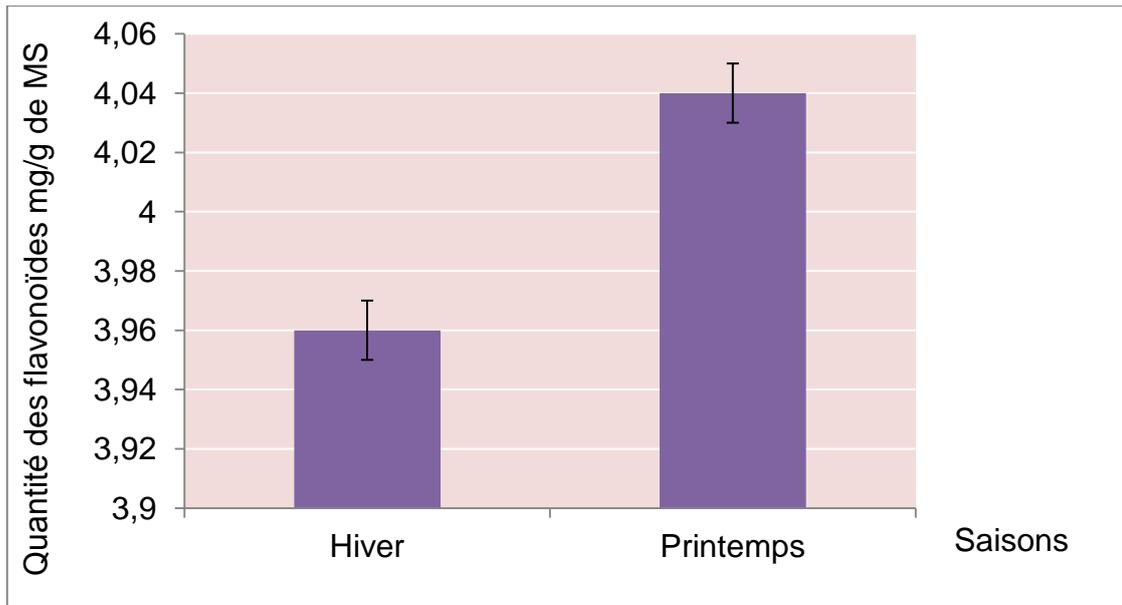


Figure 4.11 : Effet du facteur saison sur la quantité des flavonoïdes.

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes homogènes. Le printemps faisant partie du groupe A, enregistre le maximum de la quantité des flavonoïdes synthétisée par les plantes avec une moyenne de  $4.04 \pm 0.05$  mg/g de matière sèche comparé à la saison hivernale classée dans le groupe B avec une moyenne de  $3.96 \pm 0.09$  mg/g de matière sèche.

#### 4.2.3. Interaction écotype / saison

L'interaction des deux facteurs, révèle que l'écotype Ksar Chellala synthétise la plus faible quantité de flavonoïdes pendant la période hivernale avec une moyenne de 3.88 mg/g de matière sèche. Cette quantité augmente au printemps pour atteindre une moyenne de 4.06 mg/g de matière sèche (figure 4.12).

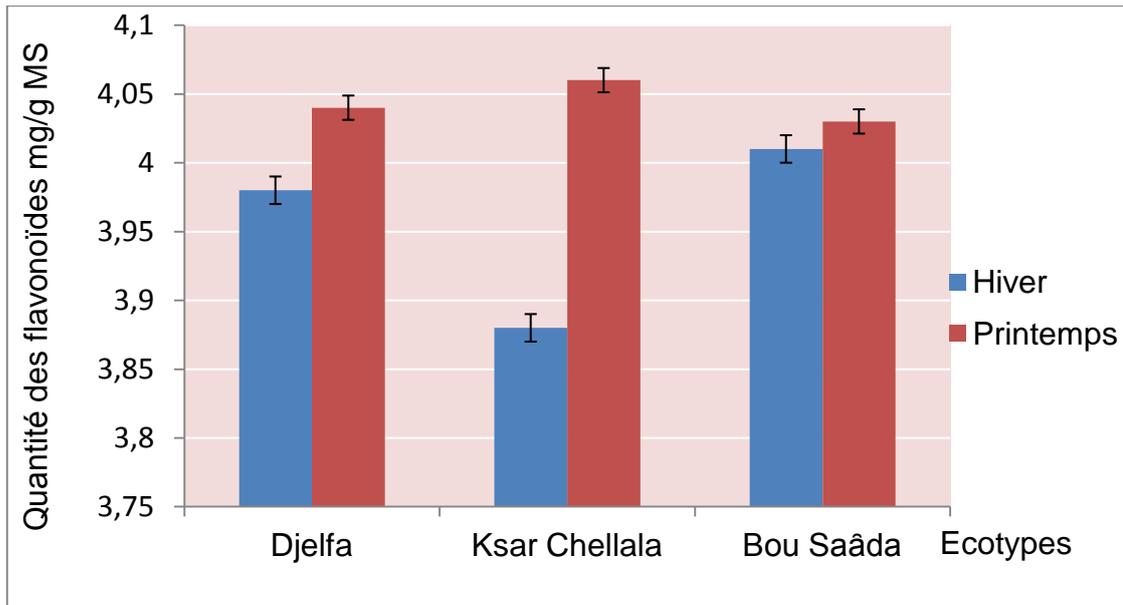


Figure 4.12 : Interaction saison / écotype sur la quantité des flavonoïdes.

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur la teneur en flavonoïdes de l'*Artemisia heba alba* Asso.

La quantité des flavonoïdes synthétisée par l'écotype Djelfa pendant la période hivernale est de l'ordre de 3,98 mg/g de matière sèche. Cette quantité augmente au printemps pour atteindre une moyenne de 4,04 mg/g de matière sèche.

L'écotype de Bou Saâda présente des valeurs importantes de flavonoïdes en hiver, avec une moyenne de 4,01mg/g de matière sèche. Cette teneur augmente au printemps pour atteindre une valeur moyenne de 4,03 mg/g de matière sèche.

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir quatre groupes distincts (tableau 4.4).

Tableau 4.4 : Interaction écotype / saison sur la quantité des flavonoïdes.

Interactions	Teneur en flavonoïdes (mg/g de MF)	Groupes homogènes
Ksar Chellala / printemps	4.06± 0.07	A
Djelfa / printemps	4.04± 0.03	A-B
Bou Saâda / printemps	4.03± 0.02	A-B
Bou Saâda / hiver	4.01± 0.05	A-B
Djelfa / hiver	3.98± 0.08	B
Ksar Chellala / hiver	3.88± 0.013	C

A l'issu de notre étude, nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence entre les quantités des flavonoïdes synthétisées par les trois écotypes Ksar Chellala, Djelfa et Bou Saâda. Les faibles quantités ont été obtenues en hiver avec des moyennes respectives de 3.88, 3.98 et 4.01 mg/g. Ces valeurs augmentent légèrement au printemps pour atteindre des moyennes de 4.06, 4.04 et 4.03 mg/g de matière sèche respectivement pour les écotypes Ksar Chellala, Djelfa et Bou Saâda. En effet, les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autre, à colorer les fleurs et les fruits en jaune. Ils participent aussi au processus de pollinisation et de dispersion [82].

Un taux d'environ 2 % de tous les composés carbonés produits par les plantes par photosynthèse sont convertis en flavonoïdes ou des composés apparentés [93]. Cet état physiologique s'explique par l'augmentation de la teneur des flavonoïdes au printemps pour les trois écotypes étudiés Djelfa et Ksar Chellala et Bou Saâda.

Les flavonoïdes agissent dans les systèmes de défense des cellules végétales en réponse à certains stress tels que les radiations ultraviolettes. 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 [94].

#### 4.3. Identification des tanins

L'apparition de la couleur brune verdâtre indique la présence des tanins catéchiques qui se rencontrent chez l'ensemble des végétaux. Leur faible degré de polymérisation leur permet de former, dans les vacuoles, des solutions pseudo-colloïdales, mais ils peuvent aussi se fixer au niveau des lignines dont ils renforcent l'imputrescibilité (figure 4.13).



Figure 4.13 : Détection de la présence des tanins catéchiques.

Les tanins donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles [95,96]. Cet état physiologique explique l'amertume de l'*Artemisia herba alba* Asso. Les tanins se trouvent dans le cytoplasme de la cellule végétale, ou concentrés dans des poches spéciales ou dans les vacuoles [81]. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour ramollir les tissus tendus, contribuent à soigner les tissus atteints d'un eczéma ou une brûlure [95]. Les tanins permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections [95].

#### 4.4. Accumulation de Na<sup>+</sup> au niveau des feuilles

##### 4.4.1. Effet du facteur écotype

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une importante accumulation des ions Na<sup>+</sup> pour les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala suivis par l'écotype Bou Saâda (figure 4.14).

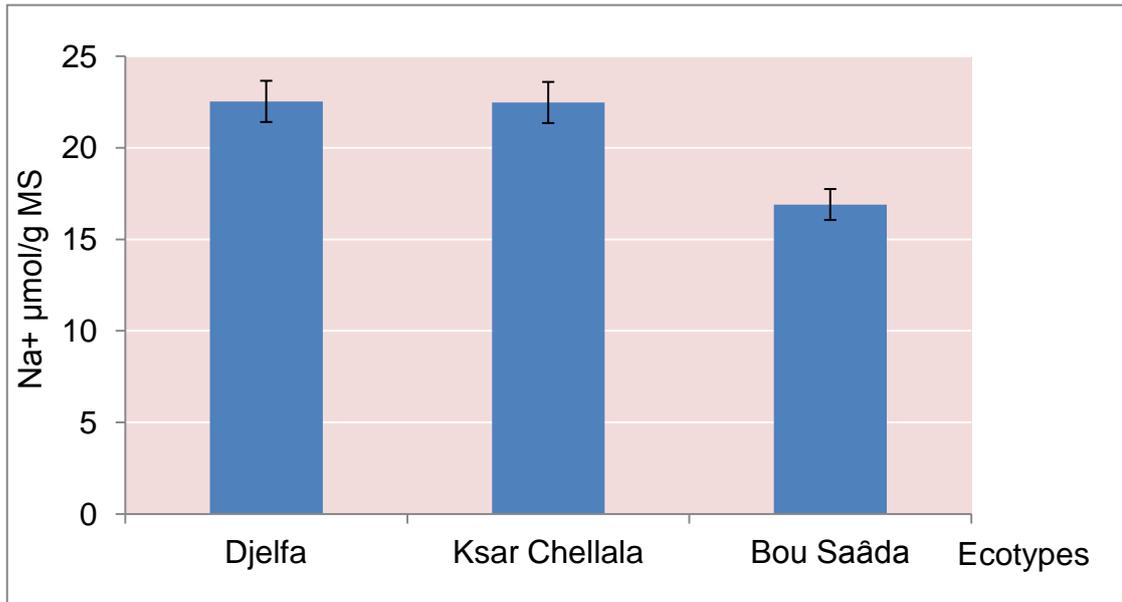


Figure 4.14 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de Na<sup>+</sup>.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, montre l'existence de deux groupes homogènes. Les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala sont classés dans le groupe (A), les plantes accumulent le sodium (Na<sup>+</sup>) en quantité importante avec des moyennes respectives de 22.53±1.83 µmol/g de matière sèche et 22.47±2.15 µmol/g de matière sèche. Ils sont suivis par l'écotype Bou Saâda avec une moyenne plus faible de 16.90 ± 1.38 µmol/g de matière sèche.

#### 4.4.2. Effet du facteur saison

La période hivernale a permis une l'accumulation plus importante en  $\text{Na}^+$  (figure 4.15).

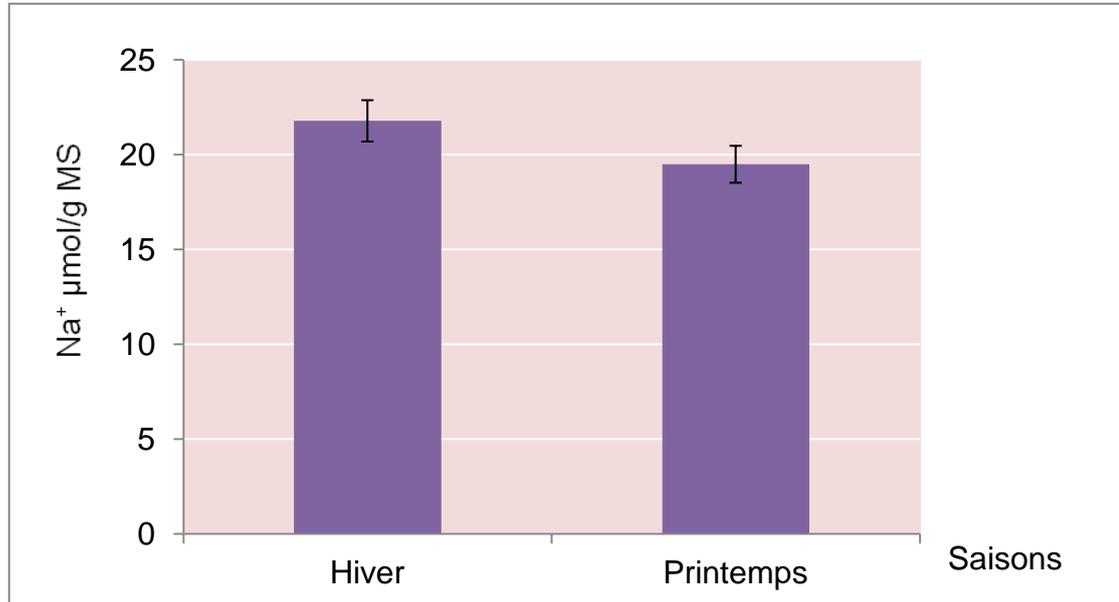


Figure 4.15 : Effet du facteur saison sur l'accumulation de  $\text{Na}^+$ .

