

# RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun -Tiaret  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



## THESE de DOCTORAT en SCIENCES

**Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Option : Sciences de l'Environnement et Ecologie**

**Présentée par**

**MAGHNI Benchohra**

**Thème :**

**Etude de la variabilité génétique chez l'armoise  
blanche (*Artemisia herba alba* Asso) dans différents  
étages bioclimatiques et sa relation avec la  
répartition et l'adaptation de l'espèce**

Soutenu le : 10/05/2017 devant le jury composé de :

M. DELLAL Abdelkader.	Professeur, Univ. Tiaret .....	<i>Président</i>
M. ADDA Ahmed	Professeur, Univ. Tiaret .....	<i>Directeur de thèse</i>
M. MERAH Othmane	Professeur, Univ. Toulouse.....	<i>Co-Directeur de thèse</i>
M. BELKHODJA Molay	Professeur, Univ. Essania Oran .....	<i>Examineur</i>
M. MILOUDI Ali	Professeur, Univ. Mascara.....	<i>Examineur</i>
M. HELLAL Benchaben	Professeur, Univ. Tiaret.....	<i>Examineur</i>

Année Universitaire: 2016/2017

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **ELLAH** qui m'a donné la force pour achever cette étude.

Je tiens tout d'abord à remercier le Professeur **Mr : ADDA Ahmed**, mon directeur de thèse pour son aide, ses encouragements et sa disponibilité sans oublier Mon directeur de thèse à l'étranger **Mr : MERAH Othmane** de la part de l'université de Toulouse

Mes vifs remerciements vont également à **Mr : DELLAL Abdelkader** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance,

Je remercie également les membres de mon jury de thèse : **Mr : BELKHODJA Molay**, **Mr : MILOUDI Ali** et **Mr : HELLAJ Benchaben** pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

J'attribue ma profonde gratitude à **Mr : MAATOUG M'hamed**, professeur à l'université de tiaret pour ses conseils précieux, et son soutien moral.

J'adresse mes sincères remerciements aux responsables et aux ingénieurs de la conservation des forêts de **Tiaret, Aflou** et **Laghouat**, pour les moyens mis à ma disposition pour réaliser les sorties sur le terrain.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel des laboratoires, de la bibliothèque et de l'administration de la faculté **SNV** de l'université **Ibn Khaldoun**.

Je voudrais remercier **Mes parents, ma femme** et mes filles ; **ANFAL**, **ISRAA** et **DHOHA** pour leur soutien et leur patience durant la réalisation de ce travail.

*A tous, je dis merci.*

## *DEDICACE*

*Je dédie ce travail à mes parents, qu'ils trouvent ici*

*ma plus profonde gratitude*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*A ma femme et mes filles ;*

*ANFAL BOCHRA, ISRAA INES et IKHLAS DHOHA*

## RESUME

Le présent travail s'est intéressé à l'étude de la variabilité génétique chez l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) dans différents étages bioclimatiques et sa relation avec la répartition et l'adaptation de l'espèce.

L'interprétation des résultats de cette étude nous a permis de constater une variabilité morphologique intra-spécifique très élevée de la partie végétative aérienne (foliaire et florale) au niveau de chaque site (intra et inter populationnelle) et entre les différents sites. En parallèle, l'étude des paramètres anatomiques a dévoilé un polymorphisme structural assez élevé parmi les individus des trois régions étudiées de différents étages bioclimatiques (semi-aride inférieur- aride et saharien). Ainsi que la présence d'un parenchyme de réserves hydriques enregistré chez les individus de chaque région étudiée. Nous avons aussi établi les relations existantes entre les conditions environnementales et la dynamique génétique exprimée par la variabilité morphologique et structurale des populations concernées.

L'utilisation des marqueurs génétiques ISSR pour l'analyse du matériel génétique, réalisée sur un échantillon de 12 individus prélevés à partir du site EL Faidja – Tiaret a montré que *Artemisia herba alba* Asso est caractérisé par un polymorphisme génétique très large. Les principaux paramètres modifiés, la température, le tampon de lavage, la durée de la précipitation de l'ADN ainsi que la solution utilisée ont permis l'obtention d'un ADN blanc et clair de très bonne qualité à partir des feuilles d'armoise blanche, malgré la grande richesse de cette plante en composés secondaires. L'optimisation des conditions de la réaction PCR pour l'amplification des ISSR a permis d'avoir des profils clairs et reproductibles prouvés par un peuplement d'amplifiés de 37 bandes de tailles différentes. Les tailles varient entre des valeurs de 709 et 17353 paires de bases.

L'étude globale des résultats obtenus indépendamment de l'utilisation des différents marqueurs, indique que cette espèce est définie par une large variabilité phénotypique et structurale expliquée par la diversité génétique. Cette large variabilité ainsi constatée pour *Artemisia herba alba* Asso pourrait aider la recherche sur une grande collection d'individus et donc pour choisir les écotypes les plus efficaces afin de réintroduire cette espèce dans les zones steppiques de l'Algérie.

**Mots Clés :** *Artemisia herba alba* Asso, variabilité génétique, Marqueurs moléculaires, Adaptation

## ABSTRACT

The present work has focused on the study of genetic variability in white sagebrush (*Artemisia herba alba* Asso) in different bioclimatic stages and its relation to the distribution and adaptation of the species.

The interpretation of the results of this study allowed us to observe a very high intra-specific morphological variability of the aerial vegetative part (floral and leaf morphology) at each site (intra and inter-population) and between the different sites. At the same time, the study of the anatomical parameters revealed a very broad structural polymorphism among the individuals of the three studied regions of different bioclimatic stages (semi-arid inferior-arid and Saharan). As well as the presence of a parenchyma of water reserves recorded in the individuals of each region studied. Also, We have established the relationships between environmental conditions and the genetic dynamics expressed by the morphological and structural variability of the populations concerned.

The use of the genetic markers for the analysis of genetic material ISSR, carried out on 12 individuals derived from site of EL Faidja – Tiaret, indicates that *Artemisia herba alba* Asso is characterized by a broad genetic polymorphism. The main parameters modified the temperature and the incubation time after grinding, washing buffer, duration of the precipitation of the DNA and the solution used allow obtaining white and clear DNA in spite of the great richness of this plant in secondary compounds. Optimizing conditions for the PCR amplification of ISSR allowed having clear and reproducible profiles proven by a stand of 37 bands amplifias different sizes. Sizes vacillate between values 709 and 17353 base pairs.

The overall study results indiscriminate use of different markers indicates that this species is defined by a wide phenotypic and structural variability explained by genetic diversity. This wide variability within *Artemisia herba alba* Asso which could help investigation on a large collection of individuals and therefore select the most efficient ecotypes for re-introduction this species in steppe regions of Algeria.

**Key Words:** *Artemisia herba alba* Asso, genetic variability, Molecular markers, Adaptation.

## ملخص:

اهتم هذا العمل بدراسة التباين الوراثي لنبات الشيح الابيض *Artemisia herba alba* في مختلف الاقاليم المناخية وعلاقته بتوزع وتأقلم هذا النوع من النبات.

تفسير نتائج هذه الدراسة مكننا من تسجيل تباين عالي جدا داخل النوع فيما يخص الأشكال المورفولوجية (مورفولوجيا الأزهار وأوراق) على مستوى كل منطقة (داخل وبين المجموعات) وبين مختلف المناطق المعنية بالدراسة. بالموازات الدراسة التشريحية للأوراق هي الخرى بينت اختلاف كبير بين افراد الشيح الابيض للمناطق الثلاثة المدروسة والتي تمثل مختلف الاقاليم المناخية (شبه جاف، جاف و صحراوي) وكذا وجود برانشيم مستقبلي لتخزين المياه عند افراد كل منطقة . كما تمكنا من استخلاص العلاقات الموجودة بين الظروف الطبيعية وديناميكية التباين الجيني والمتضح من خلال التنوع المورفولوجي و التشريحي للمجموعات المعنية.

ان استعمال المحددات الوراثية (ISSR) لغرض تحليل المادة الوراثية و التي أجريت على عينة من 12 فرد انتقيت من منطقة الفايجة- تيارت اكدت ان الشيح الابيض يتميز بتباين جيني جد عالي. وقد سمحت المتغيرات الرئيسية، درجة الحرارة، ومحلل الغسل، مدة ترسب (DNA) و المحلول المستعمل بالحصول على حمض نووي جيد جدا من أوراق الشيح الابيض على الرغم من غناه بالمركبات الثانوية.

تكييف ظروف PCR لتضخيم ISSR مكنتنا من الحصول على مقاطع واضحة وقابلة للاستنساخ ممثلة في 37 اشرطة مختلفة الاحجام تتأرجح بين قيم 709 و 17353 زوج قاعدي (BP).

نتائج الدراسة الشاملة التي تم الحصول عليها، على اختلاف المحددات المستعملة تشير إلى أن هذا النوع يتميز بتباين مذهري وتشريحي واسع مفسر بالتنوع الجيني وان هذا التنوع يمكن أن يساعد في البحث على مستوى مجموعة واسعة من الأفراد وبالتالي اختيار الأصناف البيئية الأكثر فعالية لإعادة ادراج هذه النوع في المناطق السهبية من الجزائر.

**كلمات مفتاحية :** المحددات الجينية، التأقلم، *Artemisia herba alba* Asso، التنوع الجيني.

## TABLE DES MATIERES

<b>LISTE D'ABREVIATIONS</b> .....	XII
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	XIII
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	XVII
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1

### PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### **Chapitre 1 : Monographie de L'Armoise blanche**

1.1. Présentation de l'Armoise blanche	06
1.2. Systématique de la plante	06
1.3. Répartition Géographique	07
1.4. Caractères botaniques	07
1.4. 1. Tiges	07
1.4. 2. Feuilles	07
1.4. 3. Capitules et fleurs	08
1.4. 4. La graine	08
1.4. 5. Les racines	09
1.5. Biologie et Adaptation	09
1.6. Écologie	10
1.7. Aspect anatomique	10
1.8. Composition chimique	11
1.9. Les huiles essentielles d' <i>Artemisia herba alba</i>	12
1.10. Utilisations et Intérêts et de l'armoise blanche	13
1.10.1. Usages traditionnels	13
1.10.2. Intérêt Pastoral	13
1.10.3. Intérêt Médical	14

#### **Chapitre 2 : Climats et sols des zones à déficit hydrique**

2.1. Climat des zones arides et semi-arides	16
2.1.1. Notion d'aridité	16
2.1.2. Classification des étages bioclimatiques en Algérie	17
2.2. Les sols en zone arides et semi-arides	18

2.2.1. Les sols salés	18
2.2.2. Les sols gypseux	19
2.2.2.1. Effet du gypse sur le sol et la végétation	20
2.2.3. Les sols calcaires	20
2.2.3.1. Effet du calcaire sur le sol et les végétaux	21
<b>Chapitre 3: Variabilité génétique</b>	
3.1. Historique	23
3.2. Polymorphisme génétique	23
3.3. Définition de la diversité génétique	23
3.4. Diversité génétique et variabilité génétique	24
3.5. Critères de comparaison	24
3.5.1. Critères de classification issus de la biologie classique	24
3.5.2. Critères de classification issus de la biologie moléculaire	24
3.6. Les principaux types de variation	25
3.7. Sources de variation dans les populations et les espèces végétales	25
3.8. Variabilité génétique et adaptation	26
3.9. La spéciation	26
3.9.1. Allopatrique	27
3.9.2. Sympatrique	27
3.10. Définition de l'espèce	27
3.11. Les subdivisions de l'espèce	28
3.11.1. La sous-espèce	28
3.11.2. La variété	28
3.11.3. Ecotype	28
3.12. Méthodes d'analyses de la variabilité génétique	29
3.13. Analyse de la variabilité génétique à l'aide des marqueurs moléculaires	30
3.13.1. Les marqueurs de types RFLP	32
3.13.2. Les marqueurs de types PCR	32
3.13.3. Principe de la Polymerase Chain Reaction	32
3.13.4. Description de la technique des AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism)	34
3.13.5. Description de la technique RAPD: Random Amplified Polymorphic ADN	34
3.13.6. Description de la technique ISSR	34

## DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

### Chapitre 4. Matériel et Méthodes

4.1. Choix des sites d'étude	40
4.2. Caractéristiques générales des zones d'études	40
4.2.1. Zone d'étude 1	40
4.2.1.1. Localisation du site d'étude 1	41
4.2.1.2. Caractéristiques édaphiques du site 1	43
4.2.2. Zone d'étude 2	43
4.2.2.1. Localisation du site d'étude 2	44
4.2.2.3. Localisation du site d'étude 3	45
4.2.2.4. Caractéristiques édaphiques du site 2 et 3	46
4.3. Caractéristiques climatiques	47
4.3.1. Présentation des Stations météorologiques	47
4.3.2. Variations des moyennes mensuelles des précipitations	47
4.3.2.1. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site1	47
4.3.2.2. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site2	48
4.3.2.3. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site3	49
4.3.2.4. Classification en fonction des précipitations	50
4.3.3. La température	50
4.3.4. Diagramme ombrothermique	51
4.3.4.1. Diagramme ombrothermique site1	52
4.3.4.2. Diagramme ombrothermique site2	53
4.3.4.3. Diagramme ombrothermique site3	53
4.3.5. Le quotient pluviothermique d'Emberger	54
4.3.6. Indice d'aridité de DE MARTONNE (1923)	56
4.3.7. Conclusion	58
4.4. Etude de la variabilité morphologique	59
4.4.1. Echantillonnage du matériel végétal	59
4.4.2. Observation, mesures et analyses des caractères	59
4.5. Etude des paramètres anatomique	61
4.6. Etude de la variabilité génétique par utilisation du marqueur moléculaire (ISSR)	62
4.6.1. Matériel végétal	62
4.6.2. Extraction de l'ADN végétal	62

4.6.3. Optimisation de PCR et Amplification d'AND	63
4.6.4. Séparation et visualisation de l'ADN	63
4.7. Traitement statistique des données	63
<b>Chapitre 5 : Résultats et Discussion</b>	
5.1. Paramètres morphologiques de la feuille	65
5.1.1. La couleur de la feuille	65
5.1.2. Importance des trichomes à la surface de la feuille	67
5.1.3. Le mode de disposition des feuilles sur le rameau	71
5.1.4. Mode de disposition des folioles sur la feuille	73
5.1.5. Le mode de répartition des folioles sur la feuille	74
5.1.6. Nombre de folioles par feuille	77
5.1.7. Nombre de foliolules par foliole	78
5.1.8. Classification ascendante hiérarchique des individus d' <i>Artémisia herba alba</i> Asso	79
5.1.8.1. Classification hiérarchisée des individus de la population 01 du site 01 (El Faidja- Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires	79
5.1.8.2. Classification hiérarchisée des individus de la population 02 du site 01 (El Faidja- Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires	80
5.1.8.3. Classification hiérarchisée des individus de la population 03 du site 01 (El Faidja- Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires	81
5.1.8.4. Classification des individus des trois populations du site 01 en fonction des paramètres morphologiques foliaires	82
5.1.8.5. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 2 en fonction des paramètres morphologiques foliaires	84
5.1.8.6. Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires	86
5.1.8.7. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 03 en fonction des paramètres morphologiques foliaires.	87
5.1.8.8. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 03 en fonction des paramètres morphologiques foliaires	89
5.1.8.9. Classification ascendante hiérarchique des 135 individus issus de trois régions étudiées (site 1, 2 et 3) en fonction des paramètres morphologiques foliaires	90
5.2. Paramètres morphologiques de la fleur	91
5.2.1. Nombre de fleurs par capitule	91
5.2.2. Couleur des pétales	93
5.2.3. Mode d'insertion de la crolle sur l'ovaire	96

5.2.4. La forme du niveau qui sépare entre la corolle et l’ovaire	98
5.2.5. Couleur des étamines	99
5.2.6. Niveau d’insertion des étamines	100
5.2.7. Couleur du Carpelle	102
5.2.8. Classification ascendante hiérarchique des individus du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur	105
5.2.8.1. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 1 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur	105
5.2.8.2. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 2 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur	106
5.2.8.3. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 3 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur	107
5.2.8.4. Classification des individus des individus des trois populations du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur	108
5.2.8.5. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 02 en fonction des paramètres morphologiques floraux	109
5.2.8.6. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 02 en fonction des paramètres morphologiques floraux	112
5.2.8.7. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 03 en fonction des paramètres morphologiques floraux.	113
5.2.8.8. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 03 en fonction des paramètres morphologiques floraux	115
5.2.8.9. Classification hiérarchisée des 135 individus de trois sites étudiés selon les paramètres morphologiques floraux.	116
5.3. Etude des paramètres anatomiques	119
5.3.1. Diamètre des cellules de réserves	119
5.3.2. Nombre de files des cellules de réserves	120
5.3.3. Nombre des faisceaux conducteurs	120
5.3.4. Diamètre des vaisseaux conducteurs	123
5.3.5. Epaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques	125
5.3.6. Dimensions des cellules épidermiques	128
5.3.7. Dimensions des cellules du parenchyme palissadique	131
5.3.8. Classification hiérarchique des individus du chaque site en fonction des paramètres anatomiques de la feuille	132
5.3.9. Classification hiérarchique des individus des trois sites en fonction des paramètres anatomiques de la feuille	135
5.4. Etude de la variabilité génétique	136

5.4.1. Extraction d'ADN	136
5.4.2. Amplification d'ADN par PCR	137
5.4.3. Classification hiérarchisée des individus selon le nombre et les tailles des bandes	139
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	143
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES</b>	148
<b>ANNEXES</b>	161

## LISTE D'ABREVIATIONS

- A** : Adénine  
**ADN** : Acide désoxyribonucléique  
**ARN** : Acide ribonucléique  
**BNFE** : Bureau national des Etudes Forestières  
**C** : Cytosine  
**CCD** : Charge-Coupled Device  
**CM** : Carré Moyen  
**CTAB** : Cetyl Trimethyl Ammonium Bromure  
**dNTP** : Désoxynucléose Triphosphates  
**F.** : F .observe de Fisher  
**IPNI** : The Mondial Plant Name Index  
**ISSR** : Inter Simple Sequence Repeats  
**M** : Moyenne des Maxima du mois le plus chaud  
**M** : Moyenne des Minima du mois le plus froid  
**MS** : Matière Sèche  
**NS** : Non Significatif  
**P** : Probabilité  
**Pb** : Paire de base  
**PCR** : Polymérase Chain Réaction  
**Pop** : Population  
**SC** : Somme des écarts à la moyenne (Somme des Carrés)  
**SSRs** : Sequence repeats  
**SSRPs** : Simple sequences repeat polymorphisms  
**STMS** : Sequence Tagged microsatellite sites  
**STS** : Sequence –Tagged Site  
**Taq** : Thermus aquaticus  
**TE** : Tampon d'Extraction  
**UF** : Unité Fourragère

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Coupe anatomique au niveau de la feuille d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso .....	11
<b>Figure 2</b> : Schéma illustre l'amplification d'ADN par la PCR.....	33
<b>Figure 3</b> : principe de la technique ISSR .....	36
<b>Figure 4</b> : Localisation du site d'étude1(El Feidja- Tiaret) .....	41
<b>Figure 5</b> : population1 du site 01 (El Faidja – Tiaret) .....	42
<b>Figure 6</b> : population 2 du site 02 (Oued Morra -Aflou) .....	44
<b>Figure 7</b> : Localisation des sites d'étude 1 et 2( Hassi Er'mel et Oued Morra – Laghouat).....	45
<b>Figure 8</b> : Touffe d'Armoise blanche dégradée- population 3 de site Hassi Er'mel.....	46
<b>Figure 9</b> : Moyennes des précipitations mensuelles du site Elfeidja(Tiaret) pour les deux périodes (1918-1938) et (1983-2012) . .....	48
<b>Figure 10</b> : Moyennes des précipitations mensuelles du site Oued Morra (Laghouat) pour la période (1958 à 2014). .....	49
<b>Figure 11</b> : Moyennes des précipitations mensuelles du site Hassi Er'mel (Laghouat) pour la période .....	49
<b>Figure 12</b> : Variation des Moyennes mensuelles de la température. ....	51
<b>Figure 13</b> : Diagramme ombrothermique de Gausson (Ancienne période :1918 à1938 ).....	52
<b>Figure 14</b> : Diagramme Ombrothermique de site El Mansab- Tiaret (1983 à 2012) .....	52
<b>Figure 15</b> :Diagramme ombrothermique site oued Morra.....	53
<b>Figure 16</b> :Diagramme ombrothermique de site Hassi Er'mel (1999 à2015.....	54
<b>Figure 17</b> : Climagramme d'EMERGER des trois régions d'étude. ....	56
<b>Figure 18</b> : Indice de MARTONNE. ....	58
<b>Figure 19</b> : Fréquences d'apparition de la couleur de la feuille au niveau des trois sites étudiées.	66
<b>Figure 20</b> : Polymorphisme de couleur des feuilles. ....	67
<b>Figure 21</b> : Fréquences d'apparition de la Présence de poils au niveau des trois sites étudiées ...	69
<b>Figure 22</b> : Presence de poils sur les feuilles .....	70
<b>Figure 23</b> : Couleur Veret Vive de la feuille après élimination des poils.....	71
<b>Figure 24</b> : Mode de disposition des feuilles sur le rameau .....	72

<b>Figure 25 :</b> Repartition des folioles sur le long de la feuille et leurs dispositions .....	74
<b>Figure 26 :</b> Mode de repartition des folioles à l'Extrimite de lafeuille .....	75
<b>Figure 27 :</b> Fréquences d'apparition du mode de répartition des folioles sur la feuille au niveau des trois sites étudiés. ....	76
<b>Figure 28 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille. ....	80
<b>Figure 29 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille. ....	81
<b>Figure 30 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille. ....	82
<b>Figure 31:</b> Classification hiérarchisée des individus des trois populations du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille. ....	83
<b>Figure 32 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	84
<b>Figure 33 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	85
<b>Figure 34 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	85
<b>Figure 35 :</b> Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	86
<b>Figure 36 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	87
<b>Figure 37 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	88
<b>Figure 38 :</b> Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site3 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	88
<b>Figure 39 :</b> Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires. ....	89
<b>Figure 40 :</b> Classification ascendante hiérarchique des 135 individus issus de trois régions sites étudiés en fonction des paramètres morphologiques foliaires .....	90
<b>Figure 41:</b> Nombre de fleurs par capitule .....	92
<b>Figure 42 :</b> Fréquences d'apparition de nombre de fleurs par capitule au niveau des trois sites étudiés.....	94

<b>Figure 43</b> : Fréquences d'apparition de la couleur des pétales au niveau des trois sites étudiés..	95
<b>Figure 44</b> : Polymorphisme de couleur des fleurs .....	96
<b>Figure 45</b> : Mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire ; Oblique à droite, Vertical à gauche ....	96
<b>Figure 46</b> : Fréquences d'apparition du mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire au niveau des trois sites étudiés. ....	97
<b>Figure 47</b> : Niveau entre la corolle et l'ovaire .....	98
<b>Figure 48</b> : Couleurs des Etamines ; C . Jaune à droite, C. Blanche à gauche.....	100
<b>Figure 49</b> : Niveau d'insertion des étamines par rapport au carpelle .....	101
<b>Figure 50</b> : Couleur du carpelle ; Jaune à droite, Jaune à gauche.....	103
<b>Figure 51</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux.....	106
<b>Figure 52</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	107
<b>Figure 53</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	108
<b>Figure 54</b> : Classification hiérarchisée des individus des trois populations du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	109
<b>Figure 55</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	110
<b>Figure 56</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	111
<b>Figure 57</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	111
<b>Figure 58</b> : Classification hiérarchisée des individus de trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	112
<b>Figure 59</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	114
<b>Figure 60</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	114
<b>Figure 61</b> : Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	115
<b>Figure 62</b> : Classification hiérarchisée des individus de trois populations du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux. ....	116

