

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département des Biotechnologies et agroécologie

Thèse de Doctorat

Spécialité : Amélioration des productions végétales

**VARIATION SAISONNIERE DES PARAMETRES
BIOCHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DE L'ARMOISE
BLANCHE ET L'ARMOISE ROUGE (*Artemisia herba alba* Asso
et *Artemisia campestris* L.) DE DEUX PROVENANCES
(BOUSSAADA ET DJELFA)**

Par

AYADA Slimane Ahmed Benmchih

Devant le jury composé de :

ABBAD Mohamed	MCA	USD Blida	Président de jury
CHAOUIA Cherifa	Professeur	USD Blida	Directrice de thèse
MOUAS Yamina	MCA	USD Blida	Co-directrice
KADRI Nabil	Professeur	U. Bouira	Examineur
HADJ KOUIDER Boubakr	MCA	U. M'sila	Examineur
KIROUANI Abderrezak	MCA	U. Médéa	Examineur

Blida, 2025

REMERCIEMENTS

Tout d 'abord,

Je remercie ALLAH de m'avoir donné la capacité de vivre et d'accomplir ce travail de recherche

Je remercie mes parents qui m'ont soutenu toujours.

Je remercie ma petite et ma grande famille de leur soutien et leur support.

Je souhaite exprimer ma gratitude aux Prs BENREBIHA Fatima Zahra, CHAOUIA Cherifa et MOUAS Yamina.

Je remercie le Président du Jury Mr ABBAD et le Jury Mr HADJ KOUIDER, Mr KIROUANI et Mr KADRI d'avoir accepté d'évaluer ce travail

J'adresse mes sincères remerciements à mes amis Dr BOUMAKHLEB Abdallah et Dr OULD SAFI Mohamed pour m'avoir encouragé tout au long de ce travail.

Merci à tous ceux qui ont participé directement ou indirectement aux résultats de ce modeste travail.

ملخص

يُعتبر الشيح والتقفت من النباتات السهبية التي تعيش في مناطق متفرقة ومتغيرة من ناحية المناخ والتساقط، إذ يمكنهما العيش في المناطق شبه الجافة والجافة.

تركزت أعمالنا البحثية على دراسة عامة للعناصر العضوية والمعنوية للنباتين خلال ثلاث سنوات متتالية (2017، 2018، 2019).

من خلال النتائج التي توصلنا إليها، وجدنا أن معدل عمليات منظّات الضغط الأسموزي لكلا النباتين يزداد في المنطقة الجافة (بوسعادة) مقارنة بالمنطقة شبه الجافة (الجلفة). يظل الصيف هو الموسم الأكثر إجهاداً عندما نسجل كمية قليلة جداً من الأمطار أو ندرة. يبلغ مستوى البرولين 0.74 ميكروغرام/غرام في حالة نبات الشيح و0.85 ميكروغرام/غرام من المادة الرطبة في حالة نبات التقفت (الجلفة). سجلنا 1.2 ميكروغرام/غرام من نبات الشيح و1.14 ميكروغرام/غرام من المادة الرطبة في نبات التقفت (بوسعادة).

تمّ تسجيل اختلافات ملحوظة خلال المواسم الثلاث، حيث بلغت 0.42، 0.99 و1.49 ميكروغرام/غرام من المادة الرطبة على التوالي في الشتاء والربيع والصيف بالنسبة لأوراق الشيح في كلا المنطقتين، وسجلت أوراق نبات التقفت المقطوفة من المنطقتين 0.44، 1.19 و1.36 ميكروغرام/غرام من المادة الرطبة على التوالي لفصول الشتاء والربيع والصيف.

بعد مقارنة نتائج النباتين لكل منطقة لاحظنا اختلافاً بسيطاً في مستويات منظّات الضغط الأسموزي، ويعزى ذلك إلى موقع كل نبات في نفس المنطقة، لأن الشيح نبات يعيش في المناطق المرتفعة (التلال) ونبات التقفت يفضل الضايات والمناطق المنخفضة والتربة الخفيفة.

الكلمات المفتاحية: الشيح، التقفت، المناطق الجافة، المناطق شبه الجافة، منظّات الضغط الأسموزي، الإجهاد المائي.

Abstract

Wormwood (*Artemisia herba alba* Asso) and field wormwood (*Artemisia campestris* L.) are steppe plants that live in vast areas with fluctuating climates and rainfall. They can live in semi-arid and arid areas.

Our research focused on a general study of organic and mineral elements for the two species over three successive years (2017, 2018, 2019).

Our results showed that the rate of osmolytic processes in both species increases in the arid region (Boussaâda) compared with the semi-arid region (Djelfa). The most stressful season is summer, when very little or no rainfall is recorded. Proline levels are 0.74 µg/g for wormwood and 0.85 µg/g fresh matter for field wormwood (Djelfa). The levels for wormwood were 1.2 µg/g and for field wormwood 1.14 µg/g of fresh matter (Boussaâda).

Marked variations were observed throughout the seasons with 0.42, 0.99 and 1.49µg/g fresh matter respectively in winter, spring and summer for wormwood, irrespective of the region. Field wormwood collected from both regions recorded 0.44, 1.19 and 1.36 µg/g fresh matter in the winter, spring and summer seasons respectively.

After comparing the results of the two wormwood plants for each region, we noticed a slight difference in the levels of osmoregulators, and this was attributed to the location of each plant in the same area, as wormwood lives in high areas (mounds) and field wormwood prefers depressions, low areas and light soils.

Key words: *Artemisia herba alba* Asso, *Artemisia campestris*, arid, semi-arid, water stress, osmolytes.

Résumé

L'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) et l'armoise rouge (*Artemisia campestris* L.) sont des plantes steppiques qui vivent dans des vastes zones aux climats et aux précipitations fluctuantes. Ils peuvent vivre dans les zones semi-arides et arides.

Notre travail de recherche s'est orienté vers une étude générale des éléments organiques et minéraux pour les deux espèces pendant trois années successives (2017, 2018, 2019).

A travers nos résultats, nous avons constaté que le rythme des processus des osmolytes des deux espèces augmentent dans la région aride (Boussaâda) en comparaison à la région semi-aride (Djelfa). La saison la plus stressante reste l'été où nous enregistrons des précipitations très faibles à nulles. Le taux de proline est de 0,74 µg/g pour l'armoise blanche et de 0,85 µg/g de matière fraîche pour l'armoise rouge (Djelfa). On enregistre 1,2 µg/g pour l'armoise blanche et 1,14 µg/g de matière fraîche pour l'armoise rouge (Boussaâda).

Des variations marquées ont été constatées durant les saisons avec 0,42; 0,99 et 1,49 µg/g de matière fraîche respectivement en hiver, printemps et été pour l'armoise blanche et ce quelque soit la région. L'armoise rouge prélevée des deux régions a enregistré 0,44 ; 1,19 et 1,36 µg/g de matière fraîche respectivement pour les saisons hivernale printanière et estivale.

Après avoir comparé les résultats des deux armoises pour chaque région, nous avons remarqué une légère différence dans les teneurs d'osmorégulateurs, et cela a été attribué à l'emplacement de chaque plante dans la même zone, car l'armoise blanche vit dans les zones élevées (buttes) et l'armoise rouge préfère les dépressions, les zones basses et les sols légers.

Mots clés : *Artemisia herba alba* Asso, *Artemisia campestris* L., aride, semi-aride, stress hydrique, osmolytes.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Caractères généraux des Astéracées	4
1- Historique et classification des Astéracées	4
1-1 Taxonomie des Astéracées	7
1-2 Anthémideae	8
1-3 Sous-tribu <i>Artemisiinae</i> Less.	9
1-4 <i>Artemisia</i>	9
1-5 <i>Artemisia herba alba</i> Asso	13
1-6 <i>Artemisia campestris</i>	16
Chapitre II : Présentation des régions retenues	20
1- Situation géographique de la wilaya de Djelfa	20
1-1 Relief	21
1-2 Climat	22
1-3 Ressources hydriques	24
1-4 Potentialités agricoles	24
1-5 Elevage	24
1-6 Activité pastorale	25
1-7 Terres forestières	25
1-8 Nappes alfatières	25
2- Situation géographique de la région de Boussaâda (wilaya de M'sila)	26
2-1 Relief	26
2-2 Climat	27
2-3 Ressources hydriques	28
2-4 Potentialités agricoles	28

Partie expérimentale

Chapitre III Matériel et méthodes	30
1- Sites de prélèvement des armoises	30
2- Etude climatique des deux zones d'études	32
2-1 Mankeb Benhamed (Djelfa)	32
2-2 Elhouamed (Boussaâda)	34
3- Quotient pluviométrique d'Emberger	35
4- Matériel végétal	37
4-1 Prélèvement des échantillons	38
5- Paramètres étudiés	38
5-1 Paramètres biochimiques	38
5-1-1 Dosage de la proline	38
5-1-2 Dosage des sucres solubles	39
5-1-3 Dosage de la chlorophylle	40
5-2 Eléments minéraux	42
5-2-1 Minéralisation de l'échantillon végétal	42
6- Analyse statistique	42
 Chapitre IV Résultats et discussion	
1- Teneur en proline	44
2- Teneur en sucres solubles	53
3- Teneur en chlorophylle	63
4- Teneur en sodium	72
5- Teneur en potassium	80
6- Teneur en chlorure	88
7- Discussion générale	97
 Conclusion générale	105
 Références bibliographiques	108
 Annexes	120

Liste des figures

Figure 1 : Diversité morphologique des trois sous-familles des Asteraceae	5
Figure 2 : Principales caractéristiques des Asteraceae	6
Figure 3 : Espèces représentatives d'Anthemideae.	8
Figure 4 : Espèces représentatives des <i>Artemisiinae</i>	9
Figure 5 : Espèces représentatives du genre <i>Artemisia</i>	11
Figure 6 : Steppe d'alfa en combinaison avec armoise blanche et rouge	12
Figure 7 : Touffe d'armoise blanche (<i>Artemisia herba alba</i> Asso)	14
Figure 8 : Distribution de l'armoise blanche en Algérie.	15
Figure 9 : Touffe d'armoise rouge (<i>Artemisia campestris</i> L.)	16
Figure 10 : Répartition des faciès de végétation dans le Sud-Oranais	17
Figure 11 : Position géographique des deux wilayas visées	20
Figure 12 : Classement des paysages en 4 zones distinctes	23
Figure 13 : Classement des paysages en différentes zones distinctes	27
Figure 14 : Barrages de M'sila.	28
Figure 15 : Situation géographique de la zone d'étude Mankeb Benhamed	30
Figure 16 : Situation géographique de la zone d'étude El Houamed	31
Figure 17 : Diagramme ombrothermique de la zone de Djelfa	32
Figure 18 : Variations interannuelles des précipitations Djelfa	33
Figure 19 : Diagramme ombrothermique de la zone de Boussaâda	34
Figure 20 : Variations interannuelles des précipitations Boussaâda	34
Figure 21 : Climagramme d'Emberger représente les deux régions d'étude	36
Figure 22 : <i>Artemisia Campestris</i> L. L, A : de Djelfa ; B : de Boussaâda.	37
Figure 23 : <i>Artemisia herba alba</i> Asso, A : de Djelfa ; B : de Boussaâda.	37
Figure 24 : Mode opératoire du dosage de la proline	39
Figure 25 : Mode opératoire du dosage des sucres solubles	40
Figure 26 : Mode opératoire du dosage des chlorophylles a et b	41
Figure 27 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région)	45
Figure 28 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison)	46
Figure 29 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année)	47
Figure 30 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/ Saison)	48
Figure 31 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/	

Région)	49
Figure 32 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/ Région en fonction Année)	51
Figure 33 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/ Saison en fonction Année)	52
Figure 34 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/ Année en fonction Région)	52
Figure 35 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région).	54
Figure 36 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison).	55
Figure 37 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année).	56
Figure 38 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison)	58
Figure 39 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région).	58
Figure 40 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	61
Figure 41 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	62
Figure 42 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	62
Figure 43 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région).	64
Figure 44 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison).	65
Figure 45 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année).	66
Figure 46 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison)	68
Figure 47 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région)	68

Figure 48 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	71
Figure 49 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison en fonction Année)	71
Figure 50 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Année en fonction Région)	72
Figure 51 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région).	73
Figure 52 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison).	74
Figure 53 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année).	75
Figure 54 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison)	76
Figure 55 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région)	77
Figure 56 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	79
Figure 57 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison en fonction Année)	80
Figure 58 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Année en fonction Région)	80
Figure 59 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région)	81
Figure 60 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison)	82
Figure 61 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année)	83
Figure 62 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison)	85
Figure 63 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région)	85
Figure 64 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	87
Figure 65 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison en fonction Année)	88
Figure 66 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Année en fonction Région)	88
Figure 67 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Région)	89

Figure 68 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Saison)	90
Figure 69 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (facteur Année)	91
Figure 70 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison)	93
Figure 71 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région)	93
Figure 72 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Région en fonction Année)	95
Figure 73 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Région/Saison en fonction Année)	96
Figure 74 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso et <i>campestris</i> (interaction Saison/Année en fonction Région)	96

Liste des tableaux

Tableau 1 : Vitesse du vent de la région de Djelfa (2009-2017)	33
Tableau 2 : Vitesse du vent de la région de Boussaâda (2009-2017)	35
Tableau 3 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région)	44
Tableau 4 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	44
Tableau 5 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison)	45
Tableau 6 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	45
Tableau 7 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	46
Tableau 8 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	46
Tableau 9 : Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	48
Tableau 10 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison).	48
Tableau 11: Teneur en proline chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction entre les 3 facteurs)	50
Tableau 12 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs).	51
Tableau 13 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région).	53
Tableau 14 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	53
Tableau 15 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison).	54
Tableau 16 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	54
Tableau 17 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	55
Tableau 18 : Teneur en proline chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	55
Tableau 19 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	57
Tableau 20 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison).	57
Tableau 21 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction entre les 3 facteurs)	60
Tableau 22 : Teneur en sucres solubles chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs).	61
Tableau 23 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région)	63
Tableau 24 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	63
Tableau 25 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison)	64
Tableau 26 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	65
Tableau 27 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	65

Tableau 28 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	66
Tableau 29 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	67
Tableau 30 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison)	67
Tableau 31 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction entre les 3 facteurs)	70
Tableau 32 : Teneur en chlorophylle chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs).	70
Tableau 33 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région)	72
Tableau 34 : Teneur en sodium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	72
Tableau 35 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison)	73
Tableau 36 : Teneur en sodium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	73
Tableau 37 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	74
Tableau 38 : Teneur en sodium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	74
Tableau 39 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	76
Tableau 40 : Teneur en sodium chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison).	76
Tableau 41 : Teneur en sodium chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction entre les 3 facteurs)	78
Tableau 42 : Teneur en sodium chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs)	79
Tableau 43 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région)	81
Tableau 44 : Teneur en potassium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	81
Tableau 45 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison)	82
Tableau 46 : Teneur en potassium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	82
Tableau 47 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	83
Tableau 48 : Teneur en potassium chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	83
Tableau 49 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	84
Tableau 50 : Teneur en potassium chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison).	84
Tableau 51 : Teneur en potassium chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction entre les 3 facteurs)	86
Tableau 52 : Teneur en potassium chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs)	87
Tableau 53 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Région)	89
Tableau 54 : Teneur en chlorure chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Région).	89
Tableau 55 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Saison)	90
Tableau 56 : Teneur en chlorure chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Saison).	90
Tableau 57 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso (facteur Année)	91

Tableau 58 : Teneur en chlorure chez <i>A. campestris</i> L. (facteur Année).	91
Tableau 59 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso (interaction Région/Saison)	92
Tableau 60 : Teneur en chlorure chez <i>A. campestris</i> L. (interaction Région/Saison)	92
Tableau 61 : Teneur en chlorure chez <i>A. herba alba</i> Asso(interaction entre les3facteurs)	94
Tableau 62 : Teneur en chlorure chez <i>A. campestris</i> L. (interaction entre les 3 facteurs)	95

Introduction

Les Asteraceae sont probablement la plus grande famille de plantes à fleurs, avec environ 1620 genres et plus de 23600 espèces, poussant du niveau de la mer jusqu'au plus haut sommet des montagnes [1]. Le genre *Artemisia* forme une grande partie des plantes de cette famille, des armoises. Ces dernières sont des plantes aromatiques, herbacées ou arbrisseaux, qui se trouvent abondamment à l'état spontané. Elles sont polymorphes comportent près de 250 espèces dans le monde. En outre, parmi les 47 taxons signalés par Ouyahya [2] sur le pourtour du bassin méditerranéen, 20 se trouvent au Maghreb et au Sahara, 12 au Maroc, 10 en Algérie, 6 en Tunisie, 5 en Libye et 4 en Égypte. Ces plantes ont des vertus médicinales. [3-6]. Toutes les parties de la plante peuvent être utilisées de plusieurs façons dans la médecine locale [7.8].

La flore algérienne présente 11 espèces différentes d'armoise qui ont été déterminées dont *A. herba-alba* Asso., *A. campestris* L. [9]. Certaines sont rares et disséminées en hautes montagnes, d'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur des vastes étendus [10]. Elles sont rencontrées sur les Hauts plateaux, au Sahara et peu dans la zone côtière. Dans la steppe, les armoises occupent presque exclusivement toute l'étendue en combinaison avec l'alfa [11].

L'armoise blanche, comme l'armoise rouge, peuvent exister dans le grand Sahara de l'Algérie [2.3] dont elles s'adaptent bien avec les différents étages bioclimatiques, du semi-aride allant à l'aridité supérieur et peuvent s'adapter dans l'extrême sud à des microclimats légèrement humide. Selon LONG (1954), on trouve un autre type d'association de l'*Artemisia campestris* avec *Ziziphus lotus* (Le cèdre) [12].

La répartition et la domination de ces deux espèces peuvent être dues aux conditions édaphiques ou macro-climatiques de la région.

La dégradation du couvert végétal en générale a commencé à attirer l'attention dès le siècle dernier [13], n'a cessé de s'accroître, réduisant de plus en plus les potentialités végétales steppiques. A l'origine de cette dégradation, des causes diverses sont avancées mais dont les principales sont certainement la régression du nomadisme et l'accroissement démographique [14]. La dégradation et la désertification des parcours steppiques apparaît donc comme le résultat direct du surpâturage dont les effets sont plus frappants en période de sécheresse [15]. La disparition des espèces pérennes au Moyen-Orient, dans des

conditions écologiques analogues, constitue un exemple concret. Selon la citation de LE HOUEROU "c'est l'homme qui crée le désert, le climat n'est qu'une circonstance favorable"[15].

La résistance et la tolérance des plantes steppiques en générale et des armoises en particulier face aux climats rudes et fluctuants ont poussé les plantes à développer des mécanismes d'adaptation en fonction des étages bioclimatiques où elles se trouvent.

Dans ce contexte, nous avons pu suivre quelques micro-osmolytes tel que la proline, les sucres solubles totaux et certains sels minéraux.

Pour cela, notre choix s'est porté sur ces deux espèces de la même famille ayant un intérêt médicinal et socio-économique élevé, car elles présentent une valeur énergétique et fourragère très appréciée par le bétail. L'indice spécifique de qualité établit par Aïdoud donne une valeur de sept pour l'armoise blanche et trois pour l'armoise rouge (avec une échelle de 0 à 10), soit 0.45-0.18 UF/kg de matière sèche.

Durant notre expérimentation, nous avons suivi le mode d'action des osmolytes comme indiqué en amont durant les trois saisons (hiver, printemps et été) pendant 3 années consécutives (2017, 2018 et 2019), des deux armoises (blanche et rouge) provenant de deux étages bioclimatiques différents à savoir :

- BOUSSAADA : zone aride
- DJELFA : zone semi-aride

Le travail entrepris comporte quatre chapitres :

- ❖ Synthèse bibliographique sur les Astéracées, les steppes et les armoises : dans ce chapitre nous cherchons à identifier le genre *Artemisia* (*Artemisia herba alba* Asso. et *Artemisia campestris* L.) dans la botanique ancienne et actuelle, et à trouver la combinaison entre les armoises cibles et leur distribution en Algérie (spécialement dans la zone steppique) et leur disponibilité dans les différents étages bioclimatiques.
- ❖ Identification des zones retenues : nous accordons dans ce chapitre toute information concernant les wilayas choisies (Le relief, le réseau hydraulique, le classement de paysage) pour connaître les conditions de multiplication et survie des armoises dans la zone steppique et la zone présaharienne.

- ❖ Le troisième chapitre est consacré à l'étude bioclimatique des différentes zones d'étude (Mankeb Benhamed de la région de Djelfa, et Elhouamed de la région de Boussaâda). Nous avons également développé le matériel et les méthodes utilisées.
- ❖ Le quatrième chapitre est celui des résultats et de la discussion générale. Nous avons réalisé une analyse multifactorielle comparative avec trois facteurs principaux, qui sont : Région, Saison et Année, sachant que les résultats présentés sont sur les deux armoises testées.

Une conclusion générale qui regroupe les principales analyses effectuées et les résultats obtenus.

Synthèse bibliographique

Chapitre I:

Caractères généraux des Astéracées

Le mot « Aster » du grec signifie étoile, en relation avec la forme de la fleur [16]. La famille Asteraceae est la plus vaste du groupe des dicotylédones [17]. Cette famille est parmi les plus grandes des d'angiospermes appelées aussi composées (Compositae) ou, plus rarement des composacées [18]. Elle compte environ 24 000 espèces regroupées dans 1 600 à 1 700 genres [19] (environ 1620 genres et plus de 23600 espèces [1] / 1911 genres et presque 32913 espèces [20]), ce qui en fait la deuxième plus vaste famille du monde végétal et des plantes à fleurs, derrière les Orchidaceae (25 000 espèces) mais devant les Fabaceae [21].

1- Historique et classification des Astéracées

Les Asteraceae peuvent se rencontrer sur toute la surface du globe [22], néanmoins, elles sont particulièrement diversifiées dans les régions sèches, comme le bassin méditerranéen, l'Afrique australe, le Mexique, le Sud-ouest des États-Unis et les régions arides d'Amérique du Sud [23]. Selon les reconstructions phylogénétiques récentes, la famille a eu son origine dans la partie sud de l'Amérique du Sud il y a environ 50 millions d'années, pour conquérir ultérieurement l'Afrique et se propager vers l'Asie, l'Eurasie et l'Australie [24].

En Algérie, en petite Kabylie (les Babors), on compte 49 genres et 69 espèces [25]. Quezel et Santa, soulignent qu'il en existe 109 genres et 408 espèces. Ce qui représente environ 8 à 10 % de toutes les plantes à fleurs [9].

Ce sont essentiellement des plantes herbacées, même si la famille comprend aussi des arbres, des arbustes ou des lianes, et ils ont des formes de croissance telles que des géophytes, des épiphytes et des plantes grimpantes [26].



Figure 1 : Diversité morphologique des trois sous-familles (s.f) des Asteraceae : a) *Barnadesia caryophylla* (s.f. *Barnadesioideae*), b) *Chuquiraga jussieui* (s.f. *Barnadesioideae*), c) *Centaurea solstitialis* (s.f. *Cichorioideae*), d) *Carthamus tinctorius* (s.f. *Cichorioideae*), e) *Echinops bannaticus* (s.f. *Cichorioideae*), f) *Mutisia campanulata* (s.f. *Cichorioideae*), g) *Leontopodium nivale* (s.f. *Asteroideae*), h) *Helianthus annuus* (s.f. *Asteroideae*), i) *Zinnia elegans* (s.f. *Asteroideae*), j) *Aster amellus* (s.f. *Asteroideae*), k) *Senecio aureus* (s.f. *Asteroideae*), l) *Inula salicina* (s.f. *Asteroideae*) [27]

Cette famille se distingue par deux caractères originaux (Figure 1) :

- a) Groupement des fleurs en capitules (Figure 2),
- b) Soudure des étamines par leurs anthères, d'où le nom « synanthérées ».

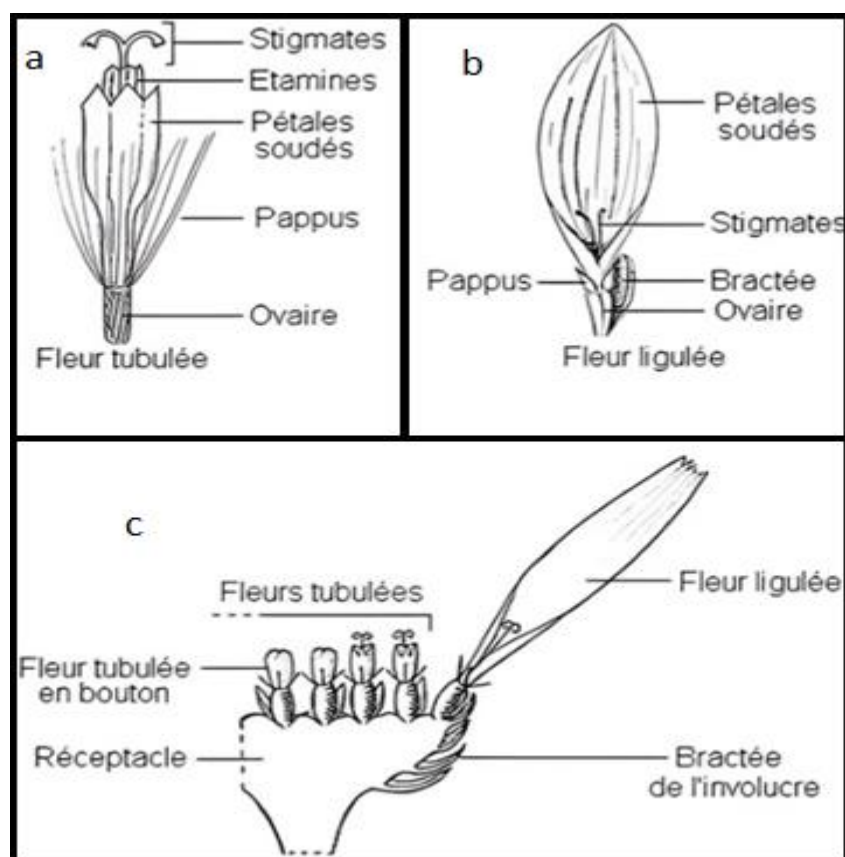


Figure 2 : Principales caractéristiques des Asteraceae [28]

a: fleur tubulée, b: fleur ligulée et c: inflorescence en capitule

Plusieurs classifications ont subdivisé les Asteraceae selon différents critères anatomiques, morphologiques ou biochimiques, en deux à quatre sous-familles [22. 29]. Bremer et *al* [30] ont divisé cette famille en trois sous-familles : *Barnadesioideae*, *Cichorioidea* (*Lactucoideae*) et *Asteroideae*, puis en 17 tribus. Actuellement, elles sont regroupées en 13 sous-familles selon des analyses de phylogénie moléculaire [31], dont la sous-famille *Asteroideae* représente plus de 65% de la diversité des espèces [25].

Il a été rapporté que les fleurs et les feuilles de ces plantes possèdent des propriétés antibactériennes, antifongiques, antiviraux et anti-inflammatoires [32]. De ce fait, de nombreuses espèces de cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle [33. 34].

Le métabolisme secondaire, l'inflorescence capitulaire et la plasticité écologique sont responsables du succès évolutif de cette famille et de la répartition biogéographique mondiale (sauf l'Antarctique, l'Inlandsis du Groenland et l'Archipel Arctique Canadien) [35. 36. 9], mais principalement dans les régions tempérées [37. 23. 38. 20]. Les principaux représentants de cette famille se développent essentiellement dans les régions sujettes à la sécheresse, en dehors de la compétition des arbres des forêts tropicales humides. La diversité

au sein de la famille Asteraceae a fait certainement l'objet de nombreuses recherches dans de nombreux domaines de la science végétale fondamentale et appliquée. Il est à signaler que jusqu'à 1990 des rapports scientifiques concernant la chimie d'environ 5000 espèces ont mis en évidence plus de 7000 constituants phytochimiques [39].

Les Astéracées sont des plantes importantes sur le plan économique, puisqu'elles permettent de produire des huiles et des hydrolats. Certaines espèces sont également importantes pour des raisons ornementales (horticulture, floriculture, jardinage). Les Astéracées sont reconnaissables par leurs inflorescences [40]. Les feuilles contiennent de la résine ou du latex, elles sont parfois simples, incisées ou lobées.

1-1 Taxonomie des Astéracées

D'après la taxonomie de [41. 42]

Règne : Plantae,

Sous-règne : Tracheobionta,

Superdivision :Spermatophyta,

Division : Magnoliophyta,

Classe : Magnoliopsida,

Sous-classe : Asteridae,

Ordre : Asterales,

Famille : Asteraceae,.

Sous-famille : Asteroideae,

Tribu : Anthemideae,

Sous-tribu : Artemisiinae,

Genre : *Artemisia*

Espèces: 12 espèces dont:

✓ *Artemisia herba alba* Asso.

✓ *Artemisia campestris*

1-2 Anthémideae

Parmi les plus grandes tribus des Asteroideae, on trouve les Anthémideae avec 1800 espèces et 111 genres [19. 43].

C'est une tribu assez cosmopolite et diversifiée (Figure 3), dont beaucoup de représentants sont largement répartis sur les cinq continents. Les grands centres de diversification de la tribu se trouvent dans la région méditerranéenne, dans les zones méridionales et centrales de l'Asie et dans la zone sud-africaine [44]. La plupart des représentants de la tribu semblent répartis principalement dans les zones tempérées de l'hémisphère nord [45].

Une nouvelle classification sous-tribale des Anthemideae a été proposée par Oberprieler et *al.* [46], basée sur des analyses phylogénétiques moléculaires de l'ADN ribosomique (ITS)

Les fleurs hermaphrodites à style dont les branches sont tronquées et ont, en général, une touffe de poils soyeux [9. 46].



Figure 3 : Espèces représentatives d'Anthemideae. [19]

A) *Osmitopsis asteriscoides* (P.J. Bergius) Less., B) *Athanasia dentata* (L.) L., C) *Artemisia arborescens* L., D) *Achillea cretica* L., E) *Anthemis rigida* Heldr., F) *Ismelia carinata* (Schousb.) Sch.Bip.

1-3 Sous-tribu *Artemisiinae* Less.

La sous-tribu *Artemisiinae* Less comprend 17 genres, dont le genre *Artemisia* L. est le plus important [47] . Cette sous-tribu est distribuée dans le monde entier, avec une grande concentration en Asie centrale [46].

La figure 4 présente quelques espèces de cette sous-tribu qui sont des arbustes, sous-arbustes, plantes vivaces ou annuelles. [47].

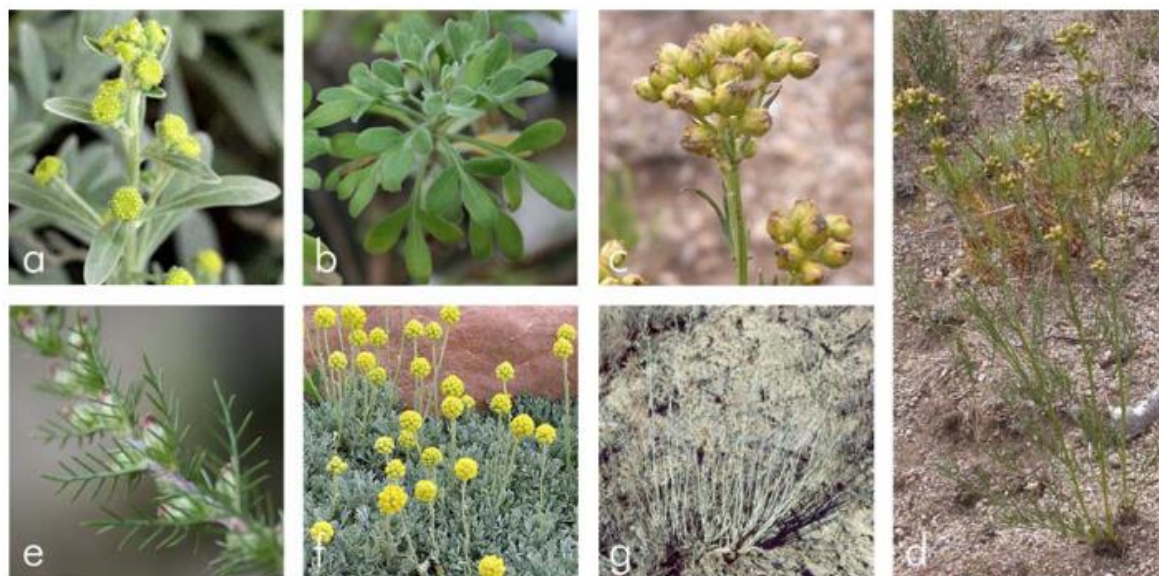


Figure 4 : Espèces représentatives des *Artemisiinae* [45].

a, b) *Crossostephium chinense* Makino c, d) *Filifolium sibiricum* Kitam. e) *Neopallasia pectinata* Pall. f) *Sphaeromeria capitata* Nutt. g) *Turaniphytum eranthemum*

Les travaux de Sanz et *al.* [48] basés sur l'étude des variations des séquences d'ADN ribosomique nucléaire des régions ITS et ETS ont affirmé que tous les genres d'*Artemisiinae* constituent un groupe monophylétique qui lui-même se subdivise en trois groupes monophylétiques dont le groupe des *Artemisia* / *Kaschgaria*.

1-4 *Artemisia*

Artemisia L. (créé par Tournefort en 1700) est le plus grand genre de la sous-tribu *Artemisiinae* et de la tribu *Anthemideae*, avec environ 522 espèces [47]. Il est considéré l'un des plus grands de la famille des *Asteraceae* [49].

Le nom latin d'*Artemisia* aurait deux origines possibles : soit du nom grec de Diane, Artemis, du nom de la femme de Mausole, roi de Carie [50].

Les armoises (Genre *Artemisia*) comprennent des arbres, arbrisseaux et plantes herbacées qui peuvent être glabres, pubescents, tomenteux. Les feuilles des armoises sont pennées, rarement palmées. Elles poussent dans les deux hémisphères, généralement dans des zones climatiques sèches ou semi-arides.

Le genre *Artemisia* se singularise par un certain nombre de traits notamment les feuilles alternes ou clairsemées, plus ou moins divisées (exceptionnellement entières), avec des formes et des dimensions extrêmement variables. Les capitules sont petits ou moyens, réunis en panicule, homogames ou hétérogames, discoïdes, constitués par un nombre de fleurs tubuleuses varié entre 4 à 7 fleurs jusqu'à plus de 40 fleurs. Les fleurs du disque sont hermaphrodites (fertiles ou stériles); celles du rayon femelles ou hermaphrodites avec des corolles blanchâtres, jaunes ou pourpres [9].

De nombreuses espèces du genre présentent un intérêt économique certain dans des domaines aussi variés que la médecine. La caractéristique de nombreuses espèces est le parfum, d'une grande intensité chez certaines d'entre elles (par exemple *Artemisia mendozana* DC.), dépendant de la présence de substances monoterpéniques et sesquiterpéniques situées dans les cellules schizogènes et les canaux sécrétoires [51].

Les armoises sont d'un genre polymorphe comportent près de 250 espèces dans le monde. Ouyahya [2] a défini 20 espèces au Grand Maghreb et au Sahara sur les 47 taxons qu'elle a signalé sur le pourtour du bassin méditerranéen (dont 12 au Maroc, 10 en Algérie, 6 en Tunisie, 5 en Libye, 4 en Égypte).

Ce sont des espèces communes aux rivages nord et sud du bassin méditerranéen : *Artemisia arborescens*, *A. herba-alba* ; *A. absinthium*, *A. vulgaris*, *A. campestris* subsp. *glutinosa*, *A. verlotorum*, *A. scoparia* ; puis les espèces du rivage sud : *A. atlantica* var. *typica*, *A. judaica* subsp. *sahariensis*, *A. alba* subsp. *chitachensis*. *A. atlantica* var. *maroccana*, *A. flahautii*, *A. ifranensis*, *A. mesatlantica*. *A. negrei*. *A. reptans*. *A. alba* subsp. *Kabylica*, *A. varia-bilis*, *A. monosperma*. Nous ne mentionnons pas dans cette liste *A. dracunculus* qui est l'estragon cultivé et n'existe pas à l'état spontané au Maghreb.



Figure 5 : Espèces représentatives du genre *Artemisia*

a) *Artemisia biennis* L.; b) *Artemisia desertorum.*; c) *Artemisia echegarayii.*; d) *Artemisia gmelinii.*; e) *Artemisia jacutica*; f) *Artemisia keiskeana.*; g) *Artemisia mendozana.*; h) *Artemisia messerschmidtiana*; i) *Artemisia nova* A; j, k, l) *Artemisia palustris* L.; m) *Artemisia selengensis* [45].

Quézel et Santa [52] en Algérie, ont répertorié 11 taxons (espèces et sous-espèces) appartenant à ce genre (*A. herba-alba*, *A. absinthium* L., *A. arborescens* L., *A. judaica* L., *A. atlantica* Coss. et Dur, *A. alba* Turra, *A. campestris* L. ssp. *campestris*, *A. campestris* ssp. *eu-campestris* Briq et Cav (synonyme de *A. clausonis* Pomel, *A. odoratissima* Desf. (Marouf, 2012)), *A. campestris* ssp. *glutinosa* (J. Gay) Batt., *A. verlotiorum* Lamotte et *A. vulgaris* L.). Ozenda [53] dit que les armoises sont représentées par 13 espèces en Algérie.

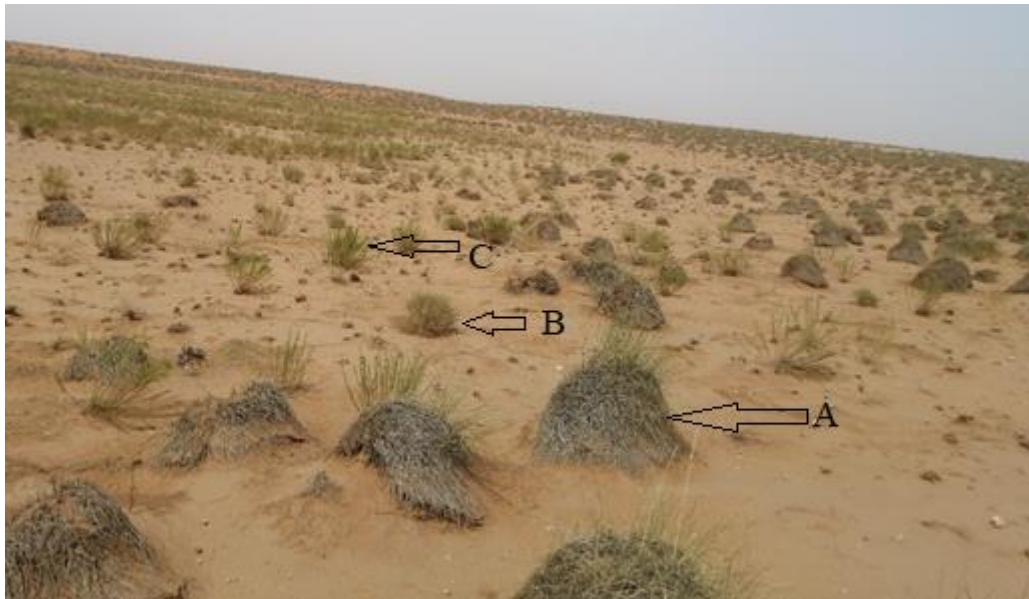


Figure 6 : Steppe d'alfa en combinaison avec armoise blanche et rouge (Originale2024)

A) *Stippa tenacissima* ;B) *Artemisia herba alba*; C) *Artemisia campestris*

La steppe algérienne est dominée par trois [15] à quatre types de formations végétales [54] : Steppe à alfa (*Stipa tenacissima*), steppe à armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) [55], steppe à sparte (*Lygeum spartum*) et steppe à remeth (*Arthrophytum scoparium*) [56]. Le genre *Artemisia* est présenté principalement dans ce vaste territoire allant jusqu'à 20 millions d'hectares pour les deux espèces (*A. herba alba* Asso et *campestris* L.) avec une abondance de l'armoise blanche [57]. En plus de l'intérêt médicinal, l'*Artemisia herba alba* Asso occupe une grande importance dans le pâturage et l'élevage ovin en Algérie, car elle présente une valeur énergétique et fourragère très élevée par rapport à celle de l'*Artemisia campestris* L. Une valeur de sept pour l'armoise blanche et trois pour l'armoise rouge, selon l'indice de spécifique de qualité du Aidoud 1989 (avec une échelle de 0 à 10), soit 0.45-0.18UF/kg MS respectivement [58]. Il est signalé que le terme Chih (šših) est souvent employé comme un nom générique d'armoises d'espèces différentes, mais principalement pour l'armoise blanche (*A. herba alba* Asso).