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes distincts : L'hiver fait partie du groupe A, il enregistre le maximum de la quantité de  $\text{Na}^+$  accumulée au niveau des feuilles avec une moyenne de  $21.78 \pm 1.59 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche. Le printemps est classé dans le groupe B avec une moyenne de  $19.49 \pm 1.99 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

#### 4.4.3. Interaction écotype / saison

L'interaction des deux facteurs sur l'accumulation de  $\text{Na}^+$  révèle que l'écotype Bou Saâda enregistre une faible accumulation des ions  $\text{Na}^+$  avec une moyenne de  $14.40 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche pendant la période hivernale.

L'accumulation devient plus importante au printemps pour atteindre une moyenne de  $19.40 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche (figure 4.16).

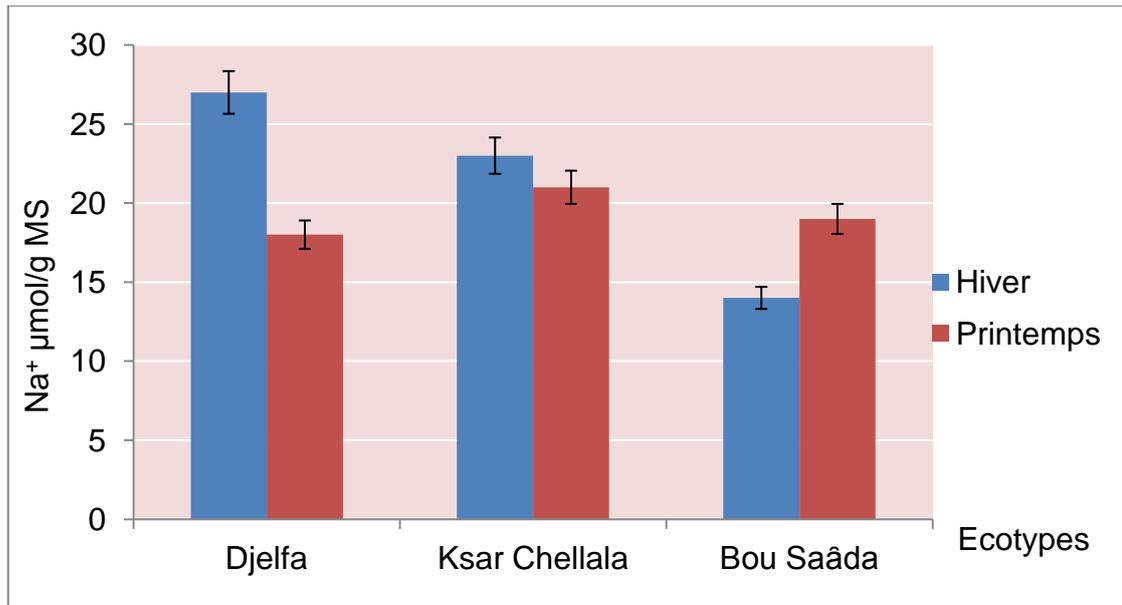


Figure 4.16 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de Na<sup>+</sup>.

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur l'accumulation de Na<sup>+</sup> au niveau des feuilles.

En hiver, l'écotype Ksar Chellala accumule une quantité importante de Na<sup>+</sup> avec une moyenne de 23.93 µmol/g de matière sèche. Cette accumulation diminue au printemps pour atteindre une moyenne de 21 µmol/g de matière sèche.

Pendant la période hivernale, l'écotype Djelfa présente une accumulation importante de l'ion Na<sup>+</sup>, avec une moyenne de 27 µmol/g de matière sèche. Cette quantité accumulée diminue durant la période printanière pour atteindre une moyenne correspondant à 18.07 µmol/g de matière sèche.

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir cinq groupes homogènes (tableau 4.5).

Tableau 4.5 : Interaction écotype / saison sur le la quantité accumulée de Na<sup>+</sup>.

Interactions	Teneur en Na <sup>+</sup> (μmol/g)	Groupes homogènes
Djelfa / hiver	27.00 ± 2.01	A
Ksar Chellala / hiver	23.93 ± 2.52	B
Ksar Chellala / printemps	21.00 ± 1.80	C
Bou Saâda / printemps	19.40 ± 1.38	D
Djelfa / printemps	18.07 ± 1.69	D
Bou Saâda / hiver	14.04 ± 1.42	E

Les résultats enregistrés montrent qu'il y a une forte accumulation de l'ion Na<sup>+</sup> pendant la période hivernale pour les deux écotypes Ksar Chellala et Djelfa.

Cette accumulation diminue au printemps. Ces résultats nous permettent de déduire que les caractéristiques ioniques des feuilles de l'armoise blanche dépendent de la saison et de l'écotype (tableau 4.5).

Haouala et *al.*, [ 97], montrent que le stress salin provoque l'augmentation de Na<sup>+</sup> durant la période hivernale chez le ray-grass anglais.

Le Na<sup>+</sup> 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].

Contrairement aux deux écotypes précédents, l'écotype Bou Saâda présente une accumulation de l'ion Na<sup>+</sup> plus importante au moment de la période printanière qui correspond à une moyenne 19.40 μmol/g de MS. En hiver, Cette accumulation est faible, elle est de 14.4 μmol/g de MS. Les résultats obtenus

peuvent être expliqués par les conditions climatiques variant d'un écotype à un autre.

Ces résultats restent faibles par rapport aux résultats obtenus dans une étude effectuée sur la même plante pour deux écotypes Djelfa et Sétif durant la période printanière avec des teneurs respectives de 25.50 et 23.25  $\mu\text{mol/g}$  de MS [99].

#### 4.5. Accumulation de $\text{K}^+$ au niveau des feuilles

##### 4.5.1. Effet du facteur écotype

Les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala accumulent l'ion  $\text{K}^+$  en quantité importante par rapport à l'écotype Bou Saâda (figure 4.17).

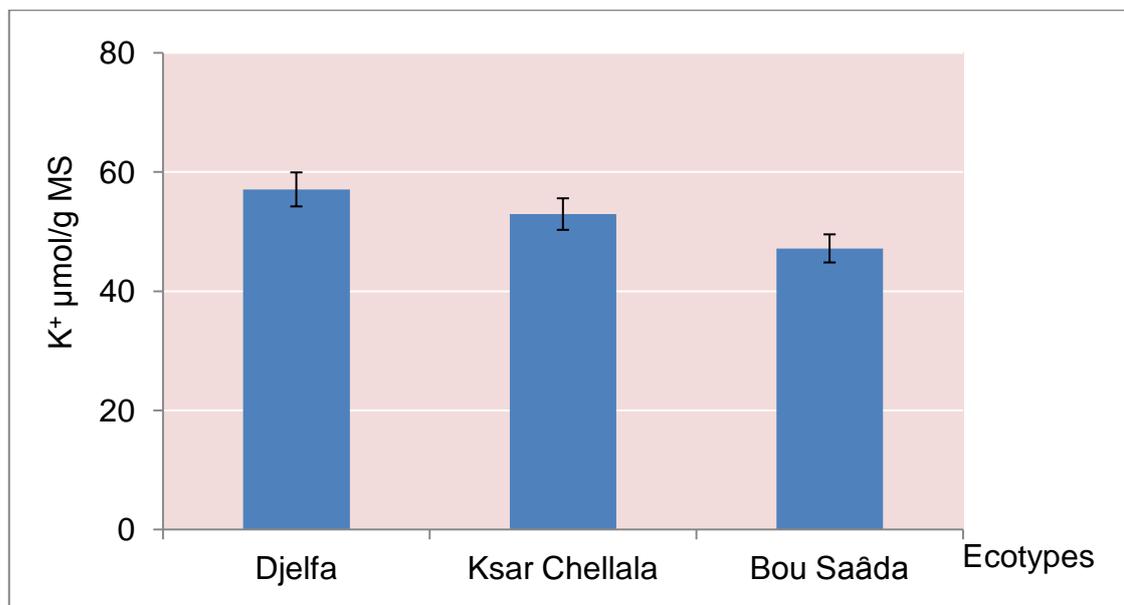


Figure 4.17 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de  $\text{K}^+$ .

Nous constatons l'existence de trois groupes homogènes (Test de Newman et Keuls au seuil de 5%).

Groupe A : représenté par l'écotype Djelfa avec une moyenne de  $57.07 \pm 2.72$   $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

Groupe B : renferme l'écotype de Ksar Chellala avec une moyenne de  $52.93 \pm 2.37$   $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

Groupe C : représenté par l'écotype Bou Saâda avec une moyenne de  $47.17 \pm 7.88 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

#### 4.5.2. Effet du facteur saison

Le printemps a permis une accumulation plus importante en  $\text{K}^+$  par rapport à l'hiver par les trois écotypes (figure 4.18).

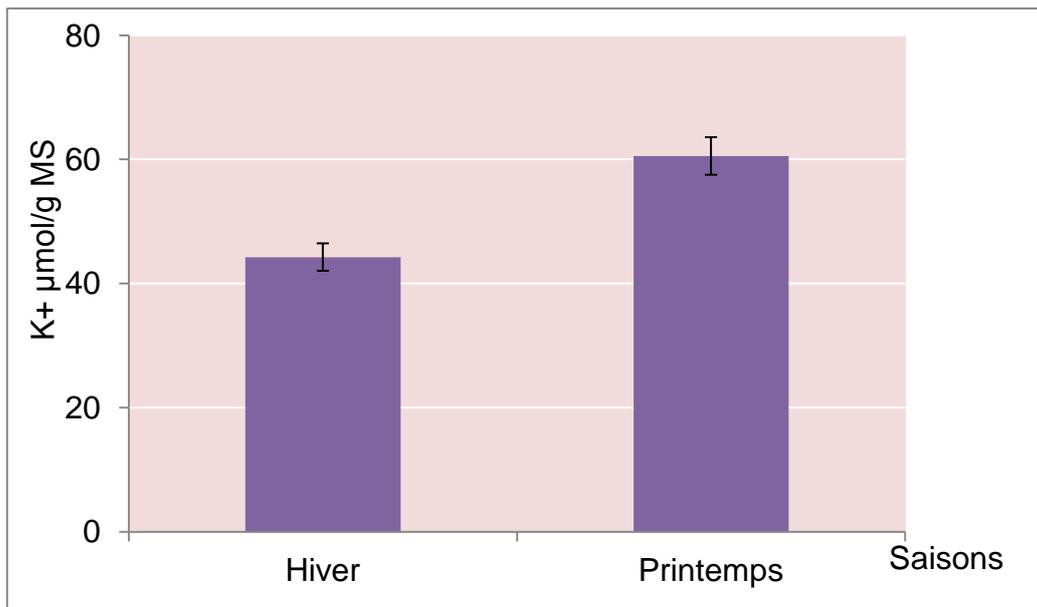


Figure 4.18 : Effet du facteur saison sur l'accumulation de  $\text{K}^+$ .

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes homogènes. Le printemps fait partie du groupe A, il enregistre une accumulation importante de l'ion  $\text{K}^+$  avec une moyenne de  $60.53 \pm 6.66 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche. L'hiver quant à lui est classé dans le groupe B avec une moyenne de  $44.24 \pm 2.17 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

#### 4.5.3. Interaction écotype / saison

L'étude de l'interaction des deux facteurs : saisons (hiver et printemps) et écotypes (Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda) sur l'accumulation de  $\text{K}^+$ , révèle que la quantité la plus élevée est obtenue au printemps chez l'écotype Ksar Chellala avec une moyenne de  $64.40 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche. Cette teneur est faible en hiver avec une moyenne respective de  $41.47 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche (figure 4.19).

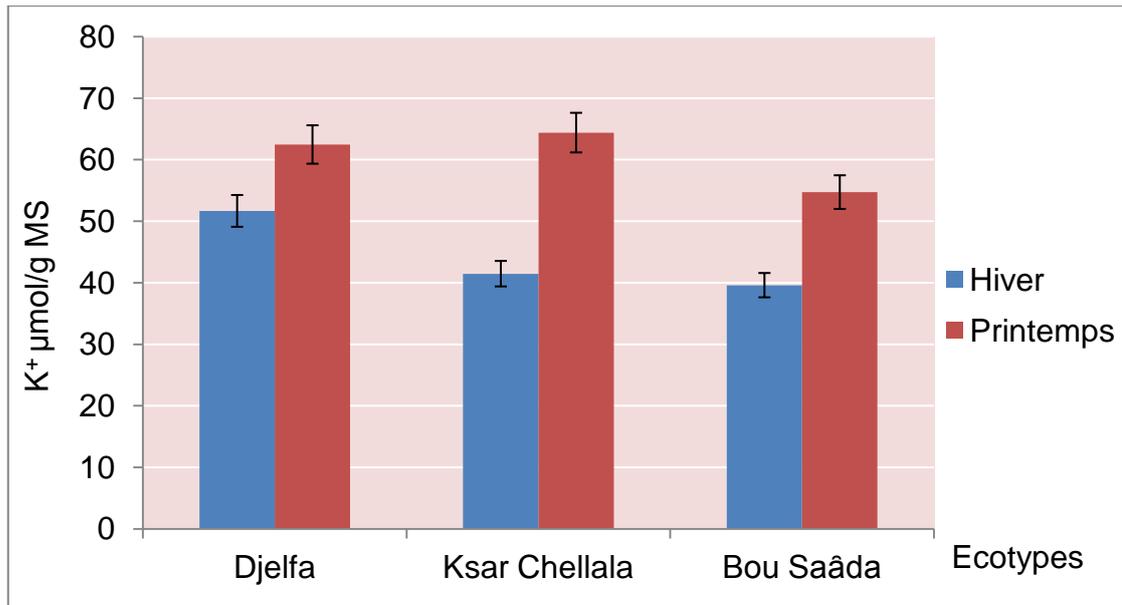


Figure 4.19 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de  $K^+$ .

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur l'accumulation de  $K^+$  au niveau des feuilles.