<b>Figure 63</b> : Classification hiérarchisée des 1 35 individus de trois sites étudiés selon les paramètres morphologiques floraux. ....	117
<b>Figure 64</b> : Coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de El Faidja - Tiaret) .....	121
<b>Figure 65</b> : Coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Oued Morra -Aflou) hydrique. ....	122
<b>Figure 66</b> : Partie centrale d'une coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Hassi Er'mel) .....	122
<b>Figure 67</b> : Centre d'une coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de El Faidja - Tiaret) .....	124
<b>Figure 68</b> : Coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Hassi Er'mel) .....	125
<b>Figure 69</b> : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule (Site de Oued Morra - Aflou) .....	126
<b>Figure 70</b> : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Oued Morra -Aflou) .....	127
<b>Figure 71</b> : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Hassi Er'mel) .....	128
<b>Figure 72</b> : Coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Site de Oued Morra -Aflou) .....	130
<b>Figure 73</b> : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso ( Site de El Faidja - Tiaret) .....	131
<b>Figure 74</b> : Classification hiérarchisée des individus du site(1) d'El feidja selon les paramètres anatomiques.....	133
<b>Figure 75</b> : Classification hiérarchisée des individus du site(2) de Oued Morra selon les paramètres anatomiques. ....	134
<b>Figure 76</b> : Classification hiérarchisée des individus du site (3) de Hassi Er'mel selon les paramètres anatomiques. ....	134
<b>Figure 77</b> : Classification hiérarchisée des individus des trois sites selon les paramètres anatomiques.....	136
<b>Figure 78</b> : ADN extrait ; <b>a</b> : ADN de couleur marron; <b>b</b> :ADN de couleur blanche. ....	137
<b>Figure 79</b> : Bandes d'amplification ISSR de 12 individus d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso.....	138
<b>Figure 80</b> : Classification hiérarchisé des individus selon le nombre et les tailles des bandes obtenus par l'utilisation les marqueurs moléculaires ISSR. ....	140

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Classification APG III selon Mark W. Chase and James L. Reveal 2009.....	06
<b>Tableau 2 :</b> Superficies des zones arides d'Algérie en 103 Km <sup>2</sup> (Le Houerou, 1995, modifie)...	18
<b>Tableau 3 :</b> Les sept concepts de l'espèce.....	28
<b>Tableau 4 :</b> Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site d'étude1)	42
<b>Tableau 5 :</b> Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site Oued Morra – Nord de Laghouat.....	44
<b>Tableau 6 :</b> Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site Echabka-Hassi Er'mel.....	46
<b>Tableau 7 :</b> Cordones Géographique des stations météorologiques.....	47
<b>Tableau 8 :</b> Classification des étages bioclimatiques en fonction des précipitations.....	50
<b>Tableau 9 :</b> Quotient pluviothermique chez les trois zones étudiées.....	55
<b>Tableau 10 :</b> la classification selon la valeur de l'indice d'aridité De MARTONNE .....	57
<b>Tableau 11 :</b> Indice d'aridité De MARTONNE des trois régions étudiées .....	57
<b>Tableau 12 :</b> Période de floraison d'armoise blanche dans les régions étudiées.....	59
<b>Tableau 13 :</b> Caractères retenus en stade végétatif.....	60
<b>Tableau 14.</b> Caractères retenus en stade de floraison.....	61
<b>Tableau 15 :</b> Fréquences d'apparition de la Présence de poils et couleur des feuilles après élimination des poils au niveau des trois sites étudiées. ....	70
<b>Tableau 16 :</b> Fréquences d'apparition du mode de disposition des feuilles sur le rameau au niveau des trois sites étudiés. ....	72
<b>Tableau 17 :</b> Fréquences d'apparition de du mode de disposition des folioles sur la feuille au niveau des trois sites étudiées. ....	73
<b>Tableau 18 :</b> Analyse de la Variance de nombre de folioles par feuille des trois populations. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	77
<b>Tableau 19:</b> Fréquences d'apparition du Nombre de folioles par feuille au niveau des trois sites étudiés. ....	78
<b>Tableau 20 :</b> Analyse de la Variance de nombre de foliolules par foliole des trois populations. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	78
<b>Tableau 21 :</b> Fréquences d'apparition de nombre de foliolules par foliole au niveau des trois sites étudiés.....	79
<b>Tableau 22 :</b> Fréquences d'apparition de la forme du niveau entre la corolle et l'ovaire au niveau des trois sites étudiés. ....	99
<b>Tableau 23 :</b> Fréquences d'apparition de la couleur des étamines au niveau des trois sites étudiés. ....	100

<b>Tableau 24 :</b> Fréquences d'apparition du niveau d'insertion des étamines par rapport des carpelles au niveau des trois sites étudiés. ....	102
<b>Tableau 25 :</b> Fréquences d'apparition de la couleur des carpelles au niveau des trois sites étudiés. ....	103
<b>Tableau 26 :</b> Analyse de la Variance de diamètre des cellules de réserves des trois populations. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	120
<b>Tableau 27 :</b> Analyse de la Variance de l'épaisseur de la paroi des trois populations. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	126
<b>Tableau 28 :</b> Analyse de la variance de la largeur des cellules épidermiques des individus des trois populations de chaque site. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	129
<b>Tableau 29 :</b> Analyse de la variance de la longueur des cellules épidermiques des individus des trois sites étudiés. Effets significatifs marqués à $p < 0,05$ .....	129
<b>Tableau 30 :</b> Répartition des bandes chez les individus.....	138

# Introduction générale

---

## INTRODUCTION GENERALE

---

### INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, les steppes à armoise blanche couvrent 3 millions d'hectares (Nedjraoui, 2004). C'est dans le sud-oranais où couvrant près de 30 % des parcours, qu'elle est la mieux représentée, formant un paysage végétal très monotone (Djebaili et al, 1995). Sur le plan climatique, l'armoise blanche présente une plasticité relativement grande (Aïdoud, 1988). L'armoise blanche existe dans les bioclimats allant du semi-aride jusqu'au saharien. Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans les régions d'hiver chaud à frais. Elle peut ainsi appartenir à l'intervalle bioclimatique au sens d'Emberger allant de l'étage semi-aride supérieur à l'étage saharien inférieur (Aïdoud, 1988). Son développement est lié à la nature du sol. En effet, il faut qu'il soit peu perméable, tassé et colmaté (Celles, 1980). Au niveau de la zone steppique de l'Algérie, cette plante pousse sur les sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur les sols sableux. Elle résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés (Nabli, 1989). Elle se développe dans les steppes argileuses ou les précipitations sont de l'ordre de 200mm/an.

L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) compte parmi les espèces présentant un intérêt majeur dans le peuplement des zones écologiquement fragiles. Cette particularité se justifie par sa capacité à s'adapter dans ces milieux régis par différents types de stress et notamment abiotiques. Elle développe de multitudes mécanismes lui permettant de tolérer les sécheresses sévères dans leur intensité et persévérance. En effet, son système racinaire très dense à la surface, lui permet de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des faibles pluies (LE Floc'h, 1989). Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité à des profondeurs plus accentuées et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire (Ourcival, 1992).

La division de la touffe en sous individus autonomes vis-à-vis de l'alimentation hydrique, lui permet de supporter la mort d'une partie de la touffe sans que l'individu disparaisse (Ourcival, 1992). D'après Aidoud (1989).

La phytomasse d'une steppe à armoise blanche, en bon état de conservation, est de l'ordre de 900 à 1.100 Kg/ha et la valeur énergétique de l'armoise blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/Kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/Kg MS) pour diminuer de nouveau en

## INTRODUCTION GENERALE

---

été (0,6 UF/Kg MS). En automne les pluies de septembre, provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/Kg MS).

En plus de sa richesse minérale très élevée, l'armoise blanche présente un indice très recherché pour ces propriétés pharmaceutiques (Hellal, 2008). Ses huiles essentielles possèdent des pouvoirs, antiseptiques, antibactériens et antifongiques, ce qui lui a conféré une application dans de nombreux domaines, thérapeutique, cosmétique et en industrie agro-alimentaire. Sa composition chimique, d'un grand intérêt économique, a fait l'objet de plusieurs études phytochimiques. Le rendement de ces huiles est acceptable et peut être rentable à l'échelle industrielle. En effet, la richesse en huiles essentielle de cette plante constitue un atout de valorisation et exploitation des produits naturels à caractères économique prometteur au niveau des industries cosmétiques et pharmacologiques.

Néanmoins, Une étude diachronique de l'évolution de l'occupation des terres réalisée par l'OSS (2009) dans les Steppes du Sud- Ouest oranais entre 1978 et 2004 a montré une régression des steppes d'armoise blanche passant de 130 000 ha en 1978 à 13 000 ha en 2004. Ainsi, Tarik & Arslan (2005) ont montré, que les steppes à armoise blanche sont remplacées par des espèces indicatrices de dégradation de la végétation ou laissent place à des sols nus ceci a pour conséquence la raréfaction voir la disparition de l'espèce.

Il est incontournable et urgent de mettre en place une stratégie de protection et de repeuplement, durables des parcours steppiques. La réalisation de tous programmes d'action repose impérativement sur une bonne connaissance de ce milieu et l'étude de sa composante floristique en est un passage obligé. Toute opération inscrite dans ce cadre, nécessite une meilleure connaissance de la variabilité dont disposent les différentes régions de son existence ainsi que la dynamique de cette variabilité en fonctions des conditions environnementales régnantes. Ainsi, le travail présenté traite cette problématique. Il consiste à l'étude de la variabilité génétique chez l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) dans différents étages bioclimatiques et sa relation avec la répartition et l'adaptation de l'espèce.

Le choix de nos trois sites d'étude s'est basé sur la pluviométrie annuelle, dans une progression nord-sud. Il s'agit du site El-Faidja (Tiaret) d'un climat semi-aride inférieur, le site de Oued morra (Laghouat) qui représente l'étage bioclimatique aride et le troisième site de Hassi Er'mel (Laghouat) représentant l'étage bioclimatique saharien.

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

Les paramètres définis pour l'étude de cette variabilité se rapportent aux marqueurs morphologiques de la partie végétative aérienne la plante (foliaire et florale), les marqueurs structuraux du système foliaire ainsi que les marqueurs moléculaires (ISSR). Les résultats obtenus de cette étude ont été analysés et discutés afin d'établir les différentes relations entre l'évolution des marqueurs utilisées et les caractéristiques écologiques à travers les trois différents étages bioclimatiques.

**Première partie**  
**Synthèse bibliographique**

# Chapitre I

## Monographie de L'Armoise blanche

## 1. Monographie de L'Armoise blanche

### 1.1. Présentation de l'Armoise blanche

L'armoise herbe blanche a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV<sup>e</sup> siècle av. J.C., dans les steppes de la Mésopotamie (Francis, 2001). Elle a été répertoriée en 1979 par le botaniste espagnol Ignacio Jordan Claudio de Asso y del Rio. C'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver. Elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent (DA Silva, 2004).

Plusieurs noms sont attribués à l'armoise herbe blanche; thym des steppes, absinthe du désert. En Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on l'appelle communément *shih* (ou *shih horasāni*) selon les régions. Au Maroc occidental, elle porte aussi le nom de *ḳaysōūm*. En tamazight (berbère), l'armoise se dénomme "izerg". L'armoise herbe blanche est bien connue depuis l'antiquité, Elle est citée dans la Bible à plusieurs reprises avec le nom hébreu *la'annah*. Le nom anglais *Wormwood* (attribué à toutes les armoises) fait allusion à son pouvoir vermifuge bénéfique pour l'homme et le bétail.