Chaouia : ših (*A. herba-alba*), tguft (*A. campestris*), tammemayt (*A. campestris*)

Kabyle : šših, ccih (espèce non précisée).

Mozabite : izri (*A. herba-alba*), ššegeret Maryam (*A. abstinthium*), hellâla ou alâla (*A. campestris*), siha (non précisée).

Tamâhaq : tağūq (*A. campestris*), azézéré (*A. herba-alba*), téheréğğélé (*A. judaica* subsp. *Sahariensis*) [50].

La densité des stomates est, en général, plus grande dans l'épiderme supérieur des espèces vivant en conditions arides (telles *A. judaica* ou *A. herba-alba*), plus faible chez *A. absinthium* et *A. arborescens*, et quasiment identique chez les plantes des régions semi-arides. Nous avons aussi remarqué l'absence des stomates dans l'épiderme supérieur chez *A. verlotiorum* et *A. vulgaris*. Par la présente étude, ces deux espèces semblent mériter d'être classées dans la même série *Artemisia*, par contre, Ling [59] les a rangées respectivement dans deux séries distinctes (*Codonocephalae* (Pamp.) Y.R. Ling et *Artemisia*) en s'appuyant vraisemblablement sur des caractères chimiques [60].

Au Maghreb et au Sahara, l'usage de ces plantes médicinales reste vivant et permanent au niveau régional. Leur récolte n'a pas fait l'objet d'une exploitation pharmacologique industrielle et n'est pas encore entrée dans une économie de marché national ou international.

Les armoises gardent sur le plan régional au Maghreb et au Sahara, une grande renommée et sont parmi les plantes médicinales les plus estimées. Les Sahariens en particulier sont très fiers de leur chih comme les Touaregs.

1-5 *Artemisia herba alba* Asso

Cette espèce est désignée en arabe par le nom « Chih » dans toute l'Afrique du Nord et au Moyen-Orient et dans d'autres régions sous le nom de « Ifsi » et « Zezzare » [11]. Selon Aidoud [55] elle était décrite pour la première fois par le botaniste espagnol Ignacio Jordán Claudio de Asso en 1779. L'armoise blanche est une touffe (Figure 7) qui se trouve habituellement dans les milieux secs et arides [61]. C'est une plante steppique, principalement fourragère, particulièrement appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver en période de disette [62]. Elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent [63].

Artemisia herba-alba est une chaméphyte herbacée qui se développe en touffes bien individualisée très ramifiée dès la base à tiges ligneuses. Elle peut atteindre 80 cm de haut. Les feuilles sont très polymorphes, profondément bipennatiséquées, gris argentées, tomenteuses; les inférieures sont pétiolées, les caulinaires de plus en plus courtes. Inflorescence en panicule. Capitules petits (3-4 x 1-1,5 mm), ovoïdes, homogames, pauciflores (2-12 fleurs). Involucre à bractées externes très tomenteuses, petites, orbiculaires, concaves ; les internes plus grandes. Fleurs toutes hermaphrodites, à corolle tubuleuse, de couleur jaune ou pourpre, insérées très obliquement sur l'ovaire. Akènes de couleur grisâtre, comprimés, obovales de longueur variable (0,80-1.70 x 0,32- 0,85 mm). [9. 55. 60].



Figure 7 : Touffe d'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) Originale 2024

Sur le plan systématique, *Artemisia herba-alba* est classée dans le sous-genre *Seriphidium* Besser. Elle se caractérise par un nombre chromosomique de base $x = 9$ et deux nombres somatiques ; $2n = 18$ pour le cytotype diploïde, et $2n = 36$ pour le cytotype tétraploïde [64. 2. 65. 66]. Sur le plan nomenclatural, *Artemisia herba-alba* est le basionyme de *Seriphidium herba-alba* (Asso) Soják [67]. Il existe aussi des synonymes *Artemisia aragonensis* Lam. , *Artemisia inculta* Delile [68].

Plusieurs sous espèces ou variétés ont été décrites en Afrique du nord et en Espagne; *A. herba-alba* var. *oranensis* Deb., rencontrée dans le sud oranais et le nord-est du Maroc [2]; *A. herba-alba* var. *saharae* Pomel, signalée en Algérie dans les régions de Maïa, Metlili, Biskra et Al-Abiod [9]; *A. herba-alba* var. *aurasiaca* Maire, signalée dans la localité de Ghoufi dans les Aurès en Algérie (Maire, 1937 in Ouyahya, 1995); *A. herba-alba* var. *huguetii* Maire au Sud-ouest du Maroc [2]; *A. herba-alba* ssp. *valentina* (Lam.) Masclans en Espagne [64].

Artemisia herba-alba est une espèce caractéristique des zones arides du bassin méditerranéen [69]. Au nord de la Méditerranée elle est relativement abondante dans la Péninsule Ibérique, principalement dans le Centre, l'Est et le Sud-est de l'Espagne [64]. En Afrique du Nord, *Artemisia herba-alba* occupe des immenses étendues dans les zones arides

et semi-arides des pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) et s'étend à l'Est vers la Lybie et l'Égypte [9].

De l'Ouest à l'Est algérien, les parcours steppiques constituent un ruban de 1000 km et s'étendent sur une superficie de 20 millions d'hectares et 36 millions d'hectares si on incluait les steppes subsahariennes [70]. C'est dans cette vaste superficie qu'on trouve l'armoïse blanche comme plante abondante à grande échelle allant de 2 à 3 millions d'hectares. Une formation à base d'armoïse blanche colonise la steppe et forme un aspect de régression de la steppe à base d'alfa (*Stippa tenacissima*) [68]. Selon Bougoutaia (2018), elle est présente aussi dans le Hoggar à l'extrême Sud Algérien sur des altitudes allant jusqu'à 2000 m (Figure 8), et même dans les sahels littoraux du secteur Oranais [27].

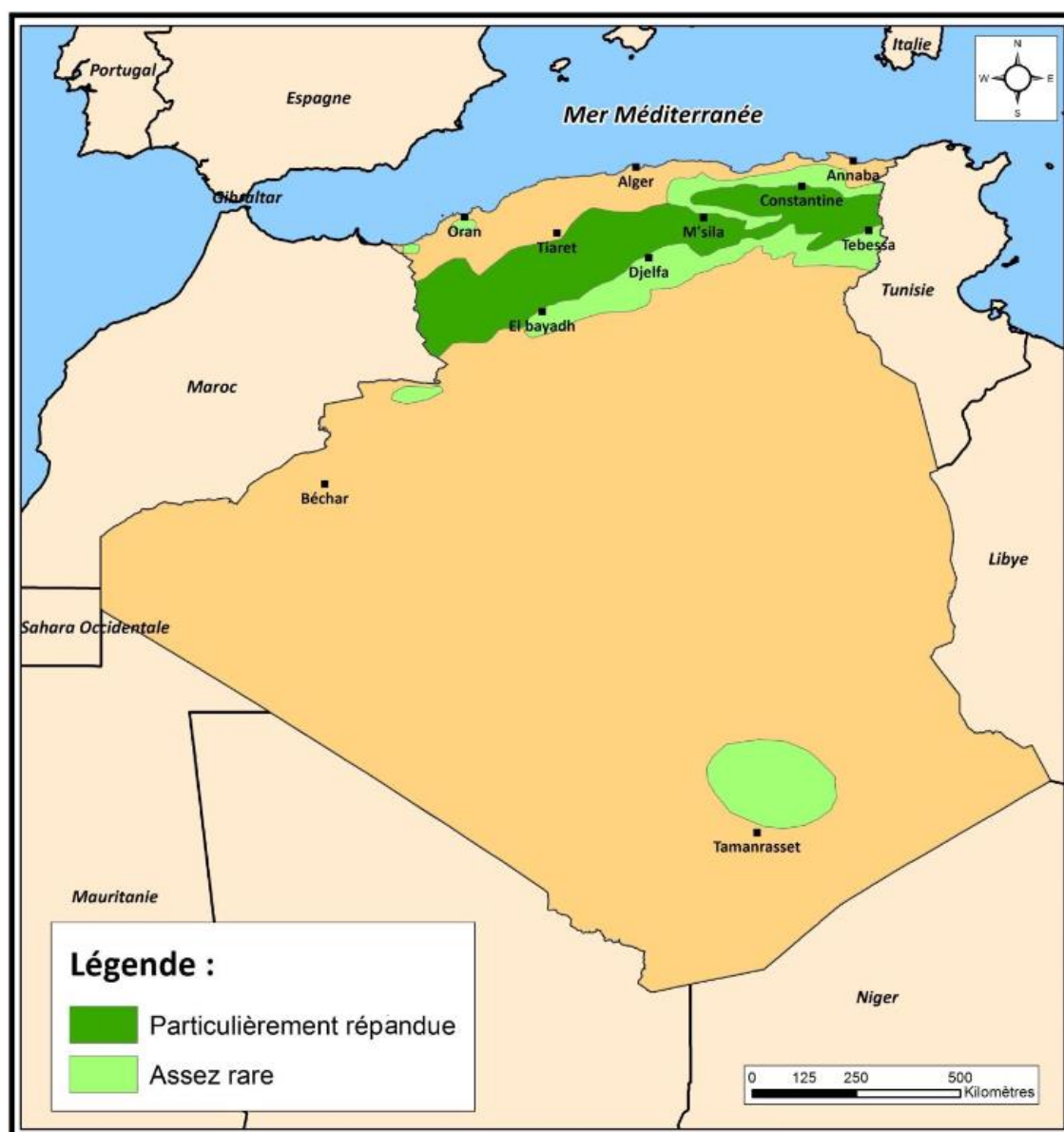


Figure 8 : Distribution de l'armoïse blanche en Algérie [27].

1-6 *Artemisia campestris* [71.72]

Plante vivace de 30-80 cm, presque ligneuse et couchée à la base, ascendante, glabre à l'état adulte, très rameuse, à rameaux étalés, non visqueuse. Elle présente des feuilles caulinaires bipennatiséquées, ayant des jeunes tiges argentées, soyeuses, et les inférieures sont pétiolées, d'autres sont sessiles, à segments très étroits, linéaires, mucronulées

Les feuilles en capitules brièvement pédicellés, ovoïdes, formant une grande panicule, entremêlée de feuilles linéaires, entières. Varie dans les sables maritimes à segments de feuilles plus larges, plus courts, épaissis, à capitules plus gros (var. *maritima* Lloyd).

Artemisia campestris L. (taġūq en tamâhaq, tamemmayt en chaouïa, um nefsa, alala, hellâla, aurone en français courant, nom qui désigne aussi en France *A. Abrotonum*) plante des hautes plaines du Maghreb, « plus rare dans la région présaharienne, manque au Sahara septentrional ; reparaît dans les montagnes du Sahara central, en altitude (assez répandue au Hoggar, plus rare dans la Tefedest et au Tassili) » [73]. Elle est appelée l'armoïse rouge à cause de la couleur de la tige après maturation. On la trouve « dans les lits pierreux et sablonneux des oueds de montagne, dans les étages méditerranéens, d'où elle descend assez bas dans l'étage tropical ». C'est une plante post culturale d'où vient le nom champêtre ou l'aurone des champs. En Algérie et dans les régions internes du pays, les gens préfèrent les pieds collectés des champs à cause de l'absence des lignifications.



Figure 09 : Touffe d'armoïse rouge (*Artemisia campestris*) Originale 2022

Les feuilles d'*A. campestris* sont préparées en infusion ou en décoction, broyées en poudre et ajoutées parfois dans les sauces des aliments ou dans les bouillies. Leur goût est très amer, une seule pincée dans un plat suffit. Leur consommation est recommandée comme purificateur et régulateur de la circulation sanguine de la femme enceinte ou celle qui vient d'accoucher. C'est la raison pour laquelle on l'appelle en arabe : « mère du souffle », um nefsa. Ces feuilles sont aussi employées en cataplasme pour cicatriser les blessures et même comme remède contre la variole au Mzab (Goichon 1931, II : 84), ou la rougeole (ibid, 171) [50].

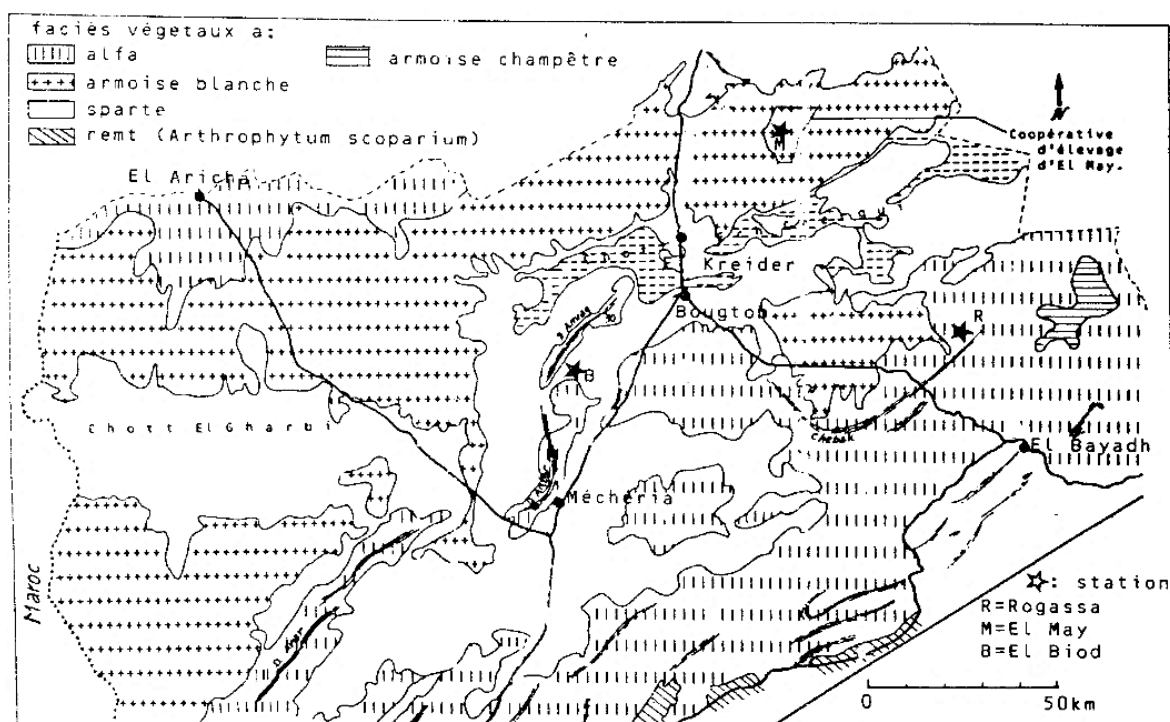


Figure 10 : Répartition des faciès de végétation dans le Sud-Oranais (Carte de l'occupation des terres (CRBT, 1978)). [15]

L'armoise rouge se trouve dans les steppes nord-africaines en accompagnant les jujubiers (*ziziphus lotus*), les armoises blanches, l'alfa (*stipa tenacissima*), et rarement en faciès seule comme indique la figure 11. Mais elle peut coloniser les bords de la route, les grandes cultures et les basfonds à terre meuble et bouleversée à cause de sa capacité de régénération rapide par graine.

Les armoises doivent leurs propriétés aromatiques et médicinales à l'essence qu'elles synthétisent. Les organes sécréteurs de cette essence sont d'origine épidermique ; ce sont des poils situés sur les feuilles et sur les organes reproducteurs. Benjilali [74] a constaté que dans une même espèce, sur des échantillons morphologiquement identiques, la composition

chimique de leur essence varie énormément d'une région à l'autre. En revanche, cet auteur a trouvé aussi une similitude entre des huiles essentielles de deux espèces d'armoises différentes, notamment *A. herba-alba* et *A. atlantica* dans le djebel Saghro. Les conditions climatiques et écologiques semblent donc avoir une grande importance dans la qualité des produits [50].

Synthèse bibliographique

Chapitre II:

Présentation des régions retenues

Les régions d'études prises en expérimentation sont deux zones différentes en climat dont la première est prise de la wilaya de Djelfa de la région de TAADHMITTE (lieu-dit MANKEB BENHAMED) et qui est une formation steppique d'armoïse blanche (située sur les buttes) et peu d'armoïse rouge considérée comme indicatrice de travail de sol (située dans les terres basses), près de la forêt de Touguerssen. La deuxième est celle de ELHOUAMED de la Daïra de Boussaâda (Wilaya de M'sila), où nous retrouvons la même répartition spatiale des deux espèces. La figure 11 représente les deux wilayas où nous avons établi la carte grâce au logiciel du Système d'Information Géographique (SIG).

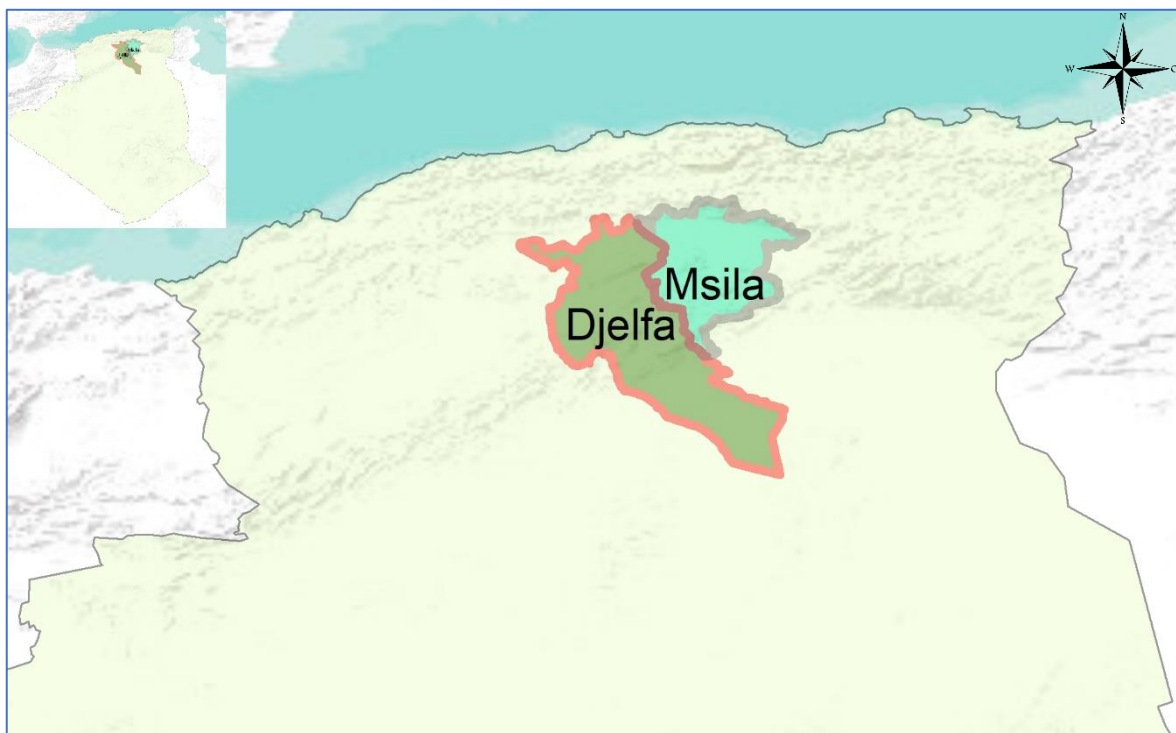


Figure 11 : Position géographique des deux wilayas (Originale, 2024).

1- Situation géographique de la wilaya de Djelfa

Issue du découpage administratif de 1974, la Wilaya de Djelfa se situe dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, au Sud de l'Atlas tellien. Le chef-lieu de wilaya est à 300 Km au Sud de la capitale Alger. La Wilaya de Djelfa est comprise environ entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35°30' de latitude Nord. Elle est délimitée, à l'Ouest par les wilayas de Tiaret et de Laghouat, à l'Est par Biskra et de M'sila, et au Sud par d'Ouargla, d'El oued, et de Ghardaïa. Au Nord, elle est délimitée par les wilayas de Tissemsilt et de Médéa [75].

1-1 Relief

Le relief des deux wilayas (Djelfa et M'sila) est caractérisé par une succession de quatre zones hétérogènes classées du Nord au Sud hormis la zone des monts d'Ouled Nail dont l'altitude est élevée. Le point culminant se situe à Benyagoub avec une altitude de 1.613m et le point le plus bas est à l'extrême sud de la wilaya de Djelfa, avec une altitude de 200 m (à l'exception du Chott El Hodhna 391m dans le nord). Les quatre (04) zones sont représentées dans la figure 12 :

a. Zone des Hautes Plaines du Nord : d'une superficie de l'ordre de 450.000 Ha, elle est aussi appelée "Plaine d'Ain Oussera". Elle forme une bande de hautes terres comprise entre 700 m et 900 m d'altitude. Les pentes sont insignifiantes (inférieures à 5 %) et s'inclinent vers le Nord où les oueds déversent dans Oued Chlef. Elles sont compartimentées en trois secteurs séparés par de petites collines érodées : la vallée de l'Oued Touil à l'ouest, la plaine de Birine à l'est et les plaines de Ain Ousséra au centre. Leur limite sud est le premier pli de l'Atlas Saharien les séparant des dépressions des Chotts [76].

b. Zone de dépression des Chotts : Ils marquent l'emplacement d'un synclinal [77]. Cette zone est coïncée entre les premiers plis de l'Atlas Saharien au Nord et le cœur de l'Atlas Saharien par le Sud. Les eaux convergent vers les sebkhas des Zahrez Gherbi et Zahrez Chergui. La topographie entre les deux cuvettes est un seuil peu élevé. L'altitude du Zahrez Gherbi se situe autour de 830 m, celle du Zahrez Chergui autour de 750 m. Pouget [77] remarque que « ce synclinal est le prolongement vers l'Ouest de la grande faille de BouSaada ». Cette région contient des formes typiques des régions semi-arides à arides :

- ✓ Les deux étendues d'eau des Zahrez, par leur intérêt écologique, (floristique, espèces rares et protégées en Algérie, et faune spécifique), sont inscrites depuis 2003 sur la liste RAMSAR de convention sur les zones humides [78. 79] :
 - Zahrez Gherbi, les altitudes sont de 850 à 900 m.
 - Zahrez Chergui, les altitudes varient de 760 m à 1200 m.
- ✓ Le cordon dunaire qui forme une ligne presque continue s'étalant sur 150 km sur les bordures sud des deux Zahrez, bloqué au Sud par le relief de l'Atlas Saharien. Sa largeur varie entre 2 et 3 km [76].

c. Zone atlasique des Ouled Naïl : son relief est le plus élevé de tout l'ensemble de la wilaya de Djelfa. Cette région domine à la fois la plate-forme saharienne au Sud (550 m d'altitude en moyenne) et les Hautes Plaines au Nord (700 m d'altitude en moyenne). Les reliefs sont très contrastés et parfois très accidentés, marqués par des versants à forte pente allant de 15 à plus de 25°. Cette zone est formée de plateaux d'altitude variant entre 900 m et 1600 m. La partie élevée est constituée de la chaîne montagneuse des Ouled Naïl, orientée du Sud-Ouest au Nord-Est. Elle est formée des principaux monts de la wilaya qui sont les djebels Senalba, Azreg et Zerga dont l'altitude est comprise entre 1 200 et 1 600 m.

d. Zone de la Plateforme Saharienne : appelée aussi, Plateau Saharien est située dans la partie sud de la wilaya. Elle plonge dans la dépression formée par oued Djedai considéré comme la limite naturelle du Nord du Sahara. Cette zone se caractérise par son inclinaison générale du Nord-Ouest vers le Sud-Est, ce qui explique l'orientation générale des principaux cours d'eau, notamment oued Djeddi qui débouche dans la cuvette du chott Mrhir, à proximité de Touggourt.

La zone du présaharien compte d'Ouest en Est des sous bassins versants, les oueds Djedai Fedj, Djedai Djorf, Demmed, Djedai Douiba et Ain Rich.

1-2 Climat

Il est en général semi-aride dans les zones situées dans les parties du centre et du nord de la wilaya avec une moyenne de 200 à 500 mm d'eau de pluie par an et aride dans toute la zone située dans la partie sud de la wilaya qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par an avec une nuance continentale.

Les précipitations les plus importantes sont enregistrées au cours de la période allant d'octobre à janvier et d'avril à mai. La période sèche commence à partir du mois de juin avec un maximum de sécheresse en juillet et août.

Les enneigements sont saisonniers et variables d'une région à une autre. L'enneigement moyen est de 04 à 13 jours par an. Durant l'hiver et le début du printemps, des gelées blanches sont observées dans la quasi-totalité du territoire de la wilaya et durent entre 40 et 60 jours suivant les régions les plus exposées à ce phénomène. Des écarts importants sont observés entre les températures journalières, saisonnières et interannuelles. Ainsi, il est enregistré un écart de 33°C entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid. La température minimale absolue est, à l'exception des mois de juin, juillet, août et

septembre, inférieure à 0°C. Les mois les plus chauds sont juin, juillet et août avec 33 à 40°C.

Les vents sont intenses et fréquents. Dans la région de Djelfa faisant partie de la zone de la dépression des Ouled Naïl, les vents les plus fréquents sont ceux d'orientation Nord-Est et Nord-Ouest d'origine océanique et nordique. Cependant, la principale caractéristique des vents dominants dans la région est matérialisée par la fréquence du Sirocco, d'origine désertique. Il est chaud et sec et sa durée varie de 20 à 30 jours par an.

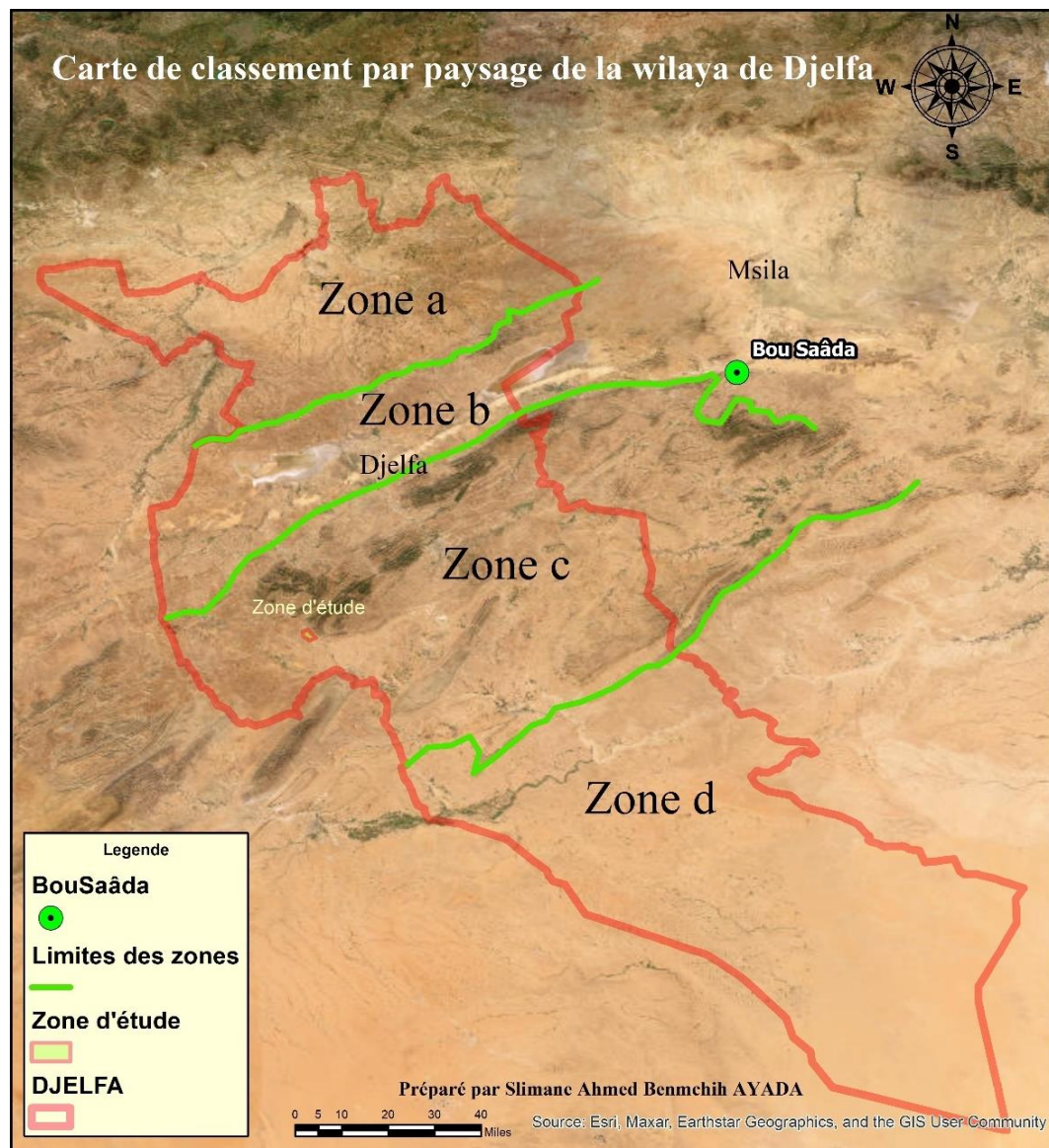


Figure 12 : Classement des paysages en 4 zones distinctes (Originale, 2024).

Zone a : Hautes plaines de Aïn Oussara . Zone b : Dépressions et Chotts. Zone c : Zone Atlasique des Ouled Naïl.
Zone d : Plateforme saharienne

L'absence d'obstacles importants, notamment des chaînes de montagnes, favorise une plus grande circulation des vents particulièrement le Sirocco à travers tout le territoire de la wilaya. Les tempêtes de sable sont fréquentes durant le printemps, notamment.

1-3 Ressources hydriques

L'hydrologie est de type endoréique sauf dans l'extrême nord de la wilaya avec les oueds Ourak et Touil. Il existe de grandes nappes d'Ain Oussara, Djelfa et Zahrez. Le débit moyen de la nappe de Djelfa est de 400 hm³ par an.

Le réseau hydrographique de la wilaya est caractérisé par deux sens d'écoulements opposés, séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la limite des grands bassins versants du Soumma et de chott El Hodna.

1-4 Potentialités agricoles

La wilaya offre la possibilité de développement d'une agriculture intensive et moderne par la production de cultures fourragères pour l'alimentation du cheptel et la production de cultures maraîchères dont des rendements élevés ont déjà été enregistrés. Les sols favorables au développement d'une telle agriculture sont généralement ceux situés dans les piémonts sud de l'Atlas tellien, dans l'Atlas saharien et dans les lits d'épandage des oueds et des dayates.

Elle est, aussi, constituée de vastes parcours steppiques évalués à plus de deux millions d'hectares représentant plus de 65% de sa superficie totale. Cette caractéristique fondamentale fait du pastoralisme son activité principale.

1-5 Elevage

La wilaya de Djelfa est une région agro-pastorale ; l'élevage ovins est sa vocation première. La mise en valeur des pacages et parcours à travers leur restructuration et protection permet le développement d'un élevage intensif, moderne et sédentaire ainsi que l'utilisation rationnelle des ressources.

L'élevage ovins représente une proportion de 88,11 % des effectifs animaux, suivi des caprins avec 10,83 % et celui des bovins avec 0,87 %. L'élevage camelins représente une faible proportion, soit 0,18% du cheptel de la wilaya.

Les petits élevages sont très développés dans la wilaya. L'aviculture chair et ponte est l'activité la plus répandue.

1-6 Activité pastorale

Le pastoralisme est pratiqué dans la wilaya depuis des temps reculés, le duo « élevage ovin – céréaliculture » a toujours dominé l'espace steppique où la relation parcours steppiques, parcours présahariens et parcours agropastoraux (zones céréalières) a perpétuellement maintenu le milieu en équilibre. Au fil des années, l'accès aux régions présahariennes et céréalières du nord se complique davantage avec les mesures de restructuration des terres.

Le cheptel est conduit en mode extensif et la charge réelle de 0,687 ha/têtes (effectifs ovin-caprins/surface des parcours) va accentuer la pression sur les parcours d'une part et augmenter les besoins alimentaires concentrés et ceux d'abreuvement, d'autre part. C'est ainsi que les agro-éleveurs défrichent la steppe en quête d'aliment en vert ou d'orge grain.

1-7 Terres forestières

Les formations forestières dont les forêts, maquis et reboisements occupent une superficie de 209 791,40 Ha, soit un taux de boisement de 6,50 %. Elles sont essentiellement localisées au niveau des monts d'Ouled Nail, généralement à partir de 1000 m d'altitude et sont réparties sur (03) sous zones à typologie forestière, à savoir Djebel Sahari, le massif forestier du Sénalba Chergui et le massif forestier du Sénalba Gherbi.

Ces massifs présentent un climat de type méditerranéen semi continental avec une diversité bioclimatique allant du semi-aride supérieur froid à l'aride supérieur frais. Les forêts y sont prédominantes et occupent une superficie de 71 707,64 Ha, soit 35 % des formations forestières cartographiées. Les maquis occupent une superficie de 81 045 Ha.

1-8 Nappes alfatières

Une superficie moins de 400 000 ha de nappes alfatières [80] dénote une nette régression par rapport au potentiel de 810 000 Ha identifié en 1980. Au vu de l'importance économique et écologique de ce couvert végétal ultime rempart contre la désertification, sa préservation s'avère nécessaire et impérative d'où la mise en place d'un plan d'aménagement ayant pour objectif la régénération de nappes alfatières dégradées et la préservation de celles qui sont encore en bon état, des effets destructeurs des labours anarchiques et du surpâturage.

La dynamique du couvert végétal steppique présente l'armoise blanche comme une forme de régression du couvert d'alfa, mais le surpâturage dégrade toute la végétation.

2- Situation géographique de la région de Boussaâda

La région Boussaâda de la wilaya de M'sila est située dans la partie centrale de l'Algérie, à 250 Km de la capitale Alger. Elle fait partie de la région des hauts plateaux Centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km². Elle est limitée au nord-est par les wilayas de Bordj Bou-Arredj et Sétif, au nord-ouest par les wilayas de Médéa et Bouira, à l'est par Batna, à l'ouest par Djelfa et au sud par Biskra. Boussaâda prend la partie sud de la wilaya de M'sila, soit plus de 50 % de la superficie totale.

2-1 Relief

La wilaya de M'sila est une région enclavée entre les contre-forts des Atlas tellien et saharien et se caractérise par l'existence de 04 zones naturelles (Figure 13):

- ✓ **Zone de steppe** : elle couvre 55% du territoire de la wilaya et se caractérise par un couvert végétal clairsemé traduisant le degré de dégradation des parcours. L'altitude est de 600m au nord-ouest (Bouti Sayeh, Aïn El Hedjel et Sidi Ameur) à 500 m au sud-est (Ouled Slimane, Ben Srou et Ezzarzour) allant jusqu'à 1100m au sud-ouest (Aïn Errich).
- ✓ **Zone de la plaine du Hodna** : elle représente 33% du territoire de la wilaya et est réservée essentiellement à la céréaliculture, aux cultures maraîchères et à l'arboriculture. L'altitude dans cette zone varie entre 400 à 550 m. Elle se situe aux alentours du chott El Hodna sauf les zones steppiques.
- ✓ **Zone de montagne** : elle représente 07% du territoire de la wilaya, comprend quelques massifs forestiers et elle est réservée à l'agriculture de montagne de type extensif. L'altitude atteint son maximum dans le nord de Hammem El Dhalaa qui est de 1700 m, puis au nord d'El Maadhid (1600m). Tandis que le maximum atteint au niveau de la région de Djebel Messaâd est de 1500m.
- ✓ **Zone de chotts et de dépression** : avec le chott El Hodna au Centre Est (390m d'altitude) et le Zahrez Chergui au Centre Ouest (750m d'altitude)

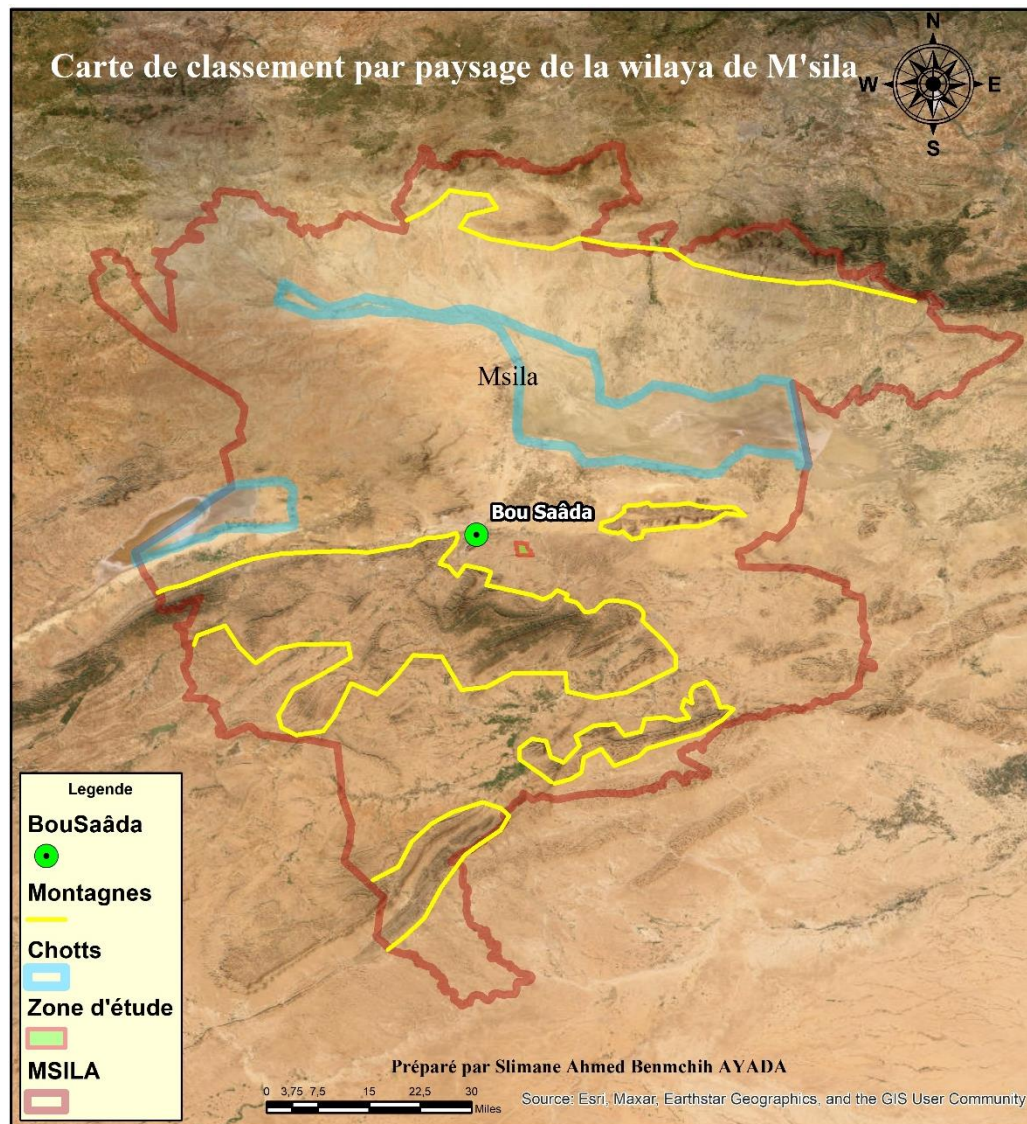


Figure 13 : Classement des paysages en zones distinctes (Originale, 2024).