L'écotype Djelfa présente une faible accumulation en  $K^+$  au niveau des feuilles en hiver avec une moyenne de  $51.47 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

L'accumulation de  $K^+$  augmente au printemps pour atteindre une moyenne de  $62.47 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

L'écotype Bou Saâda présente une faible accumulation en  $K^+$  au niveau des feuilles en hiver, avec une moyenne de  $39.60 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche. Cette accumulation de  $K^+$  augmente au printemps pour atteindre une valeur moyenne de  $54.73 \mu\text{mol/g}$  de matière sèche.

Les résultats du test Newman et Keuls au seuil de 5 %, font ressortir trois groupes homogènes (tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation de K<sup>+</sup>.

Interactions	Teneur en K <sup>+</sup> (μmol/g)	Groupes homogènes
Ksar Chellala/printemps	64.40± 2.70	A
Djelfa/printemps	62.47± 3.15	A
Bou Saâda/printemps	54.73± 11.05	B
Djelfa/ hiver	51.67± 2.32	B
Ksar Chellala/hiver	41.47± 2.08	C
Bou Saâda/hiver	39.60± 2.24	C

Les résultats montrent que pendant la période hivernale, les quantités accumulées en K<sup>+</sup> des feuilles des trois écotypes (Bou Saâda, Ksar Chellala et Djelfa) sont faibles avec des moyennes respectives de 39.60, 41.47 et 51.67 μmol/g de MS. La situation s'inverse pendant la période printanière et les teneurs en cet ion deviennent plus élevées dans les feuilles des trois écotypes avec des moyennes respectives de 54.73, 64.4 et 62.47 μmol/g de MS. L'accumulation des ions Na<sup>+</sup> affecte l'absorption de K<sup>+</sup> en fonction de sa concentration. En effet, la présence de Na<sup>+</sup> en faible concentration peut augmenter l'absorption de K<sup>+</sup>, tandis qu'une concentration élevée en Na<sup>+</sup> diminue l'absorption de K<sup>+</sup>. Ces effets sont confirmés chez le riz et la canne à sucre [100, 101].

Le potassium est indispensable aux divisions cellulaires. Il intervient directement dans les synthèses organiques supérieures notamment dans la formation ou l'utilisation des phosphates riches en énergie. L'ion potassium exerce un rôle d'activation de nombreuses enzymes, en particulier celles impliquées dans la photosynthèse et la respiration. Ce qui explique les teneurs élevées en chlorophylles de l'écotype Ksar Chellala.

Le potassium est un des éléments les plus actifs de la respiration. Il facilite aussi le gonflement des colloïdes et contribue au maintien des structures

cellulaires. Il diminue la transpiration des plantes et tend à empêcher leur flétrissement en cas de sécheresse [102].

Des plantes de chiendent et de ray-grass anglais ont été cultivées en plaques de végétation et arrosées à l'eau courante additionnée de différentes doses de NaCl (50 à 150 mM). Une culture a été menée pendant la période estivale et une autre pendant la période hivernale, montrent que la salinité a entraîné des modifications des teneurs en  $K^+$  selon l'espèce et la saison [103].

Les ions  $K^+$  se rencontre généralement combiné 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 dérouler normalement [83].

#### 4.6. Synthèse et accumulation des sucres solubles

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.

##### 4.6.1. Effet du facteur écotype

Les deux écotypes Ksar Chellala et Djelfa accumulent les sucres solubles en quantité importante par rapport à l'écotype Bou Saâda (figure 4.20).

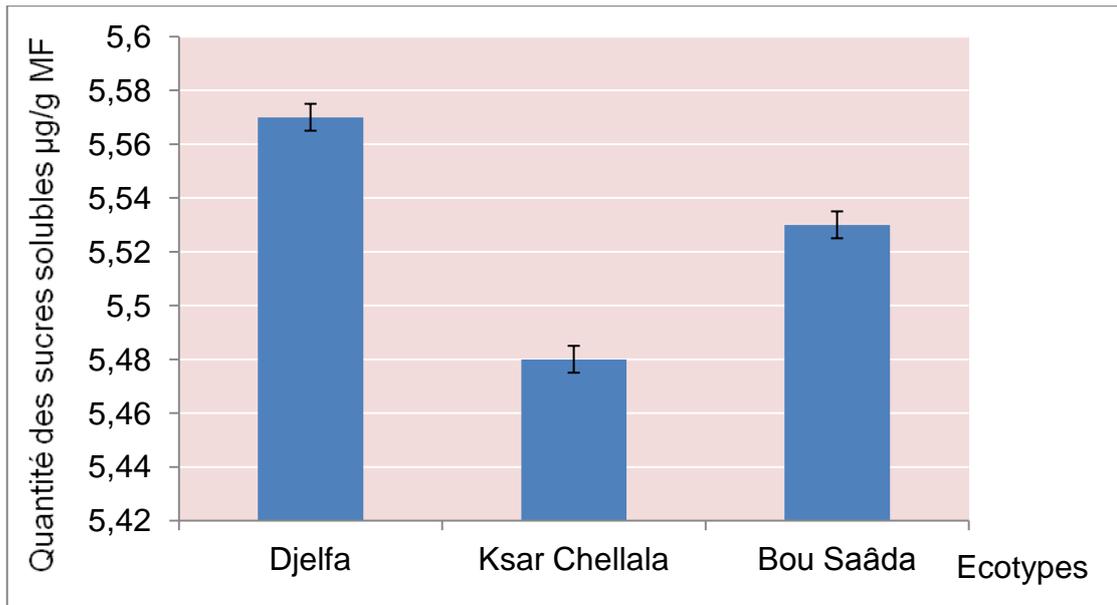


Figure 3.20 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation des sucres solubles.

L'analyse de variance pour le facteur écotype ne révèle aucune différence significative sur l'accumulation des sucres solubles. Les moyennes respectives pour les trois écotypes Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda sont de  $5.57 \pm 0.15$ ,  $5.48 \pm 0.24$  et  $5.53 \pm 0.16$  µg/g de matière fraîche.

#### 4.6.2. Effet du facteur saison

Une quantité importante des sucres solubles a été accumulée pendant la période hivernale (figure 4.21).

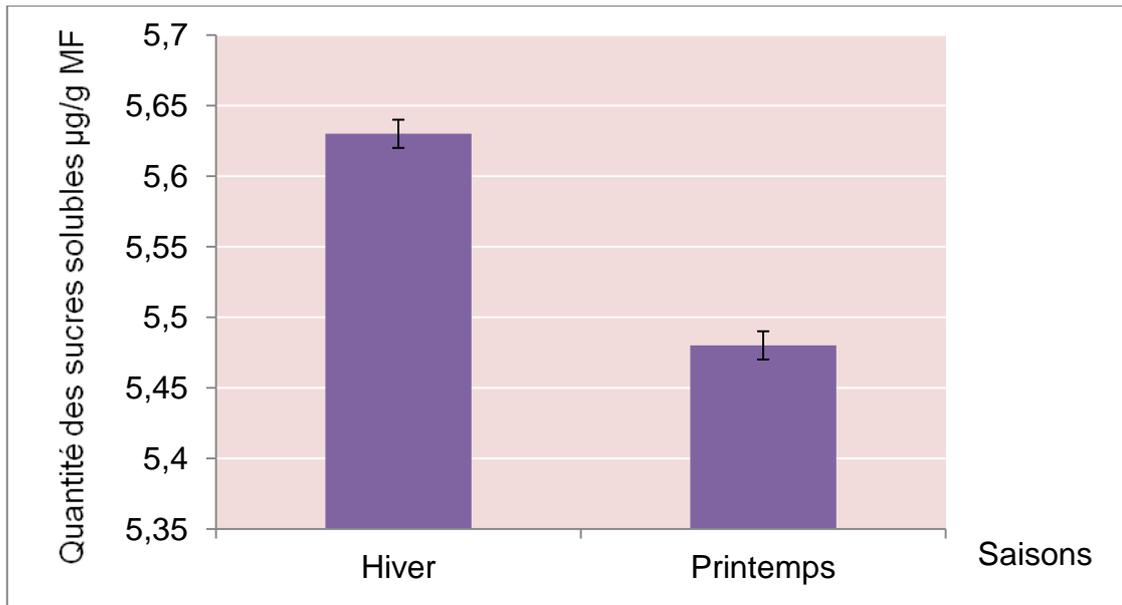


Figure 4.21 : Effet du facteur saison sur l'accumulation des sucres solubles.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes homogènes. L'hiver enregistre un maximum de la quantité des sucres solubles accumulée avec une moyenne de  $5.63 \pm 0.17$  µg/g de matière fraîche, alors que le printemps se classé dans le groupe B avec une moyenne de  $5.48 \pm 0.20$  µg/g de matière fraîche.

#### 4.6.3. Interaction écotype / saison

Un effet très hautement significatif de l'interaction inter-factorielle sur la quantité des sucres solubles accumulées a été décelé par l'analyse de variance, avec une faible variabilité entre les écotypes (figure 4.22).

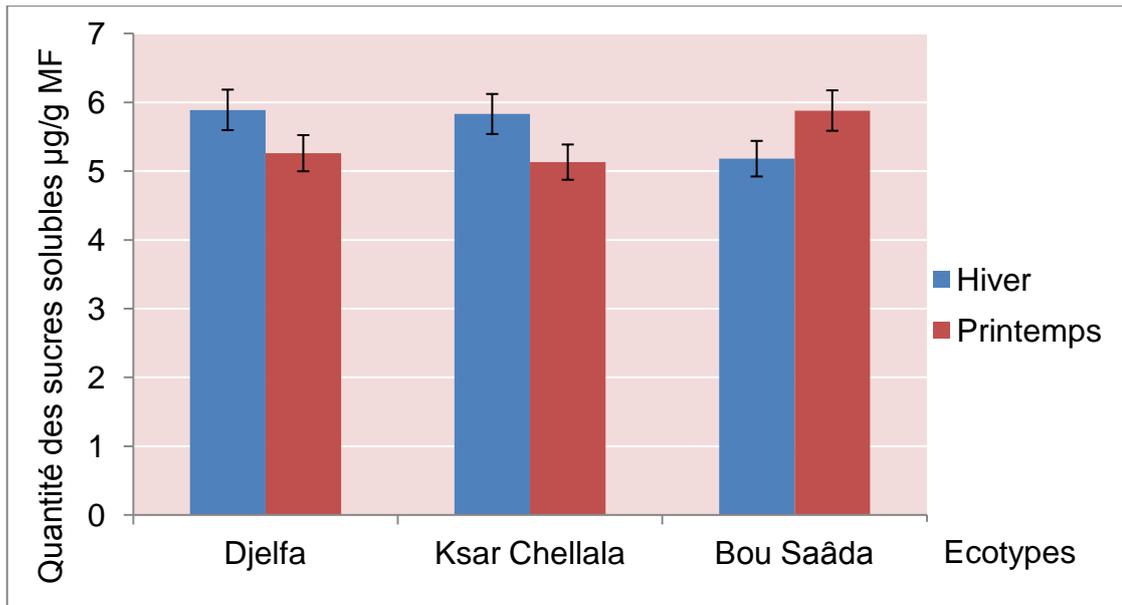


Figure 4.22 : Interaction écotype / saison sur l'accumulation des sucres solubles.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes distincts (tableau 4.7).

Tableau 4.7 : Interaction écotype / saison sur la synthèse et l'accumulation des sucres solubles.

Interactions	Teneur en sucres solubles (µg/g de MF)	Groupes homogènes
Djelfa/ hiver	5.89 ± 0.11	A
Bou Saâda /printemps	5.88 ± 0.13	A
Ksar Chellala/hiver	5.83 ± 0.19	A
Djelfa/printemps	5.26 ± 0.18	B
Bou Saâda/ hiver	5.18 ± 0.20	B
Ksar Chellala/printemps	5.13 ± 0.28	B

Les résultats mentionnés dans le tableau 4.7 montrent que pendant la période hivernale, les deux écotypes Ksar Chellala et Djelfa ont réagi par

l'augmentation de la quantité accumulée en sucres solubles avec des moyennes respectives de 5.83 et 5.89  $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche. Cependant, l'accumulation diminue pendant la période printanière pour atteindre des moyennes de 5.13 et 5.26  $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche respectivement pour les deux écotypes Ksar Chellala et Djelfa. Il est connu que le taux des sucres augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress. Cette constatation a été vérifiée par Chunyang [105] chez des arbres adultes d'eucalyptus soumis à différents stress hydriques. Même constatation a été faite par Noiraud et *al.*, [106] sur le céleri soumis à un stress salin.

En effet, les sucres contribuent à eux seuls à près de 95 % de l'ajustement osmotique du blé dur [107]. Les sucres solubles sont considérés comme les composés carbonés métaboliquement actifs, qui participent aux processus de biosynthèse et de maintenance des cellules/tissus.

Les sucres solubles contribuent jusqu'à 50 % de l'ajustement osmotique chez les glycophytes en condition salin [108].

La quantité des sucres accumulée par l'écotype Bou Saâda présente son minimum pendant la période hivernale avec une moyenne de 5.18  $\mu\text{g/g}$  de MF.

Cette situation s'inverse pendant la période printanière où la quantité augmente pour atteindre une valeur de 5.88  $\mu\text{g/g}$  de MF.

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 [109]. 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 de sucres solubles. Ce phénomène est interprété comme une réponse adaptative [110], où les sucres jouent un rôle de soluté compatible, intervenant dans la stabilisation des protéines et des membranes [111].

## 4.7. Synthèse et accumulation de la proline

### 4.7.1. Effet du facteur écotype sur la synthèse et l'accumulation de la proline

L'analyse de la variance du facteur écotype ne révèle aucune différence significative sur l'accumulation de la proline. Les moyennes pour les trois écotypes Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda respectivement sont de  $1.34 \pm 0.13$ ,  $1.32 \pm 0.15$  et  $1.29 \pm 0.12$   $\mu\text{g/g}$  de matière fraîche (figure 4.23).