### 1.2. Systématique de la plante

**Tableau 1.** Classification APG III selon Mark W. Chase and James L. Reveal 2009

Règne	Plantae
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division:	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	: <i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Asteridae</i>
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Sous-famille	Asteroideae
Tribu	Anthemideae
Sous-tribu	Artemisiinae
Genre	Artemisia
Espèce	<i>Artemisia herba alba</i> (Asso)

### 1.3. Répartition Géographique

L'aire géographique d'*Artemisia herba-alba* s'étend depuis les Canaries et l'Espagne, à l'ouest, jusqu'au Turkmenistan et l'Ouzbekistan à l'est, à travers tout le nord de l'Afrique et le Proche-Orient (Le Floch *et al.*, 1989 ; Quezel et Santa, 1962 ; Pottier- Alapetite, 1981 ). En Afrique du Nord, les superficies occupées par les steppes armoise blanche sont évaluées à plus de dix millions d'hectares. Selon Nabli (1989) l'armoise herbe blanche est largement répandue depuis les îles Canaries et le sud-est de l'Espagne jusqu'aux steppes d'Asie centrale (Iran, Turkménistan, Ouzbékistan et à travers l'Afrique du Nord, l'Arabie et le Proche-Orient.

En Algérie les steppes à armoise blanche couvrent 3 millions d'hectares (Nedjraoui, 2004). C'est dans le sud oranais où couvrant près de 30 % des parcours, elle est la mieux représentée, formant un paysage végétal très monotone (Djebaili *et al.*, 1995)

L'armoise blanche est une plante steppique très abondante sur les hauts plateaux, plus rare au Sahara septentrional en altitude dans le Sahara central (au-dessus de 1400 m dans le Hoggar). Espèce Saharo-arabique et méditerranéenne.

### 1.4. Caractères botaniques

*Artemisia herba alba* est une ligneuse qui se développe en touffe 30 à 80 cm bien individualisée très ramifiée dès la base. Les feuilles blanches et laineuses sont très polymorphes, les premières qui se développent (en hiver en général) sont grandes et découpées, les suivantes sont de taille de plus en plus réduites et sont de moins découpées (Aidoud, 1988). Fleurs roses rougeâtre en capitules ovoïdes. Plante à odeur agréable, nommée Chih en arabe. *Artemisia herba-alba* Asso. Est également appelée *Seriphidium herba-alba*.

#### 1.4.1. Tiges

Les tiges sont ligneuses et ramifiées pouvant atteindre 70 cm de haut, beiges, très feuillées, à rameaux de l'année très tomenteux (Negre, 1962). Tiges nombreuses, tomenteuses, de 30-50 cm (Quezel et Santa, 1963).

#### 1.4.2. Feuilles

Les feuilles blanches et laineuses sont très polymorphes, les premières qui se développent (en hiver en général) sont grandes et découpées, les suivantes sont de taille de plus en plus

réduites et sont de moins découpées (Aidoud, 1988). Elles sont profondément bipennatiséquées, gris argentées, tomenteuses. Les feuilles inférieurs sont pétiolées, les caulinaires de plus en plus courtes et passant aux bractées sessiles dans l'inflorescence (Negre, 1962). Selon Quezel et Santa (1963) et Ozenda (1991), les feuilles sont blanches, laineuses, courtes, généralement pubescentes-argentées et pinnatipartites. Elles sont soit alterné ou opposé sur le rameau (Maghni, 2013).

### **1.4.3. Capitules et fleurs**

Selon Quezel et Santa (1963) les capitules pauciflores en général, homogènes, à fleurs toutes hermaphrodites, réceptacle nu, corolle insérée très obliquement sur l'ovaire. Les capitules sessiles ou subsessiles, généralement 2-5 flores (8-12 flores dans la variété Sahara (Pomel). Elles présentent des fleurs écailleuses du péricline sur plusieurs rangs, les internes linéaires vertes, plus ou moins velues sur dos, très scarieuses et transparentes tout autour, les externes plus petites et tomenteuses. Elles sont groupés en grappes et en une longue panicule, à peu près sessile, cylindracés et petits (Negre, 1962).

La corolle est insérée très obliquement sur l'ovaire (Battandier, 1902), membraneuse rougeâtre en tube dépassée par les 5 subulés des anthères au moins aussi longues que les styles (Negre, 1962). Les bractées externes de l'involucre orbiculaires, opaques et pubescentes et intérieures oblongues, brillantes et glanduleuses (Quezel et Santa, 1963). Deux modes d'insertion de la corolle sur l'ovaire sont rencontrés, soit oblique, soit verticale (Maghni, 2013)

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

### **1.4. 4. La graine**

Le fruit est un Akène coiffés latéralement par le périanthe, oblongs, glabre et lisse (Nègre, 1962). La taille des graines ne dépasse pas 0.3 mm. Au contact de l'eau la graine développe une masse mucilagineuse qui lui permet de se fixer dans le sol (Kaul et Al-Mufti, 1974 in Lahmar, 2001).

### 1.4. 5. Les racines

Les racines sont obliques nombreuses et peu profondes (Negre, 1962). Le système racinaire pénètre le plus souvent dans le sol à une profondeur de 20 à 30 cm et s'étale sur une largeur pouvant atteindre jusqu'à 50 cm (Botschantzev, 1970).

### 1.5. Biologie et Adaptation

L'armoise herbe blanche est une plante ligneuse basse et toujours verte. Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides.

D'après le calendrier phénologique de l'armoise blanche établi par Aidoud (1989), le Chih *Artemisia herba-alba* Asso végète toute l'année. Les pousses qui proviennent de bourgeons latéraux situés à la base des tiges, apparaissent en générale en hiver (Aidoud, 1983), tandis que durant les années à pluviosité précoce, les pousses apparaissent plus tôt en automne.

Les feuilles développées en début de saison sont de grande taille (1 à 2 et parfois 3 cm), pubescentes, blanchâtres et découpées (pinnatifidées). Elles tombent à l'approche de la saison sèche et sont remplacées par des feuilles plus petites et moins découpées. A la fin de l'été, le rameau de l'année paraissant presque aphyllé, ne porte plus que de minuscules feuilles (Aidoud, 1989).

L'armoise blanche fleurit en automne, les bourgeons floraux apparaissent dès le début de l'été. La fructification et la dissémination des graines se poursuivent jusqu'en décembre (Aidoud, 1989). Cette floraison d'automne constitue également une stratégie d'adaptation permettant aux graines d'échapper à la prédation exercée par divers granivores durant la période estivale (Aidoud, 1988). Les graines d'armoise subissent, d'après Clor et al. (1974) in Aidoud (1989) une dormance obligatoire d'une année environ.

L'armoise blanche a une action allélopathique. La plante synthétise du thymol, composé phénolique toxique, pour faire fuir les herbivores (Killian in Nadira, 2007). Cette action est exercée également, en période de croissance active, par les individus adultes pour empêcher la germination d'autres plantes (Floret et Pontannier, 1982).

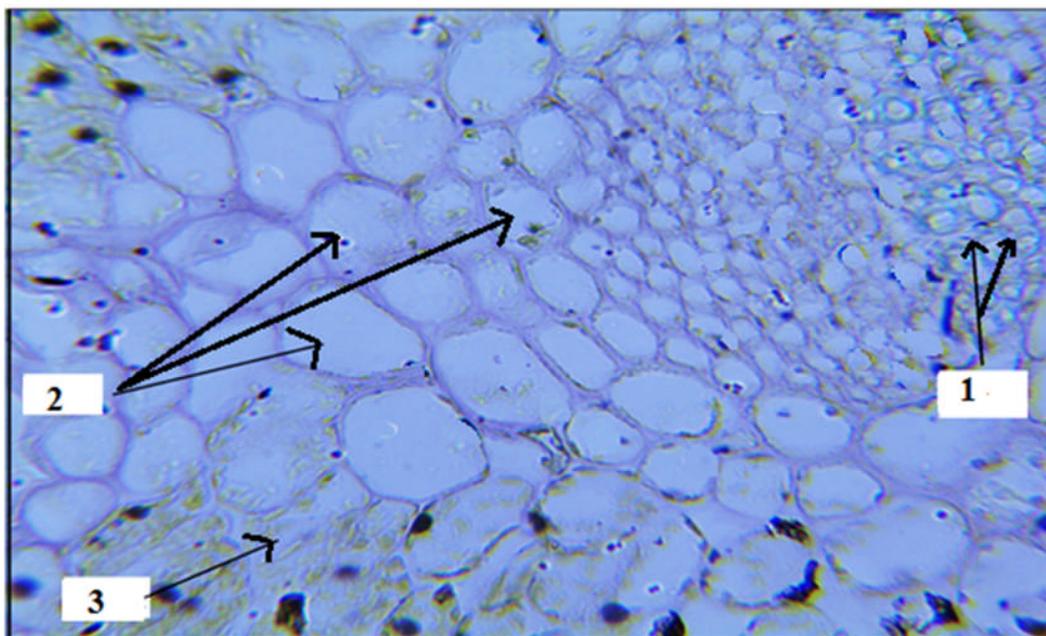
### 1.6. Écologie

L'Armoise herbe blanche existe dans des bioclimats allant du semi-aride jusqu'au saharien (entre les isohyètes de 150 à 500 mm). Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans des régions d'hiver chaud à frais. Par ailleurs, cette espèce est abondante dans le centre sur des sols, à texture fine, assez bien drainées (marnes, marno-calcaires en pente). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur des sols sableux. L'armoise résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux des salinités modérément élevés. Dans un biome steppique type, les groupements d'*Artemisia herba-alba* sont marqués par deux strates : une strate de ligneux bas (environ 40 cm du sol) et une autre constituée d'herbacées annuelles (hauteur moyenne de 20 cm) (Nabli, 1989).

Du point de vue synécologique, le groupement à *Artemisia herba-alba* est, particulièrement, liée aux zones où les eaux pluviales se concentrent plus ou moins longtemps (cuvettes et dépressions limono-argileuses et plaines alluviales) d'où *Stipa tenacissima* se trouve au contraire éliminé. Sur le plan dynamique, ces groupements sont les plus vulnérables du fait de leur localisation géomorphologique (dépressions et des zones d'épandages) et de leur caractéristique édaphique (Regagba, 2012).

### 1.7. Aspect anatomique

L'analyse histologique des feuilles qui ont un emploi en thérapeutique est aujourd'hui moins avancée que l'étude des écorces, des racines, des rhizomes médicinaux. Les naturalistes qui ont consacré une partie de leurs recherches à l'examen histologique des feuilles, n'ont tenu compte que d'une portion des tissus de cet organe. Et par conséquent, une insuffisance des documents, relatifs à la constitution anatomique des feuilles médicinales, notamment qui concerne l'armoise blanche. Seule une étude qui a été faite sur l'anatomie de la feuille d'Armoise absinthe (*Artemisia absinthium*), analogue au Armoise blanche par Lemairie (1882) dont l'objectif était de distinguer les différentes feuilles à l'état où elles se trouvent en droguerie ou en pharmacie. Les coupes histologiques pratiquées au niveau de la feuille de l'armoise blanche montrent la présence d'un parenchyme central au niveau de la structure du limbe qui serait qualifié d'un parenchyme de réserves hydriques (Maghni, 2013) (Fig.2).



**Figure 1 :** Coupe anatomique au niveau de la feuille d'*Artemisia herba alba* .Asso (Maghni, 2013). *C.CL* : Cellules Chlorophylliennes - *C.R* : Cellules de réserves - *V.C* : Vaisseaux conducteurs.

### 1.8. Composition chimique

Plusieurs métabolites secondaires ont été isolés et identifiés de l'*Artemisia herba alba* dont les plus importants sont les sesquiterpènes lactones tels que les eudesmanolides et les germacranolides (Marco, 1989). Les flavonoïdes détectés dans l'armoise montrent aussi une diversité structurale allant des flavonoïdes communs (flavones glycosides et flavonols) jusqu'aux flavonoïdes méthylés qui sont très inhabituel. Les flavonoïdes glycosides comprennent les O-glycosides tels que quercitine-3-glucoside et des flavones C-glycosides qui sont rares dans le genre *Artemisia*, ainsi que dans l'ensemble des Astéracée (Saleh et *al.* 1987 ; Salah et Jager, 2005).