2-2 Climat

Le climat de la wilaya est de type continental, soumis en partie aux influences sahariennes. L'été est sec et très chaud alors que l'hiver est très froid. Quant à la répartition pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord et reçoit plus de 480 mm par an (Djebel Ech Chouk - Chott de Ouenougha), la plus sèche est située à l'extrême sud de la wilaya et reçoit moins de 200 mm/an.

Les précipitations moyennes annuelles de la wilaya sont de 12.6 mm en 2020. Les températures moyennes mensuelles de l'année varient de 28 à 33°C ; la moyenne des températures enregistrées durant le mois le plus chaud (août) est de 33.20°C et elle est de 10.8°C durant le mois le plus froid (janvier).

2-3 Ressources hydriques

La wilaya renferme une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation domestique car très chargée et saumâtre ainsi que des nappes profondes captives notamment celles du Hodna et de la plaine d'Ain Riche. Une grande partie de la wilaya est considérée comme un immense bassin versant bénéficiant de l'impluvium de l'Atlas et qui reçoit aussi les eaux de pluie des différents oueds qui se jettent principalement dans le chott El Hodna.

Dans cette wilaya, il existe deux barrages d'eau (Figure 14) :

- Barrage de K'sob (M'sila) avec une capacité de 29.5 Hm³/an.
- Barrage de Seboulla (Magra) avec une capacité de 17.4 Hm³/an.



Figure 14 : Barrages de M'sila [81]

A: Seboulla; B: K'sob à droite.

2-4 Potentialités agricoles

La position géographique de la wilaya fait que sa vocation principale demeure l'agro-pastoralisme, tributaire d'une pluviométrie faible et irrégulière ne dépassant pas les 250 mm par an.

Matériel et méthodes

Les prélèvements des armoises sont faits dans une aire protégée par le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS).

1- Sites de prélèvement des armoises

La première zone d'étude de « Mankeb Benhamed » se situe à presque 50km vol d'oiseau au sud-ouest de la ville de Djelfa (Figure 15), sous la forêt de Touguorsen ($34^{\circ}23'40''$ N, $2^{\circ}49'55''$ E) avec une altitude de 1265m.



Figure 15 : Situation géographique de la zone d'étude Mankeb Benhamed (Originale 2024)

La région de Mankeb Benhamed se situe dans la zone atlasique des Ouled Naïl c avec un relief le plus élevé de tout l'ensemble de la wilaya de Djelfa. C'est une zone pré-forestière steppique (sous forêt de pin d'Alep de Touguorsen) à armoise blanche en générale avec la présence de l'armoise rouge dans les parties plus basses à terre meuble.

La deuxième zone d'étude d'« El Houamed » se situe à presque 10 km vol d'oiseau à l'est de la ville de Boussaâda soit (35°10'60" N, 4°17'3"E) avec une altitude de 590m (Figure 16).

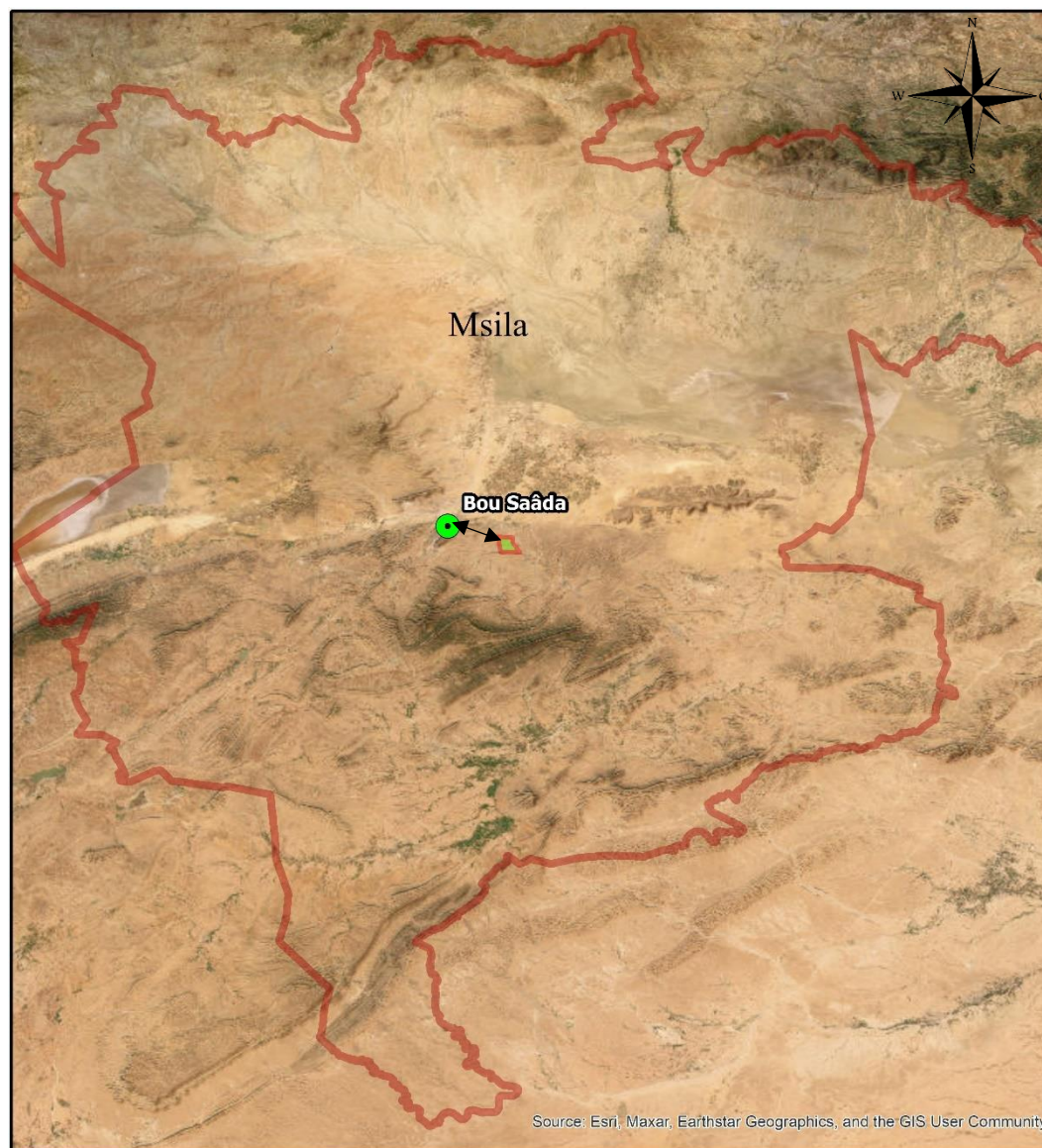


Figure 16 : Situation géographique de la zone d'étude El Houamed (Originale 2024)

La région d'El Houamed se situe dans la zone steppique de la wilaya de M'sila, avec une altitude plus basse de la région et un relief très raide. Cette zone d'étude à armoise blanche est influencée par le climat présaharien ce qui la rend plus chaude durant la période estivale. L'armoise rouge est présente dans les terres plus basses, meubles se trouvant en alentours des petites vallées.

2- Etude climatique des deux zones d'étude

2-1 Mankeb Benhamed (Djelfa)

Nous avons étudié le climat de la région durant 2 décennies sur une période allant de 1998 jusqu'à 2017. Le Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de la région à partir de l'exploitation des données de précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles [82].

Bagnouls & Gaussen (1953) définissent la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P = 2T$).

Il existe une courte période humide débutant du mois d'octobre et se termine au mois de mars à avril, sachant que cette période peut s'étaler selon les précipitations printanières automnales quelques années séparées et ou consécutives.

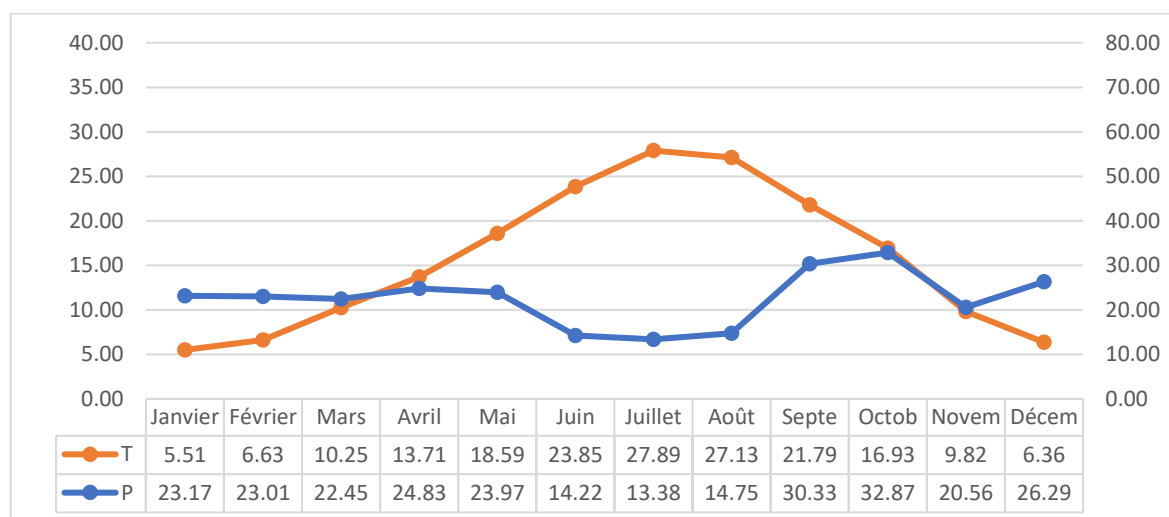


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de la zone de Djelfa (campagnes 1998 à 2017)

2-1-1 Précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale [83-84]. La quantité annuelle des précipitations conditionne en grande partie les biotopes continentaux. La pluviométrie a une influence importante sur la faune et la flore, sa variabilité est un facteur déterminant d'aridité. On considère en effet qu'une augmentation de la température ou une diminution des précipitations provoquent ou accroissent le stress hydrique [85]. La figure 18 représente cette variabilité sur une période allant de l'an 2000 jusqu'au 2017.

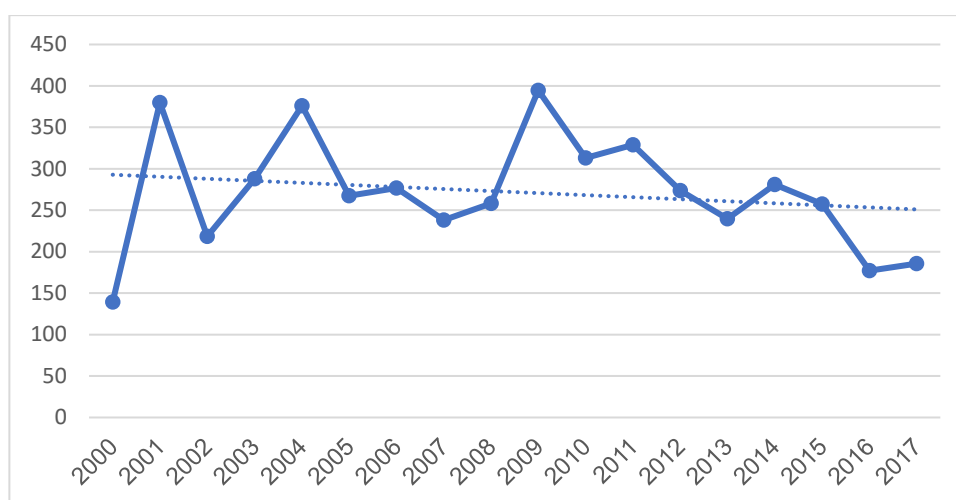


Figure 18 : Variations interannuelles des précipitations Djelfa

L'analyse de la figure 18 indique la faiblesse des précipitations annuelles, elles sont inférieures à 400 au maximum. Les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre tendant à la baisse due aux changements climatiques mondiaux observés.

2-1-2 Vent

Le vent, mesuré en kilomètre par heure, représente la vitesse à laquelle une particule d'air présente dans l'atmosphère est soumise [86]. Il prend naissance sous l'effet des différences de températures et de pression. Plus la différence de pression entre deux masses d'air est importante, plus le vent sera important.

Dans la région de Djelfa, le vent n'a pas dépassé les 30 km/h au maximum (Tableau 1- une moyenne de vent enregistrée sur une période de 2009 jusqu'au 2017) ce qui nous a permis de la classer selon l'échelle de Beaufort dans le degré 5 (Annexe 7).

Tableau 1 : Vitesse du vent (km/h) de la région de Djelfa (2009-2017)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Vitesse moyenne	17,89	21,23	19,96	19,03	18,37	15,01	15	13,37	14,77	13,29	14,91	14,09
Vitesse max	27,84	30,96	29,5	28,37	27,86	24,26	23,67	23,41	24,59	22,4	23,81	22,77

2-2 Zone d'Elhouamed (Boussaâda)

L'étude de climat de ce site allant de 1998 à 2017 montre qu'il n'existe, aucune période humide, bien qu'il y ait quelques précipitations modérées au printemps et en automne (Figure 19).

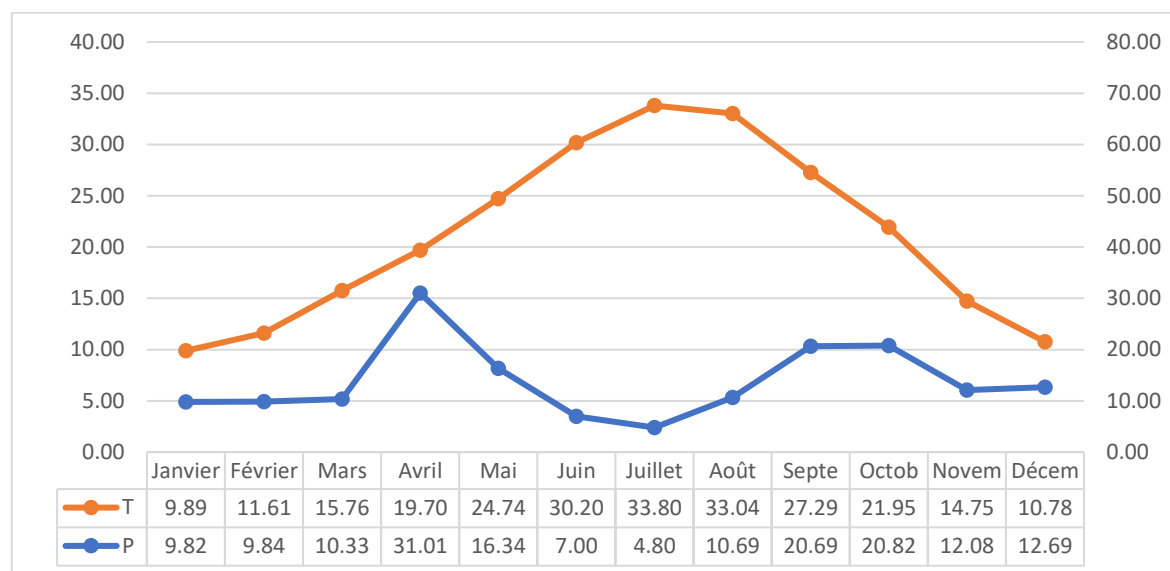


Figure 19 : Diagramme ombrothermique de la zone de BOUSSAADA

2-2-1 Précipitations

La région de Boussaâda n'est pas de même étage climatique que la région de Djelfa, ce qui est confirmé par les précipitations enregistrées pendant la période allant de l'an 2000 jusqu'au l'an 2017.

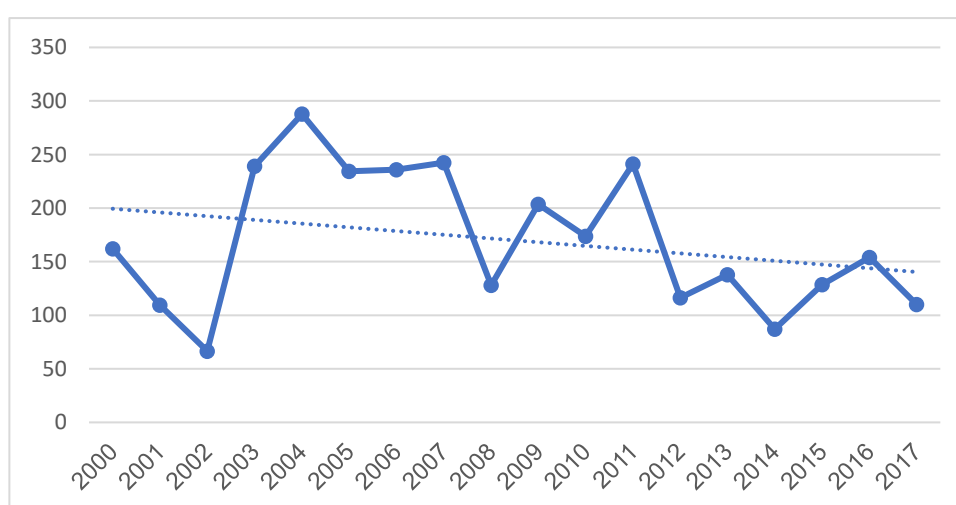


Figure 20 : Variations interannuelles des précipitations Boussaâda

L'analyse de la figure 20 indique une faiblesse de précipitations annuelles. Elle est toujours inférieure à 300mm. Les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre et comme la région de Djelfa, se tend à la baisse.

2-2-2 Vent

Dans le cas de la région de Boussaâda, le vent a atteint 36 km/h au maximum (Tableau 2- une moyenne enregistrée sur une période de 2009 jusqu'au 2017) ce qui est équivalent de degré 5 sur l'échelle de Beaufort (Annexe 7)

Tableau 2 : Vitesse du vent (km/h) de la région de Boussaâda (2009-2017)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Vitesse moyenne	11,89	15,86	13,74	11,60	11,30	8,58	7,31	6,39	6,61	5,36	10,48	8,43
Vitesse max	34,93	36,03	33,94	29,83	29,79	26,24	25,53	25,80	27,87	24,40	30,73	28,87

3- Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviométrique synthétise le mieux les conditions bioclimatiques d'une zone donnée [87], et qui intègre les paramètres thermiques (M, m) et le paramètre hydrique P (mm) ; par l'application de la formule d'Emberger suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\frac{M+m}{2} \times (M-m)}$$

Cette formule est simplifiée par STEWART [82] :

$$Q_2 = \frac{3.43 \times P}{M-m}$$

P = Précipitation moyenne annuelle en mm ;

M = Températures maximales moyennes mensuelles du mois le plus chaud en °C ;

m = Températures minimales moyennes mensuelles du mois le plus froid en °C.

Son application pour nos deux régions, les résultats seront :

Le quotient pluviométrique calculé des deux régions et comme suit :

Djelfa : $Q_2 = 27.32$

Le mois le plus froid « Janvier » $m = 0.61^\circ\text{C}$

Le mois le plus chaud « Juillet » $M = 34.49^\circ\text{C}$

Boussaâda : $Q_2 = 15.56$

Le mois le plus froid « Janvier » $m = 3.96^{\circ}\text{C}$

Le mois le plus chaud « Juillet » $M = 39.99^{\circ}\text{C}$

En abscisses les moyennes des minimas des deux régions du mois le plus froid sont représentées. En ordonnées on trouve les deux valeurs du quotient pluviothermique. Sur ce graphe les limites des divers étages climatiques reconnues par Emberger sont tracées, Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide.

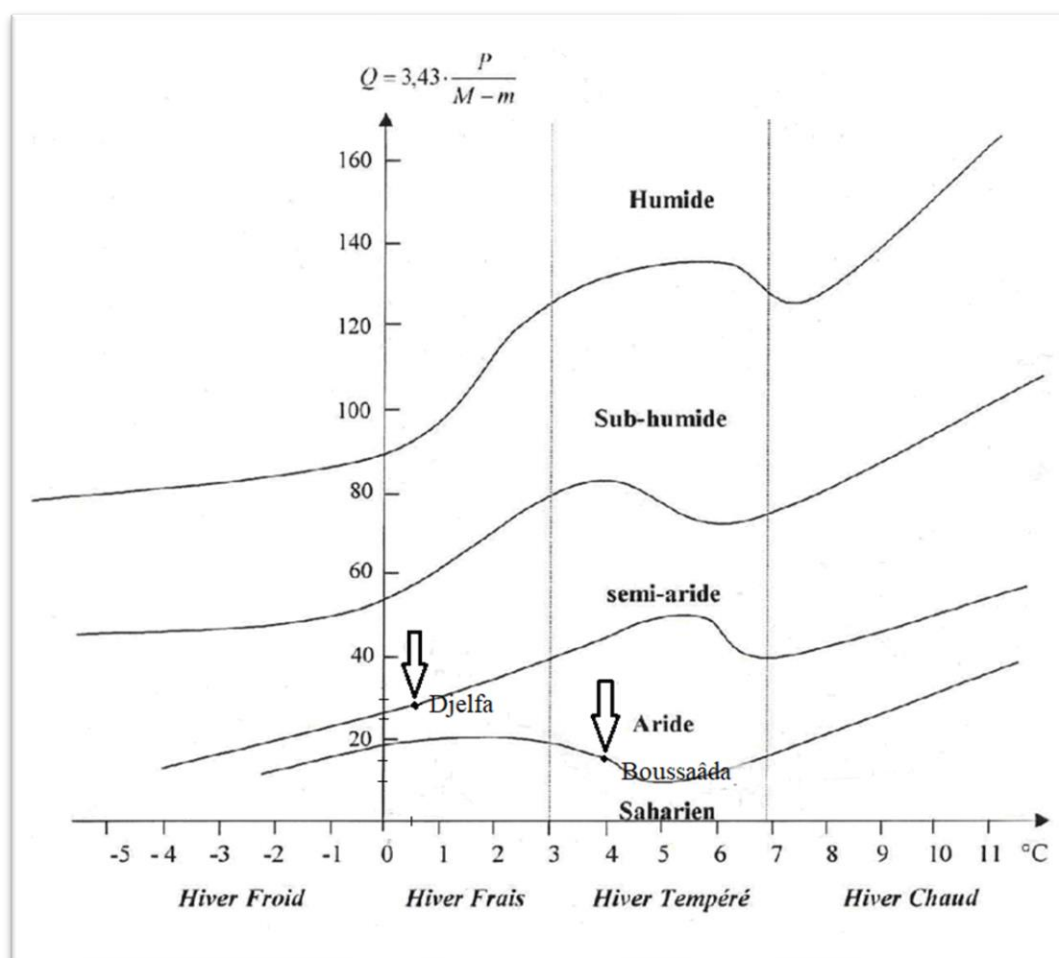


Figure 21 : Climagramme d'Emberger représente les deux régions d'étude

La région de Djelfa se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride inférieur et tend vers l'aridité à hiver frais. Dans l'autre côté, la région de Boussaâda se situe dans l'étage aride vers le saharien à hiver tempéré (Figure 21).

4- Matériel végétal

L'*Artemisia campestris* (armoïse rouge appelée aussi des champs, Figure 22) et l'*Artemisia herba alba* Asso (armoïse blanche, Figure 23) très répandues dans la zone steppique proviennent de deux zones à étage bioclimatique différent, il s'agit de :

- Elhouamed (Boussaâda)
- Mankeb Benhamed (Djelfa)

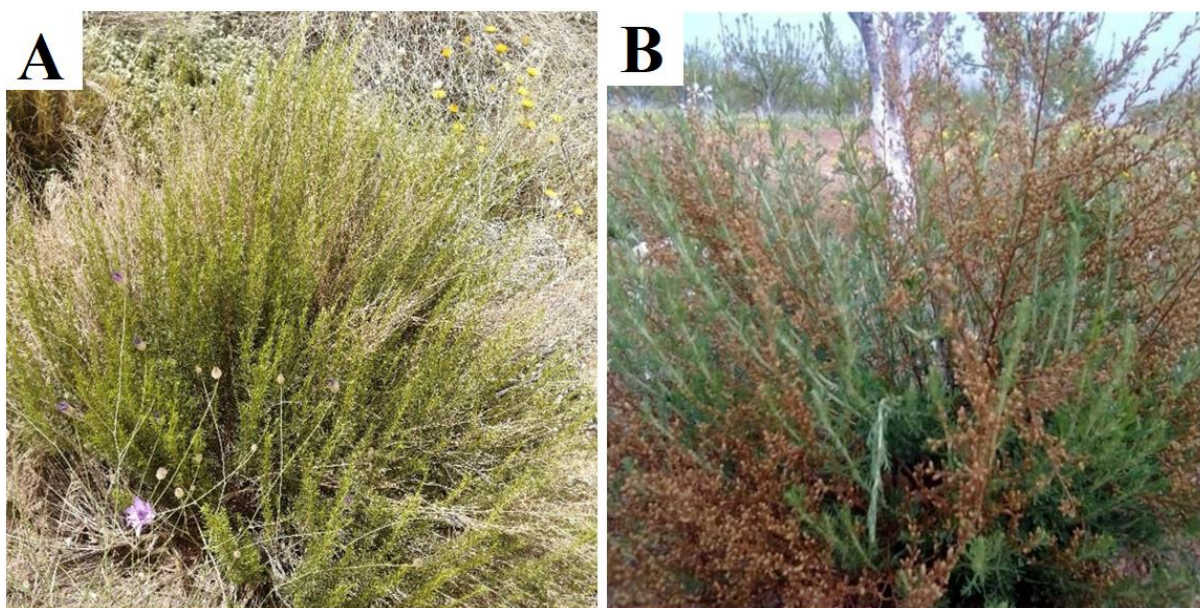


Figure 22 : *Artemisia campestris* L, A : de Djelfa ; B : de Boussaâda.

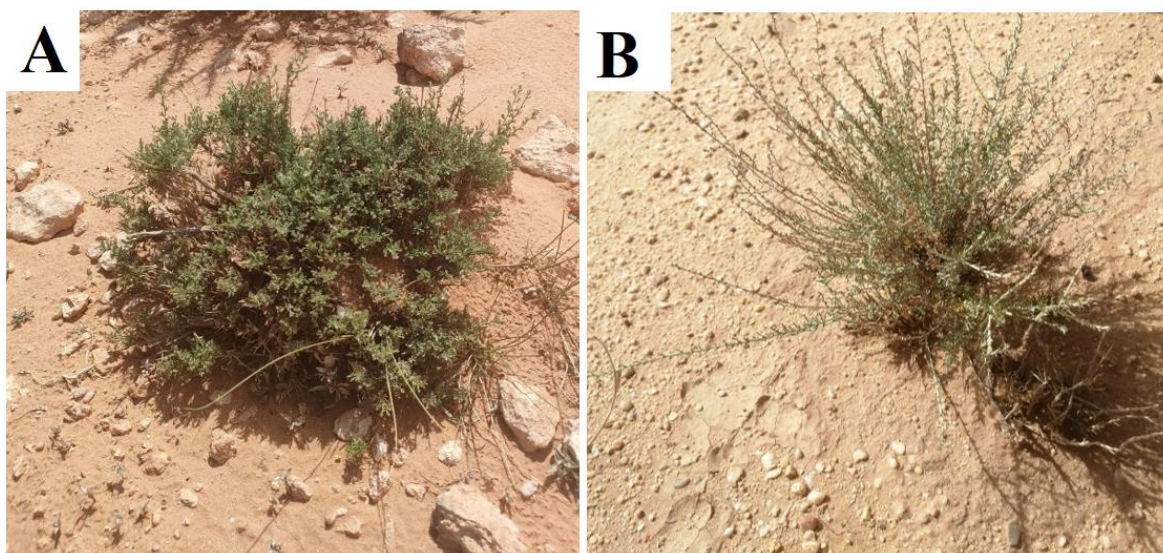


Figure 23 : *Artemisia herba alba* Asso, A : de Djelfa ; B : de Boussaâda.

4-1 Prélèvement des échantillons

Les plantes utilisées dans la présente étude sont prises au hasard dans les régions d'étude. Deux zones ont été choisies à partir des cartes végétales du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), qui sont des zones réservées et protégées (Mis en défens). L'*Artemisia campestris* est une plante qui préfère pousser dans des sols légers, ce qui nous a permis de la prélever dans les basses terres. Plus de cinq individus ont été sélectionnés en fonction de la quantité nécessaire aux analyses dans chaque région. L'*Artemisia herba alba* peut exister dans les mêmes basses terres, mais elle préfère les terres lourdes et en pente, ce qui nous a obligé de la récolter aux alentours de ces basses terres. Plus de dix individus ont été sélectionnés selon la nécessité des analyses dans chaque région. Le nombre et le volume des feuilles échantillonnées varient selon les saisons, ce qui nous amène à augmenter le nombre de pieds à sélectionner pour les prélèvements. Tous les échantillons ont été conservés à 4°C jusqu'au moment des analyses. Les feuilles sont les organes des plantes que nous avons analysés, car nous les sectionnons et les pesons en fonction de type d'analyse à effectuer avec 3 répétitions par paramètre et par région pour chaque saison (Hiver, printemps et été).

5- Paramètres étudiés

5-1 Paramètres biochimiques

5-1-1 Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par la méthode de Troll et Lindsley [88] simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar [89].

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique (Figure 24). La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule suivante après avoir une courbe étalant. [90. 91].

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

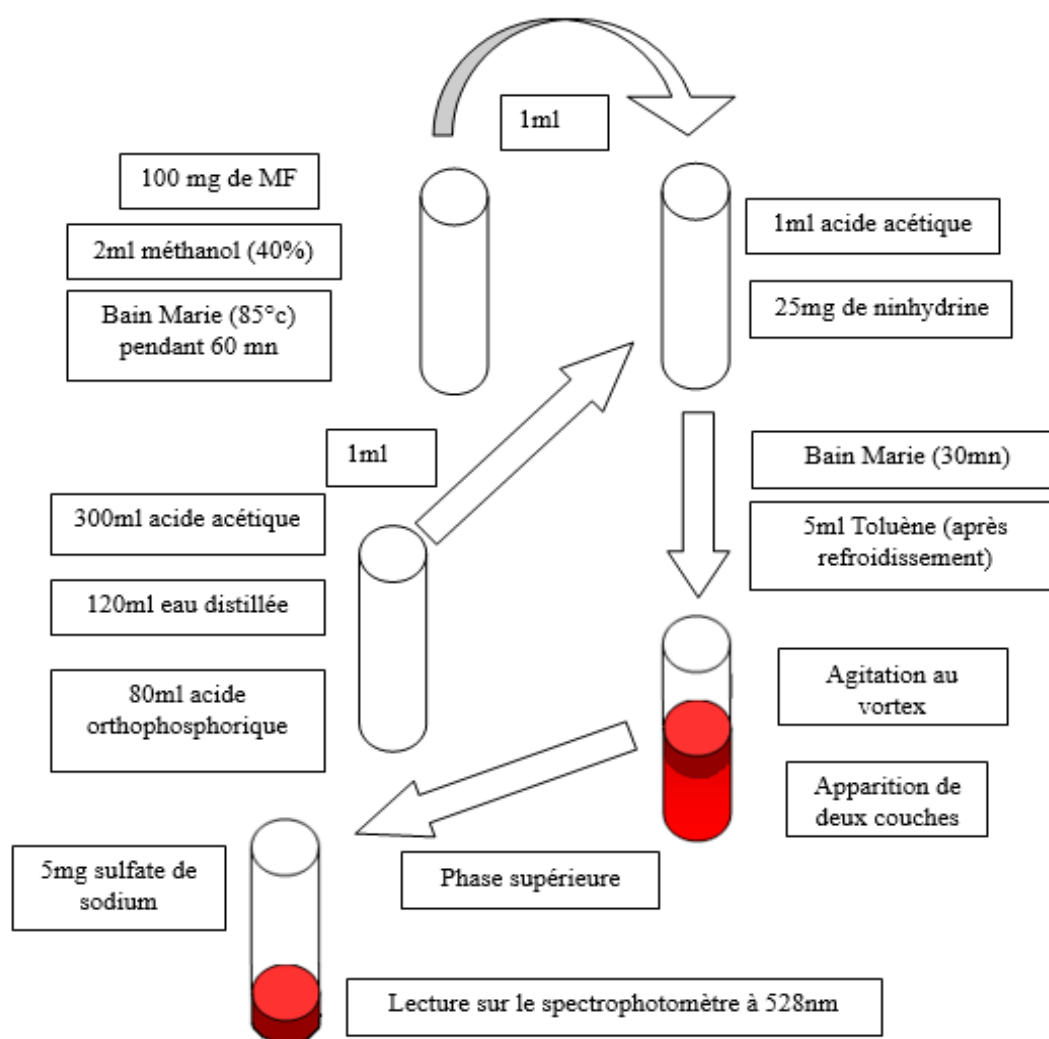


Figure 24 : Mode opératoire du dosage de la proline

5-1-2 Dosage des sucres solubles

En milieu acide et à chaud, les glucides solubles sont dégradés en furfural qui forme avec l'anthrone un composé bleu dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 625nm [92]. Nous avons procédé au dosage des sucres solubles dans les feuilles des plantes selon la méthode de Dubois, 1956 [93].

Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 490 nm (Figure 25), les résultats des densités optiques sont rapportés sur une courbe étalon des sucres solubles (en utilisant la formule calculée à partir la courbe d'étalonnage).

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{(490)} \times 1.657$$

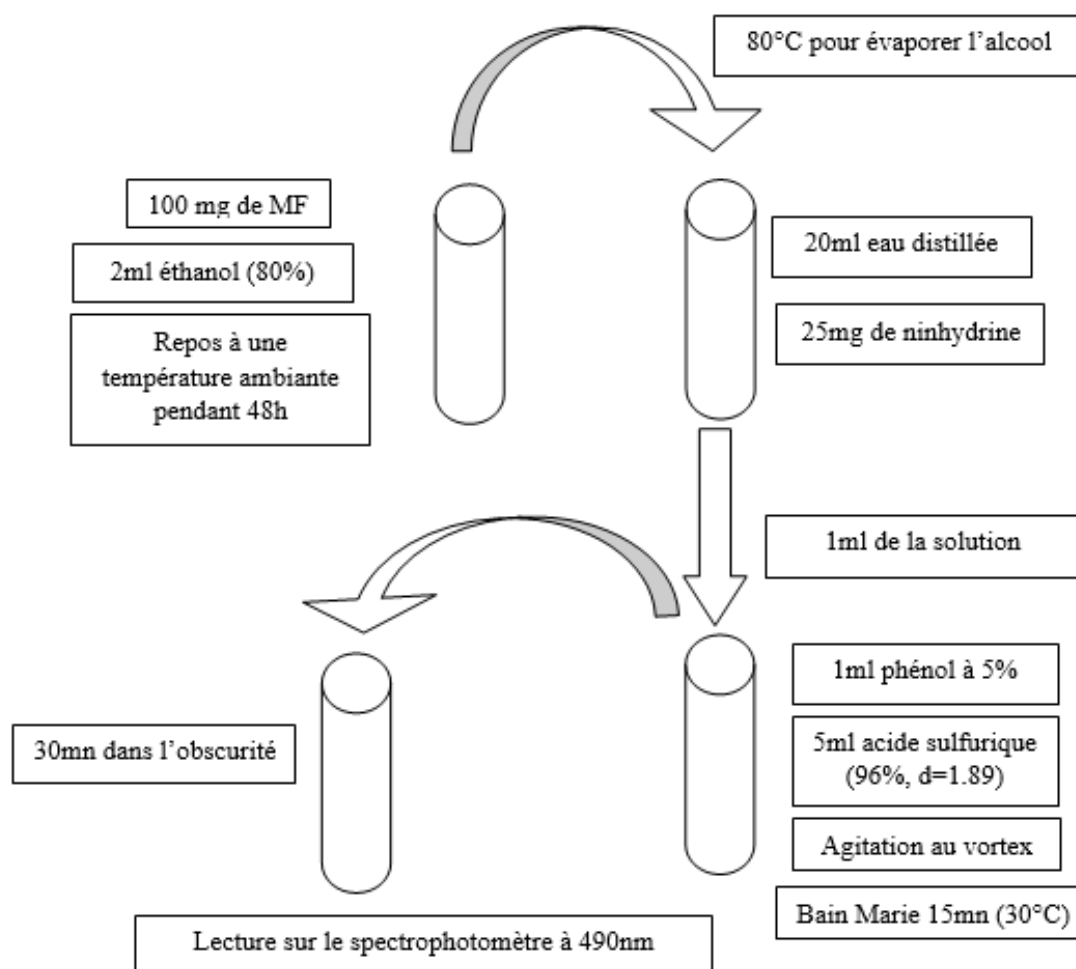


Figure 25 : Mode opératoire du dosage des sucres solubles

5-1-3 Dosage de la chlorophylle

Selon la méthode de Francis et *al.*, (1970), les chlorophylles (a) et (b) sont dosées, durant les différentes saisons et régions prédéfinies, sur les feuilles des deux armoises, en pratiquant 3 répétitions pour chaque traitement (Figure 26).

On procède à la lecture des densités optiques des solutions après 48h avec un spectrophotomètre, à trois longueurs d'ondes : (645 et 663 nm).

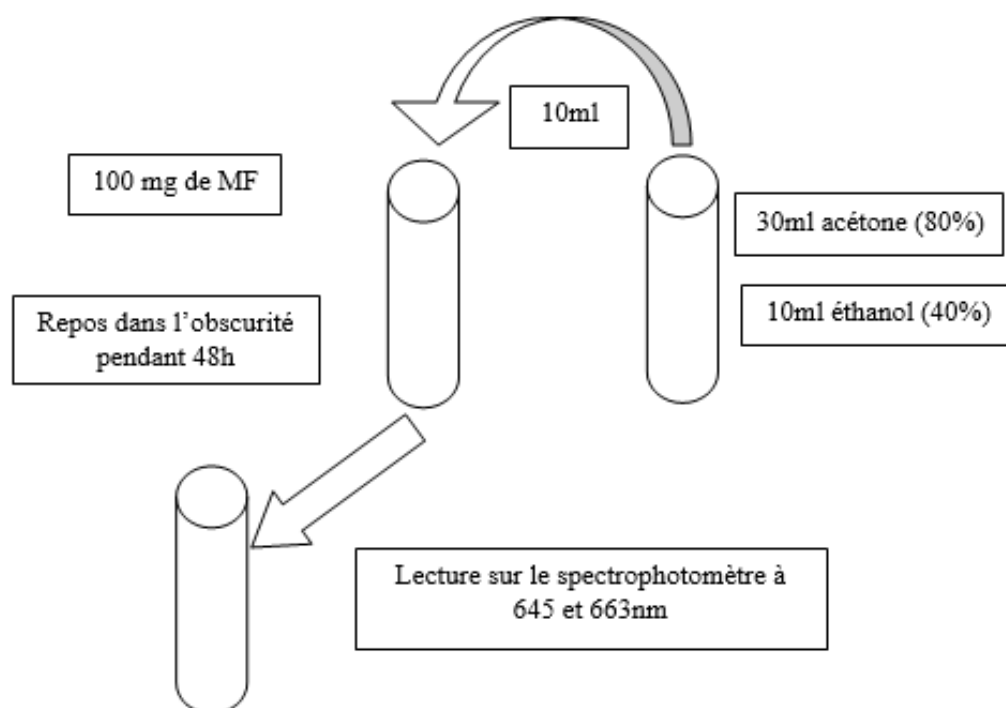


Figure 26 : Mode opératoire du dosage des chlorophylles a et b

La détermination des teneurs est déduite selon les formules :

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/g MF}) = (12.7 \times \text{DO}_{(663)} - 2.59 \times \text{DO}_{(645)}) V / 1000 \times W$$

$$\text{Chlorophylle b } (\mu\text{g/g MF}) = (22.9 \times \text{DO}_{(645)} - 4.68 \times \text{DO}_{(663)}) V / 1000 \times W$$

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

V: Volume de la solution extraite.