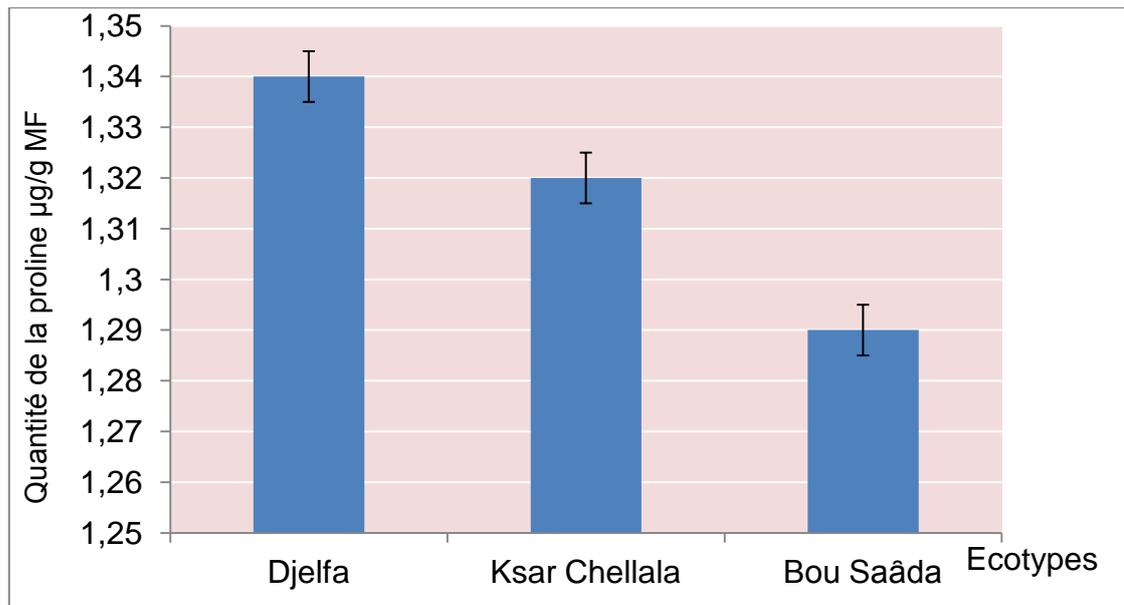


Figure 4.23 : Effet du facteur écotype sur l'accumulation de la proline.

### 4.7.2. Effet du facteur saison sur l'accumulation de la proline

Une accumulation plus importante de la proline est quantifiée dans les plantes durant la période hivernale comparées aux plantes de la période printanière où nous enregistrons une quantité de proline plus faible.

Ces résultats se confirment par le test Newman et Keuls (figure 4.24).

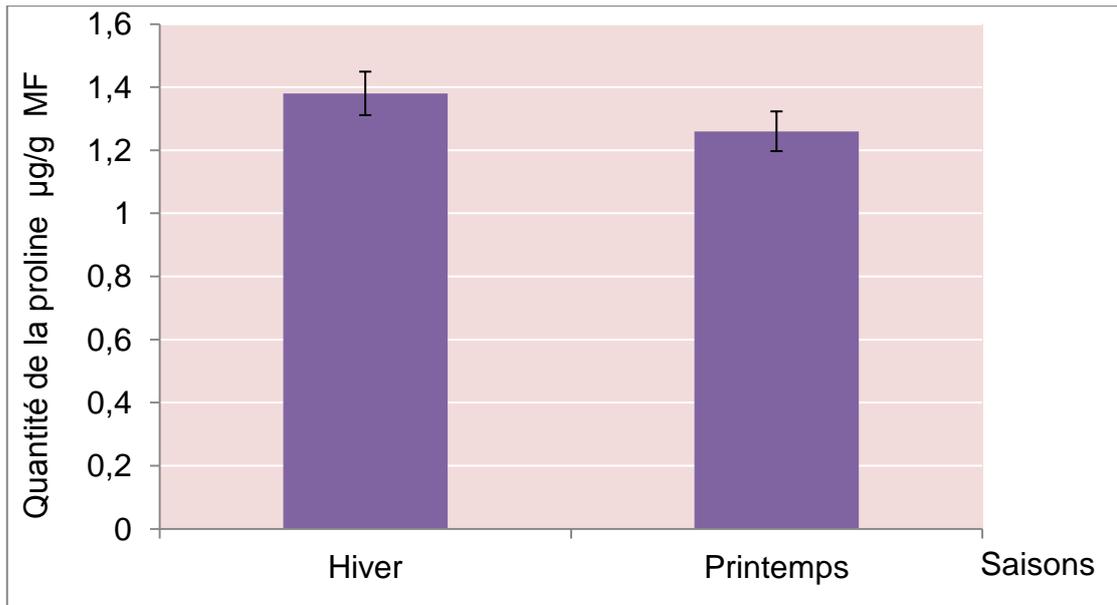


Figure 4.24 : Effet du facteur saisons sur l'accumulation de la proline.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir deux groupes homogènes. L'hiver est représenté dans le groupe A, avec une quantité de proline maximum accumulée par les plantes, elle est de  $1.38 \pm 0.13 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche, alors que le printemps est classé dans le groupe B avec une moyenne de  $1.26 \pm 0.14 \mu\text{g/g}$  de matière fraîche.

#### 4.7.3. Interaction écotype / saison

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur l'accumulation de la proline (figure 4.25).

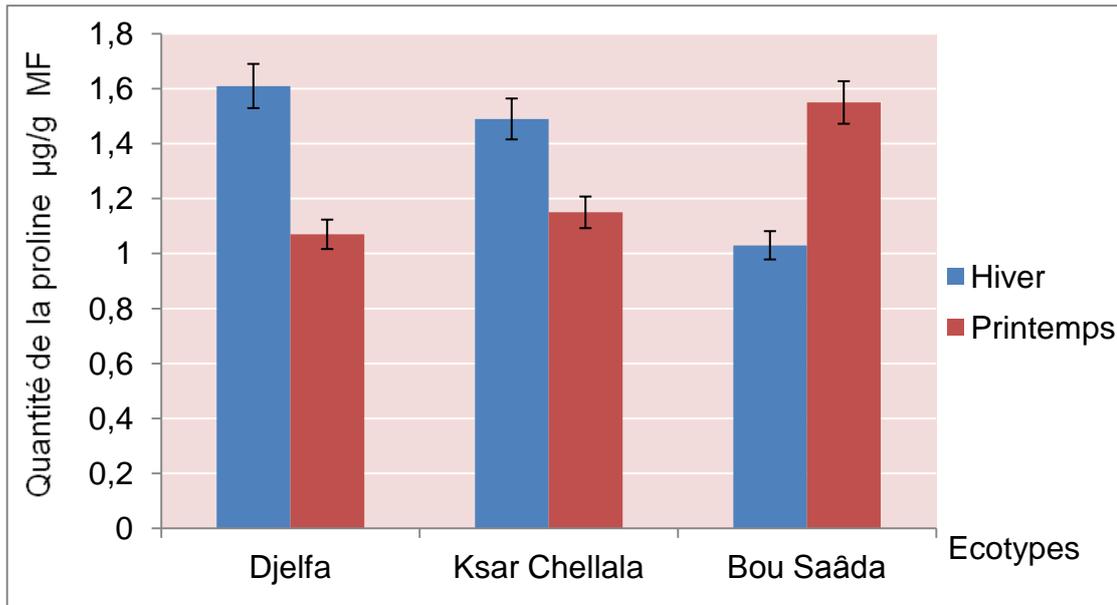


Figure 4.25 : Interaction saison / écotype sur l'accumulation de la proline.

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir trois groupes homogènes (tableau 4.8).

Tableau 4.8 : Interaction écotype / saison sur la quantité de la proline.

Interactions	Teneur en proline (µg/g de MF)	Groupes homogènes
Djelfa / hiver	1.61 ± 0.14	A
Bou Saâda / printemps	1.55 ± 0.14	A-B
Ksar Chellala / hiver	1.49 ± 0.13	B
Ksar Chellala / printemps	1.15 ± 0.17	C
Djelfa / printemps	1.07 ± 0.13	C
Bou Saâda / hiver	1.03 ± 0.11	D

L'accumulation de la proline chez les deux écotypes Ksar Chellala et Djelfa en période hivernale est nettement plus élevée avec des moyennes qui correspondent à 1.49 et 1.61 µg/g de matière fraîche. En effet, cette augmentation induit la régulation de la pression osmotique interne [112].

Pendant la période printanière nous remarquons que la quantité accumulée devient faible avec des moyennes de 1.15 µg/g de matière fraîche pour l'écotype Ksar Chellala et 1.07 µg/g de matière fraîche pour l'écotype Djelfa.

Ces résultats permettent de déduire que le comportement de la plante varie en fonction de la saison. Ce mécanisme est dû à des stimuli déterminant l'état physiologique de la plante notamment la température, les précipitations, la nature du sol ainsi que l'humidité de l'air.

Pendant la période hivernale, la quantité de la proline accumulée chez l'écotype Bou Saâda est plus faible avec une moyenne de 1.03 µg/g de matière fraîche. Les conditions climatiques au printemps provoquent une augmentation de l'accumulation de la proline avec une moyenne de 1.55 µg/g de matière fraîche.

En effet, plusieurs facteurs induisent l'accumulation de la proline parmi eux l'éclairement [35], le froid [36], les fortes températures [37] et le stress hydrique [39]. Cette accumulation des solutés organiques (sucre, proline) n'est autre qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse, permettant à la plante de maintenir la turgescence par la diminution de potentiel hydrique, c'est une forme d'ajustement osmotique [113]. Ce type de tolérance permet à la plante d'assurer normalement ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique interne consécutive à la sécheresse [113,114].

Plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de la plante à accumuler la proline dans le criblage de génotypes résistants au déficit hydrique sur le blé dur [113], au froid sur le maïs [114], et à la salinité chez l'*Artemisia herba alba* Asso. [115].

#### 4.8. Quantité des protéines solubles

##### 4.8.1. Effet du facteur écotype

L'écotype Djelfa synthétise une quantité importante de protéines solubles par rapport aux deux autres écotypes Bou Saâda et Ksar Chellala (figure 4.26).

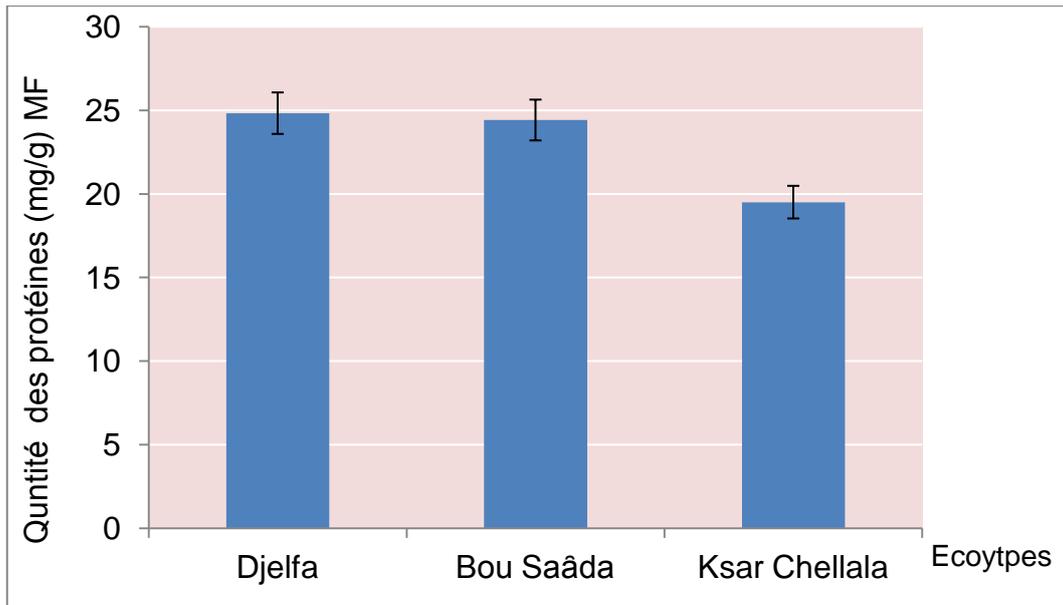


Figure 4.26 : Effet du facteur écotypes sur la quantité des protéines.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, révèle l'existence de trois groupes homogènes.

L'écotype Djelfa synthétise une quantité importante de la proline avec une moyenne de  $24.82 \pm 1.2$  mg/g de matière fraîche, suivi par l'écotype Bou Saâda avec une moyenne de  $24.42 \pm 1.3$  mg/g de matière fraîche.

Cependant, une faible synthèse de la proline est enregistrée chez l'écotype Ksar Chellala, classé dans le troisième groupe avec une moyenne de  $19.50 \pm 1$  mg/g de matière fraîche.

### 3.8.2. Effet du facteur saison

Une synthèse plus importante des protéines solubles est enregistrée pendant la période hivernale (figure 4.27).

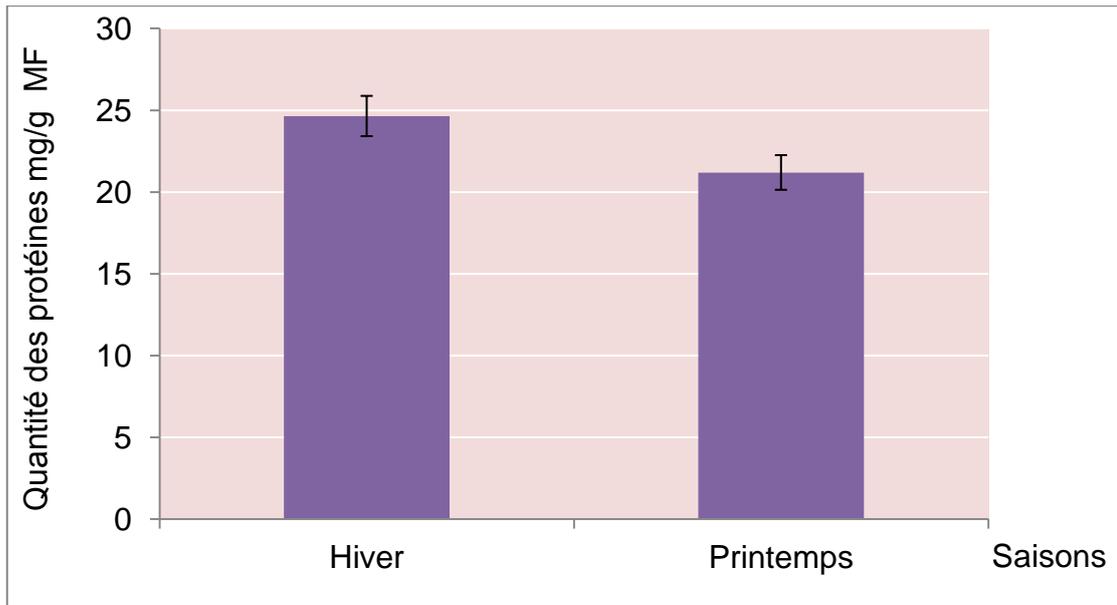


Figure 4.27 : Effet du facteur saison sur la quantité des protéines.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, révèle l'existence de deux groupes homogènes. L'hiver montre que les plantes enregistrent une quantité importante de protéine avec une moyenne de  $24.64 \pm 2.80$  mg/g de matière fraîche, alors que le printemps classé dans le groupe B où les plantes accumulent une quantité légèrement plus faible avec  $21.19 \pm 1.05$  mg/g de matière fraîche.