En plus des sesquiterpènes lactones et des flavonoïdes l'analyse phytochimique a montré que la composition des huiles essentielles de l'*Artemisia herba alba* Asso est riche en monoterpènes, triterpènes pentacycliques, santonines, coumarines et tanins (Mohamed et *al.*, 2010).

D'après Hellal (2008), les résultats obtenus ont révélés l'existence de 29 composés organiques représentant la majorité des huiles essentiels. Le rendement de ces huiles est acceptable et peut être rentable à l'échelle industrielle. En effet, la richesse en huiles essentielles de cette plante steppique constitue un atout de valorisation et exploitation des produits à caractères économique prometteur au niveau des industries cosmétiques et pharmaceutique.

### 1.9. Les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*

Diverses études relatives à la composition chimique des huiles essentielles de l'espèce *Artemisia herba alba*, ont été décrites (Salido et al., 2004 ; Haouari et Ferchichi, 2009). Ces travaux mettent en évidence une grande variabilité chimique. A titre d'exemple une étude concernant la composition chimique pour les échantillons des huiles essentielles originaire de l'Espagne (plusieurs sites de récolte) a révélé l'existence de plusieurs chemotypes (Salido et al., 2004 ) :

Une huile essentielle riche en p-cymène (19.9 %), elle renferme aussi l' pinène (17.2%), myrcène (10.9%), 1,8-cinéole (8.6%) et le camphre (8.5%). Un deuxième chémotype caractérisé par la prédominance du cis-chrysanthénol (28.8%), elle renferme également le 1,8-cinéole, p-cymène, et le camphre. Un autre échantillon est dominé par le 1,8-cinéole (18.8%), camphre (10.2%), et p-cymène (6.7%). Une huile essentielle renfermant la davanone (29.1%), le p-cymène (9.2- 18.4%), le B-terpinène, et le myrcène.

Le 1,8-cineole (50%) est le produit majoritaire de l'échantillon provenant du désert Palestinien. Cet échantillon renferme aussi les thujones et (27%) et d'autres monoterpènes oxygénés; terpinène-4-ol (3.3%), le camphre (3%), et le bornéol (3%) (Feuerstein et al., 1986)

Une étude montre la richesse de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* originaire de la Jordanie en B -thujone (16.2 %) et (8.5%) respectivement, cette essence renferme aussi l'alcool santolina (13%), et la cétone d'artemisia (12.4%). Elle renferme également des traces du 1,8-cinéole, du camphre, et l'acétate du chrysanthényl (Hudaib et al., 2006). Une autre étude a montré que le cis B-terpinéol est le composant majoritaire (11.3%) de l'échantillon provenant d'Iran. Le camphre, sabinène, et camphène, étant présents avec des teneurs appréciables (16.11, 5.18, 4.8%) (Nezhadali et al., 2008).

L'huile essentielle d'*A. herba alba* Tunisienne est riche en **B**-thujone (43-85%), trans-acétate de sabinyle (17-46%), et la **B**-thujone (10.10%), elle renferme également: le 1,8- cinéole (3.3%) et la chrysanthénone (2.32%) en faible quantité. Ce profil chimique est différent par rapport au profil chimique d'échantillons Algériens (provenant de différentes régions : Boussaâda, Batna, Djelfa et Khenchela) qui renferment une forte quantité de camphre (19.4%) (Haouari et Ferchichi, 2009 ; Dob et *al.*,2006)

## 1.10. Utilisations et Intérêts et de l'armoise blanche

### 1.10.1. Usages traditionnels

L'espèce *Artemisia herba alba* est largement utilisée en médecine traditionnelle. Elle a été utilisée, tout d'abord, comme aromatisant dans le thé et le café, puis elle est devenue une panacée dans la médecine traditionnelle arabo-musulmane. Traditionnellement utilisée pour traiter les désordres gastriques ainsi que pour son activité antihelminthique, elle présente aussi un caractère vermifuge très prisé pour le bétail. Des études ethno pharmacologiques ont montré l'intérêt de l'armoise blanche contre le diabète grâce à son activité hypoglycémiante, ainsi que contre l'hypertension, et également la présence d'activité emménagogue. Les extraits aqueux d'armoise blanche montrent des activités antileishmaniose, antigénotoxiques, antidiabétiques, antibactériennes et antispasmodiques. L'huile essentielle présente quelques activités : antimicrobiennes, antifongiques, spasmolytiques et hypoglycémiques (Marrif, 1995; Bellakhdar, 1997)

### 1.10.2. Intérêt Pastoral

L'armoise herbe blanche constitue un fourrage particulièrement intéressant. En effet, la plante présente un taux de cellulose beaucoup moins élevé que ne laisse préjuger son aspect (17 à 33 %). La matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11 % de matière protéique brute dont 72 % est constituée d'acides aminés. Le taux de  $\beta$ -carotène varie entre 1,3 et 7mg/kg selon les saisons (Fenardji, et *al.*, 1974).

La valeur énergétique de l'armoise herbe blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 3938UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS) pour diminuer de nouveau en été (0,6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/kg MS) (Aidoud, 1989).

### 1.10.3. Intérêt Médical

Depuis l'isolement de l'artémisinine en 1972, plus d'un million de malades, en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud, ont été traités avec cette molécule ou un de ses dérivés, principalement l'artésunate et l'artéméther (Rawls et *al.*, 31). Actuellement, l'artémisinine est disponible en Chine et au Vietnam, sous forme de capsules et de suppositoires. Elle est moins onéreuse que ses dérivés mais également moins active ; des résultats probants ont toutefois été obtenus avec les suppositoires chez des enfants souffrants de malaria aiguë (Bremner et Mulvaney, 1982). Par ailleurs, l'artéméther, sous forme injectable, est aujourd'hui enregistré dans plusieurs pays d'Afrique, d'Amérique du Sud et bien sûr d'Asie du Sud-Est. Mais le dérivé le plus prometteur est certainement l'artésunate, que ce soit sous forme injectable, de comprimés ou de suppositoire. Des médicaments confectionnés avec cette molécule sont disponibles depuis quelques années déjà en Chine, en Thaïlande, en Birmanie et au Vietnam et au Brésil (Soltner, 1996).

*Artemisia herba alba* est très utilisé en médecine traditionnelle lors d'un désordre gastrique tel que la diarrhée et les douleurs abdominales. Elle est aussi utilisée en tant que remède de l'inflammation du tractus gastro-intestinal (Ghrabi et Sand, 2008).

Plusieurs études scientifiques ont également prouvées l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent antidiabétique (Tastekin et *al.*, 2006), leishmanicide (Hatimi et *al.*, 2001), antiparasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant, antimalarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (Yin et *al.*, 2008).

Les parties très utilisées de l'armoise sont les feuilles et sommités fleuries (Mahmoudi, 1992) leur propriétés est ; verni fige, antispasmodique, stomachique, emménagogue. Les molécules identifiées sont les sesquiterpènes lactones, les coumarines et les hydrocarbures acétyléniques (DA Silva, 2004). Elle est employée pour le traitement des troubles de l'appareil digestif, c'est une plante douée de propriétés sédatives (abdominales), antispasmodiques et emménagogues. Elle a aussi un effet purgatif très prononcé et joue un rôle majeure dans le contrôle des vers intestinaux (Idris et *al.* 1982 in Ferchichi, 2004). Les extraits d'*Artemisia herba-alba* ont un effet antidiabétique (Jouad et *al.* 2001 in Ferchichi, 2004). Ces feuilles sont utilisées en médecine traditionnelle pour soigner la bronchite et les abcès (Le Floc'h, 1983 in Akrouf, 2004).

**Chapitre II**  
**Climats et sols**  
**des zones arides et semi-arides**

## 2. Climats et sols des zones arides et semi-arides

### 2.1. Climat des zones arides et semi-arides

La zone aride est caractérisée à la fois par son climat toujours peu pluvieux, et parfois très sec, et très irrégulier, et par sa végétation herbacée ou frutescente, rarement arborée. Elle est subdivisée en zone désertique (hyper aride), zone aride proprement dite et zone subaride (semi-aride), en fonction des conditions climatiques, et, partant, des caractères de la végétation, à chacune d'elles correspondent des sols typiques (Aubert, 1960).

L'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse, concept météorologique à référence temporelle- phénomène conjoncturel (période, année sèche). L'aridité a de fortes implications hydrologiques et édaphiques dont elle est indissociable (Aggoussine, 2003). L'Algérie est classée comme étant une zone semi- aride à aride du fait de l'importance de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations. Selon Halitim (1988), la zone aride couvre près de 95% du territoire national, dont 89,5% dont le domaine hyper aride (saharien) (Nedjraoui, 2003).

#### 2.1.1. Notion d'aridité

Malgré l'importance des travaux (De Martonne, 1926; Thornthwaite, 1948 ; Emberger, 1955; Bagnouls et Gaussen, 1957 ; Du bief, 1963 ; Vernemmen, 1969 ; Le Houerou, 1975) cités in Halitim (1988) et consacrés à l'aridité et en particulier à sa définition et à sa quantification, ce concept n'est pas encore bien connu. Il est difficile de définir un milieu aride, une telle définition tient compte des notions diverses relevant de la climatologie, de la morphologie et de la biologie (surtout végétale) (Le Houerou, 1995).

Selon Aggoussine (2003), l'aridité ne peut être définie uniquement par de faibles précipitations moyennes annuelles, mais aussi par leur irrégularité dans l'espace et dans le temps et par une forte évapotranspiration. Les jours où il ne tombe que des gouttes ou des précipitations non mesurables (inférieur à 5 mm) peuvent être 3 à 4 fois plus nombreuses que les jours de précipitations mesurables, Ces jours sont d'autant plus nombreux que l'aridité est grande. En effet, pour une répartition identique de la pluviosité au cours de l'année et pour une même hauteur annuelle des précipitations efficaces, les différents types de sols ne présentent pas les mêmes réactions à l'aridité climatique. C'est ainsi que certains sols permettent au végétal d'avoir

une période de végétation plus longue et ceci uniquement en fonction des caractéristiques physico- chimiques de leurs horizons (Floret et Pontanier, 1984)

L'aridité n'est pas due uniquement au climat, mais essentiellement à une action humaine (le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif, etc.) : la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol a pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau : ce type de dégradation concluent Stewart (68), Daget (1977 a), Pouget (1980 b), Floret et Pontanier (1982), Conjuguent les effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique.

Généralement la zone aride est subdivisée selon Emberger (1955) et le Houerou (1975) en trois domaines.

- Le domaine hyper aride dont la pluviométrie est inférieur à 100 mm.
- Le domaine aride proprement dit dont la pluviométrie est comprise entre 100 et 300- 400 mm.
- Le domaine semi- aride dont la pluviométrie est compris entre 300- 400 mm et 600 mm. Selon certains écologistes, le terme désert vrai devrait être réservé de façon exclusive aux zones à climat hyper aride (Ramade, 2003).

### **2.1.2. Classification des étages bioclimatiques en Algérie**

La classification bioclimatique d'Emberger a été largement adoptée en régions méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi-aride, sub- humide et humide .

On distingue selon Nedjraoui (2003),

- Le semi- aride : 300- 600 mm.
- L'aride : 300- 100 mm.
- Le Saharien < 100 mm qui occupe 89,5% la superficie totale de l'Algérie. La superficie des zones arides en Algérie selon le Houerou (1995) est de 216000 Km<sup>2</sup>, et 386000 Km<sup>2</sup> de zones hyper arides supérieur.