W: Poids de la matière fraîche de l'échantillon.

5-2 Eléments minéraux

Le dosage a été effectué suivant la méthode d'analyse spectrophotométrique par flux continu, au niveau de l'agence national de ressources hydrauliques (ANRH, Bire Mourad Rais, Alger).

Les résultats sont traités directement par un ordinateur relié à l'appareillage.

5-2-1 Minéralisation de l'échantillon végétal

Cette étape est déterminée par la méthode de AFNOR NFV 03-760.

Le mode de minéralisation décrit est utilisé pour le dosage du P, K, Na, Ca, Mg et les oligo-éléments : Fe, Mn, Cu, Zn... Il est indispensable de la suivre scrupuleusement pour obtenir des résultats comparables.

6- Analyse statistique

Les résultats sont présentés par les logiciels Excel et STATISTICA 6. Les résultats obtenus sont soumis à l'analyse de la variance multifactorielle à trois facteurs (Saison, Région et Année), avec des moyennes comparées selon la méthode de NEWMAN et KEULS.

Les tests de NEWMAN-KEULS permettent de constituer les groupes de traitement homogènes en se basant sur les plus petites amplitudes significatives. (P.P.A.S).

Résultats et discussion

Notre travail de recherche s'est déroulé sur 3 campagnes consécutives (2016/2017; 2017/2018 et 2018/2019) dont les résultats obtenus sont les suivants:

1- Teneur en proline

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en proline des feuilles analysées des deux armoises provenant de la région de Boussaâda est plus élevée que celles des plantes de la région de Djelfa, nous remarquons que le facteur Région a un effet très hautement significatif sur sa concentration ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartient à un groupe ou classe différente (groupes homogènes) (tableau 3 et 4). L'armoise blanche et l'armoise rouge de la région de Djelfa présentent une teneur très basse en proline avec une valeur de $0.739867 \mu\text{g/g}$ et $0.851696 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche respectivement. Comparées à celles de Boussaâda qui montrent une teneur plus forte, avec une valeur de $1.19886 \mu\text{g/g}$ et $1.144933 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche respectivement.

Tableau 3 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur, df = 36,000			
Région	Proline ($\mu\text{g/g}$ MF)	1	2
Boussaâda	$1,198896 \pm 0.48$	****	
Djelfa	$0,739867 \pm 0.43$		****

Tableau 4 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00140, df = 36,000			
Région	Proline	1	2
Boussaâda	$1,144933 \pm 0.29$	****	
Djelfa	$0,851696 \pm 0.53$		****

La figure 27 montre la moyenne des valeurs de concentration de la proline des deux plantes des deux régions (Djelfa et Boussaâda) respectivement dont la $\bar{Y} = 0,06030$, $F(2, 35) = 272,72$, $p = 0,0000$ et $\bar{Y} = 0,01582$, $F(2, 35) = 1088,8$, $p = 0,0000$ respectivement. Sachant que les moyennes calculées concernent les 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

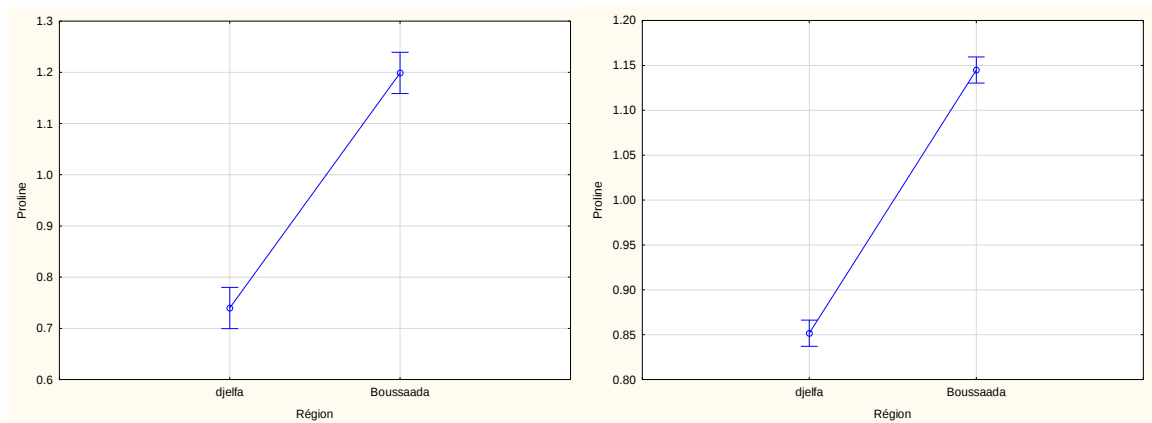


Figure 27 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. respectivement (facteur Région).

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en proline chez les deux armoises blanche et rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p < 0.001$). La teneur en proline est très forte en saison d'été, forte au printemps et faible en hiver.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent 3 groupes homogènes (tableau 5 et 6).

La saison estivale représente le groupe 1 possédant la plus forte teneur en proline avec 1.489033 et 1.364344 µg/g de la matière fraîche des deux armoises respectivement. La saison hivernale représente le groupe 3 où les feuilles ont accumulées une quantité de proline plus faible avec 0.424011 et 0.438478 µg/g. Le printemps s'est montré plus clément avec une quantité de proline enregistrée modérée à faible, elle est de 0.995100 et 1.192122 µg/g de la matière fraîche.

Tableau 5 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01064, df = 36,000				
Saison	Proline	1	2	3
Eté	1,489033 ± 0.22	****		
Printemps	0,995100 ± 0.31		****	
Hiver	0,424011 ± 0.24			****

Tableau 6 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (facteur Saison).

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00140, df = 36,000				
Saison	Proline	1	2	3
Eté	1,364344 ± 0.06	****		
Printemps	1,192122 ± 0.10		****	
Hiver	0,438478 ± 0.33			****

La figure 28 montre la moyenne des valeurs de concentration de la proline des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois saisons (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont la $V=0,01194$, $F(4, 70)=142,63$, $p=0,0000$ et $V=0,00023$, $F(4, 70)=1133,7$, $p=0,0000$ respectivement.

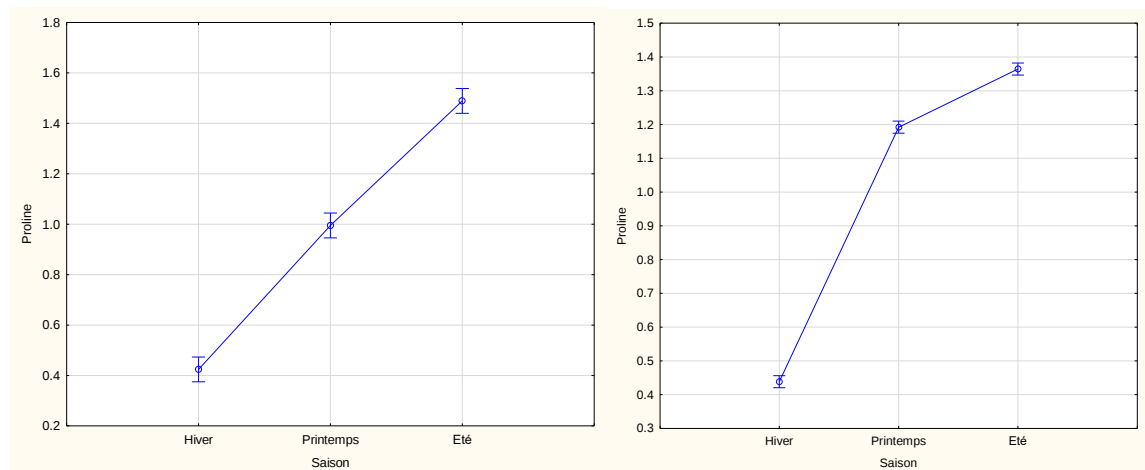


Figure 28 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (3 campagnes d'étude) n'a aucun effet significatif sur la teneur en proline chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p>0.05$). La moyenne des teneurs en proline est légèrement différente d'une année à une autre.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré pour l'armoise blanche et deux groupes pour l'armoise rouge (tableau 7 et 8).

Tableau 7 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01064, df = 36,000		
Année	Proline	1
2017	0,993722 ± 0.51	****
2018	0,973056 ± 0.50	****
2019	0,941367 ± 0.54	****

Tableau 8 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00140, df = 36,000			
Année	Proline	1	2
2019	1,003711 ± 0.46	****	
2017	1,014733 ± 0.47	****	
2018	0,976500 ± 0.45		****

La figure 29 montre la moyenne des valeurs de concentration de la proline des plantes l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois années différentes (2017, 2018 et 2019) dont la $\bar{Y}=0,91709$, $F(4, 70)=0,77394$, $p=0,54584$ et la $\bar{Y}=0,72639$, $F(4, 70)=3,0330$, $p=0,02295$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

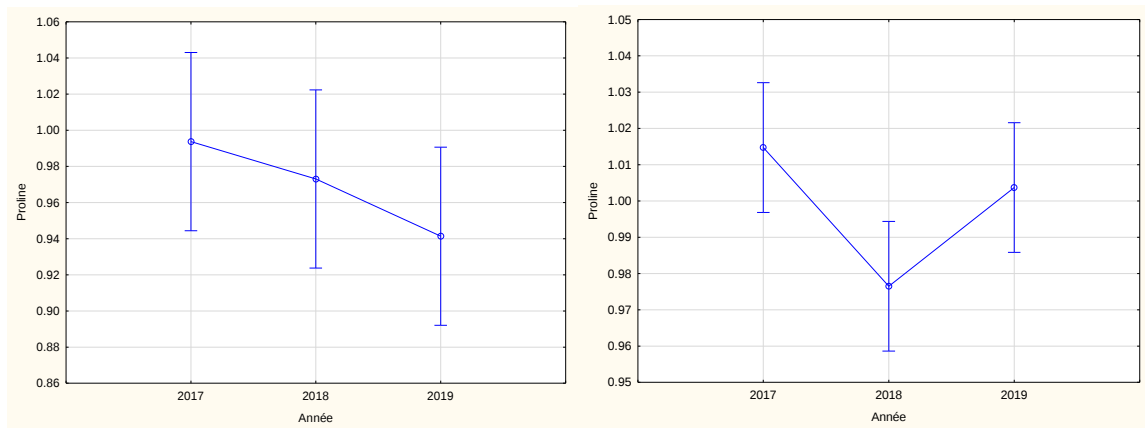


Figure 29 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)

L'analyse multifactorielle des teneurs en proline chez les plantes de l'armoise blanche, et selon le test de Knewman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p<0.001$).

Le tableau 9 indique qu'il existe quatre groupes homogènes. Le premier groupe contient la valeur de l'été de Boussaâda avec une valeur $1.701556\mu\text{g/g}$ de la matière frèche. Le deuxième groupe combine entre le printemps de Boussaâda et le l'été de Djelfa avec des valeurs de 1.291667 et $1.276511\mu\text{g/g}$ de MF respectivement. Le troisième groupe combine entre le printemps de Djelfa et l'hiver de Boussaâda avec des valeurs de 0.698533 et $0.603467\mu\text{g/g}$ de MF respectivement pour l'armoise blanche. L'hiver de Djelfa est présent dans le dernier groupe avec une valeur de 0.244556 et de MF.

Pour l'armoise rouge, le tableau 10 indique que chaque valeur de moyenne de teneur en proline des combinaisons entre Région et Saison est incluse dans un groupe distinct aux autres. L'été de Boussaâda et de Djelfa sont à l'ordre dans les groupes 1 et 2 avec des valeurs de 1.409467 et $1.319222\mu\text{g/g}$ de MF respectivement. Le printemps de Boussaâda a eu une valeur de $1.271000\mu\text{g/g}$ de MF dans le troisième groupe. La valeur de $1.113244\mu\text{g/g}$ de MF est celle du quatrième groupe et du printemps de Djelfa. Le cinquième groupe est celui de l'hiver de la région de Boussaâda avec une valeur de $0.754333\mu\text{g/g}$ de MF. Le dernier groupe contient la combinaison entre l'hiver et la région de Djelfa avec une valeur de $0.122622\mu\text{g/g}$ de MF.

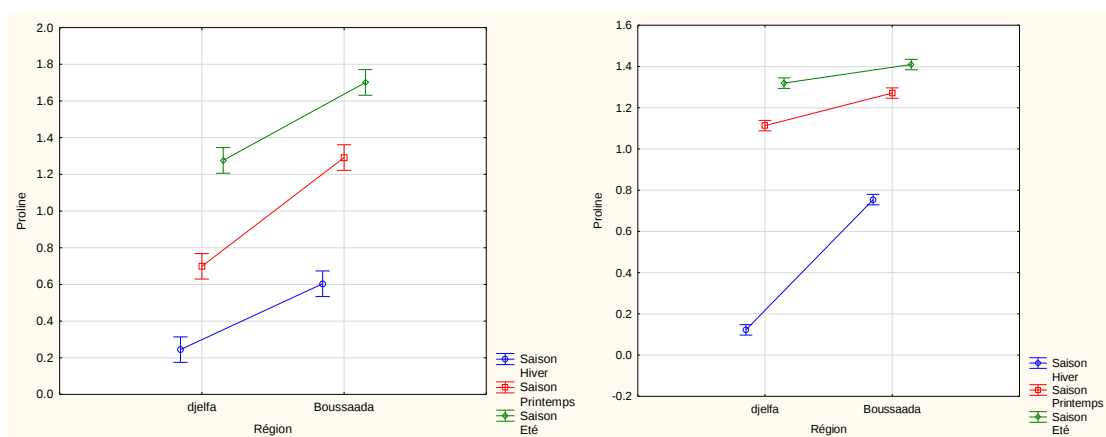
Tableau 9 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01064, df = 36,000						
Région	Saison	Proline	1	2	3	4
Boussaâda	Eté	1,701556±0.04	****			
Boussaâda	Printemps	1,291667±0.09		****		
Djelfa	Eté	1,276511±0.04		****		
Djelfa	Printemps	0,698533±0.05			****	
Boussaâda	Hiver	0,603467±0.21			****	
Djelfa	Hiver	0,244556±0.05				****

Tableau 10 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00140, df = 36,000								
Région	Saison	Proline	1	2	3	4	5	6
Boussaâda	Eté	1,409467±0.03	****					
Djelfa	Eté	1,319222±0.06		****				
Boussaâda	Printemps	1,271000±0.05			****			
Djelfa	Printemps	1,113244±0.06				****		
Boussaâda	Hiver	0,754333±0.02					****	
Djelfa	Hiver	0,122622±0.02						****

La figure 30 et la figure 31 montrent l'interaction entre les deux facteurs principaux (Région et Saison) de deux manières et avec $\bar{Y} = 0,43846$, $F(4, 70) = 8,9284$, $p = 0,00001$ et $\bar{Y} = 0,00860$, $F(4, 70) = 171,25$, $p = 0,0000$, et cela pour les deux armoises respectivement. La première montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

Figure 30 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

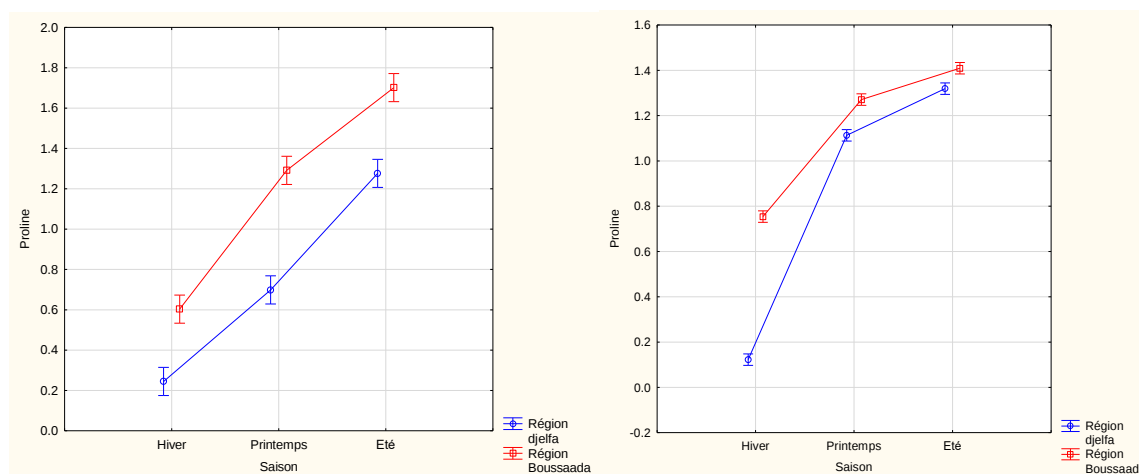


Figure 31 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région)

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en proline chez les deux plantes montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 11 signale qu'il existe des groupes hétérogènes et des groupes homogènes des plantes de l'armoise blanche. Le premier groupe contient les valeurs des étés de Boussaâda 2018, 2019 et 2017 respectivement avec 1.705000, 1.700867 et 1.698800 µg de la teneur en proline par gramme de la matière fraîche.

L'été de Djelfa 2019, le printemps de Boussaâda 2018, l'été de Djelfa 2017, le printemps de Boussaâda 2019, l'été de Djelfa 2018 et finalement le printemps de Boussaâda 2017 sont classés juste dans le deuxième groupe avec les valeurs qui suivent respectivement 1.240000, 1.242067, 1.285467, 1.302000, 1.304067 et 1.330933 µg/g de MF.

Le printemps de Djelfa 2018, l'hiver de Boussaâda 2018 et 2017, et les deux printemps de Djelfa 2019 et 2017 sont classés dans le troisième groupe. Leurs valeurs sont respectivement : 0.661333, 0.665467, 0.682000, 0.700600 et 0.733667 µg/g de MF.

Le quatrième groupe combine entre les trois hivers de Boussaâda (2019, 2018 et 2017) et le printemps de Djelfa 2019, avec des valeurs de même ordre : 0.462933, 0.665467, 0.682000 et 0.700600 µg/g de MF.

Le dernier groupe combine les trois hivers de Djelfa (2018-2019 et 2017) avec des valeurs de 0.260400, 0.241800 et 0.231467 µg/g de MF respectivement.

Le tableau 12 signale qu'ils existent sept groupes homogènes pour les plantes de l'armoise rouge. Le printemps de Djelfa 2018 est le seul qui est seul dans un groupe (le cinquième groupe) avec une valeur moyenne de $1.051933\mu\text{g/g}$ de MF. Le premier groupe ne contient que les étés de Boussaâda 2019, 2018 et 2017 respectivement, avec 1.401200, 1.409467 et $1.417733\mu\text{g}$ de la teneur en proline par gramme de la matière fraîche. Le deuxième groupe comportent cinq valeurs : le printemps de Boussaâda 2017 ($1.291667\mu\text{g/g}$ de MF), l'été de Djelfa 2018 ($1.302000\mu\text{g/g}$ de MF), le printemps de Boussaâda 2019 ($1.304067\mu\text{g/g}$ de MF), l'été de Djelfa 2019 ($1.324733\mu\text{g/g}$ de MF) et l'été de Djelfa 2017 ($1.330933\mu\text{g/g}$ de MF). Le quatrième et le troisième groupes contiennent deux valeurs de printemps pour chaque groupe, dont le printemps de Djelfa 2017 existe dans les deux groupes avec une valeur de $1.169733\mu\text{g/g}$ de MF. Les autres valeurs sont 1.118067 et $1.217267\mu\text{g/g}$ de MF pour chaque groupe respectivement.

Le dernier et l'avant dernier groupe contient respectivement les hivers de Djelfa (2017-2019 et 2018) et les hivers de Boussaâda (2018-2019 et 2017) respectivement avec des valeurs qui suivent : 0.115733, 0.121933 et $0.130200\mu\text{g/g}$ de MF pour le premier groupe. 0.748133, 0.752267 et $0.762600\mu\text{g/g}$ de MF pour le deuxième.

Tableau 11 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01064, df = 36,000								
Année	Région	Saison	Proline	1	2	3	4	5
2018	Boussaâda	Eté	$1,705\pm 0.04$	****				
2019	Boussaâda	Eté	$1,700\pm 0.05$	****				
2017	Boussaâda	Eté	$1,698\pm 0.05$	****				
2017	Boussaâda	Printemps	$1,330\pm 0.12$		****			
2018	Djelfa	Eté	$1,304\pm 0.03$		****			
2019	Boussaâda	Printemps	$1,302\pm 0.09$		****			
2017	Djelfa	Eté	$1,285\pm 0.04$		****			
2018	Boussaâda	Printemps	$1,242\pm 0.04$		****			
2019	Djelfa	Eté	$1,240\pm 0.03$		****			
2017	Djelfa	Printemps	$0,733\pm 0.04$			****		
2019	Djelfa	Printemps	$0,700\pm 0.04$			****	****	
2017	Boussaâda	Hiver	$0,682\pm 0.12$			****	****	
2018	Boussaâda	Hiver	$0,665\pm 0.07$			****	****	
2018	Djelfa	Printemps	$0,661\pm 0.03$			****		
2019	Boussaâda	Hiver	$0,462\pm 0.35$				****	
2018	Djelfa	Hiver	$0,260\pm 0.06$					****
2019	Djelfa	Hiver	$0,241\pm 0.04$					****
2017	Djelfa	Hiver	$0,231\pm 0.07$					****

Tableau 12 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs).

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00140, df = 36,000										
Année	Région	Saison	Proline	1	2	3	4	5	6	7
2017	Boussaâda	Eté	1,418±0.03	****						
2018	Boussaâda	Eté	1,409±0.03	****						
2019	Boussaâda	Eté	1,401±0.03	****						
2017	Djelfa	Eté	1,331±0.08		****					
2019	Djelfa	Eté	1,325±0.05		****					
2019	Boussaâda	Printemps	1,304±0.03		****					
2018	Djelfa	Eté	1,302±0.06		****					
2017	Boussaâda	Printemps	1,292±0.04		****					
2018	Boussaâda	Printemps	1,217±0.03			****				
2017	Djelfa	Printemps	1,169±0.04			****	****			
2019	Djelfa	Printemps	1,118±0.03				****			
2018	Djelfa	Printemps	1,052±0.03					****		
2017	Boussaâda	Hiver	0,763±0.02						****	
2019	Boussaâda	Hiver	0,752±0.03						****	
2018	Boussaâda	Hiver	0,748±0.03						****	
2018	Djelfa	Hiver	0,130±0.02							****
2019	Djelfa	Hiver	0,122±0.03							****
2017	Djelfa	Hiver	0,116±0.02							****

Les figures 32, 33 et 34 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $\bar{Y} = 0,88499$, $F(8, 70) = 0,55117$, $p = 0,81379$. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction d'Année. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction d'Année. La dernière figure illustre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction de Région.

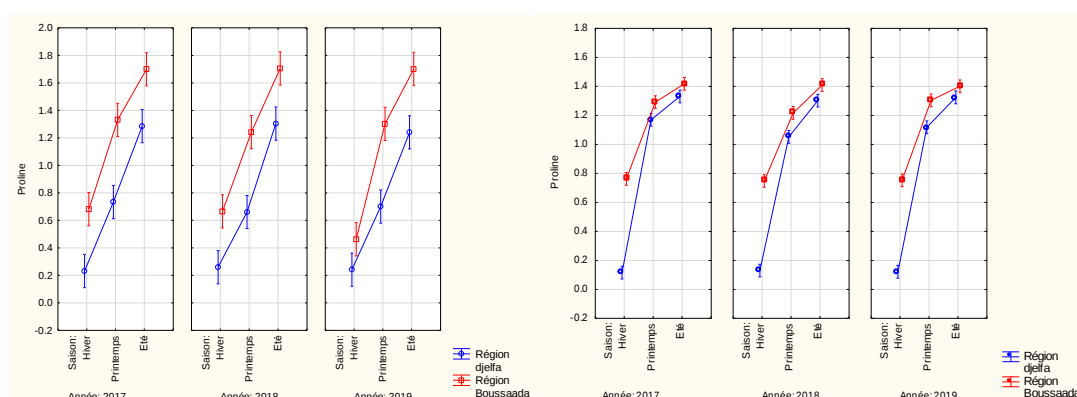


Figure 32 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

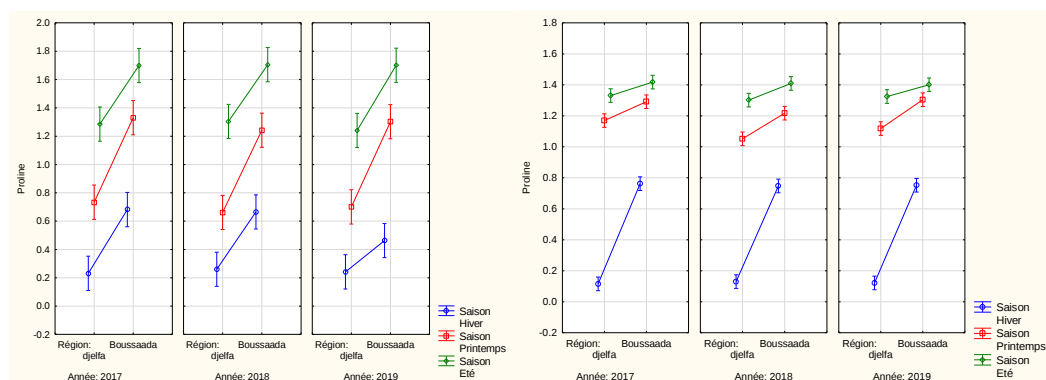


Figure 33 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison en fonction Année)

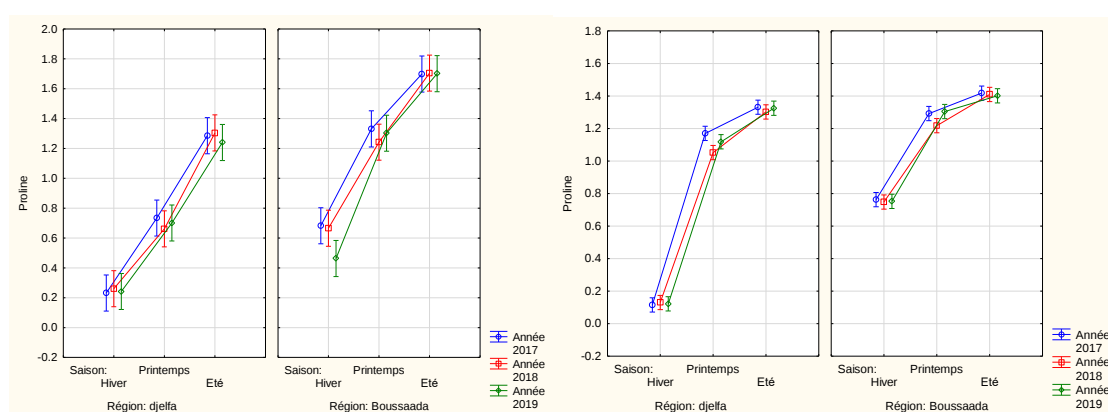


Figure 34 : Teneur en proline chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

2- Teneur en sucres solubles

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en sucres solubles des feuilles analysées de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L. provenant de la région de Boussaâda est plus élevée que celle des plantes de la région de Djelfa, nous remarquons que le facteur région a un effet très hautement significatif sur la teneur en sucres solubles ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartient à un groupe ou classe différente (groupes homogènes) (tableau 13 et 14). L'armoise blanche et l'armoise rouge de la région de Djelfa présentent une teneur très basse en sucres solubles avec une valeur de 1.164810 et 0.675074 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche respectivement. Comparée à celles de la région de Boussaâda qui montrent une teneur plus forte en sucres solubles, avec une valeur de 1.753351 et 0.176470 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

Tableau 13 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01480, df = 36,000			
Région	Sucres solubles	1	2
Boussaâda	1,753351 $\pm$ 0.59	****	
Djelfa	1,164810 $\pm$ 0.51		****

Tableau 14 : Teneur en sucres solubles chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00288, df = 36,000			
Région	Sucres solubles	1	2
Boussaâda	1,176470 $\pm$ 0.76		****
Djelfa	0,675074 $\pm$ 0.32	****	

La figure 35 montre la moyenne des valeurs de concentration des sucres solubles de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions (Djelfa et Boussaâda) dont la $\bar{Y} = 0,06940$, $F(2, 35) = 234,67$, $p = 0,0000$ et $\bar{Y} = 0,01582$, $F(2, 35) = 1088,8$, $p = 0,0000$ respectivement, sachant que les moyennes calculées concernent les 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

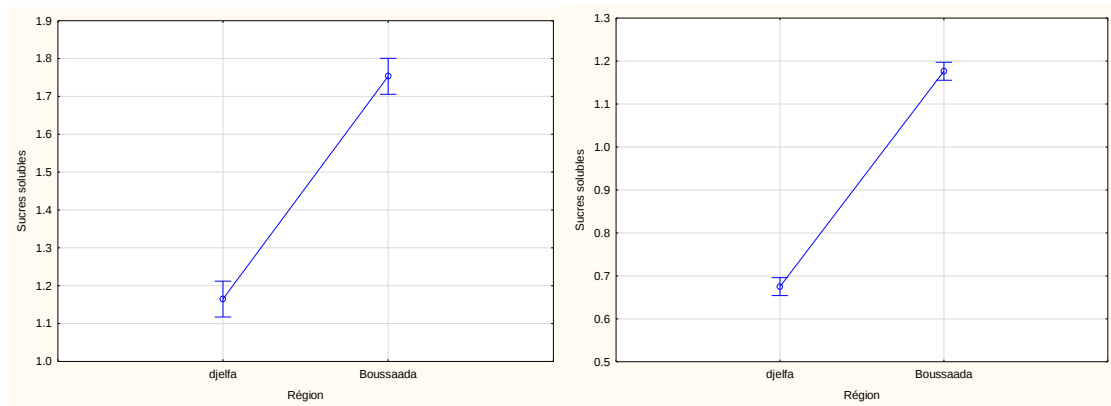


Figure 35 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Région)

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en sucres solubles chez les deux plantes des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p < 0.001$). La teneur en sucres solubles est très forte en saison d'été, forte au printemps et faible en hiver.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent 3 groupes homogènes pour chaque plante (tableau 15 et 16).

La saison de l'été représente le groupe 1 possédant la plus forte teneur en sucres solubles avec une valeur de 2.144894 et 1.591641 µg/g de la matière fraîche pour l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement. La saison hivernale représente le groupe 3 où les feuilles ont accumulé une quantité des sucres solubles plus faible avec une valeur de 0.876369 et 0.304704 µg/g de la matière fraîche. Le printemps s'est montré plus clément avec une quantité des sucres solubles enregistrée modérée à faible, elle est de 1.355978 et 0.880972 µg/g de la matière fraîche.

Tableau 15 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01480, df = 36,000				
Saison	Sucres solubles	1	2	3
Eté	2,144894 ± 0.33	****		
Printemps	1,355978 ± 0.44		****	
Hiver	0,876369 ± 0.19			****

Tableau 16 : Teneur en sucres solubles chez *A. campestris* L. (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00288, df = 36,000				
Saison	Sucres solubles	1	2	3
Eté	1,591641 ± 0.54			****
Printemps	0,880972 ± 0.25		****	
Hiver	0,304704 ± 0.03	****		

La figure 36 montre la moyenne des valeurs de concentration des sucres solubles des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois saisons différents (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont la $V=0,01399$, $F(4, 70) = 130,44$, $p=0,0000$ et $V=0,00023$, $F(4, 70) = 1133,7$, $p=0,0000$ respectivement.

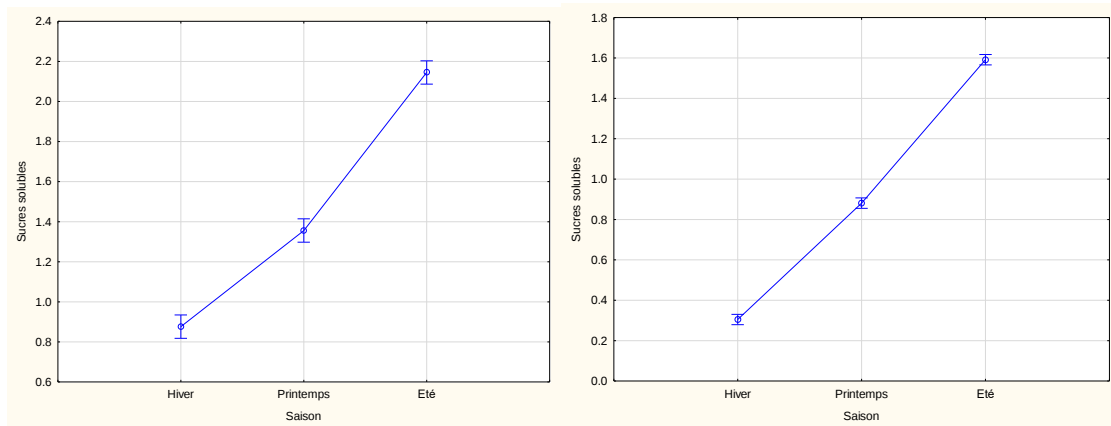


Figure 36 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (3 campagnes d'étude) n'a aucun effet significatif sur la teneur en sucres solubles chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p>0.05$). La moyenne des teneurs en sucres solubles est très légèrement différente.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré pour les deux plantes (tableau 17 et 18).

Tableau 17 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01480, df = 36,000		
Année	Sucres solubles	1
2018	1,471968 ± 0.63	****
2017	1,460001 ± 0.64	****
2019	1,445272 ± 0.64	****

Tableau 18 : Teneur en proline chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00288, df = 36,000		
Année	Sucres solubles	1
2017	0,941728 ± 0.65	****
2018	0,918714 ± 0.66	****
2019	0,916873 ± 0.61	****

La figure 37 montre la moyenne des valeurs de concentration des sucres solubles des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois années différentes (2017, 2018 et 2019) dont la $\bar{Y}=0,93151$, $F(4, 70)=0,63194$, $p=0,64136$ et $\bar{Y}=0,72639$, $F(4, 70)=3,0330$, $p=0,02295$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

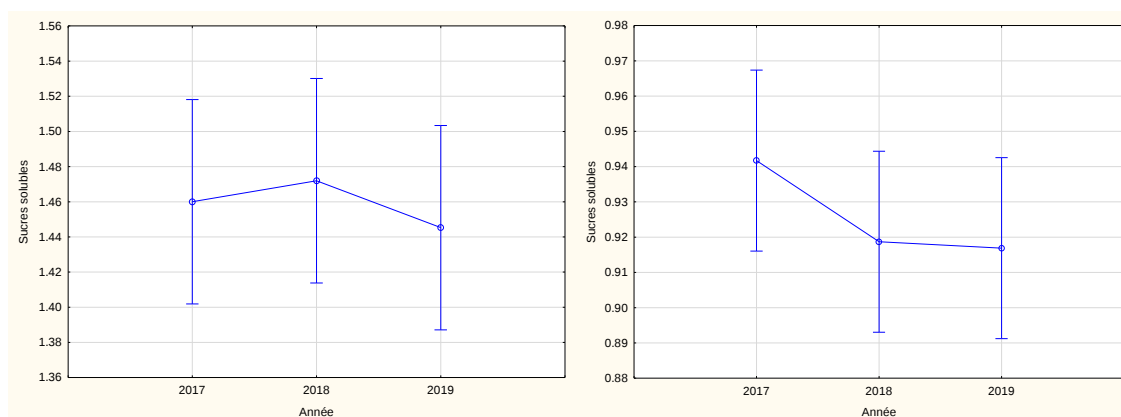


Figure 37 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)

L'analyse multifactorielle des teneurs en sucres solubles chez les deux plantes, et selon le test de Knewman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs principaux (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p<0.001$).

Le tableau 19 indique qu'il existe quatre groupes homogènes chez l'armoise blanche. Le premier et le deuxième contiennent deux valeurs de combinaison entre Région et Saison pour chaque groupe. Le printemps de Djelfa et l'hiver de Boussaâda avec des valeurs de teneur en sucres solubles de 0.938967 et $1.047592\mu\text{g/g}$ de MF des feuilles des plantes de l'armoise blanche sont enregistrés pour le premier groupe. Le deuxième groupe contient deux valeurs de teneur en sucres solubles des plantes de l'armoise blanche de deux saisons différentes des deux régions, le printemps de Boussaâda et l'été de Djelfa, avec des valeurs de 1.772990 et $1.850317\mu\text{g/g}$ de MF respectivement. Le troisième groupe est présenté par la teneur en sucres solubles des plantes de l'armoise blanche de l'hiver de Djelfa avec une valeur de $0.705146\mu\text{g/g}$ de MF. Le quatrième groupe est celui de teneur en sucres solubles des plantes de l'armoise blanche de l'été de Boussaâda avec une valeur de $2.439472\mu\text{g/g}$ de MF.

Le tableau 20 indique qu'il existe quatre groupes homogènes chez l'armoise rouge, et que les deux premiers groupes contiennent deux valeurs pour chaque groupe. Les teneurs de l'hiver de Boussaâda et de l'hiver de Djelfa appartiennent au premier groupe avec des valeurs

de 0.298260 et 0.311148 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement. Les teneurs de l'été de Djelfa et du printemps de Boussaâda appartiennent aussi au même groupe avec des valeurs de 1.066003 et 1.113872 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement. Le troisième groupe ne contient que la teneur du printemps de Djelfa avec une valeur de 0.648071 $\mu\text{g/g}$ de MF. La teneur de l'été de Boussaâda appartient au dernier groupe avec une valeur de 2.117278 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Tableau 19 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01480, df = 36,000						
Région	Saison	Sucres solubles	1	2	3	4
Boussaâda	Eté	2,439472 $\pm$ 0.12	****			
Djelfa	Eté	1,850317 $\pm$ 0.15			****	
Boussaâda	Printemps	1,772990 $\pm$ 0.14			****	
Boussaâda	Hiver	1,047592 $\pm$ 0.09				****
Djelfa	Printemps	0,938967 $\pm$ 0.08				****
Djelfa	Hiver	0,705146 $\pm$ 0.08		****		

Tableau 20 : Teneur en sucres solubles chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00288, df = 36,000						
Région	Saison	Sucres solubles	1	2	3	4
Boussaâda	Eté	2,117278 $\pm$ 0.09	****			
Boussaâda	Printemps	1,113872 $\pm$ 0.10			****	
Djelfa	Eté	1,066003 $\pm$ 0.04			****	
Djelfa	Printemps	0,648071 $\pm$ 0.05		****		
Djelfa	Hiver	0,311148 $\pm$ 0.03				****
Boussaâda	Hiver	0,298260 $\pm$ 0.04				****

La figure 38 et la figure 39 montrent l'interaction entre les deux facteurs principaux (Région/Saison) de deux manières et avec $\bar{Y} = 0,45525$, $F(4, 70) = 8,4365$, $p = 0,00001$ et $\bar{Y} = 0,00860$, $F(4, 70) = 171,25$, $p = 0,0000$ pour l'armoise blanche et rouge respectivement. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

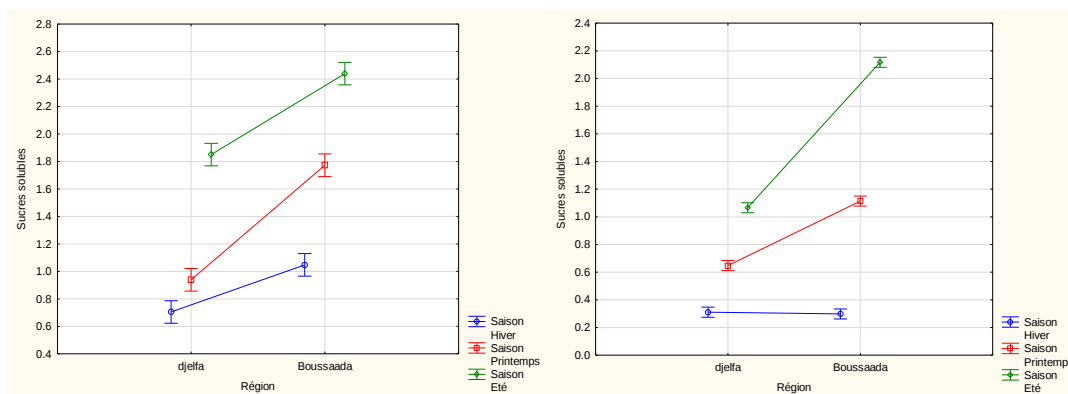


Figure 38 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison).