#### 4.8.3. Interaction écotype / saison

L'analyse de la variance inter-factorielle révèle une action très hautement significative sur la quantité des protéines (figure 4.28).

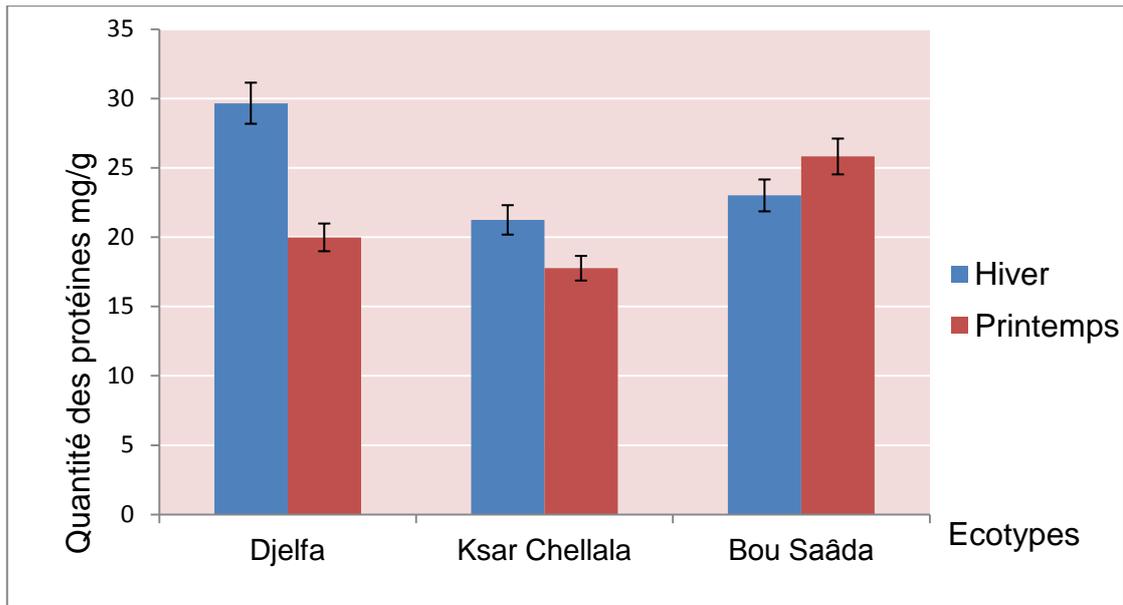


Figure 4.28 : Interaction écotype / saison sur la quantité des protéines.

Le test Newman et Keuls au seuil de 5 %, fait ressortir six groupes homogènes (tableau 4.9).

Tableau 4.9 : Interaction écotype / saison sur la quantité des protéines.

Interactions	Teneur en protéines (mg/g de MF)	Groupes homogènes
Djelfa / hiver	29.66 ± 2.49	A
Bou Saâda / printemps	25.82 ± 1.13	B
Bou Saâda / hiver	23.01 ± 2.22	C
Ksar Chellala / hiver	21.24 ± 2.54	D
Djelfa / printemps	19.98 ± 1.76	E
Ksar Chellala / printemps	17.76 ± 1.41	F

L'étude de l'interaction des deux facteurs, révèle que la quantité des protéines synthétisée par l'écotype Djelfa en période hivernale est nettement plus élevée avec une moyenne de 29.66 mg/g de matière fraîche. Cette quantité

diminue au printemps pour atteindre une moyenne de 19.98 mg/g de matière fraîche.

Durant la période hivernale, l'écotype de Ksar Chellala synthétise une quantité importante des protéines avec une moyenne de 21.24 mg/g de matière fraîche. Cette quantité diminue au printemps pour atteindre une moyenne de 17.76 mg/g de matière fraîche.

Nombreuses sont les protéines qui s'accumulent spécialement en réponse au déficit hydrique, aux fortes salinités et aux basses températures. La plupart ont des séquences communes, de similitudes de conformation et abondance en certains acides aminés, comme la proline. Schulze et *al.*, [116] signalent qu'une partie des protéines induites ont une fonction directe dans l'augmentation de la tolérance au stress, d'autres ont une fonction dans la chaîne de transduction qui aboutiront à la production de protéines fonctionnelles.

Contrairement aux deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala, l'écotype Bou Saâda synthétise une quantité plus faible de protéines pendant la période hivernale avec une moyenne de 23.01 mg/g de MF. Cette quantité augmente au printemps pour atteindre une valeur moyenne de 25.82 mg/g de MF.

La synthèse des protéines est une forme de résistance à la salinité, cette résistance est une caractéristique génétique, elle varie selon l'espèce [42].

La protéine CDSP34 s'accumule en conditions de stress hydrique, de forte lumière, de forte température et de stress salin. Son rôle principal est donc de protéger l'appareil photosynthétique des différents stress [117].

#### 4.9. Effet Anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'armoise blanche

##### 4.9.1. Effet phlogogène de la carraghénine

Le lot de souris ayant reçu une injection de carraghénine en sous plantaire sans avoir reçu de traitement préalable (Lot n° 15) a montré une évolution continue et presque linéaire du pourcentage moyen de l'œdème en fonction du temps.

La carraghénine est donc un produit pro-inflammatoire, d'autant plus que le lot témoin qui a reçu de l'eau physiologique (Lot n° 14) n'a donné aucune évolution de l'œdème (il s'agit du témoin négatif de l'effet phlogogène de la carraghénine).

#### 4.9.2. Effet anti-inflammatoire

L'extrait aqueux de l'armoise blanche a provoquée une baisse sensible du pourcentage moyen de l'œdème des pattes, surtout à la dose 0.2g/ml pour l'écotype de Ksar Chellala pendant la période printanière (Lot n° 2), le gonflement de l'œdème a complètement disparu au bout de 120 minutes. Cet extrait aqueux est plus efficace que le diclofenac sodique (lot n° 10).

Les lots de souris traités par l'extrait aqueux de l'armoise blanche récoltée au printemps pour les trois écotypes Bou Saâda, Ksar Chellala et Djelfa (lots n° 1, 2, 3, 4, 5 et 6) ont réagit plus rapidement et de façon plus importante au traitement par rapport à ceux ayant été traités par l'extrait aqueux de l'armoise blanche récoltée en hiver (lots n° 7, 8, 9, 10, 11 et 12).

Les lots de souris 3 et 5 qui ont reçu par voie orale les doses de 0.2 g/ml et 0.1 g/ml d'extrait aqueux appartenant aux écotypes de Djelfa et Ksar Chellala ont réagi globalement d'une manière semblable (tableau 4.10).

Tableau 4.10 : Evaluation du pourcentage moyen de l'œdème des pattes  
(% d'inflammation).

Lot		Temps mn						
		30	60	90	120	150	180	210
1	B P 2	11.061	8.04	3.687	1.199	0	0	0
2	K P 2	13.224	5.711	0.263	0	0	0	0
3	D P 2	18.949	13.741	8.665	4.551	0.919	0	0
4	B P 1	22.389	18.584	13.982	9.773	5.973	2.92	0.619
5	K P 1	20.759	13.869	7.906	4.151	0.883	0	0
6	D P 1	21.308	16.489	14.677	10.963	6.1	2.961	0
7	B H 2	25.805	23.441	20.931	19.06	17.188	15.143	11.749
8	K H 2	26.052	22.773	19.096	16.57	13.867	11.696	10.057
9	D H 2	28.198	26.427	24.745	23.063	21.513	20.362	18.813
10	B H 1	29.845	28.741	27.505	25.651	24.459	23.929	22.663
11	K H 1	30.288	29.09	27.671	26.341	25.277	24.523	23.902
12	D H 1	28.407	27.743	27.035	26.194	25.663	25.088	24.336
13	Diclofenac de Na	25.356	19.61	14.608	9.694	4.869	0.929	0
14	E.P.	17.691	1.503	0	0	0	0	0
15	carraghénine	31.294	30.848	29.91	30.357	30.357	30.803	30.803

B : Bou Saâda ;

P : Printemps ;

K : Ksar Chellala ;

H : Hiver ;

D : Djelfa

Doses : (1 : 0.1g/ml et 2 : 0.2 et g/ml) de l'extrait aqueux ;

E.P. : Eau physiologique.

La comparaison des lots de souris ayant reçu les différentes doses de l'extrait aqueux a montré que l'effet anti-inflammatoire est plus important à partir de 0.1 g/ml.

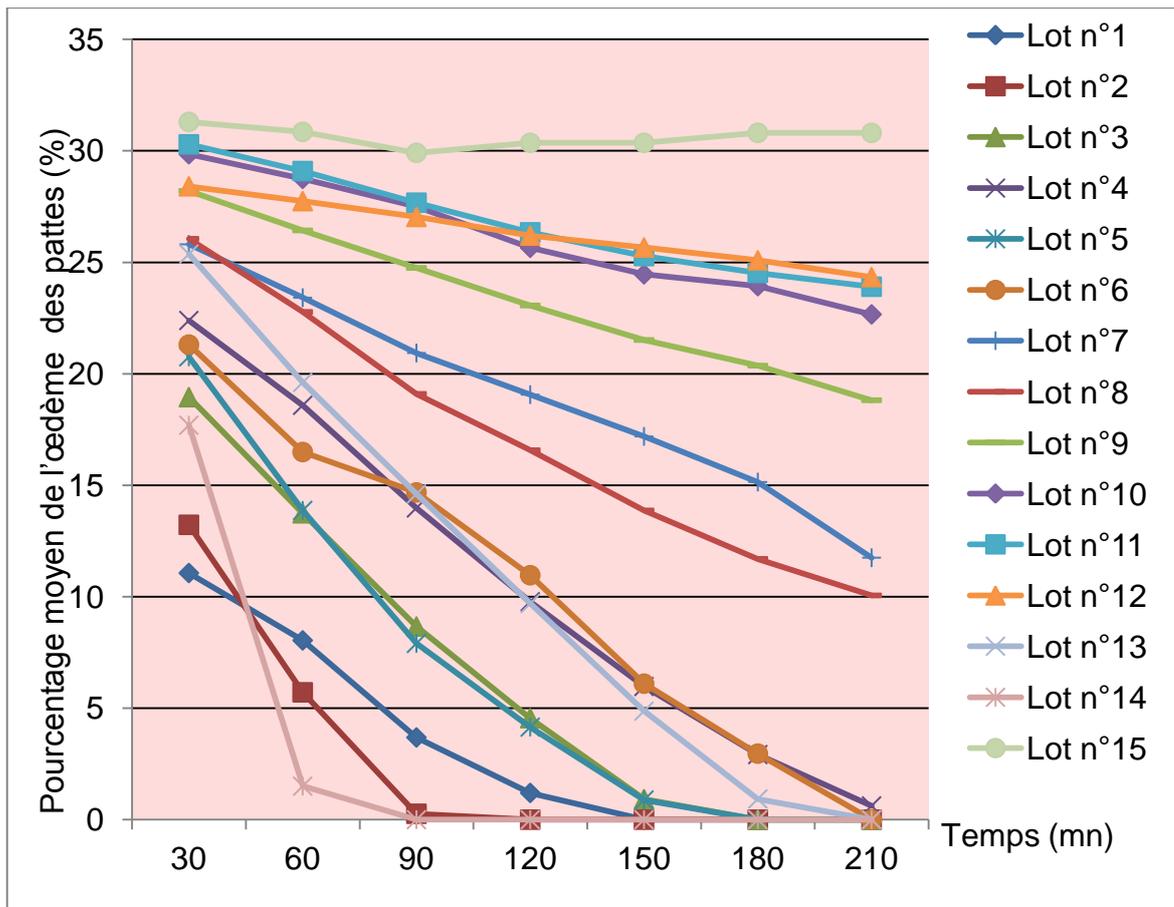


Figure 4.29 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps et du traitement.

#### 4.9.2.1. Effet anti-inflammatoire de l'écotype Bou Saâda

La comparaison des lots de souris ayant reçu les différentes doses de l'extrait aqueux de l'écotype Bou Saâda a montré que l'effet anti-inflammatoire est plus important à partir de 0.1g/ml pour l'armoise blanche récoltée en printemps mais il est moins rapide pour de l'extrait aqueux de l'armoise blanche récoltée en hiver (figure 4.30).