**Tableau 2 : Superficies des zones arides d'Algérie en Km<sup>2</sup> (Le Houerou, 1995)**

Pluviosité moyenne	La superficie
Semi- aride à humide P> 400	181
Aride supérieur 400> P> 300	59
Aride moyenne 300> P> 200	70
Aride inférieur 200> P> 100	87
Zone aride total	216
Hyper aride supérieur 386	386

## 2.2. Les sols en zone à déficit hydrique

Dans les régions arides, les sols, d'une manière générale, posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses et sont la plupart du temps salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire (Aubert, 1960). Les sols seront classés en fonction du niveau des sels, selon Halitim (1988) on distingue les types de sols suivants, les sols calcaires, gypseux, calcaires et gypseux et sols salés.

### 2.2.1. Les sols salés

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde (Cherbuy, 1991). Ils se différencient naturellement sous les climats plus ou moins aride, mais aussi tempérés, maritimes ou continentaux, là où l'évaporation excède, les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire (Bouteyre et loyer, 1992). Par ailleurs le développement mondial de la culture irriguée entraîne et toujours une extension secondaire des terres salées liée à la dégradation chimique et physique des sols et à une mauvaise conduite de l'irrigation (Claud et *al.*, 2005).

Selon le Houerou (1993), les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Ils sont localisés au Nord qu'au sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques (Djili, 2000).

La richesse en sels solubles ou les mauvaises qualités physiques des sols salsodiques conduisent à une spécialisation de la végétation, et même à sa disparition totale lorsque, dans la solution du sol, la pression osmotique crée par les sels (FAO, 1988) ou la toxicité spécifique de

certaines ions devient trop élevée comme le bore et surtout l'ion chlore (Ayers, 1978 ; Bernstein, 1964, 1965 ; Calvet, 2003).

Les plantes résistantes appartiennent à un nombre limité d'espèces et occupent assez peu le sol.

Les halophytes les plus caractéristiques sont les salsolacées, à côté de zones encore plus salées, les composées et les graminées fournissent bon nombre d'espèces moins résistantes, qui sont souvent qualifiées de préhalophytes.

Les sols salés présentent vis-à-vis de leur environnement naturel ou anthropisé des contraintes variées dans leur intensité et leur extension.

La salinité des sols présente trois manifestations, soit une hypersalinité de la solution du sol qui limite le développement des végétaux, soit une dégradation de la structure généralement associée à une alcalinisation ou une destruction des minéraux argileux et une toxicité vis-à-vis de la végétation (Cherbuy, 1991).

### **2.2.2. Les sols gypseux**

Les sols gypseux (au sens large) sont largement répandus et apparaissent typiques des régions arides et semi- arides, Ils sont répandus dans les régions à régime hydrique xeric, ustic et aridic (Khademi et Mermut, 2003) : Tunisie, Syrie, Irak, sud de l'URSS et de l'Espagne, Mexique, Algérie, etc. L'origine du gypse en quantité importante dans le sol est en relation avec la présence de roches sédimentaires gypseuses, la topographie et l'aridité du milieu (Bellanca et Neri, 1993). Dans le sol, le gypse peut se présenter sous différentes formes en fonction des conditions dans lesquelles il précipite.

Les sols gypseux d'Algérie occupent 12,2% de la surface totale des sols gypseux du monde, ils sont estimés à 7966,3 Km<sup>2</sup> (représentant 3,3% de la surface du pays) (FAO, 1990).

Ils s'expriment mieux entre les isohyètes 300 mm à 200 mm, cette tranche pluviométrique coïncide en partie avec le domaine des sols calcaires et sodiques (Figure 5) (Djili, 2000).

La présence du gypse dans les sols du Nord de l'Algérie sont peu abondants et se localisent seulement dans les dépressions (Bernou, 1996). Cependant dans les régions de l'intérieur il peut s'individualiser sous forme visuelle (Durand, 1953 ; Boyadjiev, 1974). La présence du gypse dans certaines zones très pluvieuses (région d'Annaba par exemple)

constitue, un cas particulier qui serait lié à un effet d'une micro régionalisation de cet élément (Djili, 2000).

### 2.2.2.1. Effet du gypse sur le sol et la végétation

Il est généralement admis qu'en petites quantités, le gypse a un effet favorable sur les propriétés fonctionnelles des sols et la croissance des plantes.

En sols très argileux et très dispersés, le gypse améliore l'infiltration, diminue l'érosion et augmente la floculation (Ventura et *al.*, 2001).

En sols sodiques, le gypse améliore la structure en déplaçant les ions  $\text{Na}^+$  du complexe absorbant et les remplacer par les ions  $\text{Ca}^{+2}$ , il s'agit de la désalinisation du sol (Zahow et Amerhein, 1992 ; Batra et *al.*, 1997).

En sols acides, le gypse change les propriétés de ces sols en déplaçant les ions Al et diminuant la toxicité par cet élément (Sumner, 1993 ; Farina et *al.*, 2000). Selon Mashali (1996), la présence des teneurs élevées en gypse dans la rhizosphère affecte la teneur et la disponibilité des éléments nutritifs, et affecte la croissance des plantes et leur productivité (F.A.O, 1990). Quand le sol est constitué de roches gypseuses peu profondes, la végétation est pauvre, quand il est plus évolué la biomasse et la végétation qui couvre le sol est plus développé. Les communautés typiquement gypsophiles des régions méditerranéennes et sud méditerranéens sont incluses dans les cortèges gypsophiles.

La présence de gypse en grande quantité, dans le sol affecte les qualités physico- chimiques de ce dernier, baisse la fertilité et par conséquent la biomasse et la production végétale. Comparé aux autres formations salines (sels solubles, calcaires), le gypse n'a pourtant pas fait l'objet d'analyses pédologique aussi approfondies (Halitim, 1988).

### 2.2.3. Les sols calcaires

Dans les régions méditerranéennes et désertiques, et en particulier, dans les pays du moyen orient, les sols qui contiennent du calcaire dans un ou plusieurs horizons sont très fréquents (Ruellan, 1976). Le calcaire peut provenir de l'altération de la roche mère (Ruellan, 1976) ou de précipitation de carbonate de calcium secondaire (Ruellan, 1971 ; Duchaufour et Souchier, 1977). Il peut se trouver sous trois formes principales : diffuses, en concentrations ou discontinues.

En Algérie, les sols calcaires, se distribuent sur l'ensemble du Nord de l'Algérie, particulièrement dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides. La distribution du calcaire dans ces trois horizons, qui sont étroitement liés entre eux, définit le profil calcaire.

Selon Djili (2000), le profil calcaire en Algérie est fonction de la pluviométrie :

-Les Zones arides ( $P < 300$  mm) : l'accumulation de calcaire semble être homogène dans tout le profil, mais avec un pourcentage de calcaire légèrement plus élevé dans les horizons de Sub-surface.

-Les Zones semi- arides ( $350 < P < 450$  mm), le profil devient de plus en plus calcaire en profondeur.

- Les Zones humides et Sub- humides ( $P > 600$  mm), le profil est relativement moins calcaire que ceux des autres zones climatiques, le calcaire est reparti d'une façon homogène dans les horizons de surface et de Sub- Surface.

### **2.2.3.1. Effet du calcaire sur le sol et les végétaux**

Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979). On sait que l'humus calcique est le meilleur ciment des agrégats, le calcium est nécessaire aussi à l'édification de tissus de végétaux (Mathieu et *al.*, 2003). Mais quand le calcaire se trouve dans le sol à la fois en quantité trop forte, les conséquences pour les plantes peuvent être fondamentales, ce qui explique que l'on distingue classiquement des plantes, cultivées ou spontanées, résistant au calcaire « calcaro- tolérantes » et des plantes souffrant, « plantes calcifuges ».

Ces effets néfastes pour la plante peuvent être compensés par d'autres facteurs pédologiques : (texture argileuse et bilan hydrique) (Baize et Girard, 1995). En outre, le calcaire fin bloque certains éléments indispensables aux plantes comme le fer, B, Cu, Mn, Zn, en solubilisation de la calcite au niveau des racines dont le fonctionnement se trouve perturbé, obstacle à la minéralisation de la matière organique par effet d'enrobage (Morel, 1996).

La présence de calcaire en grande quantité, dans le sol affecte sa qualité, baisse la fertilité et par conséquence la production végétale.

# Chapitre III

## Variabilité génétique

### 3. Variabilité génétique

#### 3.1. Historique

Entre 1920 et 1940, et après des décennies d'oubli des lois mendéliennes d'hérédité, naît la génétique des populations, qui en se basant sur les lois mendéliennes. La quasi-totalité des principes de la génétique des populations sont décrits durant cette période. Au milieu de XX<sup>e</sup> siècle, un nouveau pas a franchi dans la génétique, exactement en 1953 Watson et Crick ont découvert la structure du porteur de l'information génétique (ADN). Quelques années plus tard, on est en 1961, Crick et ses collaborateurs, et sur la base des travaux précédents, ont démontré que l'enchaînement de trois nucléotides pouvait coder pour un acide aminé. L'étude de polymorphisme moléculaire prendra naissance en 1955, lorsque *Smithies* sépara des protéines par électrophorèse (Avisé, 2004).

De ce jour les méthodes d'étude du polymorphisme moléculaire se multiplient, séquençage, étude de l'ADN mitochondrial, technique de la PCR. En 1996, Avisé et Hamrick publiaient le premier livre sur l'utilisation des marqueurs moléculaires en biologie de la conservation. La génétique de la conservation qui étudie les mécanismes de maintien, de perte ou de restauration de la diversité génétique des populations, était née (Kaeuffer, 2008). Dans ce chapitre l'accent sera mis sur les différentes méthodes d'étudier la variabilité génétique, notamment, celle des ISSR appliquée dans notre étude.

#### 3.2. Polymorphisme génétique

Le concept de polymorphisme génétique (du grec « *poly* » plusieurs et « *morphê* » forme) désigne la coexistence de plusieurs allèles pour un gène ou locus donnés, dans une population (Pierre, 1998).

Il explique qu'une espèce présente des individus aux caractères phénotypiques différents (appelés morphotypes) au sein d'une même population. C'est un des éléments, intra-spécifique, de la diversité génétique qui est considérée comme facilitant l'adaptation des populations à leur environnement plus ou moins changeant (Frankham, 1995).

#### 3.3. Définition de la diversité génétique

La diversité génétique est l'étendue de la variabilité génétique mesurée dans un individu, une population, une métapopulation, une espèce ou groupe d'espèces (Frankham, 2002, Freeland, 2005 in Kaeuffer, 2008). John A (2004) cité par Kaeuffer, 2008, a élargi le concept de la variabilité génétique et déclare « la *biodiversité est la diversité génétique* ».

### 3.4. Diversité génétique et variabilité génétique

Au sein d'une population, les généticiens des populations et les généticiens quantitatifs, utilisent des paramètres différents pour estimer la variabilité génétique. Le polymorphisme des marqueurs moléculaires sera appelé diversité génétique et celui des caractères phénotypiques sera appelé variabilité génétique. La diversité génétique fait appel à l'étude des distributions des fréquences alléliques alors que la variabilité génétique s'appuie sur les composantes de la variance génétique de caractères quantitatifs. (Kremer, 1994)

La relation entre variabilité et diversité, suggère l'existence d'une corrélation entre ces deux paramètres. Les données relatives à la diversité, ne concernent pas les locus contrôlant les caractères quantitatifs, mais des marqueurs génétiques neutres vis-à-vis de la sélection naturelle.

### 3.5. Critères de comparaison

Pour les végétaux, un caractère taxonomique est d'abord l'ensemble ou une partie des traits ou propriétés d'un végétal susceptibles d'être soumis à une mesure ou de recevoir un qualificatif permettant des comparaisons avec les mêmes traits ou propriétés d'un autre végétal. La disparité des caractères peut être de plusieurs sortes, qui sont interprétées comme de variables pouvant résulter d'observations morphologiques, anatomiques, histologiques, cytologiques et biochimiques (Stebbins, 1950 in Tazairt, 1992).