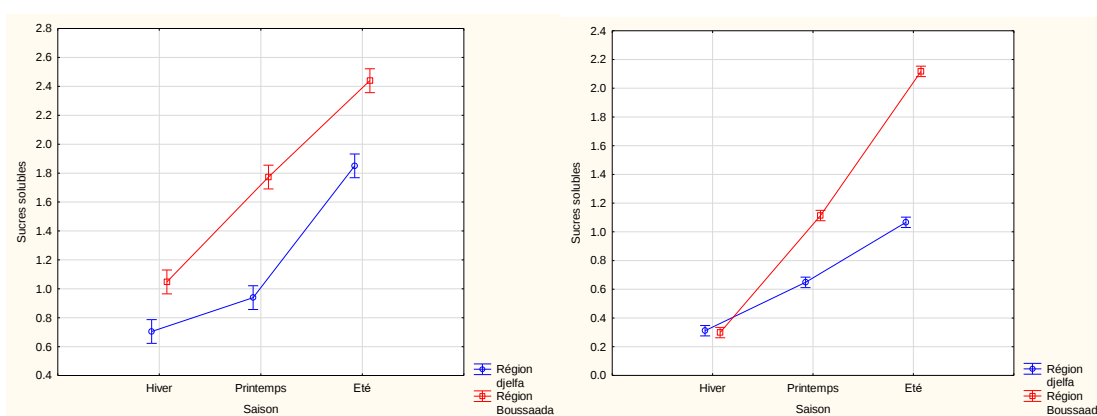


Figure 39 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région).

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en sucres solubles chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 21 signale qu'il existe cinq groupes homogènes dont chaque groupe contient plusieurs valeurs pour l'armoise blanche. Le premier groupe combine les teneurs en sucres solubles des trois hivers de Djelfa (2017-2019 et 2018) et les teneurs en sucres solubles des deux printemps de Djelfa (2019 et 2018) avec des valeurs de 0.673847, 0.695940, 0.745650, 0.878210 et 0.950013 µg/g de MF respectivement.

Ces trois derniers sont groupés dans le deuxième groupe avec la teneur en sucres solubles du printemps de Djelfa 2017 avec une valeur de 0.988677 µg/g de MF, et la teneur en sucres solubles de l'hiver de Boussaâda 2017 avec une valeur de 1,005247 µg/g de MF.

Les quatre dernières valeurs dans le deuxième groupe sont aussi groupées dans le troisième groupe avec les teneurs en sucres solubles des hivers de Boussaâda (2019 et 2018), leurs valeurs sont 1.060480 et 1,077050 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Les teneurs en sucres solubles des printemps de Boussaâda sont classés dans le quatrième groupe avec les teneurs des étés de Djelfa. L'ordre et les valeurs sont comme suit :

Printemps de Boussaâda 2018 (avec une valeur de 1.684617 $\mu\text{g/g}$ de MF), Eté de Djelfa 2019 (avec une valeur de 1.789560 $\mu\text{g/g}$ de MF), Printemps de Boussaâda 2017 (avec une valeur de 1,806130 $\mu\text{g/g}$ de MF), Printemps de Boussaâda 2019 (avec une valeur de 1,828223 $\mu\text{g/g}$ de MF), Eté de Djelfa 2017 (avec une valeur de 1,855840 $\mu\text{g/g}$ de MF) et finalement Eté de Djelfa 2018 (avec une valeur de 1,905550 $\mu\text{g/g}$ de MF).

Le dernier groupe ne contient que les teneurs en sucres solubles des étés de la région de Boussaâda qui ont l'ordre et les valeurs qui suivent :

Eté de Boussaâda 2019 avec une valeur de 2.419220 $\mu\text{g/g}$ de MF, Eté de Boussaâda 2017 avec une valeur de 2,430267 $\mu\text{g/g}$ de MF et Eté de Boussaâda 2018 avec une valeur de 2,468930 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le tableau 22 signale qu'il existe six groupes homogènes pour l'armoïse rouge. La saison estivale de Boussaâda 2019 est la seule saison qui appartient seule à un groupe (le cinquième groupe) avec une valeur moyenne de teneur en sucres solubles de 2.021540 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le premier groupe contient respectivement les teneurs en sucres solubles des hivers de Boussaâda (2017-2018 et 2019) et les teneurs en sucres solubles des hivers de Djelfa (2017-2018 et 2019) avec des valeurs qui suivent : 0.292737, 0.298260 et 0.303783 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les teneurs en sucres solubles des hivers de Boussaâda. 0.298260, 0.314830 et 0.320353 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les teneurs en sucres solubles des hivers de Djelfa.

Le deuxième groupe contient les teneurs en sucres solubles des périodes printanières des 3 années de Djelfa (2018-2019 et 2017), leurs valeurs sont de l'ordre de 0.607567, 0.651753 et 0.684893 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Les teneurs en sucres solubles des étés de la région de Djelfa appartiennent au troisième groupe avec la teneur en sucres solubles du printemps de la région de Boussaâda 2018 (1.027340 $\mu\text{g/g}$ de MF). Les valeurs des teneurs des étés de Djelfa (2019-2017 et 2018) sont : 1.049433, 1.066003 et 1.082573 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Ces mêmes teneurs des étés de la région de Djelfa appartiennent au quatrième groupe avec les deux teneurs en sucres solubles des printemps de Boussaâda (2019 et 2017) avec des valeurs de 1.154377 et 1.159900 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le dernier groupe ne contient que les deux teneurs en sucres solubles des étés de Boussaâda (2017 et 2018) respectivement, avec des valeurs de 2.148577 et 2.181717 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

Tableau 21 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01480, df = 36,000								
Année	Région	Saison	Sucres solubles	1	2	3	4	5
2018	Boussaâda	Été	2,468930 $\pm$ 0.16	****				
2017	Boussaâda	Été	2,430267 $\pm$ 0.14	****				
2019	Boussaâda	Été	2,419220 $\pm$ 0.09	****				
2018	Djelfa	Été	1,905550 $\pm$ 0.11		****			
2017	Djelfa	Été	1,855840 $\pm$ 0.20		****			
2019	Boussaâda	Printemps	1,828223 $\pm$ 0.16		****			
2017	Boussaâda	Printemps	1,806130 $\pm$ 0.16		****			
2019	Djelfa	Été	1,789560 $\pm$ 0.18		****			
2018	Boussaâda	Printemps	1,684617 $\pm$ 0.10		****			
2018	Boussaâda	Hiver	1,077050 $\pm$ 0.10			****		
2019	Boussaâda	Hiver	1,060480 $\pm$ 0.09			****		
2017	Boussaâda	Hiver	1,005247 $\pm$ 0.09			****	****	
2017	Djelfa	Printemps	0,988677 $\pm$ 0.08			****	****	
2018	Djelfa	Printemps	0,950013 $\pm$ 0.08			****	****	****
2019	Djelfa	Printemps	0,878210 $\pm$ 0.08			****	****	****
2018	Djelfa	Hiver	0,745650 $\pm$ 0.09				****	****
2019	Djelfa	Hiver	0,695940 $\pm$ 0.08					****
2017	Djelfa	Hiver	0,673847 $\pm$ 0.07					****

Tableau 22 : Teneur en sucres solubles chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00288, df = 36,000									
Année	Région	Saison	Sucres solubles	1	2	3	4	5	6
2018	Boussaâda	Eté	2,181717±0.06	****					
2017	Boussaâda	Eté	2,148577±0.05	****					
2019	Boussaâda	Eté	2,021540±0.06		****				
2017	Boussaâda	Printemps	1,159900±0.06			****			
2019	Boussaâda	Printemps	1,154377±0.07			****			
2018	Djelfa	Eté	1,082573±0.06			****	****		
2017	Djelfa	Eté	1,066003±0.03			****	****		
2019	Djelfa	Eté	1,049433±0.05			****	****		
2018	Boussaâda	Printemps	1,027340±0.10				****		
2017	Djelfa	Printemps	0,684893±0.06					****	
2019	Djelfa	Printemps	0,651753±0.04					****	
2018	Djelfa	Printemps	0,607567±0.04					****	
2019	Djelfa	Hiver	0,320353±0.04						****
2018	Djelfa	Hiver	0,314830±0.02						****
2019	Boussaâda	Hiver	0,303783±0.04						****
2017	Djelfa	Hiver	0,298260±0.05						****
2018	Boussaâda	Hiver	0,298260±0.04						****
2017	Boussaâda	Hiver	0,292737±0.04						****

Les figures 40, 41 et 42 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $\bar{Y} = 0,88631$, $F(8, 70) = 0,54427$, $p = 0,81914$ et $\bar{Y} = 0,78265$, $F(8, 70) = 1,1406$, $p = 0,34764$ respectivement pour l'armoise blanche et l'armoise rouge. La première montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction du facteur Année. Par contre, la deuxième montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction du facteur Année. La dernière illustre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction du facteur Région.

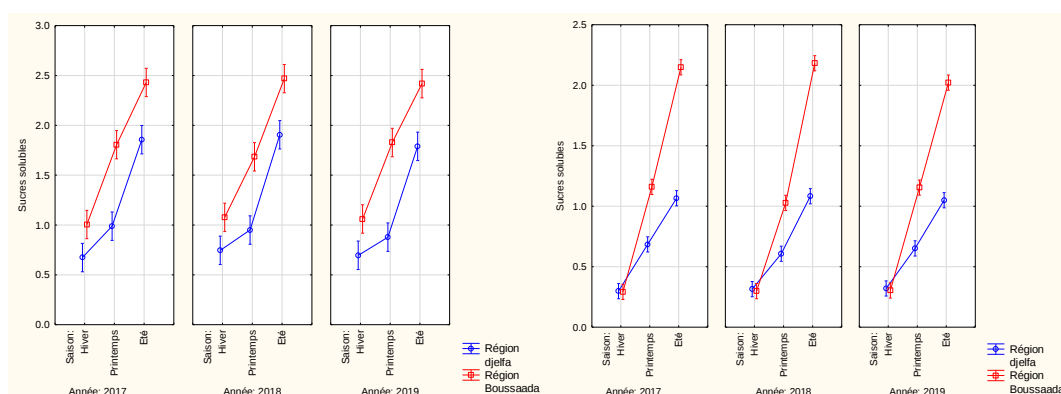


Figure 40 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

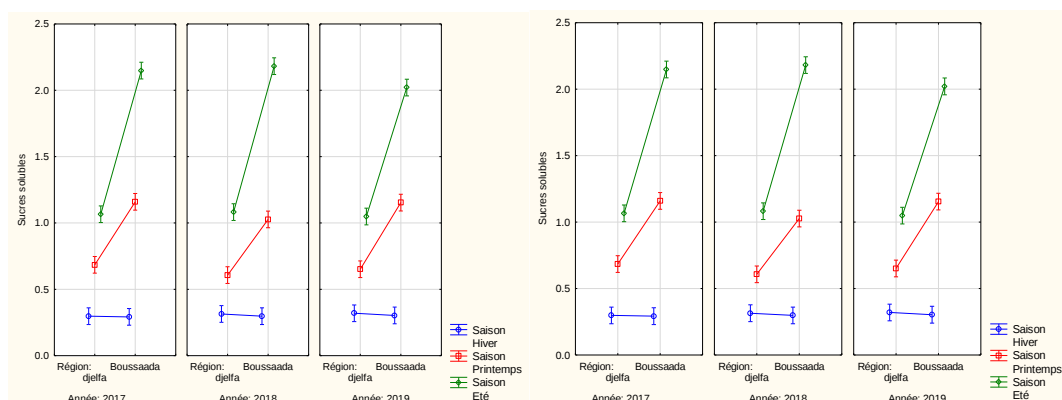


Figure 41 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région /Saison en fonction Année)

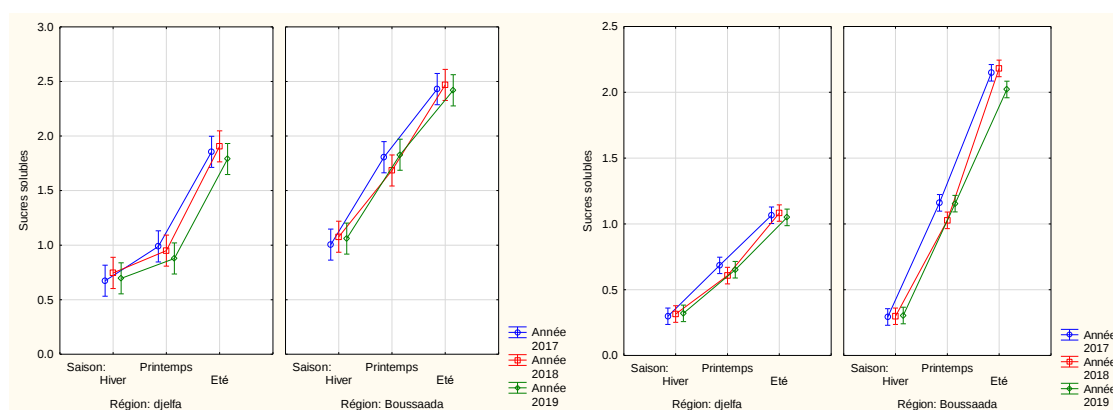


Figure 42 : Teneur en sucres solubles chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

3- Teneur en chlorophylle

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en chlorophylle des feuilles analysées de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L. provenant de la région de Djelfa est plus élevée que celles des plantes de la région de Boussaâda, nous remarquons que le facteur région a un effet très hautement significatif sur sa concentration ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartient à un groupe ou classe différente (groupes homogènes) (tableau 23 et 24). Les plantes de la région de Djelfa présentent une teneur plus forte en chlorophylle avec une valeur de 0.281371 et 0.372172 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche. Comparées à celles de la région de Boussaâda qui montrent une teneur plus faible en chlorophylle, avec une valeur de 0.253077 et 0.333347 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

Tableau 23 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00005, df = 36,000			
Région	Chlorophylle	1	2
Djelfa	0,281371±0.05	****	
Boussaâda	0,253077±0.12		****

Tableau 24 : Teneur en chlorophylle chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00003, df = 36,000			
Région	Chlorophylle	1	2
Djelfa	0,372172±0.05	****	
Boussaâda	0,333347±0.16		****

La figure 43 montre la moyenne des valeurs de teneur de la chlorophylle des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement des deux régions (Djelfa et Boussaâda) dont $F(1, 36) = 218,86$, $p = 0,0000$ et $F(1, 36) = 644,39$, $p = 0,0000$, sachant que les moyennes calculées concernent les 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

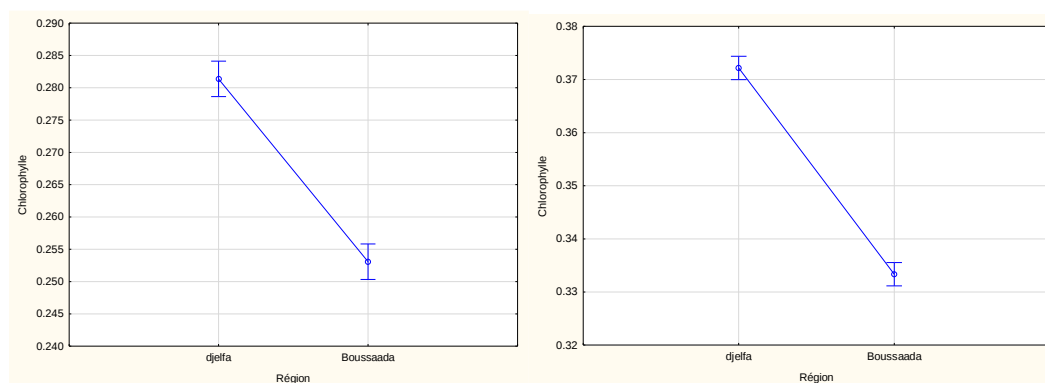


Figure 43 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (Région)

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en chlorophylle chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p < 0.001$). La teneur en chlorophylle est très forte en saison d'hiver, forte au printemps et faible en été.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent 3 groupes homogènes pour les deux plantes (tableau 25 et 26).

Concernant l'armoise blanche, la saison hivernale représente le groupe 1 possédant la plus forte teneur en chlorophylle avec une valeur de $0.342911 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche. La saison estivale représente le groupe 3 où les feuilles ont accumulé une quantité de chlorophylle la plus faible avec une valeur de $0.158849 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche. Le printemps s'est montré plus clément avec une quantité de chlorophylle enregistrée modérée à forte, elle est de $0.299912 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

Dans l'autre côté, La saison de l'hiver représente aussi le groupe 1 possédant la plus forte teneur en chlorophylle avec une valeur de $0.450415 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche. La saison d'été présente le groupe 3 où les feuilles ont accumulées une quantité de chlorophylle la plus faible avec une valeur de $0.210168 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche. Le printemps s'est montré plus clément avec une quantité de chlorophylle modérée à forte de $0.397696 \mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

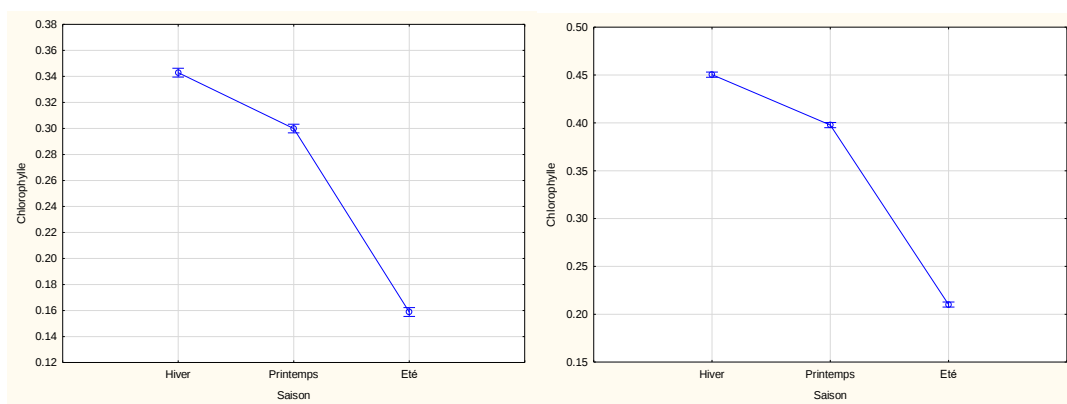
Tableau 25 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00005, df = 36,000				
Saison	Chlorophylle	1	2	3
Hiver	0,342911±0.01	****		
Printemps	0,299912±0.02		****	
Été	0,158849±0.07			****

Tableau 26 : Teneur en chlorophylle chez *A. campestris* L. (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00003, df = 36,000				
Saison	Chlorophylle	1	2	3
Hiver	0,450415±0.02	****		
Printemps	0,397696±0.03		****	
Été	0,210168±0.11			****

La figure 44 montre la moyenne des valeurs de concentration de la chlorophylle des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois saisons (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont $F(2, 36) = 3379,5$, $p = 0,0000$ et $F(2, 36) = 9087,9$, $p = 0,0000$ respectivement.

**Figure 44 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)**

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (3 campagnes d'étude) n'a aucun effet significatif sur la teneur en chlorophylle chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p > 0.05$). La moyenne des teneurs en chlorophylle est très légèrement différente d'une année à une autre.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré (tableau 27 et 28).

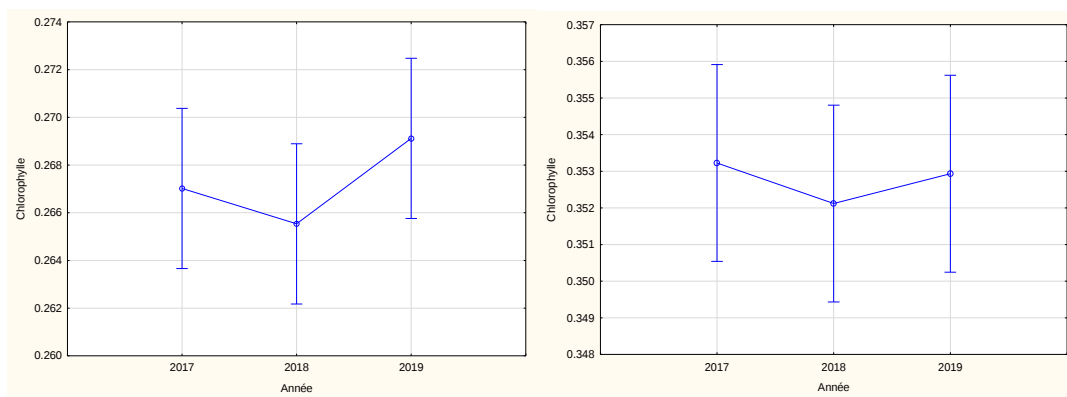
Tableau 27 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00005, df = 36,000		
Année	Chlorophylle	1
2019	0,269118±0.09	****
2017	0,267019±0.09	****
2018	0,265535±0.09	****

Tableau 28 : Teneur en chlorophylle chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00003, df = 36,000		
Année	Chlorophylle	1
2017	0,353225±0.13	****
2019	0,352934±0.12	****
2018	0,352120±0.12	****

La figure 45 montre la moyenne des valeurs de concentration de la chlorophylle des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des 3 années différentes (2017, 2018 et 2019) dont $F(2, 36) = 1,1819$, $p = 0,31832$ et $F(2, 36) = 0,18685$, $p = 0,83037$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

**Figure 45 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)**

L'analyse multifactorielle des teneurs en chlorophylle chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge, et selon le test de Knewman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p < 0.001$).

Le tableau 29 indique qu'il existe six groupes homogènes pour l'armoise blanche, et que chaque groupe contient une teneur en chlorophylle des plantes d'armoise blanche d'une seule saison et une seule région (une combinaison). Le premier groupe contient la teneur en chlorophylle de l'été de Boussaâda avec une valeur de $0.088567 \mu\text{g/g}$ de MF. Le deuxième groupe contient la teneur en chlorophylle l'été de Djelfa avec une valeur de $0.229130 \mu\text{g/g}$ de MF. Les teneurs en chlorophylle du printemps de Djelfa et du printemps de Boussaâda sont classés respectivement dans le groupe troisième et le quatrième avec des valeurs de 0.278164 et $0.321660 \mu\text{g/g}$ de MF. Le cinquième et le sixième groupe contiennent les teneurs en chlorophylle des hivers de Djelfa et de Boussaâda respectivement avec des valeurs de 0.336818 et $0.349004 \mu\text{g/g}$ de MF.

Le tableau 30 indique aussi qu'il existe 6 groupes homogènes pour l'armoïse rouge, et que chaque groupe contient une seule valeur de teneur en chlorophylle. Les groupes et les valeurs sont ordonnées comme suit : La teneur en chlorophylle de l'été de Boussaâda avec une valeur de $0.106682\mu\text{g/g}$ de MF. La teneur en chlorophylle de l'été de Djelfa avec une valeur de $0.313655\mu\text{g/g}$ de MF. Le troisième groupe contient la teneur en chlorophylle du printemps de Djelfa avec une valeur de $0.367258\mu\text{g/g}$ de MF. La teneur en chlorophylle du printemps de Boussaâda appartient au quatrième groupe avec une valeur de $0.428139\mu\text{g/g}$ de MF. Les teneurs en chlorophylle de l'hiver de Djelfa et de Boussaâda appartiennent au cinquième et sixième groupe avec des valeurs de 0.435610 et $0.465221\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Tableau 29 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00005, df = 36,000								
Région	Saison	Chlorophylle	1	2	3	4	5	6
Boussaâda	Hiver	$0,349004\pm 0.004$	****					
Djelfa	Hiver	$0,336818\pm 0.010$		****				
Boussaâda	Printemps	$0,321660\pm 0.005$			****			
Djelfa	Printemps	$0,278164\pm 0.010$				****		
Djelfa	Eté	$0,229130\pm 0.007$					****	
Boussaâda	Eté	$0,088567\pm 0.005$						****

Tableau 30 : Teneur en chlorophylle chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00003, df = 36,000								
Région	Saison	Chlorophylle	1	2	3	4	5	6
Boussaâda	Hiver	$0,465221\pm 0.005$	****					
Djelfa	Hiver	$0,435610\pm 0.009$		****				
Boussaâda	Printemps	$0,428139\pm 0.005$			****			
Djelfa	Printemps	$0,367252\pm 0.006$				****		
Djelfa	Eté	$0,313655\pm 0.005$					****	
Boussaâda	Eté	$0,106682\pm 0.005$						****

La figure 46 et la figure 47 montrent l'interaction entre les deux facteurs principaux (Région et Saison) sur la teneur en chlorophylle des plantes de l'armoïse blanche et rouge de deux manières et avec $F(2, 36) = 883,81$, $p=0,0000$ et $F(2, 36)=3056,6$, $p=0,0000$ respectivement. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

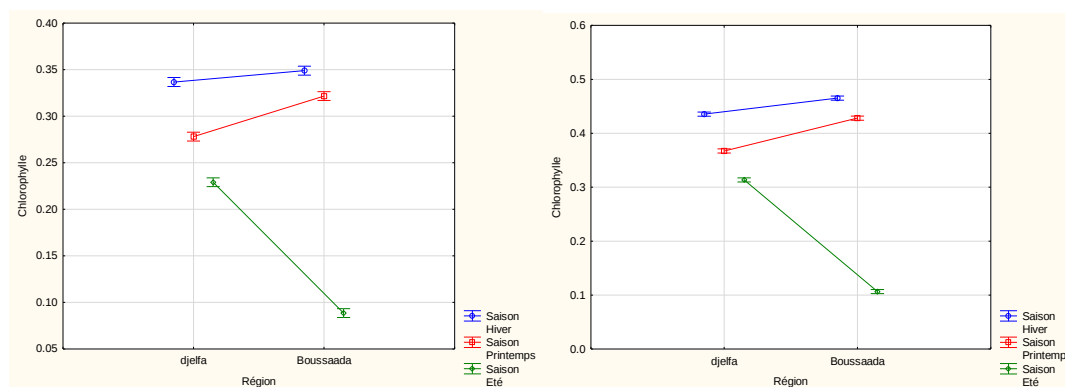


Figure 46 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *campestris* L. (interaction Région/Saison)

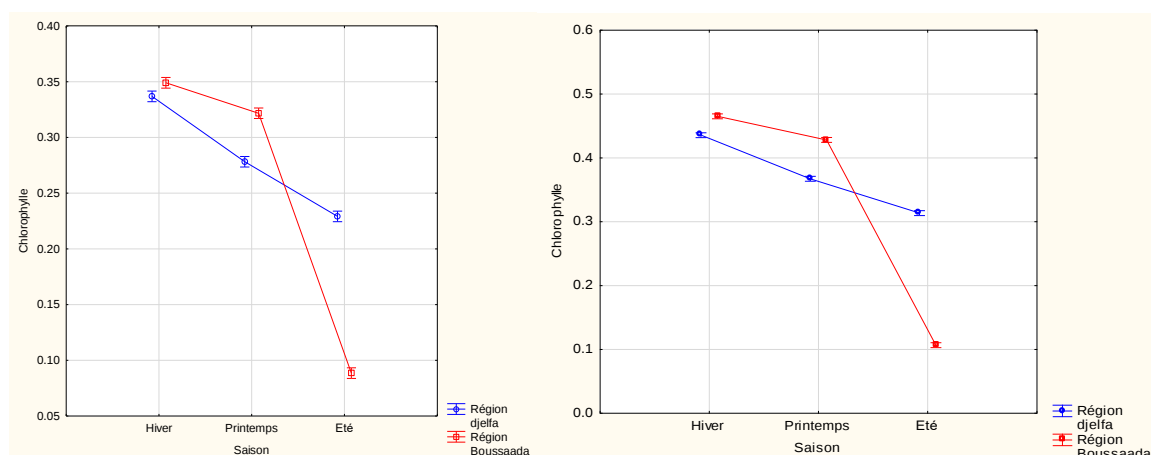


Figure 47 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *campestris* L. (interaction Saison/Région)

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en chlorophylle chez les plantes l'armoise blanche montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 31 signale qu'il existe 6 groupes homogènes pour l'armoise blanche. Le premier groupe combine entre les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des 3 étés de Boussaâda (2017-2018 et 2019) avec des valeurs de 0.087185, 0.088644 et 0.089871 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Le deuxième groupe combine entre les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des 3 étés de Djelfa (2018, 2017 et 2019) avec des valeurs de même ordre : 0.223120, 0.228918 et 0.235353 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le troisième groupe combine entre les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des printemps de Djelfa (2017, 2018 et 2019). Leurs valeurs sont respectivement : 0.274349, 0.279864 et 0.280280 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le quatrième groupe combine entre les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des printemps de Boussaâda (2017-2019 et 2018) et la teneur en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche de l'hiver de Djelfa avec des valeurs de 0.319300, 0.320953, 0.324727 et 0.328847 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Cette dernière teneur est présente dans le cinquième groupe avec les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des hivers restants de la région de Djelfa (2019 et 2017) avec des valeurs de 0.338824 et 0.342785 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le dernier groupe ne contient que les teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des hivers de Boussaâda (2017, 2019 et 2018) respectivement avec les deux derniers teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des hivers de Djelfa classés dans le groupe précédent. Les valeurs des teneurs en chlorophylle des plantes de l'armoise blanche des hivers de Boussaâda sont 0.348006, 0.349430 et 0.349577 $\mu\text{g/g}$ de la matière fraîche.

Le tableau 32 signale qu'ils existent 6 groupes homogènes. Le premier groupe contient respectivement les teneurs en chlorophylle des étés de Boussaâda (2017-2018 et 2019) avec des valeurs de 0.104247 et 0.104859 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Les teneurs en chlorophylle des étés de Djelfa (2018-2019 et 2017) appartiennent au deuxième groupe avec des valeurs qui suivent : 0.313049, 0.313804 et 0.314113 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Pour le troisième groupe, nous trouvons les teneurs en chlorophylles des printemps de la région de Djelfa avec des valeurs de 0.365798, 0.367250 et 0.368709 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le quatrième groupe contient 5 valeurs des teneurs en chlorophylle comme suit : Les teneurs en chlorophylle des printemps de Boussaâda 2019 et 2017 avec des valeurs de 0.425715 et 0.425734 $\mu\text{g/g}$, la teneur en chlorophylle de l'hiver de Djelfa 2018 avec une valeur de 0.429573 $\mu\text{g/g}$ de MF, la teneur en chlorophylle du printemps de Boussaâda 2018 avec une valeur de 0.432969 $\mu\text{g/g}$ de MF et finalement la teneur en chlorophylle de l'hiver de Djelfa 2019 avec une valeur de 0.433987 $\mu\text{g/g}$ de MF. Les deux dernières valeurs des teneurs en chlorophylle appartiennent aussi au cinquième groupe avec la teneur en chlorophylle de l'hiver de Djelfa 2017 qui est de 0.443269 $\mu\text{g/g}$ de MF.

Le dernier groupe contient les teneurs en chlorophylle des hivers de Boussaâda (2018-2019 et 2017) avec des valeurs de 0.463564, 0.465906 et 0.466191 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement.

Tableau 31 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00005, df = 36,000									
Année	Région	Saison	Chlorophylle	1	2	3	4	5	6
2017	Boussaâda	Hiver	0,349577±0.006	****					
2019	Boussaâda	Hiver	0,349430±0.003	****					
2018	Boussaâda	Hiver	0,348006±0.005	****					
2017	Djelfa	Hiver	0,342785±0.009	****	****				
2019	Djelfa	Hiver	0,338824±0.010	****	****				
2018	Djelfa	Hiver	0,328847±0.007		****	****			
2018	Boussaâda	Printemps	0,324727±0.004			****			
2019	Boussaâda	Printemps	0,320953±0.006			****			
2017	Boussaâda	Printemps	0,319300±0.002			****			
2019	Djelfa	Printemps	0,280280±0.009				****		
2018	Djelfa	Printemps	0,279864±0.010				****		
2017	Djelfa	Printemps	0,274349±0.012				****		
2019	Djelfa	Eté	0,235353±0.005					****	
2017	Djelfa	Eté	0,228918±0.007					****	
2018	Djelfa	Eté	0,223120±0.005					****	
2019	Boussaâda	Eté	0,089871±0.005						****
2018	Boussaâda	Eté	0,088644±0.008						****
2017	Boussaâda	Eté	0,087185±0.005						****

Tableau 32 : Teneur en chlorophylle chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,00003, df = 36,000									
Année	Région	Saison	Chlorophylle	1	2	3	4	5	6
2017	Boussaâda	Hiver	0,466191±0.006	****					
2019	Boussaâda	Hiver	0,465906±0.004	****					
2018	Boussaâda	Hiver	0,463564±0.004	****					
2017	Djelfa	Hiver	0,443269±0.010		****				
2019	Djelfa	Hiver	0,433987±0.005		****	****			
2018	Boussaâda	Printemps	0,432969±0.005		****	****			
2018	Djelfa	Hiver	0,429573±0.005			****			
2017	Boussaâda	Printemps	0,425734±0.003			****			
2019	Boussaâda	Printemps	0,425715±0.004			****			
2018	Djelfa	Printemps	0,368709±0.006				****		
2019	Djelfa	Printemps	0,367250±0.007				****		
2017	Djelfa	Printemps	0,365798±0.007				****		
2017	Djelfa	Eté	0,314113±0.007					****	
2019	Djelfa	Eté	0,313804±0.006					****	
2018	Djelfa	Eté	0,313049±0.006					****	
2019	Boussaâda	Eté	0,110939±0.001						****
2018	Boussaâda	Eté	0,104859±0.005						****
2017	Boussaâda	Eté	0,104247±0.005						****

Les figures 48, 49 et 50 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $F(4, 36)=0,36260$, $p=0,83357$ et $F(4, 36)=0,68372$, $p=0,60786$ respectivement pour l'armoise blanche et rouge. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction du facteur Année. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction du facteur Année. La dernière figure illustre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction du facteur Région.

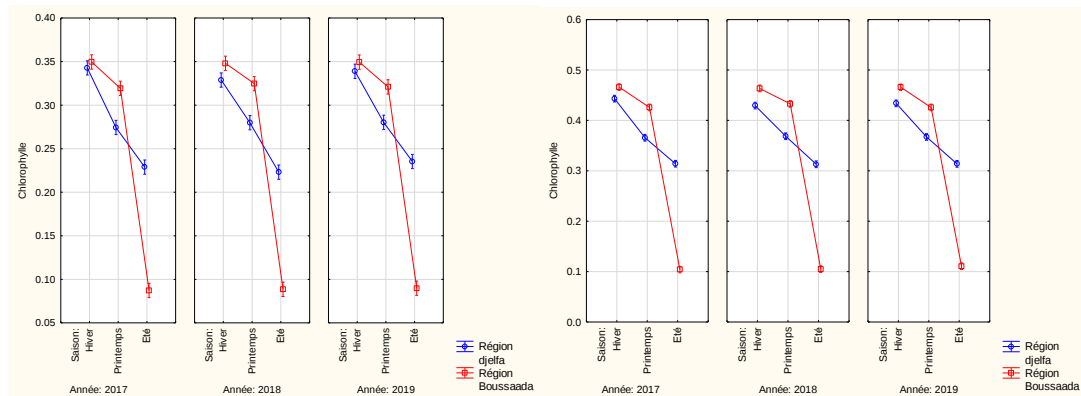


Figure 48 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

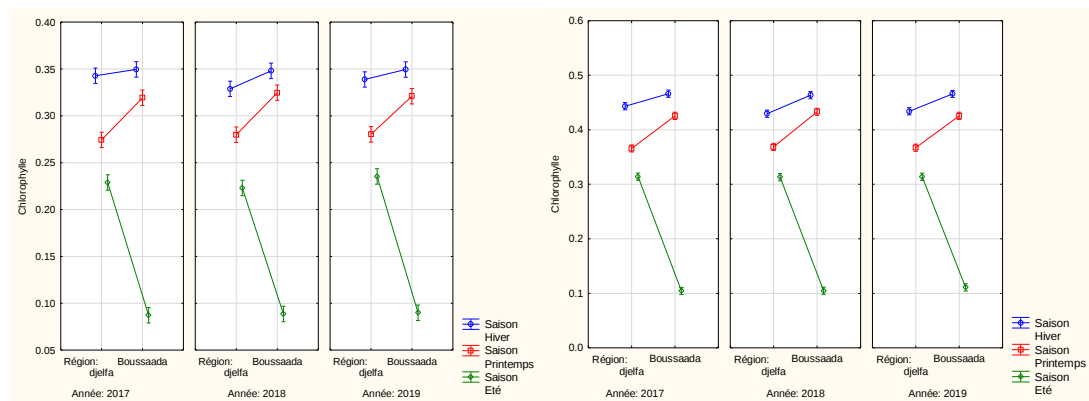


Figure 49 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison en fonction Année)

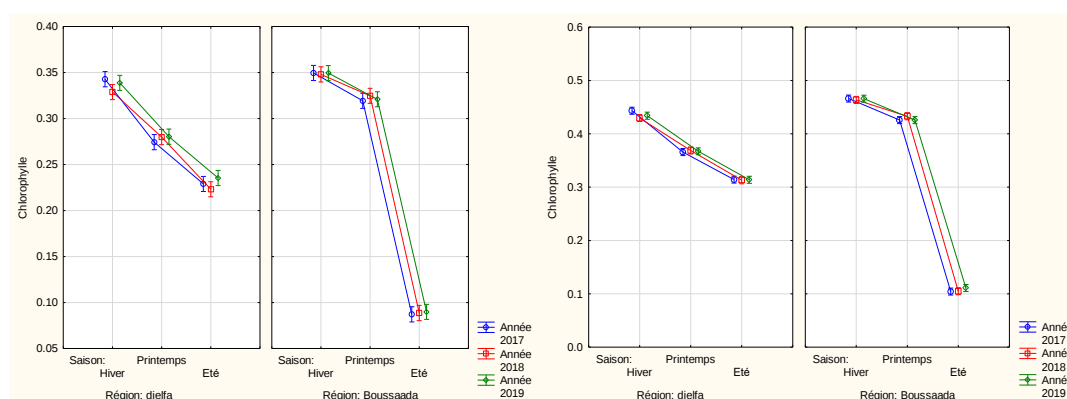


Figure 50 : Teneur en chlorophylle chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

4- Teneur en Sodium

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en sodium des feuilles analysées des plantes de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L. provenant de la région de Boussaâda est plus élevée que celles de la région de Djelfa, nous remarquons que le facteur région a un effet très hautement significatif sur sa concentration ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartienne à un groupe ou classe différente (groupes homogènes) (tableau 33 et 34). Les plantes de la région de Djelfa présentent une teneur plus faible en sodium avec une valeur de 2.820370 et 2.475926mg/g de MS. La région de Boussaâda montre une teneur plus forte en sodium, sa valeur est de 3.144444 et 2.790741mg/g de MS des deux armoises respectivement.