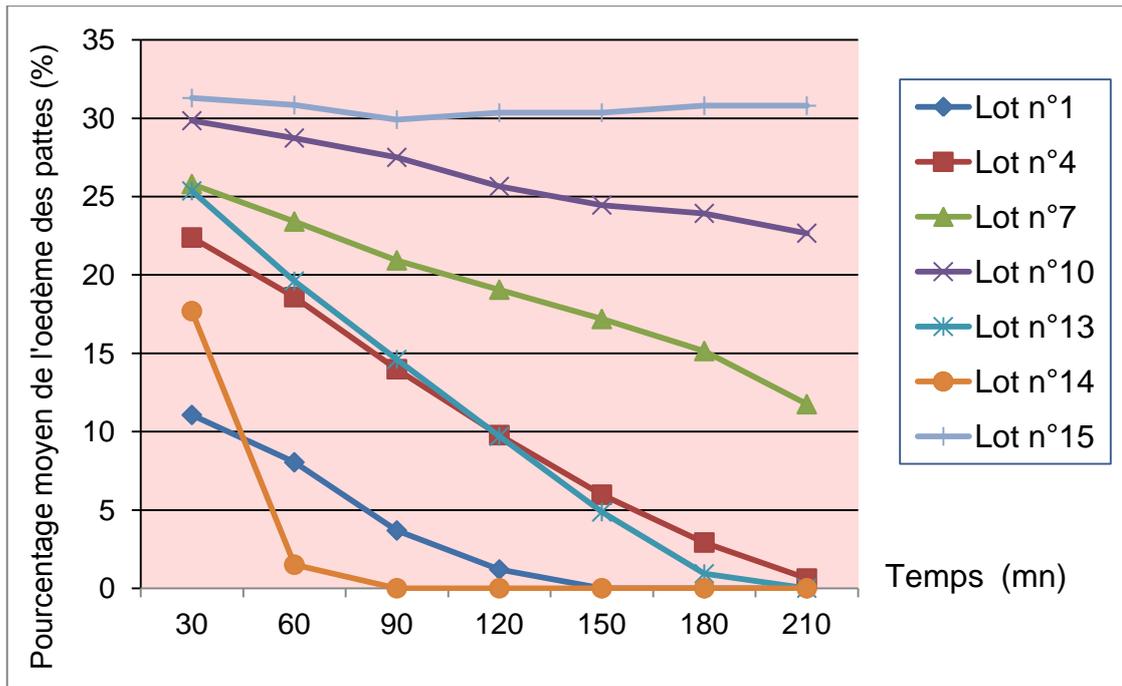


Figure 4.30 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.

#### 4.10.2.2. Effet anti-inflammatoire de l'éco-type Ksar Chellala

La comparaison des lots de souris ayant reçu les différentes doses de l'extrait aqueux de l'éco-type Ksar Chellala a montré que l'effet anti-inflammatoire est plus important à partir de 0.1g/ml pour l'armoise blanche récoltée en printemps mais il est moins rapide pour de l'extrait aqueux de l'armoise blanche récoltée en hiver (figure 3.31).

L'effet le plus rapide et le plus intense a été observé chez le lot n°2 (0.2g/ml) comparé au lot traité par le diclofenac.

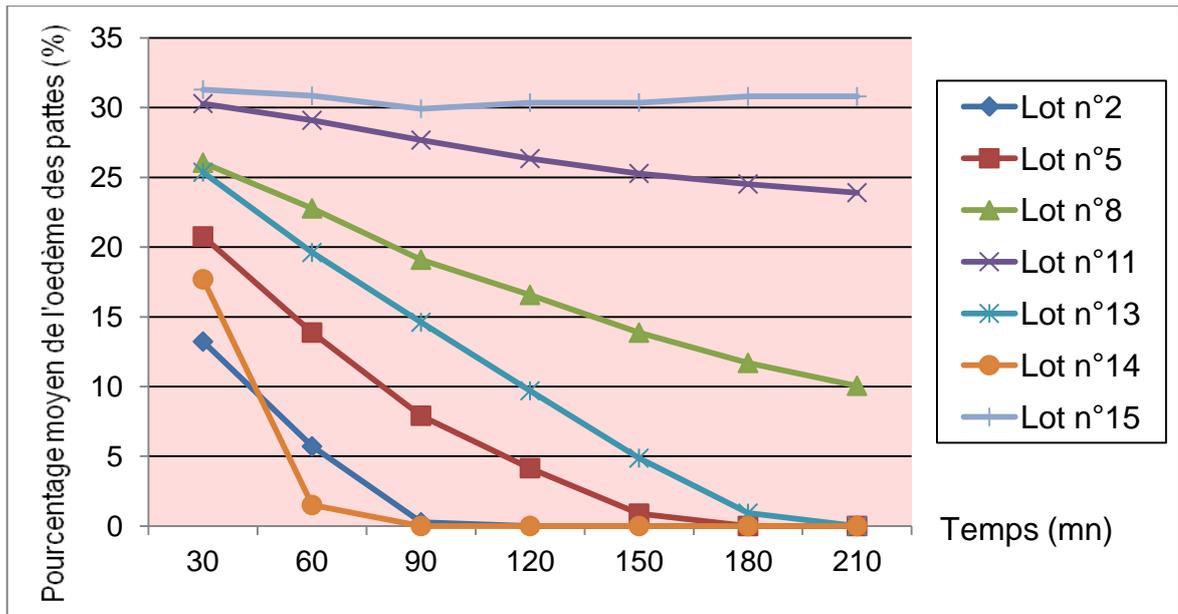


Figure 4.31 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.

#### 4.9.2.3. Effet anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'écotype Djelfa

La comparaison des lots de souris ayant reçu les différentes doses de l'extrait aqueux de l'écotype Djelfa a montré que l'effet anti-inflammatoire est plus important à partir de 0.1g/ml pour l'armoise blanche récoltée en printemps mais il est moins rapide pour de l'extrait aqueux de l'armoise blanche récoltée en hiver (figure n°4.32).

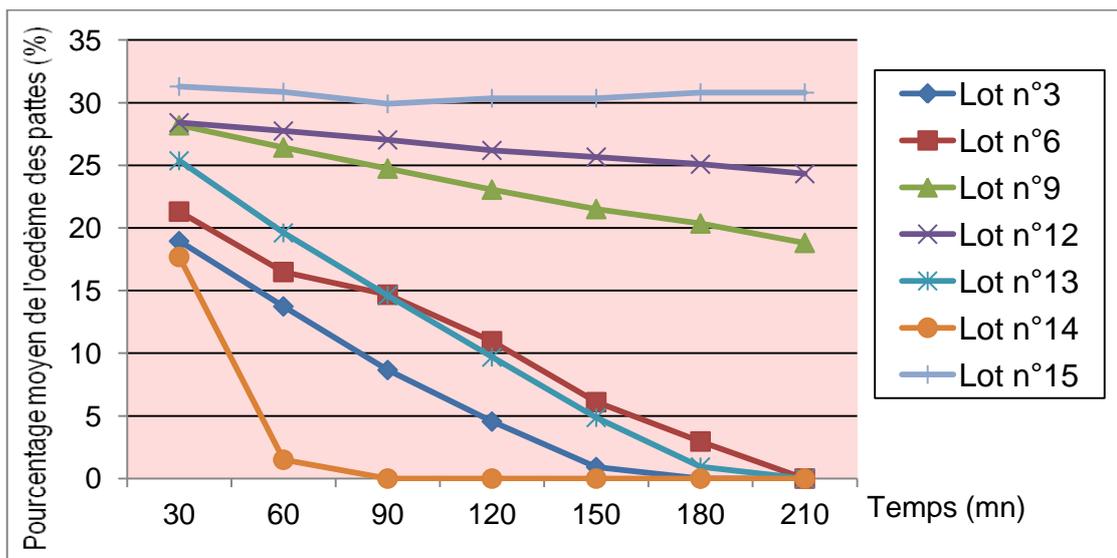


Figure 4.32 : Evolution de l'œdème des pattes (% de l'inflammation) en fonction du temps.

Les résultats obtenus montrent que l'effet anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* Asso. est influencé par la saison. Les plantes récoltées au printemps ont montré un effet plus rapide et plus intense que celle récoltées en l'hiver.

L'effet anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* Asso. est plus rapide et plus intense par rapport à l'effet anti-inflammatoire du thym [118].

Ainsi, leur propriété de piègeurs de radicaux implique les flavonoïdes dans la prévention des dommages oxydatifs causés par les ROS sur les molécules cellulaires. De nombreuses études *in vitro* ont montré des activités des flavonoïdes contre les maladies inflammatoires chroniques et l'arthrose [119].

Selon Salvador et Chisvert [120], les flavonoïdes seront à l'origine de l'effet anti-inflammatoire. L'étude phytochimique montre que les extraits végétaux (EA) contiennent une proportion non négligeable de flavonoïdes.

L'huile essentielle de Thym semble inhiber la synthèse des prostaglandines (médiateurs de l'inflammation). Cette activité est principalement attribuée au thymol [121].

L'effet anti-inflammatoire de l'extrait aqueux est attribué à sa teneur en composants capables de réduire les processus de l'inflammation tel que l'apigénine [122], le kaempferol [123], et l'acide caféique [124].

#### 4.10. Test de toxicité

Après une semaine de gavage par voie orale, l'extrait aqueux de l'armoise blanche sur les souris testées donne les résultats enregistrés dans le tableau 4.11.

Tableau 4.11 : Application de la méthode de BEHREN et KARBER [77].

Concentration mg/ml	150	200	250	300	350
Dose g/kg	3.75	5	6.25	7.5	8,75
Nbre d'animaux	10	10	10	10	10
Nbre de mort	0	0	0	0	0
%de mortalité	0	0	0	0	0
Différence entre deux doses successives (A)	1.25	1.25	1.25	1.25	
Moyenne de mortalité de deux doses successives (B)	0	0	0	0	
A+B	0	0	0	0	
Somme d'A+ B	0				

$DL_{50} = DL_{100} - \sum A \times B / n$  (n : étant le nombre de souris par lots).

$DL_{50} = 0$  g/Kg

Au regard des résultats obtenus, nous constatons que l'extrait aqueux administré par gavage aux souris est inoffensif pour les doses testées.

## CONCLUSION

L'armoise blanche est une espèce à large distribution dans les zones arides et semi-arides. Son utilisation est préconisée pour la sauvegarde du potentiel pastoral et la restauration des écosystèmes dégradés. Dans ce cadre des travaux entrepris au cours de cette étude mettent en valeur les mécanismes biochimiques et physiologiques impliqués par l'*Artemisia herba alba* Asso.

En effet, le dosage des paramètres physiologiques et biochimiques des trois écotypes (Djelfa, Ksar Chellala et Bou Saâda) durant les deux saisons (hiver et printemps) a révélé l'existence d'une corrélation entre la variation saisonnière et la réponse des écotypes.

- Notons que durant la période hivernale les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala ont réagi par une faible synthèse de fluorescences chlorophylliennes (a, b et c) jouant un rôle biologique primordial dans la photosynthèse, phénomène essentiel dans la croissance des plantes. Les valeurs obtenues correspondent à 0.61 et 0.82 µg/g de MF de chlorophylle (a), 0.30 et 0.42 µg/g de MF de chlorophylle (b) et 2.25 et 3.00 µg/g de MF de caroténoïde.

Une faible accumulation des ions K<sup>+</sup> est enregistrée, ces derniers jouent un rôle dans l'activation de nombreuses enzymes, en particulier celles impliquées dans la photosynthèse et la respiration avec des valeurs variant selon les écotypes à 51.67 et 41.47 µmol/g de MS.

Cependant, une accumulation importante des paramètres indicateurs d'un état de stress a été enregistrée notamment le Na<sup>+</sup> avec des moyennes respectives de 27 et 23.93 µmol/g de MS.

Parallèlement, une accumulation des sucres solubles variant de 5.89 (Djelfa) à 5.83 µg/g de MF pour l'écotype Ksar Chellala.

Nous avons enregistré des valeurs correspondant à 1.61 et 1.49 µg/g de MF pour la proline et 29.66 et 21.2 mg/g de MF pour les protéines solubles selon les deux écotypes.

- La situation s'inverse durant la période printanière qui est considéré comme étant un état actif de la végétation par une augmentation des quantités synthétisées de fluorescences chlorophylliennes avec des moyennes respectives de 0.87 et 1.51  $\mu\text{g/g}$  de MF de chlorophylle (a), 0.47 et 0.78  $\mu\text{g/g}$  de MF de chlorophylle (b) et de 3.52 et 3.81  $\mu\text{g/g}$  de MF de caroténoïde pour les deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala.

Une accumulation importante des ions  $\text{K}^+$  avec des moyennes respectives de 62.47 et 64.40  $\mu\text{mol/g}$  de MS. Ces derniers sont en antagonisme avec les ions  $\text{Na}^+$  où nous enregistrons une diminution de cette accumulation avec des moyennes allant de 18.07 à 21  $\mu\text{mol/g}$  de MS.

Nous avons noté aussi une réduction de la synthèse et de l'accumulation des sucres solubles, proline et protéines solubles avec des moyennes évaluées à 5.26 et 5.13  $\mu\text{g/g}$  de MF, 1.07 et 1.15  $\mu\text{g/g}$  de MF et 19.98 et 17.76  $\text{mg/g}$  de MF selon les écotypes.

- Contrairement aux deux écotypes Djelfa et Ksar Chellala, l'écotype Bou Saâda a réagi différemment par la synthèse des quantités importantes de fluorescences chlorophylliennes (a, b et c) pendant la période hivernale avec des valeurs respectives allant de 0.96, 0.46 à 3.52  $\mu\text{g/g}$  de MF. La situation s'inverse au printemps pour atteindre des valeurs plus faibles de 0.85, 0.39 et 3.05  $\mu\text{g/g}$  de MF.

Nous avons enregistré une faible accumulation des deux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  pendant la période hivernale avec respectivement des valeurs de 14.04 et 39.60  $\mu\text{mol/g}$  de MS. Cette accumulation augmente au printemps pour atteindre des valeurs correspondant à 19.40 et 62.47  $\mu\text{mol/g}$  de MS.

En outre, une faible accumulation des sucres solubles a été marquée pendant la période hivernale avec une moyenne de 5.18  $\mu\text{g/g}$  de MF, de la proline avec une moyenne de 1.03  $\mu\text{g/g}$  de MF et des protéines solubles avec une moyenne de 23.01  $\text{mg/g}$  de MF. La situation s'inverse pendant le printemps et les valeurs augmentent pour assurer l'ajustement osmotique et atteindre des moyennes respectives de 5.88  $\mu\text{g/g}$  de MF de sucres solubles, 1.55  $\mu\text{g/g}$  de MF de la proline et 25.82  $\text{mg/g}$  de MF des protéines solubles.