#### 3.5.1. Critères de classification issus de la biologie classique

Ces critères sont en général issus de l'anatomie ou de l'embryologie. Ils ont permis de classer le règne vivant d'une façon globalement satisfaisante même s'il subsiste quelques parentés incertaines. On retiendra par exemple :

- chez tous les êtres vivants l'organisation cellulaire qui permet de définir les règnes (procaryote, animal, végétaux, protistes,...).
- Chez les végétaux, la présence ou l'absence de gamétanges (thallophytes et archégoniates).

#### 3.5.2. Critères de classification issus de la biologie moléculaire

La présence ou l'absence d'une molécule peut être significative que la forme d'un organe. Les champignons par exemple, possèdent souvent de la *Chitine* ou du *Glycogène*, or ces molécules sont typiquement non végétale, ceci est un argument supplémentaire pour les

classer dans un règne séparé de celui des végétaux. Les molécules porteuses d'information séquentielle (les protéines ou les segments d'ADN) constituent un autre outil de reconstitution phylogénétique. Si l'on compare des molécules apparentées chez les êtres vivants, les séquences dont elles sont porteuses peuvent révéler une homologie plus ou moins forte (Poulizac, 1999).

### 3.6. Les principaux types de variation

Quelle que soit la nature des caractères envisagés, on peut distinguer trois types de variations : une variation individuelle affectant les divers parties d'un individu à un moment donné, ou les mêmes parties à des moments différents ; une variation à l'intérieur d'une population qui distingue les individus d'une population et enfin une variation à l'intérieur d'une unité systématique qui distingue les populations de la même unité systématique (Bidault, 1971).

### 3.7. Sources de variation dans les populations et les espèces végétales

La mutation et la recombinaison génétique sont les principales sources de variation au sein des populations et des espèces végétales. C'est d'elles que provient la matière première soumise à la sélection naturelle et à la dérive génétique. Le terme mutation s'applique à des modifications de l'ADN qui vont des changements de bases isolées aux insertions, duplications, délétions et inversions de segments chromosomiques ; aux chromosomes complets ou au génomes pour la recombinaison génétique c'est le mélange de gènes qui se produit principalement au cours de la méiose (crossing-over). Les gènes sont aussi recombinaison au cours de la méiose par l'*assortiment indépendant* des chromosomes. Les homologues se séparent et se dirigent vers les spores après l'appariement méiotique et l'homologue maternel (ou paternel) d'une paire peut se retrouver dans une spore avec l'homologue maternel ou paternel de toute autre paire. La recombinaison est une importante source de diversité. Elle augmente avec la fréquence des crossing-over et le nombre de chromosomes, et d'autres facteurs. Elle est un des principaux responsables de la grande diversité observée au sein des populations naturelles et même dans la descendance d'une seule fécondation (Walter. *et al*, 2002).

La diversité est aussi affectée par le flux des gènes, capable d'introduire un matériel génétique nouveau dans une population, ainsi que par la dérive génétique, qui est le changement de la composition génétique d'une population de petite taille causé par des effets

d'échantillonnage aléatoire. Il peut s'agir aussi bien de la perte, de la fixation de certains allèles ou de changement de leur fréquence (Falconer et Mackay, 1996, Frankam, 2002 in Kaeuffer, 2008). Elle aussi affectée par la fixation aléatoire de gènes dans les petites populations.

### 3.8. Variabilité génétique et adaptation

Pour coloniser rapidement un milieu homologue, la variabilité ne représente pas un atout, mais pour la colonisation d'un nouveau milieu ou le maintien dans un milieu dont les caractéristiques changent de façon imprévisible, la variabilité est un atout où elle peut créer des individus qui s'adaptent mieux à ces bouleversements des conditions de milieu (Poulizac, 1999).

### 3.9. La spéciation

Un mécanisme par lequel se différencient les espèces vivantes. Elle résulte de la séparation d'un groupe d'individus provenant d'une même population d'origine en une unité évolutive indépendante qui ne peut plus se recroiser avec sa population et – *a fortiori* – son espèce d'origine par suite de l'accumulation de différentiel de pression sélective qui s'en est suivi (Ramade, 2008).

On peut définir aussi la spéciation comme étant un processus adaptatif induisant des barrières contre le flux de gènes entre les populations étroitement liées, par le développement de mécanismes d'isolement à la reproduction (Rodolphe et *al*, 2007).

Le processus est complexe qu'il n'y parait de quel instant (ou événement), une nouvelle espèce prend existence, et d'autre part à partir de quand le processus de formation commence car ce processus ne peut être identifié que lorsqu'il est complet. Par des raisonnements reposant sur les données de la génétique des populations, il a été possible de proposer un mécanisme cohérent permettant de comprendre le processus de spéciation (Losos et Glor., 2003) :

Etape 1 : séparation au sein de l'espèce (mutation, sélection, dérive génétique) ;

Etape 2 : séparation de l'ensemble de population les uns des autres ;

Etape 3 : divergence génétique entre ces ensembles

Etape 4 : acquisition, au cours de divergence, de l'isolement reproductif.

Alors on peut dire que la spéciation est la formation de deux espèces filles à partir d'une seule espèce mère. Elle peut être réalisée selon deux modalités :

**3.9.1. Allopatrique** qui se produit lorsque deux populations de la même espèce se séparent géographiquement cette barrière les empêche d'échanger leurs gènes.

**3.9.2. Sympatrique** s'effectue en absence des barrières géographiques, les espèces sœurs évoluant à partir de propagules demeurant dans la même aire de dispersion que la descendance du même dème dont elles sont issues. Par exemple chez les végétaux, ce type de spéciation peut se résulter d'un isolement reproductif source de causes biochimiques qui conduisent à une incapacité du pollen de certains individus de germer sur les stigmates.

### 3.10. Définition de l'espèce

Comment savoir si deux individus appartient à la même espèce ou à des espèces différentes ? Une question qui a été et reste débattue parmi les systématiciens et les évolutionnistes. Pour *LINNE* et la plupart des naturalistes du *XIII<sup>e</sup>* siècle, elle est le résultat d'un acte de création et peut faire l'objet d'une systématique sur la base de critères morphologiques. *DARWIN* voit en elle un simple découpage arbitraire, puisque les êtres vivants sont en perpétuelle évolution (Brondex, 1999).

Actuellement l'espèce est définie comme étant le niveau de base du système de classification biologique. Une espèce est un groupe d'individu semblable, capable de se croiser entre eux et de donner naissance à une descendance fertile (Bill, 2004). Mayr dans les années 1940 a donné la définition suivante : « les espèces sont des groupes de populations naturelles réellement ou potentiellement capable de se croiser et qui sont isolés des autres groupes ayant les mêmes propriétés » (Brondex, 1999). Ce concept qui repose sur cette interfécondité est habituellement appelé : concept biologique de l'espèce. Chez les végétaux, les systématiciens ont en grande partie abandonné ce concept à cause de l'existence des hybridations, ils ont considéré que l'existence d'un flux de gènes entre des espèces végétales n'implique pas qu'elles ne constituent pas des lignées distinctes. Alors d'autres concepts ont été introduits, tel que le concept de reconnaissance, phénétique, évolutif et phylogénétique. Le tableau ci-dessous illustre les différents concepts avec les critères pour définir l'espèce pour chacun d'eux (Walter et al, 2002).

**Tableau 3:** Les sept concepts de l'espèce (Walter et *al*, 2002).

Concept	Critères pour définir l'espèce	Référence
Biologique	Pas de fertilité interspécifique	<i>Mayr 1963</i>
de reconnaissance	Même système de fécondation	<i>Paterson 1985</i>
Phénétique	Hiatus dans la variation entre espèce	<i>Sokal and Crovello 1970</i>
Evolutif	Même destinée évolutive au cours du temps	<i>Wiley 1978</i>
Autapomorphie	Monophylétisme	<i>Donoghue 1985 ; Mishler 1985</i>
Possibilité de diagnose	Combinaison particulière d'états de caractères	<i>Nixon and Wheeler 1990</i>
Généalogique	Exclusivité fondamentale	<i>Baum and Shaw 1995</i>

### 3.11. Les subdivisions de l'espèce

#### 3.11.1. La sous-espèce

Selon Stebbins (1950), la sous-espèce est une série de populations ayant certaines caractéristiques morphologiques et physiologiques commune, occupant une subdivision géographique de l'aire de l'espèce ou une série de stations écologiques similaires et différant par plusieurs caractéristiques des membres typiques des autres sous espèces tout en étant reliée à l'une ou plusieurs d'entre elles par une série de forme intermédiaire (Bidault, 1971).

#### 3.11.2. La variété

Un terme désuet qui autrefois désignait en botanique une unité systématique de rang inférieur à l'espèce. Elle a, selon le cas, la signification d'une sous-espèce ou d'un écotype (Ramade, 2008). C'est un groupe plus restreint qu'une espèce.

#### 3.11.3. Ecotype

Désigne des populations adaptées génétiquement à des conditions écologiques particulières, constituant souvent une sous-espèce. Les écotypes présentent de ce fait des

particularités morphologiques plus ou moins accentuées par rapport à l'espèce typique mais peuvent se croiser sans perte de fertilité avec elle ainsi qu'avec les autres écotypes de la même espèce (Ramade, 2008).

### 3.12. Méthodes d'analyses de la variabilité génétique

La génétique s'intéresse au génotype des individus, mais elle n'a longtemps eu accès qu'au phénotype. La variation d'un caractère résulte-t-elle d'une variation génétique ? Pour un génotype donné, le phénotype est-il le même dans différents environnements ?

Le phénotype est déformable en fonction du milieu extérieur, cette propriété est appelée *plasticité phénotypique*. Un génotype donné peut conduire à une gamme plus ou moins étendue de phénotype. Alors le phénotype (P) dépend à la fois du génotype (G) et de l'environnement (E), on peut résumer :  $P = G + E$  ;

Et elle peut être étendue aux variances :  $\sigma^2 P = \sigma^2 G + \sigma^2 E + \text{covariance}(G, E)$ .

1- Soit un caractère (phénotype) quantitatif (le poids, la taille). Le plus souvent, ce caractère varie dans la population selon une loi normale. Celle-ci est caractérisée par une valeur moyenne et une variance qui correspond à l'intervalle de variation du caractère dans la population. Ainsi dans la population humaine, la taille moyenne des hommes est de 1,75 m environ, mais des personnes mesurent plus de 2 m et d'autres moins de 1,60 m. la variation d'un caractère est décomposée en : variation due à l'environnement et variation d'origine génétique. C'est cette dernière que nous intéressons pour quantifier la variabilité génétique.

Il existe trois approches pour estimer la variabilité génétique intra spécifique :

1- Soit on se base sur la variabilité phénotypique, et à l'aide des techniques statistiques d'analyse on traite nos données (mesures quantitatives et qualitatives), et on estime l'importance relative de cette variabilité (significative ou non). Cette méthode est très utilisée à cause de sa simplicité, rapidité et elle est peu onéreuse ;

2- Soit et toujours indirectement par l'analyse de la variabilité enzymatique (Murphy et al, 1990 in Parizeau, 1997). À l'aide de l'électrophorèse et à cause de la propriété des protéines (souvent chargées négativement), on établit une correspondance entre la variabilité de ces molécules (qui sont le produit de la transcription de l'ADN) et celle génétique. Malgré les importantes limites identifiées dans cette approche (elles ne représentent que les gènes

codants), mais elle est fréquemment utilisée (elle est relativement rapide et peu coûteuse) (Parizeau, 1997)

3- Soit par une analyse directe de la variabilité génétique, qui consiste à établir la séquence des nucléotides. Cette approche qui est la plus fiable, elle est de plus en plus régulièrement utilisée bien que des techniques employées soient coûteuses et lentes, et qu'elles exigent des équipements spécialisés ainsi qu'un personnel qualifié.