Tableau 33 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,02787, df = 36,000			
Région	Sodium	1	2
Boussaâda	3,144444±1.38	****	
Djelfa	2,820370±1.47		****

Tableau 34 : Teneur en sodium chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01259, df = 36,000			
Région	Sodium	1	2
Boussaâda	2,790741±1.29	****	
Djelfa	2,475926±1.31		****

La figure 51 montre la moyenne des valeurs de concentration en sodium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions (Djelfa et Boussaâda) dont F (1,

36) =50,872, $p=0,0000$ et $F(1, 36) =106,25$, $p=0,0000$ respectivement, sachant que les moyennes sont des 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

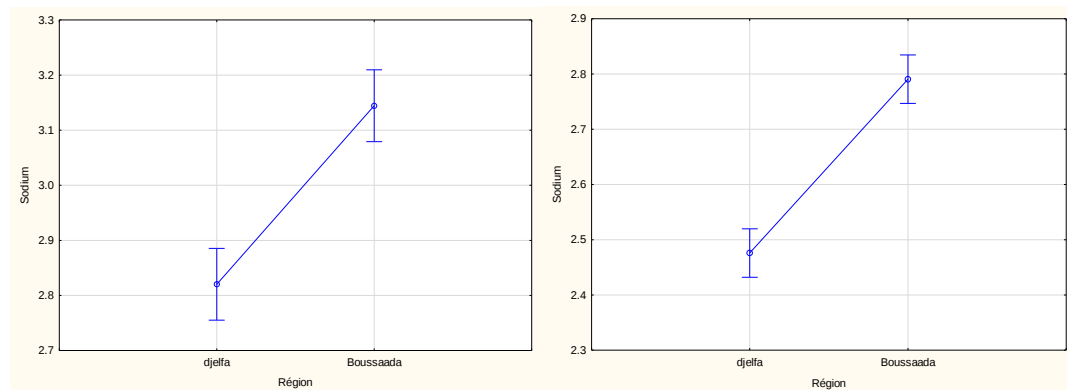


Figure 51 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Région)

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en sodium chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p<0.001$). La teneur en sodium est très forte en saison d'été, forte au printemps et faible en hiver.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent 3 groupes homogènes pour chaque plante (tableau 35 et 36). La saison de l'été représente le groupe 1 possédant la plus forte teneur en sodium avec une valeur de 4.730556mg/g et 4.216667mg/g de MS pour l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement. La saison d'hiver représente le groupe 3 où les feuilles ont accumulé une quantité très faible en sodium avec une valeur de 1.538889mg/g et 1.288889mg/g de MS respectivement. Le printemps s'est montré plus clément avec une quantité du sodium enregistrée modérée à faible, elle est de 2.677778mg/g et 2.394444mg/g de MS.

Tableau 35 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,02787, df = 36,000				
Saison	Sodium	1	2	3
Eté	4,730556±0.24	****		
Printemps	2,677778±0.83		****	
Hiver	1,538889±0.22			****

Tableau 36 : Teneur en sodium chez *A. campestris* L. (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01259, df = 36,000				
Saison	Sodium	1	2	3
Eté	4,216667±0.14	****		
Printemps	2,394444±0.78		****	
Hiver	1,288889±0.21			****

La figure 52 montre la moyenne des valeurs de concentration du sodium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise blanche des trois saisons différentes (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont $F(2, 36) = 1689,7$, $p = 0,0000$ et $F(2, 36) = 3124,4$, $p = 0,0000$ respectivement.

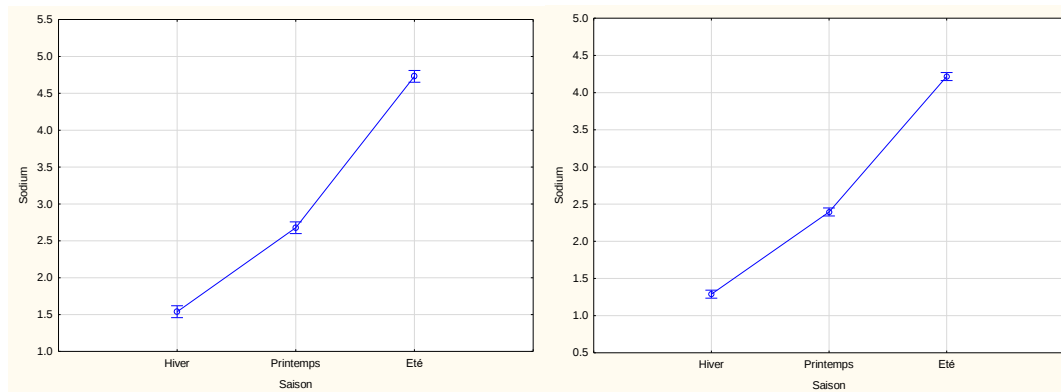


Figure 52 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (2017, 2018 et 2019) n'a aucun effet significatif sur la teneur en sodium chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p > 0.05$). La moyenne des teneurs en sodium est très légèrement différente.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré (tableau 37 et 38).

Tableau 37 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,02787, df = 36,000		
Année	Sodium	1
2019	3,019444±1.47	****
2017	2,966667±1.43	****
2018	2,961111±1.45	****

Tableau 38 : Teneur en sodium chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01259, df = 36,000		
Année	Sodium	1
2017	2,636111±1.32	****
2019	2,636111±1.32	****
2018	2,627778±1.34	****

La figure 53 montre la moyenne des valeurs de concentration en sodium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois années différentes (2017, 2018 et 2019)

dont $F(2, 36) = 0,66944$, $p = 0,51826$ et $F(2, 36) = 0,03309$, $p = 0,96748$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

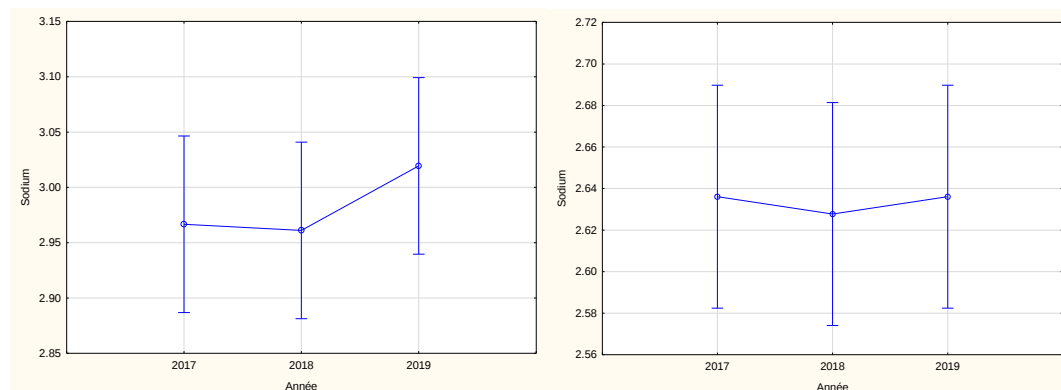


Figure 53 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)

L'analyse multifactorielle des teneurs en sodium chez les plantes de l'armoise blanche, et selon le test de Newman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p < 0.001$).

Le tableau 39 indique qu'il existe 6 groupes homogènes pour l'armoise blanche et que chaque groupe contient une teneur en sodium d'une saison et d'une région (une combinaison). Le premier groupe contient la teneur en sodium de l'hiver de Boussaâda avec une valeur de 1.35556mg/ g de MS. Le deuxième groupe contient la teneur en sodium de l'hiver de Djelfa avec une valeur de 1.72222mg/g de MS. Les teneurs en sodium des printemps de Djelfa et de Boussaâda sont classés respectivement dans le groupe troisième et le quatrième avec des valeurs de 1.88333 et 3.47222mg/g de MS. Le cinquième et le sixième groupe contiennent les teneurs en sodium des étés de Boussaâda et de Djelfa respectivement avec des valeurs de 4.60556 et 4.85556mg/g de MS.

Pour l'armoise rouge, il existe aussi 6 groupes homogènes, dont chaque groupe contient seulement une seule valeur de teneur en sodium. Les groupes et les valeurs sont ordonnées comme suit : La teneur de l'hiver de Boussaâda avec une valeur de 1.094444mg/g de MS. La teneur de l'hiver de Djelfa avec une valeur de 1.483333mg/g de MS. Le troisième groupe contient la teneur du printemps de Djelfa avec une valeur de 1.644444mg/g de MS. La teneur du printemps de Boussaâda appartient au quatrième groupe avec une valeur de 3.144444mg/g de MS. Les teneurs des étés de Boussaâda et de Djelfa appartiennent au cinquième et sixième groupe avec des valeurs de 4.133333 et 4.3mg/g de MS respectivement.

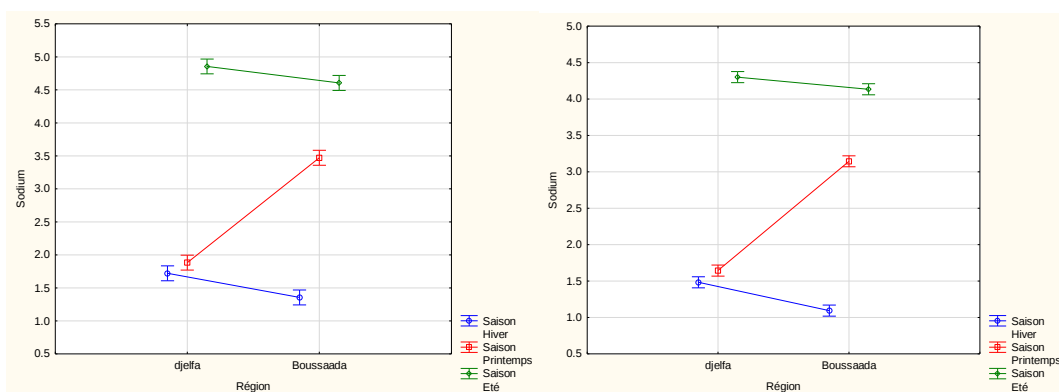
Tableau 39 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,02787, df = 36,000								
Région	Saison	Sodium	1	2	3	4	5	6
Djelfa	Eté	4,855556±0.22	****					
Boussaâda	Eté	4,605556±0.21		****				
Boussaâda	Printemps	3,472222±0.15			****			
Djelfa	Printemps	1,883333±0.09				****		
Djelfa	Hiver	1,722222±0.11					****	
Boussaâda	Hiver	1,355556±0.10						****

Tableau 40 : Teneur en sodium chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01259, df = 36,000								
Région	Saison	Sodium	1	2	3	4	5	6
Djelfa	Eté	4,300000±0.10	****					
Boussaâda	Eté	4,133333±0.12		****				
Boussaâda	Printemps	3,144444±0.16			****			
Djelfa	Printemps	1,644444±0.05				****		
Djelfa	Hiver	1,483333±0.06					****	
Boussaâda	Hiver	1,094444±0.05						****

La figure 54 et la figure 55 montrent l'interaction entre les deux facteurs principaux (Région et Saison) sur la teneur en sodium pour l'armoise blanche et rouge respectivement de deux manières et avec $F(2, 36) = 194,27$, $p = 0,0000$ et $F(2, 36) = 380,88$, $p = 0,0000$. La première montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

Figure 54 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

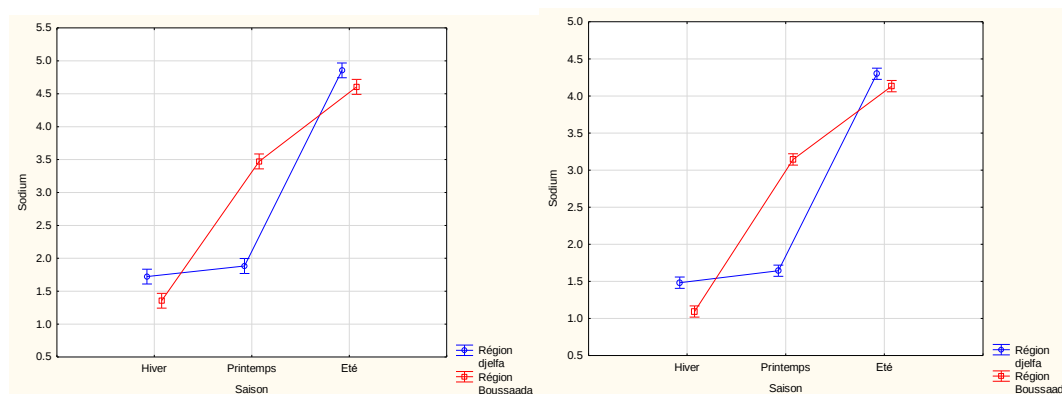


Figure 55 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région)

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en sodium chez les plantes de l'armoise blanche montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 41 signale qu'il existe 6 groupes homogènes. Le premier groupe combine entre les trois teneurs en sodium des hivers de Boussaâda (2018-2017 et 2019) avec des valeurs de 1.333333, 1.366667 et 1.366667mg/ g de MS respectivement.

Le deuxième groupe combine entre les teneurs en sodium des hivers de Djelfa (2018 et 2017) avec les deux teneurs en sodium des deux premiers hivers cités dans le premier groupe. Les valeurs sont : 1.683333 et 1.716667mg/g de MS.

Le troisième groupe combine entre les teneurs en sodium des hivers et des printemps de Djelfa (2017, 2019 et 2018). Les valeurs des hivers de Djelfa 2019 et les valeurs des printemps sont respectivement : 1.766667 et 1.866667, 1.883333 et 1.9mg/g de MS.

Le quatrième groupe ne combine qu'entre les teneurs en sodium des printemps de Boussaâda (2018-2017 et 2019) avec des valeurs de 3.416667, 3.45 et 3.55mg/g de MS respectivement.

Le cinquième groupe combine entre les teneurs en sodium des étés de Boussaâda et les teneurs en sodium des étés de Djelfa sauf la teneur d'été de Djelfa 2019 qui est combiné dans le sixième groupe avec tous les teneurs en sodium des étés des deux régions sauf l'été de Boussaâda 2019.

Les valeurs des teneurs en sodium des étés de Boussaâda (2019, 2018 et 2017) sont 4.55, 4.616667 et 4.65mg/g de MS. Tandis que les valeurs des teneurs en sodium des étés de Djelfa (2017, 2018 et 2019) sont 4.75, 4.816667 et 5mg/g de MS respectivement.

Le tableau 42 signale qu'ils existent 4 groupes homogènes. Le premier groupe ne contient que les teneurs en sodium des hivers de Boussaâda (2018-2017 et 2019) avec des valeurs de 1.083333, 1.1 et 1.1mg/g de MS respectivement. Les teneurs en sodium des hivers de Djelfa (2018-2017 et 2019) et les teneurs en sodium des printemps de la même région (2018, 2019 et 2017) appartiennent au deuxième groupe avec des valeurs de 1.45, 1.50, 1.50, 1.633333, 1.65 et 1.65mg/g de la MS, respectivement. Pour le troisième groupe, nous ne trouvons que les teneurs en sodium des printemps de Boussaâda (2017, 2019 et 2018) avec des valeurs de 3.133333, 3.133333 et 3.166667mg/g de MS.

Le quatrième est le dernier groupe, il contient toutes les valeurs des teneurs en sodium des étés des deux régions comme suit : Les teneurs en sodium des étés de Boussaâda (2018, 2017 et 2019) avec la même valeur de 4.133333mg/g. Les teneurs en sodium des étés de Djelfa (2018, 2017 et 2019) avec une même valeur de 4.3mg/g de MS.

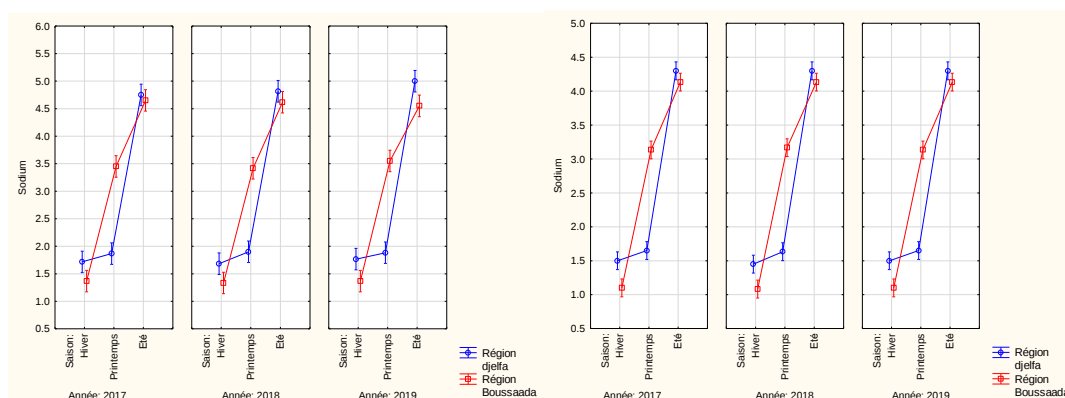
Tableau 41 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,02787, df = 36,000									
Année	Région	Saison	Sodium	1	2	3	4	5	6
2019	Djelfa	Eté	5,000000±0.23	****					
2018	Djelfa	Eté	4,816667±0.26	****	****				
2017	Djelfa	Eté	4,750000±0.13	****	****				
2017	Boussaâda	Eté	4,650000±0.22	****	****				
2018	Boussaâda	Eté	4,616667±0.27	****	****				
2019	Boussaâda	Eté	4,550000±0.20		****				
2019	Boussaâda	Printemps	3,550000±0.13			****			
2017	Boussaâda	Printemps	3,450000±0.15			****			
2018	Boussaâda	Printemps	3,416667±0.20			****			
2018	Djelfa	Printemps	1,900000±0.10				****		
2019	Djelfa	Printemps	1,883333±0.13				****		
2017	Djelfa	Printemps	1,866667±0.08				****		
2019	Djelfa	Hiver	1,766667±0.16				****		
2017	Djelfa	Hiver	1,716667±0.10				****	****	
2018	Djelfa	Hiver	1,683333±0.10				****	****	
2019	Boussaâda	Hiver	1,366667±0.16						****
2017	Boussaâda	Hiver	1,366667±0.08					****	****
2018	Boussaâda	Hiver	1,333333±0.10					****	****

Tableau 42 : Teneur en sodium chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,01259, df = 36,000							
Année	Région	Saison	Sodium	1	2	3	4
2019	Djelfa	Eté	4,300000±0.10	****			
2017	Djelfa	Eté	4,300000±0.10	****			
2018	Djelfa	Eté	4,300000±0.13	****			
2019	Boussaâda	Eté	4,133333±0.13	****			
2017	Boussaâda	Eté	4,133333±0.13	****			
2018	Boussaâda	Eté	4,133333±0.16	****			
2018	Boussaâda	Printemps	3,166667±0.26		****		
2019	Boussaâda	Printemps	3,133333±0.13		****		
2017	Boussaâda	Printemps	3,133333±0.13		****		
2017	Djelfa	Printemps	1,650000±0.05			****	
2019	Djelfa	Printemps	1,650000±0.05			****	
2018	Djelfa	Printemps	1,633333±0.08			****	
2019	Djelfa	Hiver	1,500000±0.05			****	
2017	Djelfa	Hiver	1,500000±0.05			****	
2018	Djelfa	Hiver	1,450000±0.09			****	
2019	Boussaâda	Hiver	1,100000±0.05				****
2017	Boussaâda	Hiver	1,100000±0.05				****
2018	Boussaâda	Hiver	1,083333±0.08				****

Les figures 56, 57 et 58 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $F(4, 36)=0,82392$, $p=0,51862$ et $F(4, 36)=0,02574$, $p=0,99865$, et cela pour les deux armoises respectivement. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction du facteur Année. La deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction du facteur Année. La dernière figure illustre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction du facteur Région.

Figure 56 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

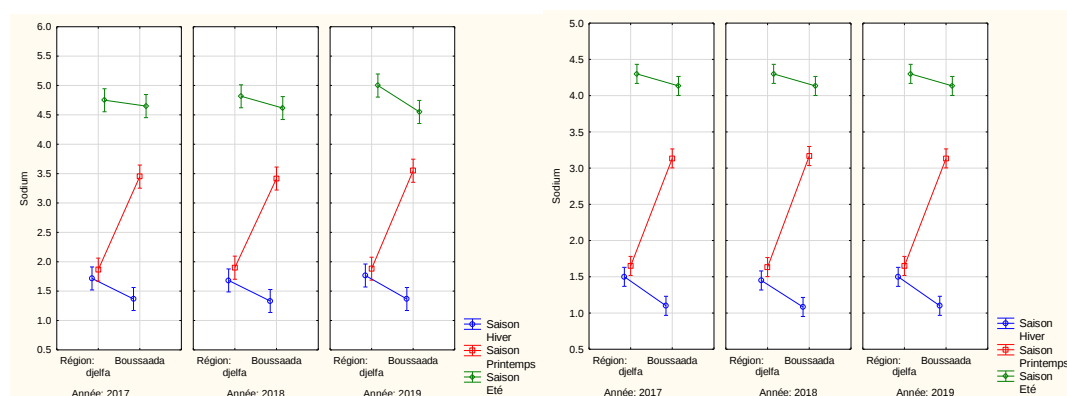


Figure 57 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison en fonction Année)

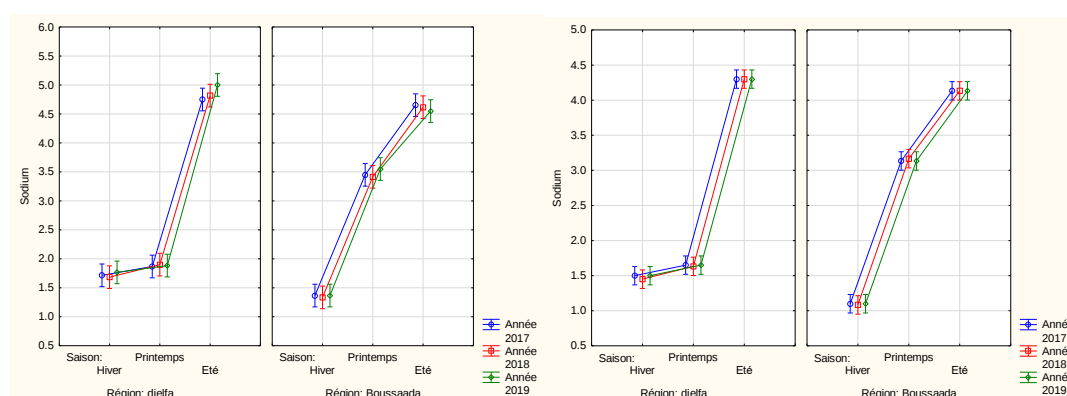


Figure 58 : Teneur en sodium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

5- Teneur en Potassium

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en potassium des feuilles analysées de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L. provenant de la région de Boussaâda est plus faible que celles des plantes de la région de Djelfa, nous remarquons que le facteur Région a un effet très hautement significatif sur sa concentration ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartienne à un groupe ou classe différente (tableau 43 et 44). Les plantes de la région de Djelfa présentent une teneur plus forte en potassium avec une valeur de 6,935165 et 7.242593mg/g de MS pour les deux armoises respectivement. Comparées à celle de la région de Boussaâda qui montrent une teneur plus faible en potassium, avec une valeur de 6,651852 et 6.998148mg/g de MS et cela pour les deux plantes respectivement.

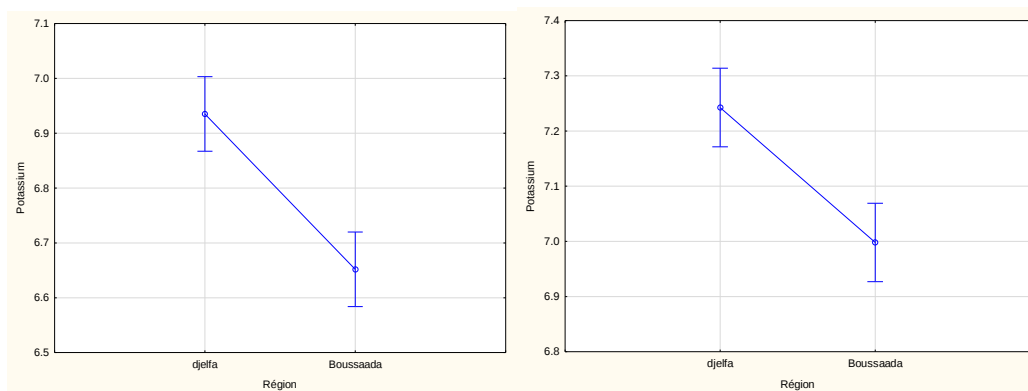
Tableau 43 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000			
Région	Potassium	1	2
Djelfa	6,935165±0.34	****	
Boussaâda	6,651852±0.69		****

Tableau 44 : Teneur en potassium chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000			
Région	Potassium	1	2
Djelfa	7,242593±0.32	****	
Boussaâda	6,998148±0.73		****

La figure 59 montre la moyenne des valeurs de teneur en potassium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement des deux régions (Djelfa et Boussaâda) dont $F(1, 36)=35,739$, $p=0,0000$ et $F(1, 36) =24,301$, $p=0,00002$ sachant que les moyennes concernent les 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

**Figure 59 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Région)**

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en potassium chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p<0.001$). La teneur en potassium est très forte en hiver et au printemps, faible en été.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent deux groupes homogènes (tableau 45 et 46). La saison estivale représente le groupe 2 possédant la plus faible teneur en potassium avec une valeur de 6,122222 et 6,427778mg/g de MS pour les deux armoises respectivement. Les teneurs du printemps et de l'hiver appartiennent au même groupe avec des valeurs de 7,094444 et 7,430556mg/g pour le printemps et 7,163889 et 7,502778mg/g de MS et cela pour les deux armoises respectivement.

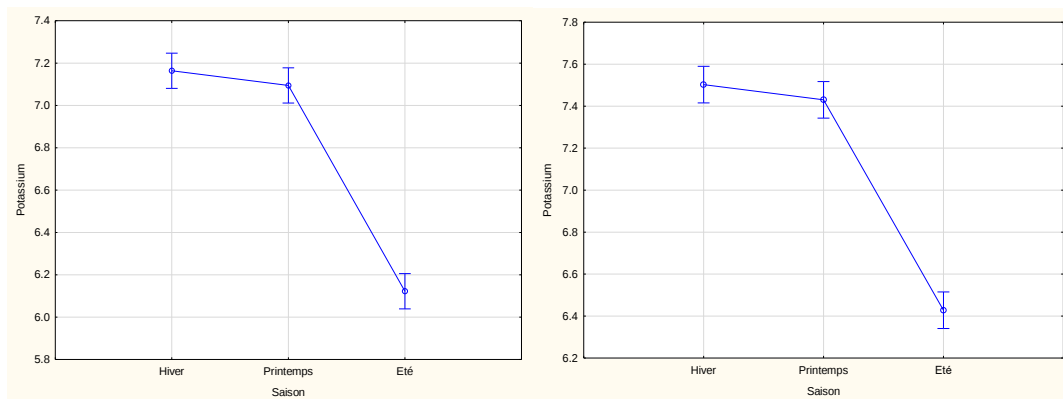
Tableau 45 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000			
Saison	Potassium	1	2
Hiver	7,163889±0.16	****	
Printemps	7,094444±0.16	****	
Eté	6,122222±0.44		****

Tableau 46 : Teneur en potassium chez *A. campestris* L. (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000			
Saison	Potassium	1	2
Hiver	7,502778±0.15	****	
Printemps	7,430556±0.16	****	
Eté	6,427778±0.46		****

La figure 60 montre la moyenne des valeurs de concentration du potassium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois saisons (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont $F(2, 36) = 201,34$, $p = 0,0000$ et $F(2, 36) = 195,79$, $p = 0,0000$.

**Figure 60 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)**

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (2017, 2018 et 2019) n'a aucun effet significatif sur la teneur en potassium chez les plantes de l'armoise blanche et rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p > 0.05$). La moyenne des teneurs en potassium est presque similaire.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré pour les deux plantes (tableau 47 et 48).

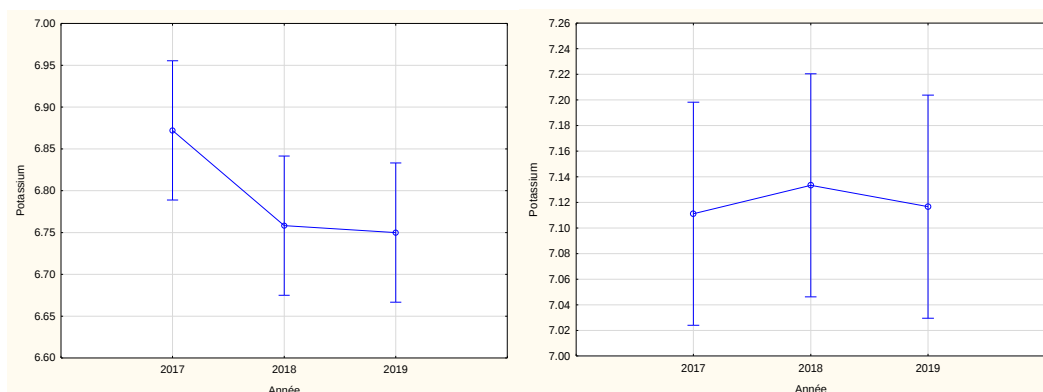
Tableau 47 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03032, df = 36,000		
Année	Potassium	1
2017	6,872222	****
2018	6,758333	****
2019	6,750000	****

Tableau 48 : Teneur en potassium chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000		
Année	Potassium	1
2018	7,133333	****
2019	7,116667	****
2017	7,111111	****

La figure 61 montre la moyenne des valeurs de concentration du potassium des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois années différentes (2017, 2018 et 2019) dont $F(2, 36) = 2,7679$, $p = 0,07618$ et $F(2, 36) = 0,07252$, $p = 0,93018$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

Figure 61 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)

L'analyse multifactorielle des teneurs en potassium chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge, et selon le test de Knewman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p < 0,001$).

Le tableau 49 et 50 indique qu'il existe 3 groupes homogènes. Dont le premier et le deuxième groupe contiennent une seule saison d'une seule région (une combinaison) la teneur en potassium de l'été de Boussaâda avec une valeur de 5,727778 et 6,011111 mg/g de

MS et la teneur en potassium de l'été de Djelfa avec une valeur de 6,516667 et 6.844444mg/g de MS pour l'armoise blanche et rouge respectivement.

Le troisième groupe contient le reste des teneurs en potassium des printemps et des hivers des deux régions : la teneur en potassium du printemps de Djelfa avec une valeur de 7,100000 et 7.383333mg/g de MS ; la teneur en potassium du printemps de Boussaâda avec une valeur de 7,088889 et 7.477778mg/g de MS ; la teneur en potassium de l'hiver de Djelfa avec une valeur de 7,188889 et 7.5mg/g de MS ; et finalement la teneur en potassium de l'hiver de Boussaâda avec une valeur de 7,138889 et 7.505556mg/g de MS.

Tableau 49 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03032, df = 36,000					
Région	Saison	Potassium	1	2	3
Djelfa	Hiver	7,188889±0.14			****
Boussaâda	Hiver	7,138889±0.18			****
Djelfa	Printemps	7,100000±0.18			****
Boussaâda	Printemps	7,088889±0.16			****
Djelfa	Eté	6,516667±0.18	****		
Boussaâda	Eté	5,727778±0.19		****	

Tableau 50 : Teneur en potassium chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000					
Région	Saison	Potassium	1	2	3
Boussaâda	Hiver	7,505556±0.14			****
Djelfa	Hiver	7,500000±0.16			****
Boussaâda	Printemps	7,477778±0.17			****
Djelfa	Printemps	7,383333±0.14			****
Djelfa	Eté	6,844444±0.14	****		
Boussaâda	Eté	6,011111±0.21		****	

Les figures 62 et 63 montrent l'interaction entre ces deux facteurs principaux (Région et Saison) de deux manières et avec $F(2, 36)=35,527$, $p=0,0000$ et $F(2, 36)=35,527$, $p=0,0000$ et cela pour les deux armoises, dont la première montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

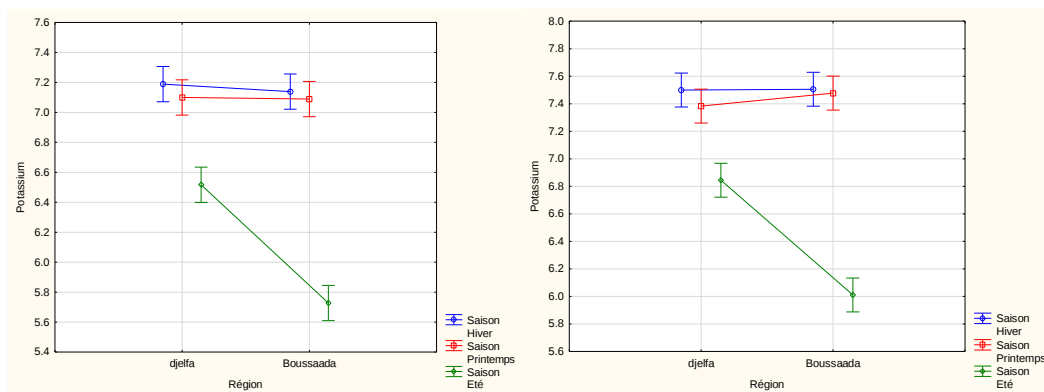


Figure 62 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

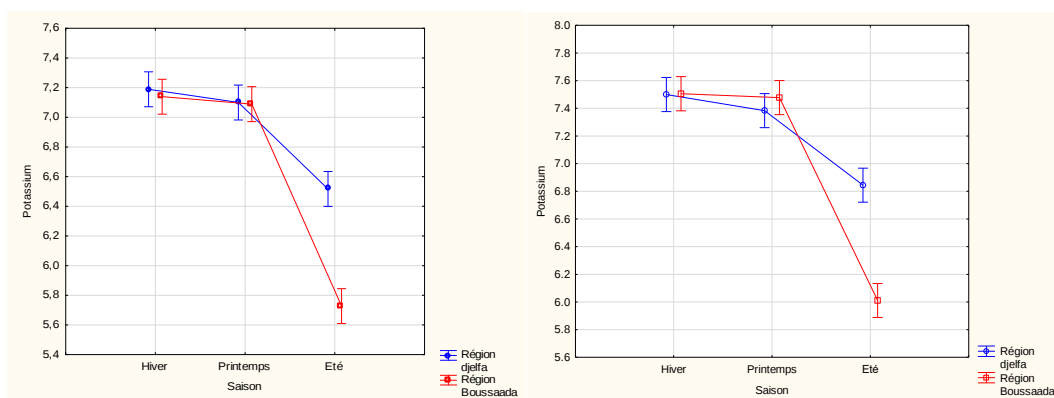


Figure 63 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région)

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en sodium chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 51 et 52 signalent qu'il n'existe que 3 groupes homogènes. Toutes les teneurs en potassium des printemps et hivers appartiennent au premier groupe. Les teneurs en potassium des printemps de Djelfa (2019, 2017 et 2018) 6,983333 et 7,333333mg/g, 7,216667 et 7,4mg/g et 7,100000 et 7,416667mg/g de MS respectivement pour l'armoise blanche et rouge. Les teneurs en potassium des printemps de Boussaâda (2017, 2019 et 2018) 7,200000 et 7,466667mg/g, 7,100000 et 7,466667mg/g et 6,966667 et 7,5mg/g de MS pour les deux armoises. Les teneurs en potassium des hivers de Djelfa (2017, 2018 et 2019) 7,200000 et 7,466667mg/g, 7,250000 et 7,516667mg/g et 7,116667 et 7,516667mg/g de MS et cela pour les deux armoises respectivement. Finalement, les teneurs en potassium des hivers de Boussaâda (2019, 2017 et 2018) 7,100000 et 7,483333mg/g, 7,250000 et 7,516667mg/g et 7,066667 et 7,516667mg/g de MS respectivement pour les deux armoises.

Le deuxième groupe combine entre les teneurs en potassium des étés de Djelfa (2017, 2019 et 2018). Les valeurs sont : 6,633333 et 6.833333mg/g, 6,516667 et 6.85 mg/g et 6,400000 et 6.85mg/g de MS respectivement pour les deux armoises. Le dernier groupe combine entre les trois teneurs en potassium des étés de Boussaâda (2017-2018 et 2019) avec des valeurs de 5,733333 et 5.983333mg/g, 5,766667 et 6mg/g et 5,683333 et 6.05mg/ g de MS respectivement pour l'armoise blanche et rouge.

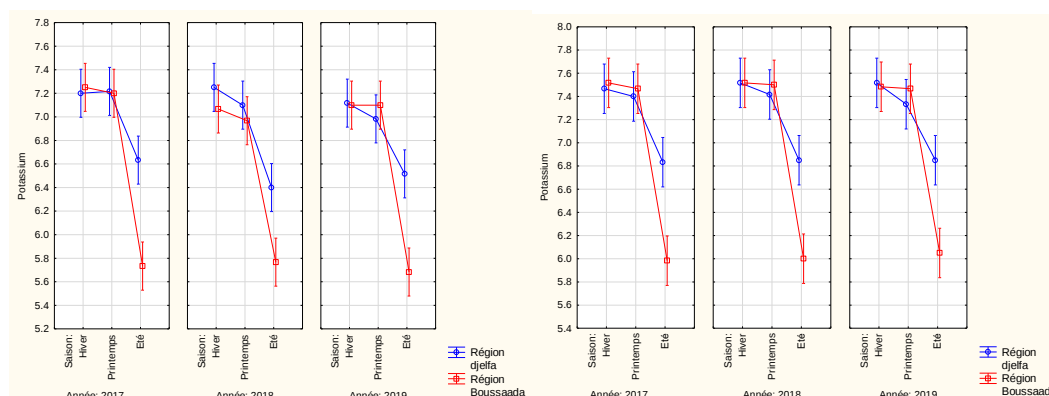
Tableau 51 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000						
Année	Région	Saison	Potassium	1	2	3
2018	Djelfa	Hiver	7,250000±0.15	****		
2017	Boussaâda	Hiver	7,250000±0.15	****		
2017	Djelfa	Printemps	7,216667±0.13	****		
2017	Boussaâda	Printemps	7,200000±0.13	****		
2017	Djelfa	Hiver	7,200000±0.13	****		
2019	Djelfa	Hiver	7,116667±0.18	****		
2018	Djelfa	Printemps	7,100000±0.15	****		
2019	Boussaâda	Hiver	7,100000±0.18	****		
2019	Boussaâda	Printemps	7,100000±0.15	****		
2018	Boussaâda	Hiver	7,066667±0.21	****		
2019	Djelfa	Printemps	6,983333±0.22	****		
2018	Boussaâda	Printemps	6,966667±0.13	****		
2017	Djelfa	Été	6,633333±0.15		****	
2019	Djelfa	Été	6,516667±0.15		****	
2018	Djelfa	Été	6,400000±0.20		****	
2018	Boussaâda	Été	5,766667±0.22			****
2017	Boussaâda	Été	5,733333±0.22			****
2019	Boussaâda	Été	5,683333±0.21			****

Tableau 52 : Teneur en potassium chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = ,03319, df = 36,000						
Année	Région	Saison	Potassium	1	2	3
2019	Djelfa	Hiver	7,516667±0.19	****		
2018	Boussaâda	Hiver	7,516667±0.15	****		
2017	Boussaâda	Hiver	7,516667±0.13	****		
2018	Djelfa	Hiver	7,516667±0.19	****		
2018	Boussaâda	Printemps	7,500000±0.18	****		
2019	Boussaâda	Hiver	7,483333±0.21	****		
2017	Djelfa	Hiver	7,466667±0.15	****		
2019	Boussaâda	Printemps	7,466667±0.23	****		
2017	Boussaâda	Printemps	7,466667±0.15	****		
2018	Djelfa	Printemps	7,416667±0.18	****		
2017	Djelfa	Printemps	7,400000±0.13	****		
2019	Djelfa	Printemps	7,333333±0.15	****		
2018	Djelfa	Eté	6,850000±0.13		****	
2019	Djelfa	Eté	6,850000±0.20		****	
2017	Djelfa	Eté	6,833333±0.13		****	
2019	Boussaâda	Eté	6,050000±0.25			****
2018	Boussaâda	Eté	6,000000±0.23			****
2017	Boussaâda	Eté	5,983333±0.22			****

Les figures 64, 65 et 66 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $F(4, 36)=0,07741$, $p=0,98871$ et $F(4, 36)=0,07741$, $p=0,98871$, et cela pour les deux armoises. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction du facteur Année. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction du facteur Année. La dernière figure illustre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction du facteur Région.