- Une faible variation de la quantité des flavonoïdes synthétisée a été enregistrée pour les trois écotypes avec un intervalle de production entre 4.02 et 3.97 mg/g de matière sèche. En effet, les flavonoïdes donnent la couleur aux fleurs et aux fruits, ils participent aussi au processus de la pollinisation.

Les paramètres étudiés nous ont permis de vérifier que les teneurs en proline, sucres solubles et protéines solubles accumulés permettent d'ajuster l'osmolarité interne. Ce phénomène permet d'éviter une déshydratation rapide des tissus végétaux qui entraîne par la suite la mort des plantes.

Qualitativement les analyses effectuées ont montré la présence des tannins catéchiques.

Pour le test anti-inflammatoire, l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* Asso. a provoqué une baisse sensible de l'inflammation jusqu'à disparition complète de l'œdème des pattes avec la dose de 0.2 g/ml pour les plantes récoltées au printemps.

La plus forte dose d'extrait aqueux testés (0.2 g/ml) s'est révélée avoir plus d'effet que le Diclofenac à 0.1 mg/ml (dose suffisante pour réduire l'inflammation). Globalement l'extrait aqueux administré par voie orale a agit contre l'évolution de l'inflammation.

La comparaison entre les lots montre un effet plus efficace de l'extrait aqueux de l'écotype Ksar Chellala à 0.2 g/ml.

Ces résultats nous permettent de déduire qu'il y a une corrélation positive entre les paramètres biochimiques et physiologiques de la plante et leurs activités anti-inflammatoire. Signalons que l'influence des conditions environnementales sur les propriétés médicinales de l'*Artemisia herba alba* Asso. est très marqué.

Les résultats de la toxicité aiguë ont permis de classer l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* Asso. parmi les produits inoffensifs pour les doses étudiées (0.1 et 0.2 g/ml).

A l'issu de ce travail, nous pouvons recommander l'*Artemisia herba alba* Asso. car c'est une plante très intéressante du point de vue agronomique et médicinale.

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, et de mieux comprendre ses effets thérapeutiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Quezel et Medail, 1995 in Benmokadem, N., "Contribution à l'étude des profils des huiles essentielles produites chez quelques espèces spontanées algériennes du genre *Artemisia*", Thèse Magister, USD Blida, 2003, 76 p.
2. Abed, L., "La plante médicinale de la tradition à la science", Edition Michel Grancher, France, (1997), pp 120-140.
3. Nedjraoui, D., "Les mécanismes de suivi de la désertification en Algérie proposition d'un dispositif national de surveillance écologique à long terme", Doc, OSS, (2003), 37 P.
4. Djebaili, S., "Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algériens", Thèse Doctorat, Montpellier, (1978), 229 p.
5. Bedrani, S., "Une stratégie pour le développement des parcours en zones arides et semi-arides". Rapp. Techn. Algérie, doc. Banque Mondiale, (1995), 61p.
6. Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abdou, L., Hadji-Minaglou, F. et Kaloustian, J., "Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie)", *Phytothérapie*, (2010), 8 : 277-281.
7. Quezel, P., Santa, S., "La nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales désertiques", CNRS, Paris, (1963), 1170p
8. Aafi, A., Taleb, M.S. et Fechtal, M., "Espèces remarquables de la flore du Maroc", (2002), CNRF, 146 p.
9. Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M.R., Houti, H., El Monfaloiti, H., Benchakroun, K.H., Abdechane, M., Harki, L., Boukir, A., Chaouch, A. et Charouf, Z., "Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guerçif (Maroc oriental)", *Phytothérapie*, (2010), 8 : 295-301.
10. Ferchichi, A., "Contribution à l'étude cytotaxonomique et biologique d'*Artemisia herba-alba* Asso." en Tunisie présaharienne", *Acta Bot Gallica*, (1997), 144 (1). 145-154.
11. Nabli, M.A., "Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne", Programme flore et végétations tunisiennes, (1989), volume 4 A6, 193 p.

12. Boukli, H., "Gestion des nappes Alfatières", Edition Office des publications universitaire, (2002), 60p.
13. Ozenda, P., " Flore du Sahara septentrional et central ", CNRS; Louis-Jan. Gop. Paris. (1983), 662p.
14. Maire, R., "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, (1933), 310 p.
15. Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P., "Botanique systématique une perspective phytogénétique", Ed. De boeck université, (2002), 398-400pp.
16. Boussard, R., et Cuisance, P., "Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes" . Ed : Lavoisier 75384 Paris, Cedex 08, (1984), 600 p.
17. Piene, L., "Le livre des bonnes herbes" , Ed. Rober Morel Actes Sud, (1996), 517p.
18. Boukara S., "Effet du stress salin sur les calcs d'*Artemisia herba alba* Asso.", Mémoire d'ingénieur USD, Blida, (2007), 48 p.
19. Le Houerou, HN., "La végétation de la Tunisie steppique", Ann. Inst. Nati. Rech. Agronome, (INRA), Tunisie, (1969), 42 (5). 624 p.
20. Aidoud, A., "Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais" , Thèse 3eme cycle, USDHB, Alger, (1984), 255 p.
21. Le Floch, E., "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, (1989), 193 p.
22. Floret, Ch., et Pontannier, R., "L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement" . Trav. Docum, (1982), ORSTOM n° 155, 544 p.
23. Gaston, B., "La grande Flore de Gaston Bonnier. France, Suisse. Belgique et pays voisins" , Ed Belin Paris, volume 3, (1990), 539p.
24. Nabli, M.A., "Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne" , Programme flore et végétations tunisiennes, (1989), volume 4 A6, 193 p.
25. Ozenda, P., "Flore du Sahara", Ed. Centre national de recherche scientifique, Paris, 1977, 662p.
26. Aidoud, A., "Les écosystèmes à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso)", I: caractères généraux, Biocénoses, (1988), 3 : 1-15

27. Pouget, M., "Les conditions sol-végétation dans les steppes sud-algéroise". Trav.Doc. ORSTOM, (1980).
28. Communication nationale initiale Projet national ALG/98/G31 "Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques", Mars (2001).
29. Djellouili, Y., et Nedjraoui, D., "Evolution des parcours méditerranéens". In Pastoralisme, troupeau, espaces et société, Ed : Hatier, (1995), 440-454.
30. Nedjraoui, D., "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>e</sup> cycle, USTHB, Alger, (1981), 156p.
31. Ourcival, JM., "Réponse de deux chamephytes de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations", Thèse Doc, USTL, Montpellier, (1992), 167p.
32. Openheimer, H.R., L'adaptation à la sécheresse : le xérophytisme. In : "Echange hydrique des plantes en milieux arides", UNESCO, Paris, (1961), 115-153.
33. Waisel, Y., Liphshitz, N. et Kuller, Z., "Pattern of water movements in stress and shrubs" ., Ecology, (1972), 53: 520-523.
34. Polonovski, J., "Dictionnaire de biologie", Ed. Conseil international de la langue française, Paris, (2000), 967 p.
35. Joyce, P.A., Aspinall, D., and Paleg, L.G., "Photosynthesis and accumulation of proline to water deficit". Aust. J. Plant, (1992), 19. 249-261.
36. Paquin, R., "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, (1986), 66, 95-101.
37. Santoro, M.M., Liu, Y., Khan, S.M.A., Hou, L-X and Dollen D.W., "Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes". Biochimie, (1992), 31.5278-5283.
38. MC Michel, B.H., and Elmore C.D., "Proline accumulation in water stress cotton leaves". Crops Science, (1977), 17. 905-908.
39. Guignard, J.L., "Biochimie végétale", Ed. Dunod, Paris, (2000), 274 p.
40. Popp, M., and Smirnoff N., "Polyol accumulation and metabolism during water deficit" in Davies W.I. Ed Smirnoff N, "environment and plant metabolism flexibility and acclimatation". Bios. Scientific publishers, (1995), Oxford- 129- 169p.

41. Bonhert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G., "Adaptation to the environmental stress", *Plant Cell*, (1995), 7. 1099-1111.
42. Gillet, B., "Caractérisation moléculaire de CDSP<sub>34</sub> 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, (1998), 130p.
43. Montaigu, A., "Etude du rôle de CDSP34, protéine chloroplastique synthétisée en réponse aux contraintes environnementales chez *Solanum tuberosum*", Thèse DEA, Univ Aix – Marseille II, France, (2002), 20 p.
44. Nilsen, ET., David, M., Orcut, T., "Physiology of plant under stress abiotics factors" Ed : John Wiley and Sons, INC Newyork, (1996), 689p.
45. Chinnusamy, I., Jagendrofb, A., Zhu, J.K., "Understanding and improving salt tolerance in plants". *Crop Science*, (2005), 45: 437-448.
46. Boukerich., Neffati, M., et Abdely, C., "Comparaison en rendement en huiles essentielles de différentes associations d'*Artemisia herba alba* Asso. de la Tunisie". Résumé, sipam Jarba Tunisia (2006), 140p.
47. Eberhard, T., Anton, R., Lobstein, A., "Plantes aromatique Epice, aromates, condiments et huiles essentielles", Ed. tec & doc, (2005), pp 121-125.
48. Bellakhdar, H., "Pharmacopée marocaine traditionnelle. Coll Médecine arabe et savoirs populaires". Ed IBIS Press, Paris, (1997), 764 p.
49. Oran, S.A., Al Eisawi, D.M., "Check-list of medicinal plants in Jordan", *Dirasat Med Biol Sci*, (1998), 25 (2): 84.
50. Arrachi, Y., "Caractérisation des sols et étude de la dynamique de la phytomasse des pâturages steppiques : application aux stations expérimentales de Djelfa", Mémoire d'ingénieur. USD. Blida, (1991), 80p.
51. Hatimi, S., M. Boudouma, M., Bichichi, M., Chaib., N., & Guessous, I., "Evaluation in vitro de l'activité antileishmanienne d'*Artemisia herba-alba* Asso", *Thérapeutique*, (2000), Manuscrit n° 2162 :57.
52. El Waili, N.S., "Treatment of diabetes mellitus by *Artemisia herba alba* extract", *Clin. Exp. Pharmacol physiologie*, (1986), 13: 569-573.
53. Twadj HA et Al Badr AA., "Hypoglycemic activity of *Artemisia herba alba*", *Journal ethnopharmacology*, (1988), Dec. 24. 123 - 126.

54. Al Khazradji, SM., Al Shamaony, LA., Twaiji, HA., "Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba alba*. I. effect of different parts and influence of solvent on hypoglycaemic activity". *Journal Ethnopharmacology*, (1993), 40.163-166.
55. Tan, R.X., Lu, X., Wolfender, J.L., Yu, T.T., Aheng W.F., Yang, L., Gafner, S., and Hostettmann, K., "Mono and Sesquiterpenes and antifungal constituents from *Artemisia* species", *Planta Medica*, (1999), 65. 64-67.
56. Girre, L., "Les plantes et les médicaments. L'origine végétale de nos médicaments". Ed. Nathalie Rachline, (2006), Pp 118-119.
57. Nedjraoui, D., "Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétations dans les Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida". Thèse. Doc. 3<sup>ème</sup> cycle. USTHB. Alger, (1981), 156 p.
58. Aidoud, A., "Les écosystèmes à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).II: Phytomasse et productivité primaire, *Biocénoses*, (1989), 4 :70-90.
59. Fenardji, F., Klur M., Furlon, C., Ferrando R., 1974. White *Artemisia*, *Rev Elev Med Vet Pays Trop* 27 (2): 203-6.
60. Djebaili S., "Rapport phytoécologiques et pastoraux de la wilaya de Djelfa", *Unit.rech.ressou.BioTerrest*, (1987), 159 p.
61. 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.
62. Kasbadji, Merzouk, N., "Evaluation du gisement énergétique éolien contribution à la détermination du profil vertical de la vitesse du vent en Algérie", Thèse de doctorat l'université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, (2006), 114p.
63. Arrour A., "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.
64. Anonyme, l'Office National de météorologie à Djelfa (O.N.M), (2008), 2p.
65. Khadoudja, M., "Etude structural et nutritionnelle de la communauté végétale steppique dans la région de Ksar Chellala (cas de quelques zones de parcours)", thèse, magister, Tiaret, (2002), 120 p.
66. Anonyme, l'Office National de météorologie à Ksar Chellala (O.N.M), (2008), 2p.

67. Kaabeche, M., "Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie) Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb". Thèse Doctorat. (1990), 89p.
68. Anonyme, l'Office National de météorologie à Bou Saâda (O.N.M), (2008), 2p.
69. Francis et al., (1970): "Cooper enzymes in isolated chloroplastes". *Plant Physiol.*, 24 (1949), pp. 1-15.
70. Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., "Antioxidant activity of some metabolit medicinal plants extracts containing phenolic compounds. ", *Food Chemistry*, V.97, n°4, (2006), 654–660.
71. Sarker. S. D., Nahar. L., "Chemistry for Pharmacy Students General, Organic and Natural Product Chemistry", John Wiley & Sons Ltd, England, (2007), 383 p, 302-369.
72. AFNOR, Recueil de norms françaises des corps gras, oléagineuse, produits dirivés, ed. AFNOR, (1988), 325p.
73. Dubois M., Gillet K.A. (1965): Dosage des sucres totaux à l'ortho-toluidine, *J. Agr.Food Chem.* 13 : 137.
74. Monneveux, Ph. & 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.
75. Bradford, "Encyclopédie de chimie industrielle", n°2, (1976), 150-1750.
76. Levy. L., "Carrageenan paw oedema in the mouse. ", *Life Sciences* , 8, (1969), 601–606.
77. Behren, R., et Karber, C., "Wie sind reihenversuche fur biologische Auswenrterungen am Sweckmassigsten Anzuordnen". *Arch. Exp. Path. Phamak.*, (1935), 177-379.
78. Ivan A. R., "Medicinal Plants of the World: Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses. ", V.3, Humana Press Inc, New Jersey, (2005), 623p.
79. O'Hare. S., Atterwill. C.K., "Methods in molecular biology: In vitro toxicity testing protocols. ", V. 43, Humana press INC, Totowa - New Jersy, (1995), 326 p, 29,30,31.
80. Hodge H.C. Sterner J.H. " Determination of substances acute toxicity by LD50. ", *American Industrial Hygiene Association*, V. 10, (1949), 93p, 4.