Figure 64 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

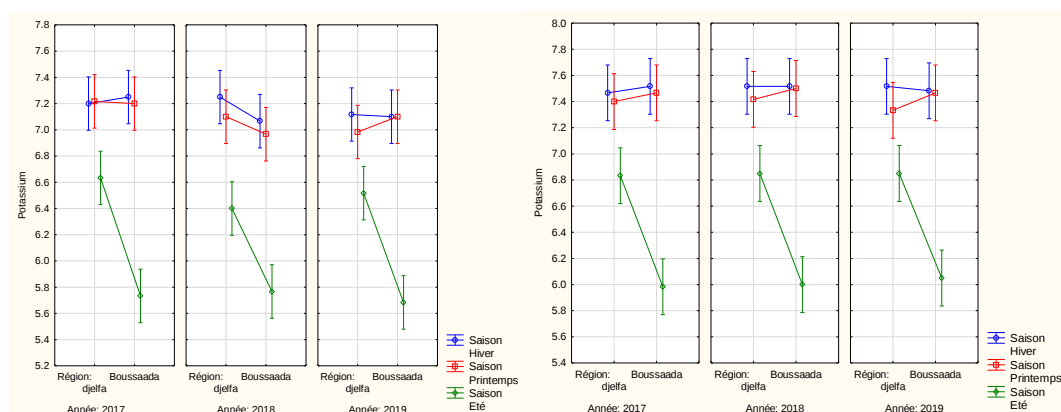


Figure 65 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison en fonction Année)

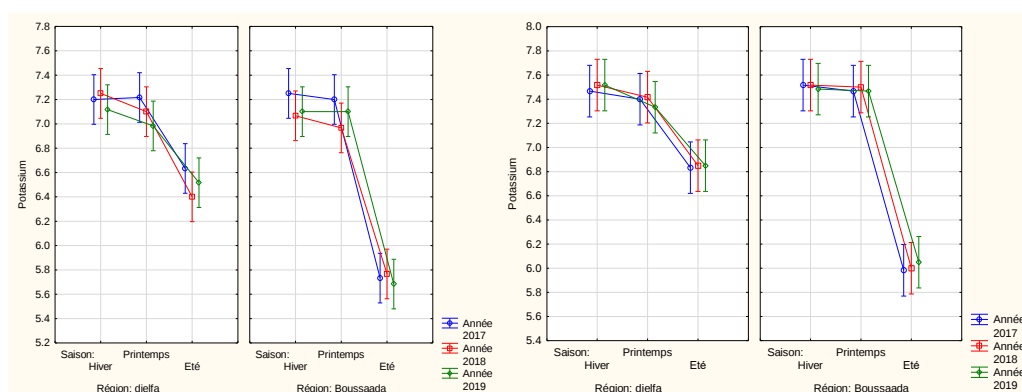


Figure 66 : Teneur en potassium chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

6- Teneur en Chlorure

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la teneur en chlorure des feuilles analysées de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L. provenant de la région de Boussaâda est plus faible que celles de la région de Djelfa, nous remarquons que le facteur Région a un effet très hautement significatif sur sa concentration ($p < 0.001$).

Selon le test de Newman-Keuls, chacune des régions appartient à un groupe ou classe différente (tableau 53 et 54). Les plantes de la région de Djelfa présentent une teneur plus faible avec une valeur de 159.3348mg/g et 158.7969mg/g de MS des deux armoises respectivement. Comparées à celles de la région de Boussaâda qui montrent une teneur plus forte avec une valeur de 168.4642mg/g et 168.4182mg/g de MS.

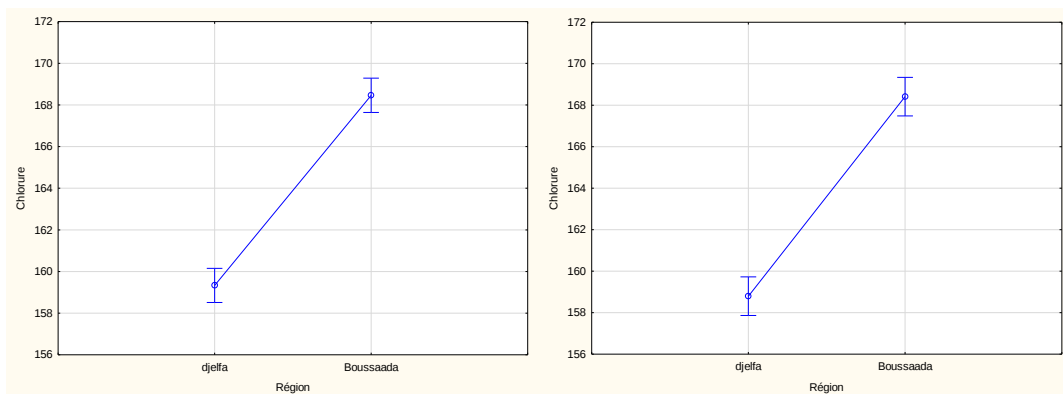
Tableau 53 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 4,4352, df = 36,000			
Région	Chlorure	1	2
Boussaâda	168,4642±18.07	****	
Djelfa	159,3348±7.33		****

Tableau 54 : Teneur en chlorure chez *A. campestris* L. (facteur Région)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 5,6799, df = 36,000			
Région	Chlorure	1	2
Boussaâda	168,4182±17.77	****	
Djelfa	158,7969±8.04		****

La figure 67 montre la moyenne des valeurs de teneur en chlorure des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions (Djelfa et Boussaâda) dont $F(1, 36) = 253,69$, $p=0,0000$ et $F(1, 36) = 220,02$, $p=0,0000$ respectivement, sachant que les moyennes calculées concernent les 3 années successives (2017, 2018 et 2019).

**Figure 67 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Région)**

L'analyse de la variance montre que le facteur Saison a un effet très hautement significatif sur la teneur en chlorure chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p<0.001$). La teneur en chlorure est très faible en été qu'en hiver et printemps.

Les résultats du test de Newman-Keuls montrent 3 groupes homogènes (tableau 55 et 56). L'hiver appartient au premier groupe avec une valeur de 172.0236 mg/g et 171.9221mg/g de MS. La saison estivale représente le groupe 3 possédant la plus faible teneur en chlorure avec une valeur de 153.0844mg/g et 153.0683 mg/g de MS. Le printemps a eu une valeur de 166.5905mg/g et 165.8323mg/g de MS respectivement.

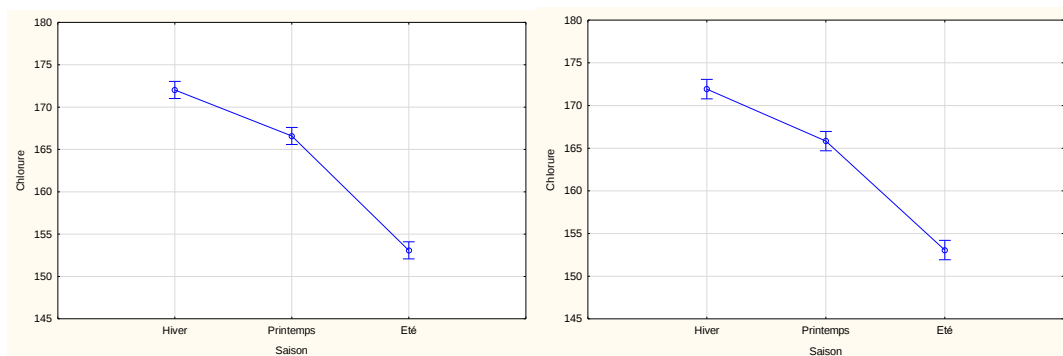
Tableau 55 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 4,4352, df = 36,000				
Saison	Chlorure	1	2	3
Hiver	172,0236±6.69	****		
Printemps	166,5905±17.47		****	
Eté	153,0844±9.83			****

Tableau 56 : Teneur en chlorure chez *A. campestris* L. (facteur Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 5,6799, df = 36,000				
Saison	Chlorure	1	2	3
Hiver	171,9221±6.34	****		
Printemps	165,8323±18.18		****	
Eté	153,0683±9.41			****

La figure 68 montre la moyenne des valeurs de concentration en chlorure des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois saisons différentes (Hiver, printemps et été) durant les 3 campagnes consécutives des deux régions, dont $F(2, 36) = 385,98$, $p = 0,0000$ et $F(2, 36) = 293,39$, $p = 0,0000$ respectivement.

**Figure 68 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Saison)**

L'analyse de la variance montre que le facteur Année (2017, 2018 et 2019), n'a aucun effet significatif sur la teneur en chlorure chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des deux régions Djelfa et Boussaâda ($p > 0.05$). La moyenne des teneurs en chlorure est presque similaire.

L'analyse de la variance du test de Newman-Keuls, est non significative, un seul groupe homogène est enregistré (tableau 57 et 58).

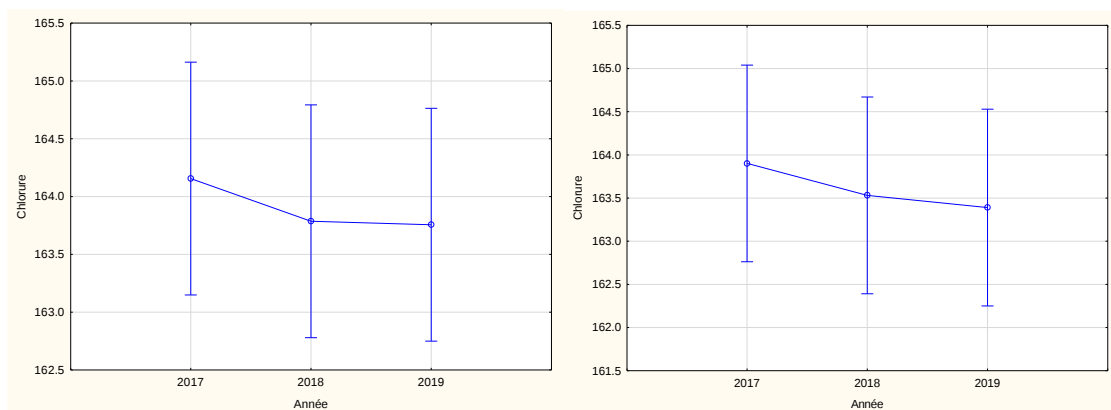
Tableau 57 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 4,4352, df = 36,000		
Année	Chlorure	1
2017	164,1556±14.47	****
2018	163,7865±14.75	****
2019	163,7565±14.86	****

Tableau 58 : Teneur en chlorure chez *A. campestris* L. (facteur Année)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 5,6799, df = 36,000		
Année	Chlorure	1
2017	163,9014±14.64	****
2018	163,5313±14.82	****
2019	163,3899±14.87	****

La figure 69 montre la moyenne des valeurs de concentration du chlorure des plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge des trois années différentes (2017, 2018 et 2019) dont $F(2, 36) = 0,07252$, $p = 0,93018$ et $F(2, 36) = 0,22109$, $p = 0,80273$ respectivement, sachant que les moyennes sont des trois saisons et des deux régions.

Figure 69 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (facteur Année)

L'analyse multifactorielle des teneurs en chlorure chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge, et selon le test de Knewman-Keuls, nous montre qu'il y a un effet d'interaction entre ces deux facteurs (Région/Saison) avec un effet très hautement significatif ($p < 0.001$).

Il existe 6 groupes homogènes (pour l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement), dont chaque combinaison appartient à un groupe unique. La teneur en chlorure du printemps de d Boussaâda appartient au premier groupe avec une valeur de 183.4740mg/g et 183.3802mg/g de MS. Les teneurs en chlorure de l'hiver de Djelfa et

l'hiver de Boussaâda sont successivement dans les groupes 2 et 3, avec des valeurs de 178.2109mg/g et 177.7442mg/g pour le deuxième et 165.8362 et 166.1mg/g de MS pour le troisième respectivement. La teneur en chlorure de l'été de Djelfa forme seul le quatrième groupe avec une valeur de 162.4612mg/g et 162.0064mg/g de MS. La teneur en chlorure du printemps de Djelfa appartient au cinquième groupe avec une valeur de 149.7071mg/g et 148.2843mg/g de MS. La teneur en chlorure de l'été de Boussaâda appartient au dernier groupe avec une valeurs de 143.7077mg/g et 144.1302mg/g de MS.

Tableau 59 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 4,4352, df = 36,000								
Région	Saison	Chlorure	1	2	3	4	5	6
Boussaâda	Printemps	183,4740±1.94	****					
Boussaâda	Hiver	178,2109±1.92		****				
Djelfa	Hiver	165,8362±2.32			****			
Djelfa	Eté	162,4612±1.77				****		
Djelfa	Printemps	149,7071±1.79					****	
Boussaâda	Eté	143,7077±2.11						****

Tableau 60 : Teneur en chlorure chez *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 5,6799, df = 36,000								
Région	Saison	Chlorure	1	2	3	4	5	6
Boussaâda	Printemps	183,3802±2.03	****					
Boussaâda	Hiver	177,7442±1.98		****				
Djelfa	Hiver	166,1000±2.31			****			
Djelfa	Eté	162,0064±1.87				****		
Djelfa	Printemps	148,2843±2.31					****	
Boussaâda	Eté	144,1302±2.19						****

La figure 70 et la figure 71 montrent l'interaction entre les deux facteurs principaux (Région et Saison) sur la teneur en chlorure de deux manières et avec $F(2, 36) = 707,70$, $p=0,0000$ et $F(2, 36)=558,21$, $p=0,0000$ pour l'armoise blanche et rouge respectivement. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région.

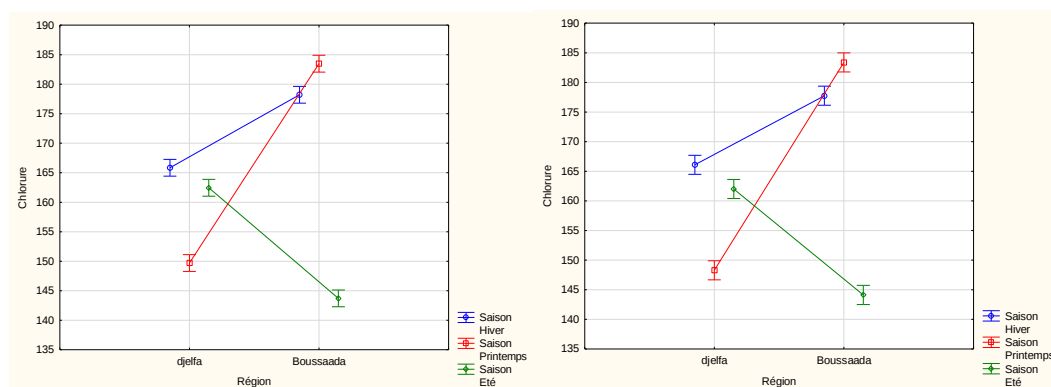


Figure 70 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison)

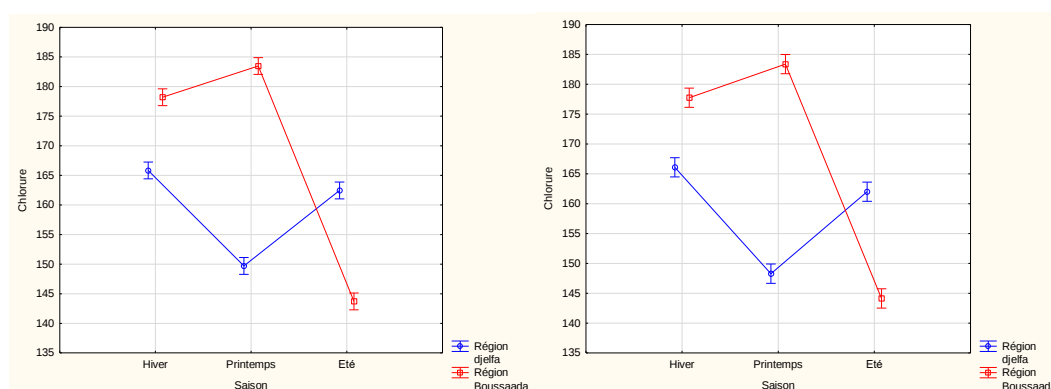


Figure 71 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région)

Selon le test de Knewman-Keuls, l'analyse de la variance multifactorielle des teneurs en chlorure chez les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge montre qu'il n'y a aucun effet significatif d'interaction entre les trois facteurs étudiés (Année, Région et Saison) ($p > 0.05$).

Le tableau 61 signale qu'il n'existe que 7 groupes. Les teneurs de l'hiver de Boussaâda 2019 et son printemps en premier groupe. Les teneurs des printemps de Boussaâda (2017, 2019 et 2018) appartiennent au deuxième groupe, avec des valeurs de 183.0957, 183.2092 et 184.1172 mg/g de MS. Les teneurs des hivers de Boussaâda (2018, 2017 et 2019) forment ensemble le troisième groupe, avec des valeurs de 177.1135, 178.1410 et 179.3782 mg/g de MS. Les teneurs des étés de Djelfa (2019, 2017 et 2018) avec les teneurs des hivers de Djelfa (2018 et 2019) forment le cinquième groupe avec des valeurs de 161.2528, 162.9073, 163.2235, 165.4335 et 165.5207 mg/g de MS respectivement. Les quatre dernières valeurs forment avec la teneur de l'hiver de Djelfa 2017 le quatrième groupe, avec une valeur de 166.5545 mg/g de MS. Le sixième groupe contient les teneurs des printemps de Djelfa (2019, 2018 et 2017) avec des valeurs de 148.5715, 149.8110 et 150.7387 mg/g de MS. Le dernier contient les teneurs en chlorure des étés de Boussaâda (2018, 2017 et 2019) avec des valeurs de 143.0202, 143.4963 et 144.6065 mg/g de MS.

Le tableau 62 signale qu'ils existent 4 groupes homogènes. Les teneurs en chlorures des printemps de Boussaâda (2019, 2017 et 2018) forment le premier groupe avec des valeurs de 182.9452, 183.2763 et 183.9190mg/g de MS.

Les teneurs en chlorures des hivers de Boussaâda (2018, 2019 et 2017) appartiennent à la deuxième classe avec des valeurs de 177.4440, 177.8387 et 177.95mg/g de MS. Les teneurs en chlorures des étés et des hivers de Djelfa (2019, 2018, 2017 et 2018, 2019, 2017) appartiennent à la même classe avec des valeurs de 161.6877, 162.1438, 162.1877, 165.4113, 166.2168 et 166.6718mg/g de MS.

Le quatrième groupe contient les teneurs en chlorure des étés de Boussaâda (2017-2018 et 2019) et les teneurs en chlorure des printemps de Djelfa (2019, 2018 et 2017) avec des valeurs de 143.8910, 144.2367, 144.2630, 147.3882, 148.0332 et 149.4317mg/g de MS.

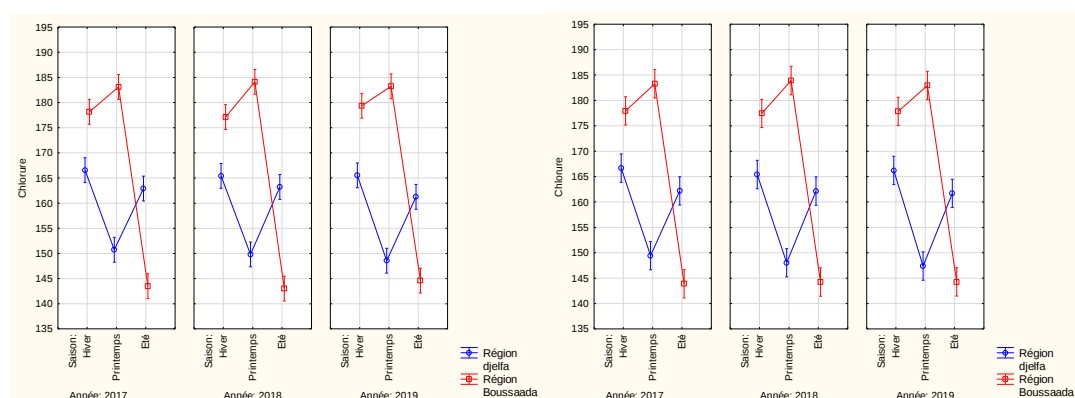
Tableau 61 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 4,4352, df = 36,000										
Année	Région	Saison	Chlorure	1	2	3	4	5	6	7
2018	Boussaâda	Printemps	184,1172±1.39		*****					
2019	Boussaâda	Printemps	183,2092±1.83	*****	*****					
2017	Boussaâda	Printemps	183,0957±2.97		*****					
2019	Boussaâda	Hiver	179,3782±1.87	*****		*****				
2017	Boussaâda	Hiver	178,1410±1.88			*****				
2018	Boussaâda	Hiver	177,1135±1.98			*****				
2017	Djelfa	Hiver	166,5545±1.88				*****			
2019	Djelfa	Hiver	165,5207±3.99				*****	*****		
2018	Djelfa	Hiver	165,4335±0.98				*****	*****		
2018	Djelfa	Eté	163,2235±2.28				*****	*****		
2017	Djelfa	Eté	162,9073±1.43				*****	*****		
2019	Djelfa	Eté	161,2528±1.38					*****		
2017	Djelfa	Printemps	150,7387±1.45						*****	
2018	Djelfa	Printemps	149,8110±1.25						*****	
2019	Djelfa	Printemps	148,5715±2.37						*****	
2019	Boussaâda	Eté	144,6065±2.04							*****
2017	Boussaâda	Eté	143,4963±2.51							*****
2018	Boussaâda	Eté	143,0202±2.31							*****

Tableau 62 : Teneur en chlorure chez *A. campestris* L. (interaction entre les trois facteurs)

Alpha = ,05000 Erreur : Entre MS = 5,6799, df = 36,000							
Année	Région	Saison	Chlorure	1	2	3	4
2018	Boussaâda	Printemps	183,9190±1.52	****			
2017	Boussaâda	Printemps	183,2763±2.79	****			
2019	Boussaâda	Printemps	182,9452±2.39	****			
2017	Boussaâda	Hiver	177,9500±2.03		****		
2019	Boussaâda	Hiver	177,8387±2.51		****		
2018	Boussaâda	Hiver	177,4440±2.23		****		
2017	Djelfa	Hiver	166,6718±2.08			****	
2019	Djelfa	Hiver	166,2168±3.76			****	
2018	Djelfa	Hiver	165,4113±1.28			****	
2017	Djelfa	Été	162,1877±2.16			****	
2018	Djelfa	Été	162,1438±2.23			****	
2019	Djelfa	Été	161,6877±2.03			****	
2017	Djelfa	Printemps	149,4317±2.10				****
2018	Djelfa	Printemps	148,0332±2.28				****
2019	Djelfa	Printemps	147,3882±2.91				****
2019	Boussaâda	Été	144,2630±2.26				****
2018	Boussaâda	Été	144,2367±2.77				****
2017	Boussaâda	Été	143,8910±2.49				****

Les figures 72, 73 et 74 montrent l'interaction entre les facteurs (Région, Saison et Année) de plusieurs manières et avec $F(4, 36)=0,26245$, $p=0,90008$ et $F(4, 36)=0,06484$, $p=0,99193$ pour l'armoise blanche et rouge respectivement. La première figure montre l'interaction entre le facteur Région face au facteur Saison en fonction du facteur Année. Par contre, la deuxième figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Région en fonction du facteur Année. La dernière figure montre l'interaction entre le facteur Saison face au facteur Année en fonction du facteur Région.

Figure 72 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Région en fonction Année)

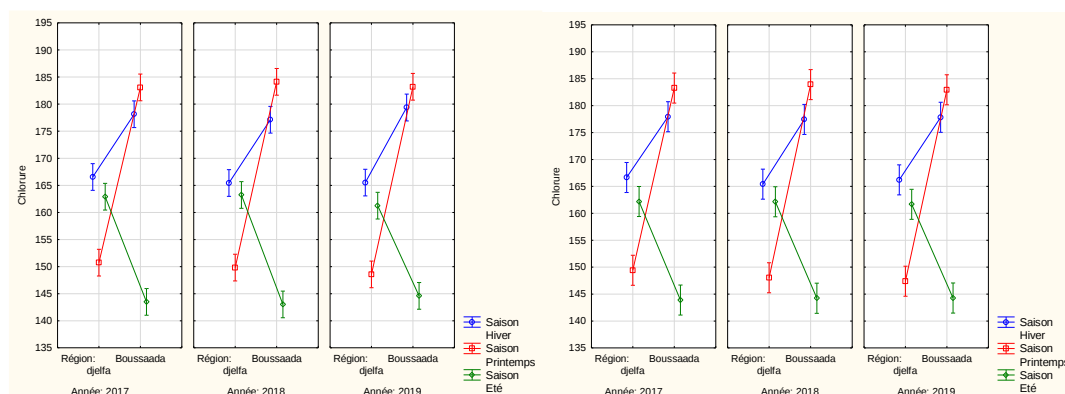


Figure 73 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Région/Saison en fonction Année)

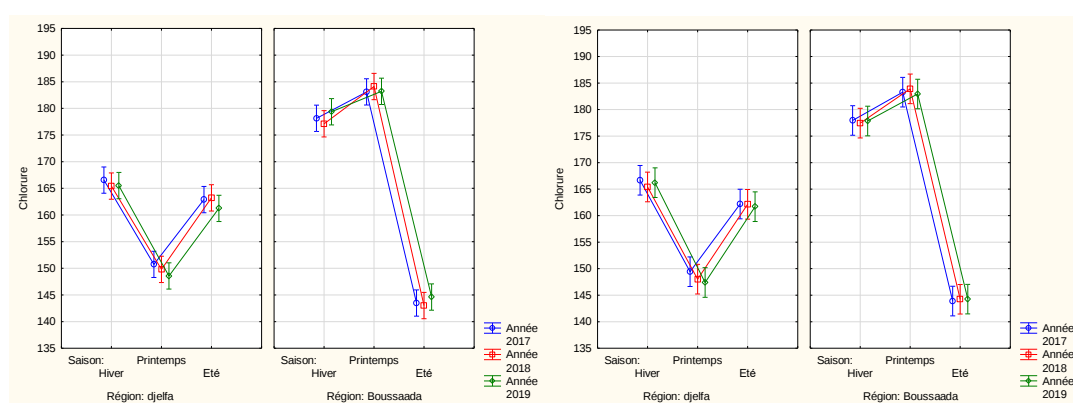


Figure 74 : Teneur en chlorure chez *A. herba alba* Asso et *A. campestris* L. (interaction Saison/Année en fonction Région)

7- Discussion générale

Les plantes steppiques et halophytes développent des mécanismes d'adaptation vis-à-vis des étages bioclimatiques et des changements climatiques sévissant ces dernières années.

En effet, en plus du réchauffement élevé de plus de 1,5°C [94] causant des sécheresses prolongées, le pays connaît des poches de sécheresse récurrentes, des pluies tardives et irrégulières.

Notre travail de recherche s'est effectué sur les feuilles de l'*Artemisia campestris* L. et l'*Artemisia herba alba* Asso, ayant une distribution géographique très étendue allant de la zone côtière au vaste Sahara.

Nous avons analysé les paramètres biochimiques et physiologiques des plantes suivies durant trois campagnes successives (2016/2017; 2017/2018 et 2018/2019), où nous avons constaté que les deux espèces peuvent accumuler et absorber des éléments et/ou inhibées l'absorption d'autres éléments afin de résister aux stress hydrique et thermique en développant des stratégies d'adaptation.

En effet, les feuilles des plantes des deux armoises (blanche et rouge) accumulent une quantité importante de proline dans la région aride de Boussaâda comparées aux plantes prélevées dans la région semi-aride de Djelfa. Nous enregistrons 1.199 et 1.145µg/g de MF pour les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement issues de la région de Boussaâda (Elhouamed), et 0.739 et 0.852µg/g de MF pour les plantes de la région de Djelfa (Mankeb Benhamed) des deux espèces respectivement.

Cet acide aminé est accumulé quand les plantes sont soumises au stress hydrique, surtout durant la saison sèche où la température est élevée et dépassant les 40°C. Les teneurs en proline peuvent atteindre de 1.3 à 1.7µg/g de MF en saison estivale pour l'armoise blanche, et 1.3 à 1.4µg/g de MF durant la même saison pour l'armoise rouge [95].

La quantité en proline minimale accumulée et enregistrée est celle de la saison hivernale de Djelfa avec 0.23 et 0.11µg/g de MF pour les plantes par l'armoise blanche et l'armoise rouge respectivement. Elles sont de 0.46 et 0.74µg/g de MF pour les plantes des deux espèces respectivement (Région de Boussaâda).

L'étude climatique de la région steppique et présaharienne exprime la présence d'un léger changement climatique avec la succession des années de sécheresse, ce qui influe sur

le couvert végétal en général, et surtout sur les armoises qui s'étalent dans tout le territoire du Tell jusqu'au Sahara.

L'accumulation de la proline pendant les campagnes d'études nous montre qu'elle est proportionnellement liée aux années les plus sèches, cette stratégie d'adaptation permet aux plantes rustiques de résister malgré la succession des périodes rudes.

Notons que la campagne 2017/2018 est moyennement sèche comparée aux deux autres. Cela est reflétée sur l'accumulation de la proline avec un effet significatif chez les plantes de l'armoise rouge comparée à celles de l'armoise blanche.

La proline est classée parmi les osmolytes les plus fréquemment accumulés chez un grand nombre d'espèces [96. 97].

Nous avons confirmé que les plantes de l'armoise blanche accumulent de la proline pendant le stress hydrique, nos résultats ne corroborent pas avec ceux de Aïdoud [15], qui précisent que l'armoise blanche forme une exception en résistant à la sécheresse par la réduction de la dimension des feuilles et non pas par l'accumulation de la proline. Durant notre expérimentation, nous avons constaté une accumulation de la proline très marquée et donc en contradiction avec les travaux de recherche de Aïdoud [15].

L'armoise blanche et l'armoise rouge, comme toutes les plantes qui peuvent survivre dans les conditions rudes et difficiles développent la stratégie de l'accumulation de la proline comme un mécanisme de défense contre le stress hydrique et pour leurs survies [98. 99. 100. 101].

Il est rapporté aussi que l'accumulation de la proline forme aussi un moyen de lutte contre le stress salin chez les halophytes [102. 103. 104].

D'autre part, Mattioli et *al.* [105] signalent que la continuité de la croissance chez les plantes pendant le stress hydrique peut être assurée par l'accumulation de la proline qui joue un rôle très important dans la croissance tissulaire et peuvent ainsi résister aux stress hydriques.

Singh et Belksir [106.107] montrent dans leurs travaux de recherche sur l'orge (*Hordium vulgare*) et sur le blé amarante (*Amarantus caudatus*) que les quantités accumulées de la proline peuvent être liées à la tolérance au stress.

La résistance vis-à-vis du stress hydrique se traduit par sa capacité d'accumuler plus de proline, cette constatation a été confirmée par plusieurs chercheurs [108. 98. 109. 110. 111. 112. 113].

L'accumulation de la proline diffère d'une saison à une autre, et d'une région à une autre, selon les conditions climatiques et selon l'étage bioclimatique [114].

Elle peut aussi être due aux nombreux types de stress notamment la hausse de la concentration de plusieurs éléments minéraux dans le sol [115].

Les résultats obtenus de notre travail de recherche montrent que l'accumulation de la proline est directement liée avec l'accumulation des sucres solubles totaux.

Les plantes de la région de Boussaâda ont accumulé plus de sucres solubles que les plantes de la région de Djelfa. Les deux espèces d'armoïse présentent les valeurs allant de 1.753 et 1.176 $\mu\text{g/g}$ de MF pour l'armoïse blanche et l'armoïse rouge respectivement de la région de Boussaâda, à de 1.165 et 0.675 $\mu\text{g/g}$ de MF pour la région de Djelfa.

L'accumulation des sucres solubles pour les deux armoïses se manifestent durant la saison tempérée et sèche par rapport à la saison froide et humide. La saison la plus sèche a enregistré une valeur de 2.469 et 2.182 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les plantes de l'armoïse blanche et les plantes de l'armoïse rouge de la région de Boussaâda. Elle est de 1.906 et 1.083 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les plantes de l'armoïse blanche et les plantes l'armoïse rouge de la région de Djelfa.

La quantité minimale des sucres solubles est enregistrée pendant la saison la plus froide et humide est de 1.005 et 0.293 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les plantes de l'armoïse blanche et l'armoïse rouge de la région de Boussaâda, Elle est de 0.674 et 0.298 $\mu\text{g/g}$ de MF pour les plantes de l'armoïse blanche et l'armoïse rouge de la région de Djelfa.

Les chercheurs précisent que l'accumulation des sucres solubles totaux est l'une des stratégies de tolérance vis-à-vis le stress hydrique chez la plupart des végétaux [10.108. 111.112].

Les résultats obtenus confirment bien que la quantité accumulée des sucres solubles est proportionnellement liée à la quantité accumulée de la proline [98. 116].

La succession des années de sécheresse provoque l'augmentation de l'accumulation des sucres solubles.

L'effet des 3 années sur l'accumulation des sucres solubles n'est pas représentatif sur une courte durée puisque le changement climatique est presque négligeable pendant cette période.

Les résultats enregistrés durant cette étude montrent que la teneur en sucres solubles et en proline se comportent différemment d'une espèce à une autre et d'un lieu à un autre. Nous pouvons déduire que la capacité d'accumulation de la proline et des sucres solubles est plus utilisée par les plantes de l'armoise blanche (teneur en sucres solubles $2.469\mu\text{g/g}$ de MF, teneur en proline $1.705\mu\text{g/g}$ de MF) comparée à l'armoise rouge où la teneur en sucres solubles est de $2.182\mu\text{g/g}$ de MF, teneur en proline $1.0418\mu\text{g/g}$ de MF.

Cette différence de quantité en proline et en sucres solubles (dans la même région et la même saison) peut être due à la présence de l'armoise blanche dans les zones élevées et les buttes (petites collines) et la présence de l'armoise rouge dans les bas-fonds.

Les sucres solubles et la proline sont des osmorégulateurs de la résistance au stress abiotique (hydrique et salin) connus et reportés par la littérature comme marqueurs biochimiques de la résistance aux différents stress. Bazzala [116] déduit que les sucres solubles sont des effecteurs de l'accumulation de la proline, ils entrent dans l'ajustement osmotique, ce qui confèrent aux plantes la possibilité de tolérer le stress.

Durant le stress abiotique, la vitesse de croissance des plantes baisse en fonction de la tolérance des espèces. Cette croissance peut être mesurée par la superficie foliaire qui diminue graduellement et la teneur en chlorophylle qui s'affaiblit.

En effet, les armoises étudiées (blanche et rouge) résistent par l'accumulation des osmolytes confirmées dans cette étude. La vitesse de croissance s'est exprimée par la quantité de chlorophylle mesurée, elle est de $0.253\mu\text{g/g}$ de MF pour l'armoise blanche de Boussaâda et $0.281\mu\text{g/g}$ de MF pour la même espèce dans la région de Djelfa.

L'armoise rouge enregistre une quantité de chlorophylle de 0.333 et $0.372\mu\text{g/g}$ de MF respectivement dans la région de Boussaâda et de Djelfa.

Nous avons noté également que la saison joue un rôle très important sur la vitesse de croissance et la teneur en chlorophylle. La quantité maximale enregistrée par les plantes de l'armoise blanche est celle de l'hiver à Boussaâda ($0.349\mu\text{g/g}$ de MF). Tandis que la quantité

minimale enregistrée pour la même espèce est celle des plantes de l'été issues de Boussaâda ($0.087\mu\text{g/g}$ de MF) de chlorophylle.

Les plantes de l'armoise rouge enregistrent une quantité maximale et minimale de la chlorophylle durant les périodes hivernale et estivale de Boussaâda respectivement avec 0.466 et $0.104\mu\text{g/g}$ de MF.

En fonction des quantités de chlorophylle analysées, la vitesse de croissance est plus rapide chez l'armoise rouge que chez l'armoise blanche. La couleur terne des feuilles observées peut refléter la différence en quantité de chlorophylle.

Les températures très basses peuvent aussi influencer la vitesse de croissance, ce qui est confirmé par la différence entre la vitesse de croissance hivernale et printanière de la même espèce entre la région de Djelfa et la région de Boussaâda (exprimé par la quantité de chlorophylle) [117. 118].

Il n'existe aucune différence significative de l'accumulation de la chlorophylle entre les 3 campagnes étudiées. Nous ne pouvons déceler cet écart qu'à partir d'une décennie.

Le stress salin et le stress hydrique influent directement sur la vitesse de croissance et indirectement sur la quantité de chlorophylle [119].

Les osmorégulateurs sont des éléments qui peuvent maintenir la survie des plantes vis-à-vis du stress hydrique et le stress salin. Leur nature peut être organique ou minérale. En effet, le sodium et le potassium jouent aussi un rôle très important dans la régulation osmotique. Nous avons constaté que la teneur en sodium est très différente d'une région à une autre, et d'une saison à une autre.

Nous avons noté que les plantes de l'armoise blanche de la région aride présentent une teneur plus forte en sodium que celles de la région semi-aride avec 3.144mg/g de MS (Boussaâda) et 2.82mg/g de MS (Djelfa). La teneur en sodium est aussi très forte en saison sèche comparée à la saison humide avec 1.333mg/g de MS durant l'hiver de Boussaâda et 5mg/g de MS durant l'été de Djelfa.

Les feuilles des plantes de l'armoise rouge prélevées dans la région de Boussaâda présentent elles aussi une forte valeur en sodium en comparaison à celles récoltées à Djelfa avec 2.790mg/g de MS et 2.476mg/g de MS respectivement.

La saison d'été est celle où les plantes présentent une teneur très forte en sodium comparée à l'hiver avec 4.3mg/g de MS (l'été de Djelfa), et 1.083mg/g de MS (hiver de Boussaâda).

La valeur moyenne de l'accumulation du sodium chez l'armoise blanche et l'armoise rouge durant nos 3 années d'étude n'a pas eu un impact est donc aucune différence significative n'a été révélée, car le changement climatique sur une courte durée n'est pas significatif.

L'accumulation du sodium n'est pas un mécanisme de lutte contre le stress salin seul, mais c'est aussi une stratégie de lutte contre plusieurs types de stress abiotiques comme le confirment les chercheurs [120. 121].

Nous avons constaté qu'il existe une différence dans la quantité de sodium accumulé dans les plantes de l'armoise blanche et l'armoise rouge provenant de la même région et pendant la même saison. Cela est lié probablement à la différenciation d'existence sur les buttes (petites collines) ou les bas-fonds. L'armoise blanche est très répandue et domine dans les zones élevées, contrairement à l'armoise rouge qui préfère les sols légers, les terres meubles et les bas-fonds. Ces derniers peuvent assurer une certaine humidité comparée aux endroits élevés, ce qui rend les armoises rouges moins confrontées au stress dans la même région et pendant la même saison.

Le sodium et le potassium entrent dans la régulation osmotique. Ils assurent l'absorption de l'eau au moment de déficit hydrique. La somme cationique reste toujours stable, mais le rapport Na^+/K^+ diffère. Les résultats obtenus montrent que quand la quantité de sodium absorbée augmente, la quantité de potassium diminue.

En effet, la teneur en potassium chez l'armoise blanche de la région de Boussaâda est plus forte que celle des plantes de la région de Djelfa avec 2.79 et 2.476mg/g de MS respectivement.

La teneur en potassium entre les saisons chez les plantes de l'armoise blanche enregistrée est 7.502mg/g de MS durant la période hivernale, et de 7.431mg/g de MS pour la période printanière. Elle reste plus faible avec 6.428mg/g de MS pour la période estivale.

Même constatation pour les plantes de l'armoise rouge où des différences quantifiables sont observées avec 7.503mg/g de MS pour l'hiver, 7.430mg/g de MS pour le printemps et 6.423mg/g de MS pour l'été.

La teneur en potassium est inversement proportionnelle à la teneur en sucres solubles. Une diminution de la quantité de potassium dans la plante entraîne une augmentation de la quantité de sucres solubles. Tandis qu'une quantité plus que suffisante de potassium rend les fruits moins sucrés et plus acides [122].

La plante équilibre ses besoins en cations et anions. Le chlore a une action de stabilité, puisque sa valeur est négative. Autrement, le sodium et le potassium se trouve généralement dans le sol sous forme de chlorure de sodium ou chlorure de potassium.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en chlorure chez l'armoise blanche est plus forte dans les plantes de la zone de Boussaâda que celles de la zone de Djelfa avec 168.46 et 159.33mg/g de MS respectivement.

Même constatation est faite chez l'armoise rouge avec une accumulation dans les plantes de 168.42mg/g de MS pour la région de Djelfa et 158.79mg/g de MS de la région de Boussaâda.

D'autre part, nous avons remarqué une différence en teneur de chlorure chez l'armoise blanche qui est plus forte pendant la saison humide comparée la saison sèche avec 172.02, 166.59 et 153.08mg/g de MS entre l'hiver, le printemps et l'été respectivement.

Le même principe pour l'armoise rouge où les plantes de la saison d'hiver réagissent de la même manière avec une valeur de 171.92mg/g de MS, durant la période printanière et 165.83 en été 153.06mg/g de MS en hiver.

Nous pouvons déduire que la teneur en chlorure stimule la vitesse de croissance, avec l'augmentation de la chlorophylle et le potassium, et inversement avec la proline et les sucres solubles.

L'effet des années sur l'accumulation de chlorure chez les deux armoises n'est pas significatif, à cause de la différence négligeable due à la courte durée de notre expérimentation (3 années consécutives) qui restent peu visible car les températures et les précipitations varient graduellement.

Conclusion générale

L'Artemisia herba alba Asso. et *l'Artemisia campestris* L., comme la plupart des plantes, notamment les plantes steppiques, vivent sur un vaste territoire qui comprend plusieurs étages climatiques. Ils s'adaptent à leurs différentes conditions, qu'elles soient régionales ou saisonnières, par des mécanismes physiologiques, biochimiques et parfois même morphologiques (réduction de la surface foliaire, allongement des entre-nœuds et croissance réduite).

Des études antérieures ont révélé plusieurs types de mécanismes physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress abiotiques. Y compris l'accumulation et l'inhibition de l'absorption et de la production de certains éléments nécessaires à la vie végétale.

L'accumulation de certains osmorégulateurs (osmolytes) de nature organique (proline, sucres solubles) peuvent maintenir la survie (pendant une longue période qui peut durer plusieurs années) de ces plantes vis-à-vis les conditions rudes et difficiles.

Cette tolérance s'explique par une augmentation de la pression osmotique de la partie aérienne de la plante pour stimuler de l'eau un peu disponible sans énergie, et par une diminution du taux de croissance (diminution de la quantité de chlorophylle) pendant la période affectée par le changement climatique.

Cette accumulation de composés organiques est constatée pendant les périodes de stress et dans les zones aux conditions plus sèches (saisons les plus chaudes et années de sécheresse).

Les osmorégulateurs n'ont pas une origine unique (organique), mais peuvent être de nature minérale comme la concentration et l'inhibition du sodium et du potassium. Ces dernières peuvent jouer un rôle direct dans la résistance à différents stress (stress hydrique et stress salin). Ils peuvent aussi devenir en même temps des signaux de stress en eux-mêmes.

Le sodium et le potassium diffèrent par leurs actions inversement proportionnelles. En effet le sodium est accumulé pendant la période sèche et dans la région chaude et remplace le potassium qui est bien absorbé pendant la période humide et dans la région froide.

Le chlorure, de nature ionique, joue un rôle stabilisant des mouvements ioniques et cationiques sans dépasser les seuils de toxicité.

Ces petites molécules libres (dans l'espace intracellulaire ou intercellulaire) peuvent s'influencer les uns les autres. L'accumulation de la proline n'est qu'une conséquence de l'accumulation des sucres solubles. Cette dernière résulte de la baisse de quantité de potassium absorbé qui est remplacé par le sodium pendant la période où les conditions sont extrêmes. Ces opérations d'accumulation de la proline, les sucres solubles et le sodium, et de l'inhibition de potassium, affectent directement le taux de croissance en altérant la quantité de chlorophylle.

L'étude d'autres osmorégulateurs tel que la bétaine glycine et d'autres mécanismes d'adaptation chez de nombreuses espèces végétales et spécialement les espèces steppiques qui peuvent survivre dans différents étages bioclimatiques, ainsi que leurs effets positifs et négatifs sur la qualité des plantes, serait très intéressante et mériterait d'être explorée. Ce type d'études peut contribuer à améliorer l'adaptation et la résistance des cultures aux changements climatiques souvent observés.

Références bibliographiques

- [1] Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since].
- [2] Ouyahya, A. (1987). Systématique du genre *Artemisia* au Maroc, thèse de Doc. en-Sciences, Fac. Sciences et techniques de Saint-Jérôme, Aix-Marseille III, dir. R. Nègre, 436 p.
- [3] Benchelah, A-C., H. Bouziane, and M. Maka. (2004). "Fleurs du Sahara, arbres et arbustes, voyage au coeur de leurs usages avec les Touaregs du Tassili." *Phytothérapie* 2: 191-197.
- [4] Boukezoula, F., et al. (2022). "Enquête ethnopharmacologique sur les plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel des troubles gastro-intestinaux dans une région de l'Est algérien (Tébessa)." *Phytothérapie* 20.1: 72-79.
- [5] Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions.
- [6] Rhattas, M., Allal, D., Lahcen, Z. (2016). "Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc)." *Journal of Applied Biosciences* 97 : 9187-9211.
- [7] Adouane, S. (2016). *Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès*. Diss. Université Mohamed Khider-Biskra,
- [8] Bora, K.S., Sharma, A. (2011). The genus *Artemisia*: a comprehensive review. *Pharm Biol.* Jan;49(1):101-9. doi: 10.3109/13880209.2010.497815.
- [9] Quezel, P., Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales; Editions du Centre National de la recherche scientifique: Paris, France.
- [10] Zahnit, W, Ouanissa S, Lazhar B, Chawki B, Messaoudi M, Benchikha N, Larkem I, Chinaza Godswill A, Sawicka B, Simal-Gandara J. (2022). "Phytochemical Profiling, Mineral Elements, and Biological Activities of *Artemisia campestris* L. Grown in Algeria" *Horticulturae* 8, no. 10: 914. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100914>
- [11] Rahman, A. H. M. M., Alam, M. S., Khan, S. K., Ahmed, F., Islam, A. K. M. R., Rahman, M. M. (2008). Taxonomic studies on the family Asteraceae (Compositae) of the Rajshahi division. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(2), 134-140.

- [12] Long, R. R. (1954). Some aspects of the flow of stratified fluids: II. Experiments with a two-fluid system. *Tellus*, 6(2), 97-115.
- [13] Trabut, L. (1889). *Étude sur l'halfa, Stipa Tenacissima*. A. Jourdan, Alger.
- [14] Boukhobza, M. (1982). L'agro-pastoralisme traditionnel en Algérie : de l'ordre tribal au désordre colonial. Office des publications universitaires.
- [15] Aidoud, A. (1989). Les écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse Doct. État, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
- [16] Charles Dorni, A. I., Amalraj, A., Gopi, S., Varma, K., Anjana, S. N. (2017). Novel cosmeceuticals from plants- an industry guided review. *J. Appl. Res. Med. Aromat.Plants*, 7: 1-26.
- [17] Mezache, N, Akkal, S. (2010). "Détermination structurale et évaluation biologique de substances naturelles de quelques espèces de la famille Asteraceae."
- [18] Définitions lexicographiques et étymologiques de « Composées » du Trésor de la langue française informatisé, sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales
- [19] Funk, V. A., Susanna, A., Stuessy, T. F., Bayer, R. J. (2009). Systematics, evolution and biogeography of Compositae. Vienna: International Association for Plant Taxonomy.
- [20] Xu, Z., Chang, L. (2017). Asteraceae. In: Identification and Control of Common Weeds: Volume 3. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5403-7_20.
- [21] Jeffrey, C., J. W. Kadereit, C. Jeffrey. (2007). "Compositae: Introduction with key to tribes. Families and Genera of Vascular Plants, Vol. VIII, Flowering Plants, Eudicots, Asterales (Editör: Kubitzki)": 61-87.
- [22] Guignard, J. L. (1998). Botanique, 11e édition. Masson, Paris.
- [23] Lazare, J. J. (2010). M. Botineau, 2010—Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Paris, Éditions Tec and Doc, Lavoisier. *Le Journal de botanique*, 51(1), 120-120.
- [24] Funk, V. A., et al. (2005). "Everywhere but Antarctica: using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae." *Biol. Skr.* 55: 343-373.

- [25] Gharzouli, R., Djellouli, Y. (2005). Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie). *Sécheresse*, 16(3), 217-23.
- [26] Sánchez-Chávez, E, et *al.* (2019). "Spatio-temporal evolution of climbing habit in the Dahlia-Hidalgoa group (Coreopsidae, Asteraceae)." *Molecular Phylogenetics and Evolution* 135 : 166-176.
- [27] Bougoutaia, Y. (2018). Etude du complexe *Artemisia herba-alba* Asso d'Algérie par des approches pluridisciplinaires : cytogénétique classique, cytogénétique moléculaire, phylogénie et phylogéographie. Diss. Université Mohamed Boudiaf des Sciences et de la Technologie-Mohamed Boudiaf d'Oran.
- [28] Herbier de Lorraine. http://sabots-de-lorraine.over-blog.com/pages/Famille_des_Asteracees-5542509.html
- [29] Messaili, B. (1995). Systématique des spermatophytes. Office des Publications Universitaires–Alger.
- [30] Panero, J. L., et *al.* (2014). "Resolution of deep nodes yields an improved backbone phylogeny and a new basal lineage to study early evolution of Asteraceae." *Molecular phylogenetics and evolution* 80 : 43-53.
- [31] Bremer, K. et *al* (1992). A review of the phylogeny and classification of the Asteraceae. *Nordic Journal of Botany*, 12(2), 141-148.
- [32] Hisashi, M, et *al.* (2002). "Medicinal Flowers (6) Absolute Stereostructures of Two New Flavanone Glycosides and a Phenylbutanoid Glycoside from the Flowers of *Chrysanthemum indicum* L.: Their Inhibitory Activities for Rat Lens Aldose Reductase." *CHEMICAL & PHARMACEUTICAL BULLETIN* 50.7 : 972-975.
- [33] Yapi, A. B., Guédé N. Z. (2015). "Etude ethnobotanique des Asteraceae médicinales vendues sur les marchés du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire)." *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9.6 : 2633-2647.
- [34] Bammou, M, et *al.* (2015). "Étude Ethnobotanique des Astéracées dans la Région Meknès-Tafilalet (Maroc)/[Ethnobotanical Survey of Asteraceae Family used in Meknes-Tafilalet Region (Morocco)]." *International Journal of Innovation and Applied Studies* 13.4 : 789.
- [35] Sherwin, C. (1976). «Tribal interrelationships and phylogeny of the Asteraceae». *Aliso*, 8(4),465.

- [36] Bremer, K., Anderberg Arne, A. (1994). *Asteraceae, Cladistics and Classification*. Timber Press, Portland, Oregon. 752 p.
- [37] Cox, C. B., Moore, P. D., Ladle, R. (2016). *An Ecological and Evolutionary Approach*, John Wiley & Sons. Biogeography, 42-43
- [38] Jean, Bruneton. (2009) *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (4e éd.). Lavoisier,
- [39] Zdero, C., Bohlmann, F. (1990). Systematics and evolution within the Compositae, seen with the eyes of a chemist plant systematics and Evolution. 171, 1–14.
- [40] Boulacel, M, Bousmid, A, Benlaribi, M. (2015). "Diversité florale des astéracées de la région de Constantine (Algérie)." *European Scientific Journal* 11.18.
- [41] Boulos, L. (2002). "Flora of Egypt, vol. III." Cairo: Al-Hadara Publishing : 1.
- [42] Vallès, J, et al. (2003). "The genus *Artemisia* and its allies: phylogeny of the subtribe *Artemisiinae* (Asteraceae, Anthemideae) based on nucleotide sequences of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacers (ITS)." *Plant Biology* 5.03 : 274-284.
- [43] Oberprieler, C, Sven, H., Vogt, R. (2007). "A new subtribal classification of the tribe Anthemideae (Compositae)." *Willdenowia* 37.1 : 89-114.
- [44] Noyes, R. D. (2000). "Biogeographical and evolutionary insights on *Erigeron* and allies (Asteraceae) from ITS sequence data." *Plant Systematics and Evolution* 220: 93-114.
- [45] Pellicer, M. J. (2009). *Sistemàtica i filogènia d'" Artemisia" i gèneres relacionats: una aproximació citogenètica i molecular amb especial èmfasi en el subgènere "Dracunculus"*. Universitat de Barcelona.
- [46] Oberprieler, C., Vogt, R., Watson, L.E. (2007) [2006]. Anthemideae. Pp. 243–374 in: Kadereit, J.W. & Jeffrey, C. (eds.), *The Families and Genera of Vascular Plants*, vol. 8, Flowering Plants. Eudicots. Asterales. Springer, Berlin
- [47] Oberprieler, C., Himmelreich, S., Kallersjo, M., Vallès, J., Watson, L. E., Vogt, R. (2009). Anthemideae. In *Systematics, Evolution and Biogeography of the Compositae*, (V. A. Funk, A. Susanna, T. F. Stuessy and R. J. Bayer, eds.), pp. 632–666. International Association Plant Taxonomy, Vienna.

- [48] Sanz, M, et al. (2008). "Molecular phylogeny and evolution of floral characters of *Artemisia* and allies (Anthemideae, Asteraceae): evidence from nrDNA ETS and ITS sequences." *Taxon* 57.1: 66-78.
- [49] Vallès, J., McArthur, E. D. (2001). *Artemisia* systematics and phylogeny: cytogenetic and molecular insights. and DJ Fairbanks (eds.), *Proceedings of shrubland ecosystem genetics and biodiversity*, 67-74.
- [50] Gast, M. (1989). « Armoise », Encyclopédie berbère [En ligne], 6, document A273, mis en ligne le 01décembre 2012, consulté le 12 octobre 2020. URL: <http://journals.openedition.org/encyclopedieberbere/2592>; <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.2592>
- [51] Greger, H. "Anthemideae chemical review." *Biology and chemistry of the Compositae* (1977).
- [52] Quézel, P., Santa, S., Schotter, O. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des regions desertiques meridionales-v. 1-2*.
- [53] Ozenda, P. (2004). *Flore et végétation du Sahara*. (3rd Edtn)., CNRS., Paris.
- [54] Lahmar-Zemiti B, Aidoud A. (2016). Suivi à long-terme dans la steppe d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) du Sud-Oranais (Algérie) : facteurs et indicateurs de changements. *Revue d'Écologie*, 71 (2), pp.168-177. hal-03532182.
- [55] Aidoud, A. (1988). Les écosystèmes à Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*. Asso.), I : Caractères généraux. *Bulletin d'écologie terrestre (Biocénoses)*, 3: 1-15.
- [56] Nedjraoui, D. (2004). "Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation." *Cahiers Options Méditerranéennes* 62 : 239-243.
- [57] Yabrir, B., et al. (2015). "Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu : cas de la wilaya de Djelfa." *Livest. Res. Rural. Dev* 10: 27.
- [58] Bechet, G., Nedjraoui, D. (1982). "Energy value of main high steppe species of the Wilaya of Saida [Algeria, forage plants, digestibility, nutritive value]." *Bulletin de la Societe d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*.
- [59] Ling, Y. R. (1992). Chemotaxonomy of *Artemisia* L. *Comp. Newsletter*, 22, 18-23.

- [60] Ouyahya, A. (1996). "Étude phytodermologique et histologique foliaire de quelques" *Artemisia*" du Bassin Méditerranéen Occidental".
- [61] Ouyahya, A. (1988). Recherches cytogénétiques sur le genre *Artemisia* L. au Maroc. *Boletim du Sociedade Broteriana, Serie.*, 61, 105-124.
- [62] Houmani, M., Houmani, Z., Skoula, M. (2004). Intérêt de *Artemisia herba alba* Asso dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. *Acta Botanica Gallica*, 151(2), 165-172.
- [63] Nabli, M. A. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes. Faculté des Sciences de Tunis.
- [64] Vallès, J. (1987). Contribución al estudio de las razas ibéricas de *Artemisia herba-alba* Asso. *Boletim da Sociedade Broteriana série 2*, 60: 5-27.
- [65] Ferchichi, A. (1997). Contribution à l'étude cytotaxonomique et biologique d'*Artemisia herba-alba* Asso en Tunisie présaharienne. *Acta Botanica Gallica*, 144: 145-154. <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.1997.10515761>
- [66] Bougoutaia, Y., Nedjimi, B., Adda, A., Kaid-Harche, M. (2014). Etude caryologique et moléculaire de deux populations algériennes d'*Artemisia herba alba* Asso. (Asteraceae). *Revue Agriculture* 8: 21-25.
- [67] Aïdoud, A., Édouard, L., Le Houérou, H. N. (2006). "Les steppes arides du nord de l'Afrique." *Science et changements planétaires/Sécheresse* 17.1 : 19-30.
- [68] Le Houérou, H.N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation. Montpellier : CIHEAM, (Options Méditerranées : Série B. Etudes et Recherches ; n. 10.
- [69] Salido, S, et al. (2004). "Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain." *Biochemical systematics and ecology* 32.3: 265-277.
- [70] Khaldi, A. (2014). "La gestion non-durable de la steppe algérienne." *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- [71] Fitter, A. H. (1980). *Flora Europaea*, Vol. 5, edited by T.G. Tutin et al. Cambridge UP, *Oryx*.;15(4):413-413. doi:10.1017/S0030605300028982

- [72] De Langhe, J. E., Delvosalle, L., Duvalignaud, J., Lambinon, J., Vanden Berghen, C. (1978). *Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes)*. Ed. du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.
- [73] Ozenda, P., Humbert, H. (1958). Flore du Sahara septentrional et central.
- [74] Benjilali, B. (1986). Etude de trois plantes aromatiques et médicinales du Maroc : armoises, thym et origan. Chimie de leurs huiles essentielles, chimiotaxonomie et propriétés antimicrobiennes. Doctorat ès-Sciences Agronomiques IAV Hassan II. Rabat-Maroc.
- [75] D.P.T.A. (2012). Monographie de la wilaya de Djelfa. Ed. Direction de la planification et l'aménagement du territoire, Djelfa, 227p.
- [76] Mezrag, M. (2018). Dynamique environnementale des zones steppiques à Djelfa (Algérie): Caractérisation par télédétection des changements du couvert végétal et des processus d'ensablement. Diss. Université de Lyon.
- [77] Pouget, M. (1980). *Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises*. FeniXX.
- [78] Ledant, J. P. (1985). Aperçu des zones de grand intérêt pour la conservation des espèces d'oiseaux migrateurs de la Communauté en Afrique. CE.
- [79] Derradji, N., D. Bouchelouche, Moulaï, R. (2013). "Place des oiseaux d'eau dans le fonctionnement de deux zones humides continentales, Zehrez Chergui et Zehrez Gharbi (wilaya de Djelfa)." USTHB-FBS 4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the Terrestrial & Aquatic Ecosystems" "CIPCA4" TAGHIT (Béchar)–Algeria.
- [80] HCDS (2018), Services Nappes Alfatières, Département d'Aménagement Pastoral. Djelfa.
- [81] Algerian space agency. <https://asal.dz/?p=542>
- [82] Dajoz, R. (2003). Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 p.
- [83] Dubief, J. (1950). "Evaporation et coefficients climatiques au Sahara." Trav. Inst. Rech. SC.
- [84] Mutin, L. (1977) - La Mitidja, Décolonisation et espaces géographiques. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 607 p.
- [85] Vennetier, M., Ripert, C. (2010). "Flore méditerranéenne et changement climatique : la course-poursuite est engagée." Forêt méditerranéenne 31.1 : 15-24.

- [86] Carrega, P. (2008). "Le vent: importance, mesures, modélisation et tribulations." Bulletin de la Société géographique de Liège 51 : 17-29.
- [87] Stewart, P. H. (1968). "Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique: quelques réflexions." Soc Hist Natur Afr Nord Bull.
- [88] Troll, W., Lindsey, G. (1955). A photometric method for the determination of proline; J. Biol. Biochem Chemistry. 215 (2), 655-660. doi: 10.1016/S0021-9258(18)65988-5.
- [89] Monneveux, P., Nemmar, M. (1986), Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie 6, 583–590. doi: 10.1051/agro:19860611
- [90] Abbad, M., et al. (2019). "Comparative effect of two varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to salinity." 1601-1609.
- [91] Slahi, K., et al. (2021). "Influence of organic nutrition on vegetative expression and phytochemical activity of the olive tree (*Olea europaea* L.)." 2413-2422.
- [92] Cerning, B. (1975). A note on sugar determination by the anthrone method. Cereal Chem. 52, 857-860.
- [93] Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith. F., (1956). "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". Analytical chemistry, volume 28. N°3.430-439. doi:10.1021/ac60111a017.
- [94] Chabane, Mohamed. "Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie?." Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning 14-15 (2012): 73-91.
- [95] Ayada, S. A. B. (2014). Variation saisonnière et régionale des paramètres biochimiques et physiologiques de l'armoise rouge (*Artemisia campestris*) de deux provenances (Boussaâda et Djelfa) (Thèse de Magister, Blida).
- [96] Rejeb, K. B., Abdelly, C., Savouré, A. (2012). La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. Biologie aujourd'hui, 206(4), 291-299.
- [97] Hernandez, S., Deleu, C., Larher, F. (2000). Accumulation de proline dans les tissus foliaires de tomate en réponse à la salinité. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie, 323(6), 551-557.

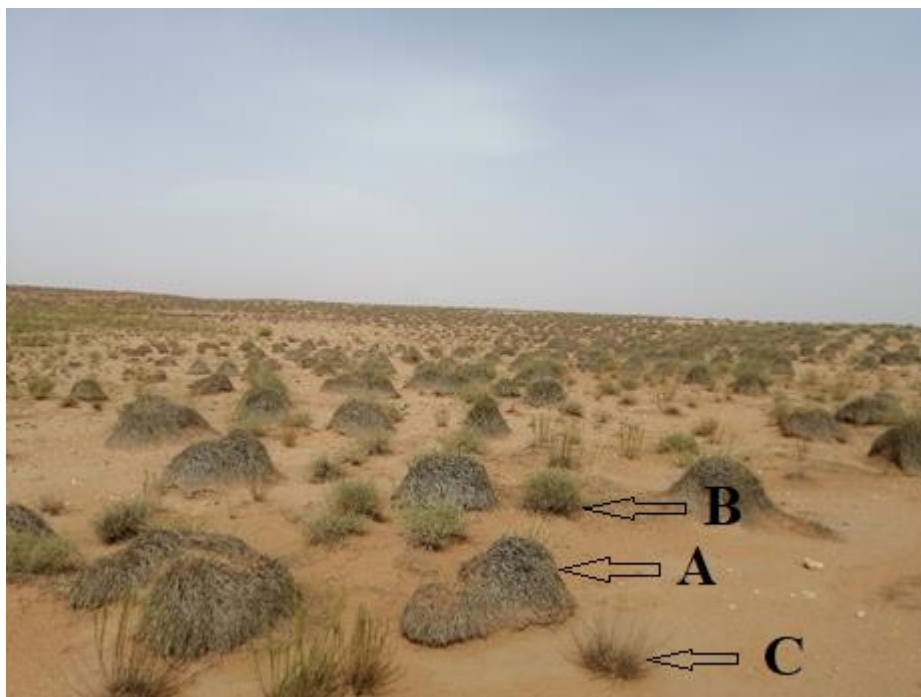
- [98] Chaib, G., Benlaribi, M., Hazmoune, T. (2015). Accumulation d'osmoticums chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress hydrique. *European Scientific Journal*, 11(24).
- [99] Verbruggen, N., Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, 35, 753-759.
- [100] Hare, P. D., Cress, W. A. (1997). Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. *Plant growth regulation*, 21, 79-102.
- [101] Siddique, A., Kandpal, G., Kumar, P. (2018). Proline Accumulation and its Defensive Role Under Diverse Stress Condition in Plants: An Overview. *J Pure Appl Microbiol.* 12(3):1655-1659. doi: 10.22207/JPAM.12.3.73.
- [102] Casasni, L., Bouabdallah, H. E., Bouchenak, F., Chaouia, C. (2020). Study of the tolerance to water and salt stress of two ecotypes of *Atriplex halimus* L. *Revue Agrobiologia* 10(2): 2118-128
- [103] Bouchenak, F., Henri, P., Benrebiha, F. Z., Rey, P. (2012). Differential responses to salinity of two *Atriplex halimus* populations in relation to organic solutes and antioxidant systems involving thiol reductases. *Journal of Plant Physiology*, 169(15), 1445-1453.
- [104] Annou, G., Khelil, A. O. E. H. (2012). Mécanismes adaptatifs de l'halophyte *Spontanea salsola mollis* sous deux régimes hydriques différents de la région de Ouargla.
- [105] Mattioli, R., Costantino, P., Trovato, M. (2009). Proline accumulation in plants: Not only stress. *Plant Signaling & Behavior*, 4(11), 1016-1018. <https://doi.org/10.4161/psb.4.11.9797>
- [106] Singh, T. N., Paleg, I. G., Aspinall, D. (1973). Stress metabolism I. Nitrogen metabolism and growth in the barley plant during water stress. *Australian journal of biological sciences*, 26(1), 45-56.
- [107] Belksir, F. (2022). Contribution à l'étude des effets du stress hydrique sur une amaranthaceae: *Amaranthus caudatus* L (Doctoral dissertation). ENSA, Alger.
- [108] Zerrad, W., Maataoui, B. S., Hilali, S., El Antri, S., Hmyene, A. (2008). Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Lebanese Science Journal*, 9(2), 27-36.

- [109] Havaux, M., Ernez, M., Lannoye, R. (1988). Sélection de variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) adaptées à la sécheresse par la mesure de l'extinction de la fluorescence de la chlorophylle in vivo. *Agronomie*, 8(3), 193-199.
- [110] Monneveux, P. (1991). Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. John Libbey Eurotext Paris, 165-185.
- [111] Houasli, C., Nasserlhaq, N., Elbouhmadi, K., Mahboub, S., Sripada, U. (2014). Effet du stress hydrique sur les critères physiologiques et biochimiques chez neuf génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.). *Revue Nature et Technologie*, 6(2), 8-16.
- [112] Mefti, M., Abdelguerfi, A., Chebouti, A. (2001). Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. Quality in lucerne and medics for animal production. Zaragoza, Espagne: CIHEAM, 173-176.
- [113] Bekka, S. (2021). Tolerance improvement of bread wheat to water stress by addition of proline. *AgroBiologia*, 2021, Vol. 11, No. 2, 2651-2659 ref. 50 ref.
- [114] Mouri, C., Benhassaini, H., Bendimered, F. Z., Belkhodja, M. (2012). Variation saisonnière de la teneur en proline et en sucres solubles chez l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) provenant du milieu naturel de la côte ouest de l'Algérie. *Acta botanica gallica*, 159(1), 127-135.
- [115] Rouibi, A., Saidi, F., Cheri, H. S., Boukhatem, N., Boutoumi, H. (2012). Bioaccumulation du plomb et ses effets sur la germination et certains paramètres moléculaires de la croissance chez développé sur un milieu contrôlé *Triticum Durum*. *Revue Agrobiologia*, 2, 75-78.
- [116] Bazzala, A. (2005). Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L) skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse (Doctoral dissertation, Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des Sciences).
- [117] Bodoy, A., Maitre-Allain, T., Riva, A. (1980). Croissance comparée de la palourde européenne (*Ruditapes decussatus*) et de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans un écosystème artificiel méditerranéen. *Vie marine*, 2, 39-51.

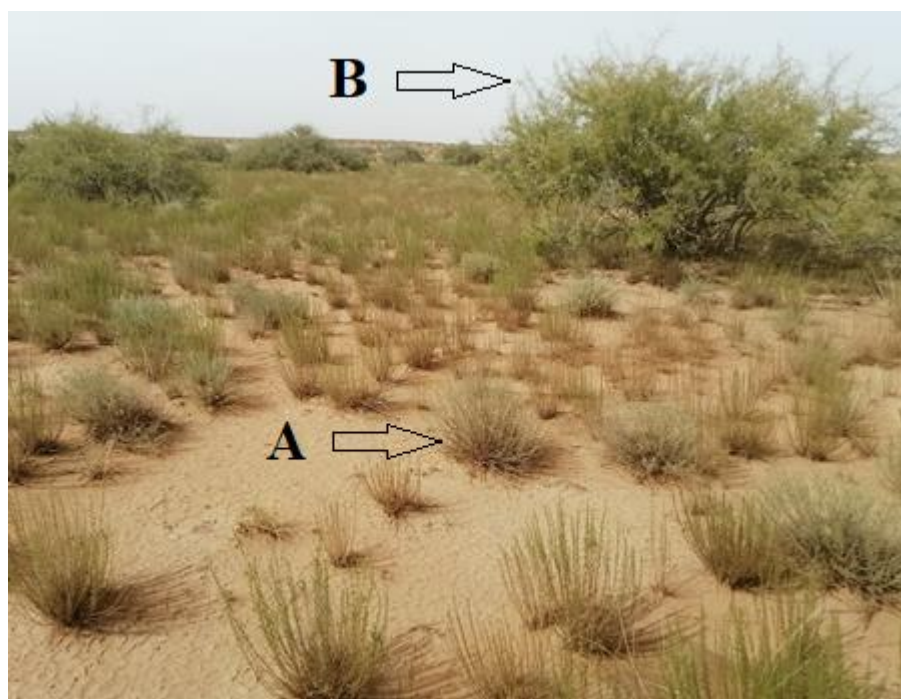
- [118] Mandret, G., Ourry, A., Roberge, G. (1990). Effet des facteurs température et nutrition azotée sur la croissance des plantes fourragères tropicales. I. Variation saisonnière de la croissance d'une graminée tropicale, *Brachiaria mutica*, au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 43(1), 119-124.
- [119] Behzadi Rad, P., Roozban, M. R., Karimi, S., Ghahremani, R., Vahdati, K. (2021). Osmolyte accumulation and sodium compartmentation has a key role in salinity tolerance of pistachios rootstocks. Agriculture, 11(8), 708.
- [120] Chandler, S. F., Thorpe, T. A. (1987). Proline accumulation and sodium sulfate tolerance in callus cultures of *Brassica napus* L. cv. Westar. Plant cell reports, 6, 176-179.
- [121] François, L. E., Clark, R. A. (1979). Accumulation of Sodium and Chloride in Leaves of Sprinkler-irrigated Grapes1. Journal of the American Society for Horticultural Science, 104(1), 11-13.
- [122] Prevel, P. M. (1978). Rôle des éléments minéraux chez les végétaux. Fruits, 33(7-8), 521-529.

Annexes

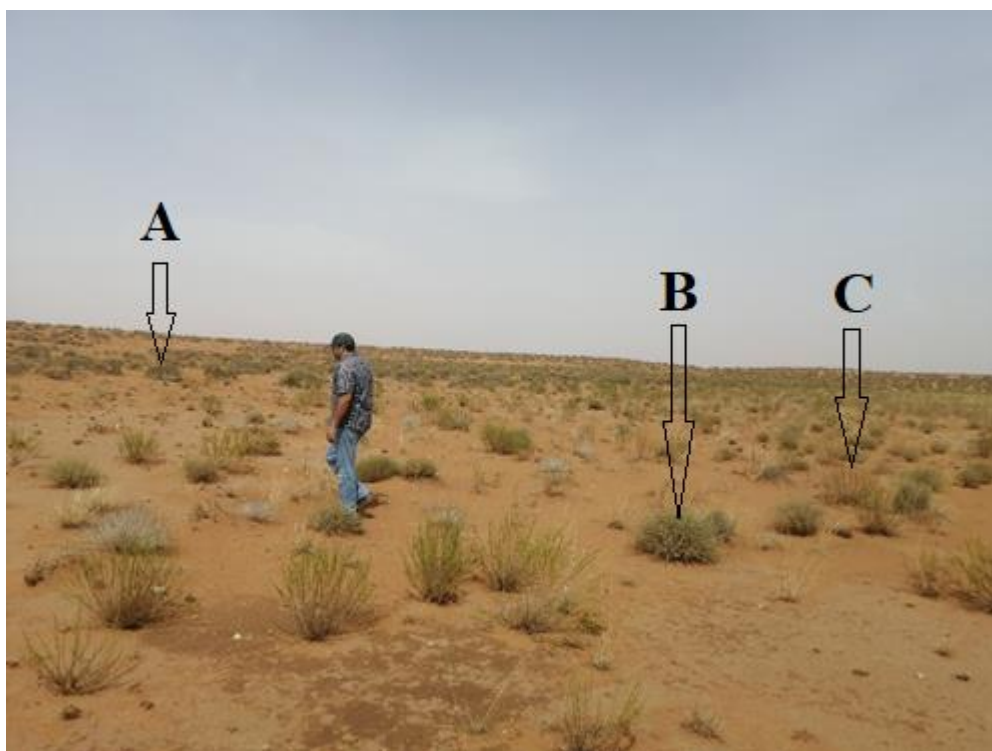
Annexe 1 : Steppe d'alfa (A) en combinaison avec l'armoise blanche (B) et rouge (C)



Annexe 2 : Steppe d'armoise rouge (A) et jujubier (B)



Annexe 3 : Steppe d'alfa (A) en combinaison avec l'armoise blanche (B) et rouge (C)



Annexe 4 : Steppe d'armoise blanche



Annexe 5 : Précipitation de la région de Djelfa de l'an 2000 jusqu'au 2017

Précipitation (mm)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	139,45	379,97	218,64	288,04	376,18	267,41	276,87	238,03	258,32	394,7	313,2	328,93	273,81	239,55	281,22	257,57	177,26	185,61

Annexe 6 : Précipitation de la région de Boussaâda de l'an 2000 jusqu'au 2017

Précipitation (mm)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	162,1	109,4	66,6	239,2	287,8	234,5	235,93	242,58	128,03	203,49	173,78	241,31	116,34	137,93	87,13	128,49	154,15	109,96

Annexe 7 : L'échelle de Beaufort (Vitesse du vent sur la mer et la terre)

Degré	Vitesse (km/h)	Qualification	Description sur terre	Description sur mer	Hauteur des vagues
0	<1	Calme	Fumée verticale	Mer d'huile	0
1	1 à 5	Très légère brise	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.	Ridée	<10 cm
2	6 à 11	Légère brise	Vent senti au large. Bruissement des feuilles	Belle	10 à 50 cm
3	12 à 19	Petite brise	Drapeaux flottants	Peu agitée	50 cm à 1 m
4	20 à 28	Jolie brise	Branches agitées. Cheveux dérangés	Peu agitée à agitée	1 à 1.7 m
5	29 à 38	Bonne brise	Yeux gênés par la poussière. Petits arbres balancés	Agitée	1.7 à 2.5 m
6	39 à 49	Vent frais	Les fils électriques sifflent. Les grosses branches bougent	Forte	2.5 à 3.5 m
7	50 à 61	Grand frais	Marche gênée. Arbres entiers se balançant	Très forte	3.5 à 5 m
8	62 à 74	Coup de vent	Marche difficile	Très forte à grosse	5 à 7 m
9	75 à 88	Fort coup de vent	Tuiles envolées. Branches cassées	Grosse à très grosse	7 à 10 m
10	89 à 102	Tempête	Adultes renversés. Maisons endommagées. Arbres abattus	Très grosse	10 à 13 m
11	103 à 117	Violente tempête	Bâtiments sérieusement endommagés	Très grosse à énorme	13 à 16 m
12	> 118	Ouragan	Dégâts très importants	Enorme	> 16 m

Annexe 8 : Dosage de la proline

Le principe 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 proline dans l'échantillon.

On met 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min. Après refroidissement, 1 ml de la solution d'extraction est ajoutée à 1ml 1 ml de la solution d'extraction est ajouté 1 ml d'acide acétique, 25 mg de ninhydrine et 1 ml du mélange eau distillée -acide acétique – acide ortho phosphorique

L'ensemble est porté à ébullition au bain Marie durant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex, deux phases apparaissent, on prélève la phase supérieure à laquelle on ajoute 5mg du sulfate de sodium, puis on laisse au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule suivante après avoir une courbe étalant.

Annexe 9 : Dosage des sucres solubles

Elle consiste à mettre 100mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2ml d'éthanol à 80% (soit 3ml de méthanol à 80%). On laisse à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage, les tubes sont placés dans une étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube, on ajoute 20ml d'eau distillée. C'est la solution à analyser.

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

Dans des tubes à essai propre, on introduit 1ml de la solution à doser auquel on ajoute 1ml de phénol à 5%. Les tubes sont soigneusement agités. On ajoute alors 5ml d'acide sulfurique concentré (96%, $d=1.89$) à l'aide d'une burette dont le jet tombe brutalement sur la surface du liquide. La température atteint alors environ 110°C. Après une agitation rapide au vortex, les tubes doivent être passés au bain Marie pendant 15mn à 30°C. Après un temps de 30mn à l'obscurité, les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 490 nm. Enfin, les résultats des densités optiques sont rapportés sur une courbe étalon des sucres solubles (en utilisant la formule suivante calculée à partir la courbe d'étalonnage).

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{(490)} \times 1.657$$

Annexe 10 : Dosage de la chlorophylle

La méthode d'extraction consiste à une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre, à trois longueurs d'ondes : (645 et 663 nm).

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/g MF}) = (12.7 \times \text{DO}_{(663)} - 2.59 \times \text{DO}_{(645)}) V / 1000 \times W$$

$$\text{Chlorophylle b } (\mu\text{g/g MF}) = (22.9 \times \text{DO}_{(645)} - 4.68 \times \text{DO}_{(663)}) V / 1000 \times W$$

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

Annexe 11 : Minéralisation de l'échantillon végétal

Cette étape est déterminée par la méthode de AFNOR NFV 03-760.

Le mode de minéralisation décrit est utilisé pour le dosage du P, K, Na, Ca, Mg et les oligo-éléments : Fe, Mn, Cu, Zn... Il est indispensable de la suivre scrupuleusement pour obtenir des résultats comparables. Les étapes de cette minéralisation est comme suit :

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

On pèse 2g dans une capsule de platine ou en porcelaine, on dispose la capsule dans un four froid. On élève la température à 450°C en 2 heures et on la maintenir 2 heures puis on laisse refroidir.

On humecte les cendres par 2 à 3 ml d'eau distillée et 1 ml d'HCl concentré (lentement ajouté). On chauffe sur une plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, on ajoute quelques ml d'eau distillée.

On filtre sur un papier filtre sans cendre, dans une fiole jaugée de 100ml, puis rincer la capsule 3 ou 4 fois à l'eau tiède (30 à 40°C). On incinère le papier filtre et son contenu dans la capsule pendant une demi-heure à 550°C.

On reprend par 5ml d'acide fluorhydrique (HF). On va au sec sur plaque chauffante douce sans dépasser 100°C. On reprend par 1ml d'acide chlorhydrique concentré, on lave à l'eau tiède. On complète au trait de jauge après refroidissement.