81. Derelanko. M. J., "Toxicologists pocket handbook.", CRC Press LLC, Boca Raton London New York Washington, (2000), 231 p, 145, 188, 202 , 225.
82. Hopkins, W., "Physiologie végétale", 2<sup>eme</sup> édition, Ed. de boeck et Larcier s.a, Bruxelles, (2003), 514P.
83. Mazliak, P., "Physiologie végétale, nutrition et métabolisme", Ed. Harman, paris, (1981), 349 p.
84. Nieves, M., Riuz, D., and Cedra, A., "influence of rootstock-scion combination in Lemon trees salt tolerance ", In: Proc. Int. Soc. Citriculture, Acireale, Italy, (1991), pp.387-390.
85. Eastman, P.A.K., & Camm, E.L., "Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence", Tree Physiology, (1995), 15: 229-235.
86. Orcutt, D.M., & Nilsen, E.T., "Physiology of plants under stress", John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA (2000).
87. Godde, D., (1999) "Adaptation of the photosynthetic apparatus to stress conditions", In: Lerner.
88. 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: 65-73.
89. Levigneron, A., Lopez F., Vansuyt, G., Berthomie, P., Fourcroy, P. et Casse-Delbart, F., " Les plantules face au stress salin", Cahier Agriculture, France, V. 4, (1995), 263-276.
90. Friedman, M. (2002). Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. JAgric Food Chem 50, 5751-5780.
91. Ayadi A., Mounniera A., Demarty M. et Thellier M., "Echanges ioniques cellulaires, cas plantes en milieu salé, rôle particulier des parois cellulaires", Physiologie végétale, v. 18, (1998), 89-104.
92. Greenway, H., and Hunns, R., "Mechanism of salt tolerance in non development", Plants and physiology, V. 31, (1988), 149-190.
93. Guignard, J.L., "Biochimie végétale", Ed. Dunod, Paris, (2000), 274 p.
94. Lebreton, P., Jay, M., Voirin. B., " L'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes", Chimie analytique, (1967), 375- 383.

95. Iserin, P., Masson, M., Restellini, J-P., Ybert, E., Roque, R., Vican, P., "Larousse Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparations, soins", Larousse / VUEF, Paris, (2001), 335 p, pp : 8- 143.
96. Debete Judith, M., " Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* Vahl (Caesalpinaceae) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad", Thèse de Doctorat d'état en Pharmacie, Université de BAMAKO, Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto-Stomatologie, Mali, (2005), 234 p, 135- 140.
97. Haouala, F., Ferjani, H., Ben El Hadj, S., "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" Biotechnol. Agron. Soc. Environ., (2007), 11 (3), 235–244.
98. Ulrich, L., Kluge, M., et Bauer, G., "Traité fondamental de botanique", Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, (2002), 604 p.
99. Cherir, K., Siouane, O., "Etude des paramètres physiologiques et biochimiques d'*Artemisia herba alba* Asso de deux provenances (Djelfa et Setif)", Mémoire d'ingénieur, USD. Blida. (2010), 86p.
100. Levitt, J., "Responses of plants to environment stress", Academia press New York and London, Ed. T.T. Zlowsk, (1972), 697 p.
101. Nimbalkar, J.D., Joshi, G.V., "Effect of increasing salinity on germination, growth and mineral metabolism of sugarcane", var. co. 740. J. Biol. Sci., (1975), 18, pp 55–63.
102. Heller, R., "Biologie végétale, nutrition et métabolisme", Ed. Masson, Paris, (1969), 349 p.
103. Allaoui A., "Etude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d'agrumes à la salinité". Mémoire d'ingénieur. Maroc. (2006), 111p.
104. Soltner, D., "Les bases de la production végétale", Tome II. Le sol, Coll. Sci. Agro, (1988), 453 p.
105. Chunyang, L., et Kaiyn, W., "Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. Uni of Hilsinki" .Finland Forest ecology and Management ; (2003), 179 Pp 377-385.
106. Noiraud, N., Delrot, S., and Lemoin, R., "The sucrose transporter of celery .Identification and expression during salt stress", 1.Plant physiol., (2000), Volum 1.22 ,Pp 1447-1456.

107. Chadefaud, M., et Embergger, L., 1960. "Traité de botanique (systématique). Les végétaux vasculaires", tome 2, Masson et C<sup>ie</sup> éditeurs, Paris.
108. Rodolphe Edouard Spichiger et al., 2004. "Botanique systématique des plantes à flores". Presses polytechnique et universitaire romandes. Lausanne, p328, 383, 413p.
109. Benabedkader, T., "Contribution à l'étude phytochimique et chimiotaxonomique et biologique de dgouft (*Artemisia campestris*)". Mémoire de magister, INES Kouba, Alger, (2005), 145 P.
110. 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
111. 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.
112. DE Lima T.C.M., Morato G.S. and Takahachi R.N., 1993. " *planta Med*", 59p: 326-326.
113. Benlarbi M., et Monneveux PH., " Etude comparative en situation de déficit hydrique de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf ) adaptées à la sécheresse". C.R. Séance Acad.Agr.Fr, (1988).74 (5) : 73-83.
114. Bellinger Y., et Larher F., " Proline accumulation in higher plants : a redox buffer Plant physiology" (1998). (lil Sci.adv),6,23-27.
115. Torchit N., " Effet de stress salin sur les paramètres morphologiques et physiologiques D'*Artemisia herba alba* Asso. en culture invitro." Mémoire de magister, USD Blida, (2009), 54 p.
116. Schulze E-D. Beck E. & Müller-Hohenstein K. 2005. Plant ecology. *Springer*. Berlin:117-143p.
117. Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomie P., Fourcroy P. et Casse-Delbart F., " Les plantules face au stress salin ", Cahier Agriculture, France, V. 4, (1995), 263-276.
118. Mostefa Sari. F., "extraction et caractérisation de l'huile essentielle et de quelques métabolites secondaires actifs d'une plante à caractère thérapeutique, *Thymus vulgaris* L., et étude de quelques activités pharmacologiques". Mémoire Magister .USD. Blida, (2011), 190p.

119. Merken H.M., and Beecher G.R. (2000) Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(3), 577-599.
120. Salvador.A., Chisvert.A., "Analysis of cosmetic products.", Elsevier science, Amsterdam, (2007), 502 p, 355-358.
121. Wagner. H., Wierer. M., "In- vitro hemmung der prostaglandinbiosynthese durch ätherische öle, phenolische verbindungen und knoblauchinhaltsstoffe.", *Journal of phytotherapy*, V.9, (1987), 11 – 13.
122. Rajnayana. K., Sripal Reddy. M., Chaluvadi. M.R., Krishna. D.R., "Bioflavonoids classification, Pharmacological, Biochemical effects and therapeutic potential. ", *Indian Journal of Pharmacology* , V.33, (2001), 2-16.
123. Matosiuk. D, Wolski. T., Sarachman-Gozdziuk. K., "Compounds of natural origin with analgesic and anti-inflammatory activity. Part 1. Arachidonic acid metabolic pathway inhibitors", V.XX, n 2, 5, (2007), 45-52.
124. Jeffery. B., Harborne. A., Baxter. H., " A Handbook of Bioactive Compounds from Plants : Phytochemical Dictionary", Taylor & Frost, London, (1983), 791 p.

## ANNEXES

### **ANNEXE 1.** Dosage des chlorophylles :

L'extraction de la chlorophylle (a), (b) et (c) consiste en une macération des feuilles (0,1g) dans 10ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75% et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans des boîtes ambrées afin d'éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière. Nous procédons à la lecture des densités optiques 48 heures plus tard. L'absorbance est enregistrée au niveau de spectrophotomètre, à des longueurs d'ondes de 645 et 663 nm.

### **ANNEXE 2.** Préparation de l'extrait méthanolique :

1,5 g de la poudre végétale est introduite 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 3.** Détermination des tanins :

1.5 g de poudre d'armoise blanche est placé dans 10ml de méthanol à 80%, après 15mn d'agitation, les extraits sont filtrés. Dans un tube à essai contenant 1ml de cet extrait, on a ajouté 1ml d'une solution aqueuse de  $\text{FeCl}_3$  à 1%. Cette dernière permettra de détecter la présence ou non des tanins. La couleur vire au bleu noire en présence des tanins galliques et au brun verdâtre en présence des tanins catéchiques [108].

### **ANNEXE 4.** Technique de minéralisation par calcination (AFNOR, 1988) :

La poudre végétale finement broyée a été séchée pendant 16 heures à 70° – 80°C et refroidi durant 30 minutes au dessiccateur. 2 g de poudre végétale sont mis dans une capsule en silice et introduit dans un four à moufle froid, avant d'élever progressivement la température à 450°C pendant deux heures et la laisser refroidir pendant 2 heures. Les cendres ainsi obtenues ont été humectées par 2 à 3 ml d'eau distillée et on ajoute lentement et mises 1 ml d'HCl concentré sur plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, on a ajouté quelques ml d'eau distillée et filtré sur filtre sans cendre, dans une fiole jaugée de 100 ml, la capsule a été rincée 3 ou 4 fois à l'eau tiède (30° à 40° C).

Le papier filtre et son contenu ont été incinérés dans la capsule pendant une demi-heure à 550° C. Après refroidissement, 5 ml d'acide fluorhydrique (HF) ont été ajoutés et portés à sec sur plaque chauffante douce sans dépasser 100°C.

Ensuite 1 ml d'HCl concentré a été additionné. La capsule a été lavée à l'eau tiède, puis filtrées dans des fioles jaugées de 100 ml. Après refroidissement les fioles ont été ajustées avec de l'eau distillée.

Le dosage a été effectué suivant la méthode d'analyse spectrophotométrique par flux continu. Les résultats sont traités directement par un ordinateur relié à l'appareillage.

#### **ANNEXE 5.** Dosage des sucres solubles (DUBOIS, 1956) :

L'extraction des sucres solubles a été faite après macération du matériel végétal prélevé (100 mg de matière fraîche de tissus foliaires) dans 2ml d'éthanol à 80%. Les tubes sont laissés fermés au repos pendant 48heures.

Pour évaporer l'alcool, les tubes à essais sont mis dans un bain Marie à  $70 \pm 3^\circ\text{C}$  pendant 30 mn. Après refroidissement, nous ajoutons 20 ml d'eau distillée dans chaque tube à essai. 1 ml de la solution a été prélevé auquel nous ajoutons 1 ml de phénol à 5%, après une agitation. 5 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré ont été additionnés. Les tubes ont été passés au vortex puis laissés au repos pendant 10 mn. Ils ont été placés au bain Marie pendant 15 mn à  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

#### **ANNEXE 6.** Dosage de la proline :

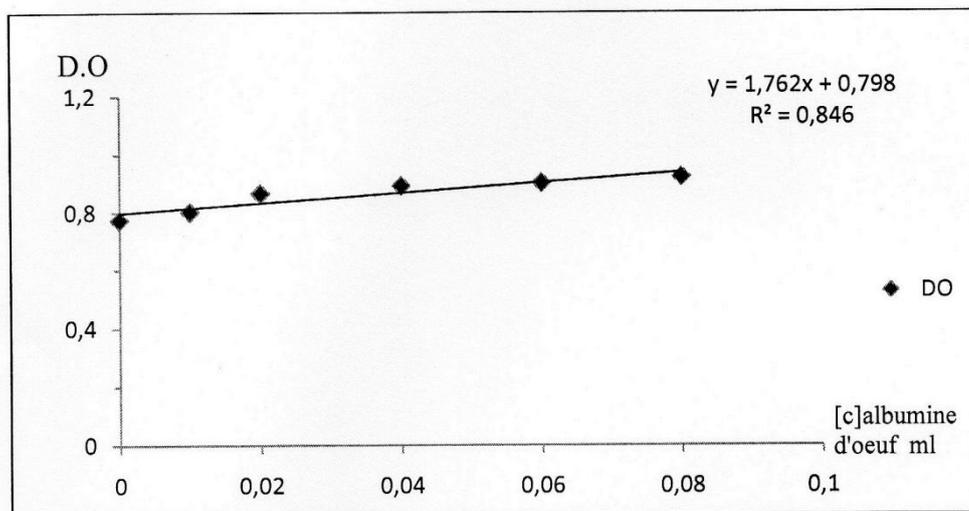
100 mg de tissus foliaires prélevés ont été introduit respectivement dans des tubes à essais auquel nous ajoutons 2 ml de méthanol à 40% qui ont été chauffés au bain- Marie à  $85 \pm 5^\circ\text{C}$  pendant 60 minutes pour éviter la volatilisation de l'alcool. Après refroidissement, 1ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous ajoutons 1ml d'acide acétique et 25mg de ninhydrine. En suite nous additionnons dans chaque tube, 1 ml du réactif (120 ml d'eau distillée + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide orthophosphorique). Le mélange (extrait et réactif) a été porté à ébullition durant 30 minutes.

Après refroidissement des solutions, nous ajoutons 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent, la phase supérieure à laquelle nous ajoutons 5 mg du sulfate de sodium (figure 2.2). La détermination des densités optiques des différents échantillons a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 528 nm.

## ANNEXE 7.

Tableau : les différentes concentrations d'albumine d'œuf

N° de tube	1	2	3	4	5	6
Concentration en albumine d'œuf (ml)	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08
Eau distillée (ml)	0,1	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02
Réactif de BRADFORD (ml)	5	5	5	5	5	5



La courbe d'étalonnage des protéines