D'autres méthodes sont utilisées dans le même sens pour analyser le matériel génétique lui-même sans le déchiffrer (RFLP, L'hybridation d'ADN), elles sont moins coûteuses, mais moins précises. Ce dernier temps, le séquençage devient plus intéressant avec l'apparition de la technique d'amplification en cascade (PCR) où il devient moins coûteux (Parizeau, 1997).

### **3.13. Analyse de la variabilité génétique à l'aide des marqueurs moléculaires**

L'information génétique se trouve dans un organisme sous plusieurs formes dépendant du stade de la transcription de l'ADN (ADN, ARN, protéines). Ces molécules ne sont pas accessibles directement à la simple observation. La biochimie a été utilisée par les taxonomistes à partir des années 1960, principalement pour l'évaluation de composants chimiques secondaires tels que les flavonoïdes ou les terpénoïdes. Depuis une vingtaine d'années, les biologistes de différentes disciplines (systématique, génétique, biologie des populations, écologie) se sont tournés vers l'utilisation des protéines et de l'ADN. Mais c'est surtout depuis une dizaine d'années que l'emploi de l'ADN comme marqueur s'est considérablement développé (Maquet, 1995).

En biologie végétale, le terme marqueur s'applique à plusieurs concepts, parfois très différents. Un marqueur morphologique par exemple est un caractère physique (couleur, forme, longueur...) généralement dominant, souvent influencé par le milieu, et pouvant interférer avec d'autres caractères (Plomion, 2003). Par contre, un marqueur génétique, moléculaire ou biochimique, est toujours synonyme de locus marqueur ; le locus marqueur est un locus (séquence d'acide nucléique, ou expression de cette séquence) polymorphe qui renseigne sur le génotype de l'individu qui le porte et/ou sur les génotypes voisins (Santoni *et al.* 2000).

Par définition, un marqueur génétique est un caractère mesurable à hérédité mendélienne (Swynghedauw, 2000). On distingue les marqueurs biochimiques, issus de l'expression des

gènes (y compris les produits de métabolisme secondaire : isozymes, protéines, terpènes...), et les marqueurs moléculaires, qui désignent directement des séquences d'acide nucléique. Les marqueurs moléculaires représentent la dernière génération de marqueurs utilisés dans les études de diversité génétique. Ils reposent sur la mise en évidence du polymorphisme de la taille de fragments d'ADN. Les qualités attendues pour un marqueur moléculaire sont principalement un niveau de polymorphisme adéquat et une abondance élevée (Hartl 1988, Vekemans & Jacquemart 1997). Les marqueurs moléculaires sont utilisés pour étudier la variabilité et la diversité génétique directement sur l'ADN, plutôt que sur des caractères qui sont soumis à l'environnement comme les propriétés morphologiques. Les marqueurs moléculaires sont particulièrement utiles dans les recherches sur la diversité génétique des plantes et la structure génétique des espèces (Hadrys *et al* 1992, Rieseberg *et al.* 1993, Becerra *et al.* 2007). Ils offrent de nombreuses possibilités de révélation du polymorphisme d'ADN (Hartl 1988, Tagu & Moussard 2003, Hamon *et al.* 2003).

Selon Ferreira & Grattapaglia (1998), les marqueurs moléculaires idéaux pour les études de structuration génétique de populations sont ceux présentant les caractéristiques suivantes :

- caractère mendélien à hérédité simple,
- multi-allélique,
- codominant,
- pas d'effet épistatique (la lecture du marqueur étudié est indépendante de l'expression des autres marqueurs du génome),
- non liés génétiquement aux autres marqueurs,
- insensible aux conditions environnementales, et pas d'effet sur la croissance ou sur la reproduction sexuée,
- sélectivement neutre : quel que soit l'allèle présent au locus marqueur, la valeur sélective de l'individu est la même,
- facilement observable et sans ambiguïté,
- reproductible d'une expérience à une autre.

Les unités de base de la génétique des populations sont les groupes d'individus possédant un pool des gènes en commun, pool considéré représentatif de tous les gènes contenus dans chacun des génotypes individuels. Le terme de population est réservé à un ensemble de plantes sur lequel certains échantillons sont étudiés. Chaque espèce ou organisme renferme une variation génétique considérable. Ce polymorphisme s'exprime à l'un ou l'autre

niveau du phénotype, au sein d'une population (polymorphisme intra-population) ou d'une population à l'autre (polymorphisme inter-population) ou encore dans les deux à la fois. Les niveaux relatifs de variation au sein des populations et entre elles varient d'une espèce à une autre et dépendent à la fois de l'histoire et de la biologie de ces espèces et de leur environnement (Lucotte 1983, Hartl 1988).

De nombreuses techniques de marquages moléculaires sont aujourd'hui disponibles, ces méthodes peuvent être regroupées en deux catégories :

**3.13.1. Les marqueurs de types RFLP** (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) développée par Bostein *et al.*, 1980 ; Najimi *et al.*, 2003, a été la première technique d'étude directe de l'ADN (Schlotterer 2004 in Carmen, 2008). Cette technique consiste à découper l'ADN à l'aide d'enzymes dites de restriction. Ces enzymes reconnaissent des sites spécifiques de l'ADN dont le nombre et l'emplacement peuvent varier du fait de la mutation, de l'insertion ou de la perte de bases (Schlotterer 2004 in Carmen, 2008).

### **3.13.2. Les marqueurs de types PCR**

Le développement de la technique de PCR (polymerase Chain Reaction) offre l'avantage d'analyser les marqueurs moléculaires en un temps court tout en utilisant des concentrations faibles d'ADN. Les marqueurs basés sur la technique de PCR tendent à remplacer les systèmes classiques (les marqueurs morphologiques, iso-enzymes et RFLP) et deviennent très nombreuses (AFLP, RAPD, SSR,..) (Najimi *et al.*, 2003). Les plus employés dans les études de la diversité génétique sont sans doute les *microsatellites* ou *SSR*.

### **3.13.3. Principe de la Polymerase Chain Reaction**

La Polymerase Chain Reaction (PCR) est une technique permettant d'amplifier *in vitro* des séquences d'ADN par répétition de réactions d'élongation en présence d'amorces nucléotiques spécifiques et d'une ADN polymérase (Tagu & Moussard 2003). Cette technique, créée par Saiki *et al.* (1985), est devenue la base de nombreux marqueurs moléculaires. Son principe est relativement simple, basé sur une amplification enzymatique de l'ADN (White *et al.* 1989, Vekemans & Jacquemart 1997, Claros & Quesada 2000).

La technique PCR utilise les éléments de base de la duplication naturelle de l'ADN, mais en réalisant seulement la duplication et l'amplification de courts fragments de la molécule d'ADN, dans une simple solution qui permet l'amplification. Le processus démarre

avec une augmentation de température généralement entre 90 et 95°C pour dénaturer ou séparer les deux brins d'ADN. Puis la température est ramenée approximativement entre 35 et 70°C, afin que les amorces trouvent les emplacements ciblés. Une fois réalisée l'alignement, la copie par la Taq polymérase commence. La température est ensuite remontée pour entamer un nouveau cycle, lequel sera répété un certain nombre de fois selon les nécessités de l'étude et la technique à employer. On obtient finalement un produit spécifique amplifié, lequel sera révélé par électrophorèse sur gel (Vekemans & Jacquemart 1997, McPherson & Moller 2000).

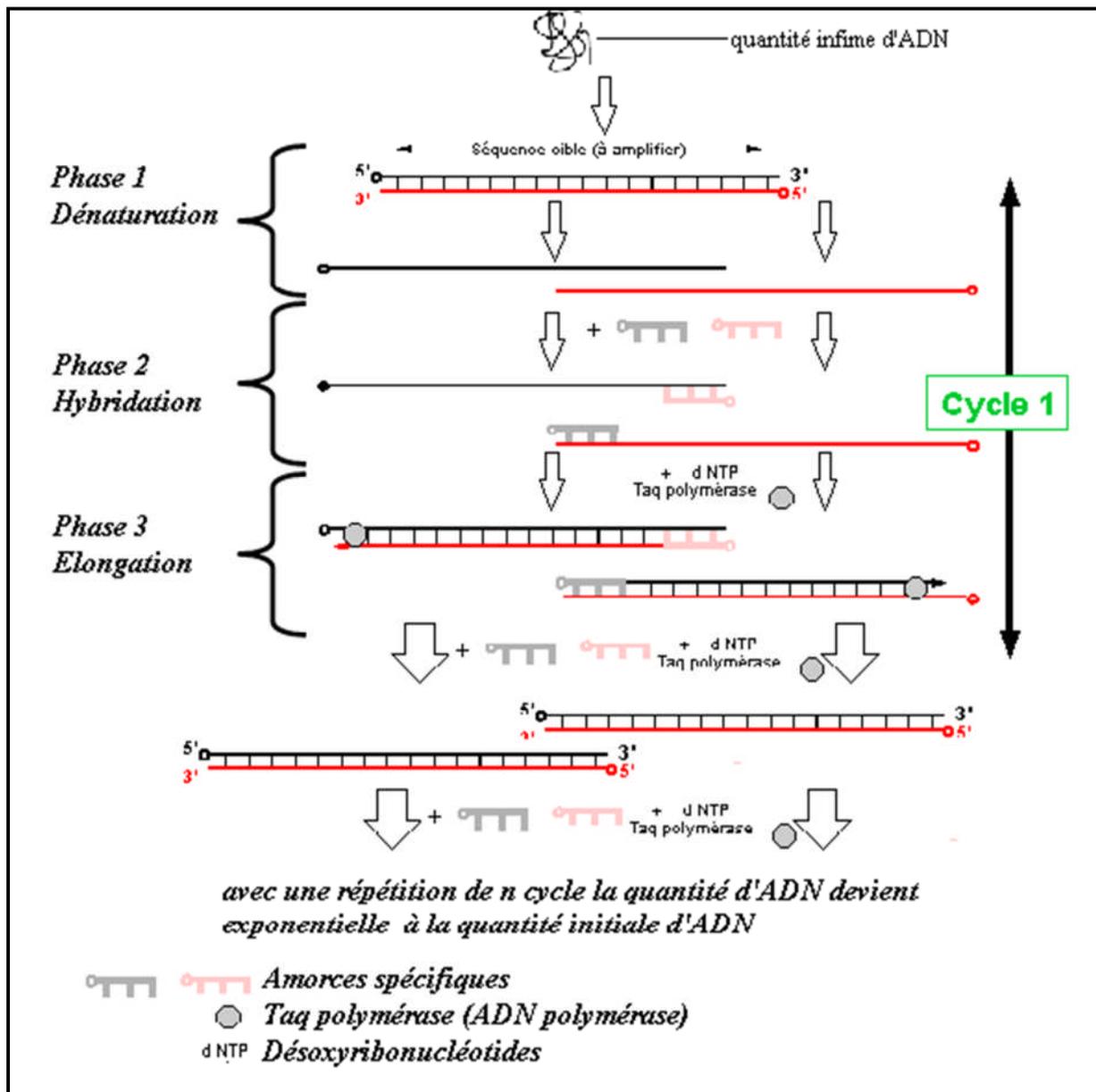


Figure 2 : Schéma illustre l'amplification d'ADN par la PCR

### 3.13.4. Description de la technique des AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism)

La technique des AFLPs (Zabeau *et al.* 1993, Vos *et al.* 1995) se décompose en deux temps. La première consiste à découper l'ADN grâce à des enzymes de restriction puis, après ligature d'amorces, à amplifier les séquences par PCR et à les séparer sur gel acrylamide. Le principal avantage de la technique AFLP est, comme le RAPD, la relative facilité de la mise au point des marqueurs qui ne demande pas de connaissance *a priori* du génome de l'espèce étudié. En revanche, cette méthode montre une reproductibilité élevée, mais nécessite un ADN de très bonne qualité (Avisé, 2004). Cette technique est relativement peu utilisée dans les études sur la diversité génétique.

### 3.13.5. Description de la technique RAPD: *Random Amplified Polymorphic ADN*

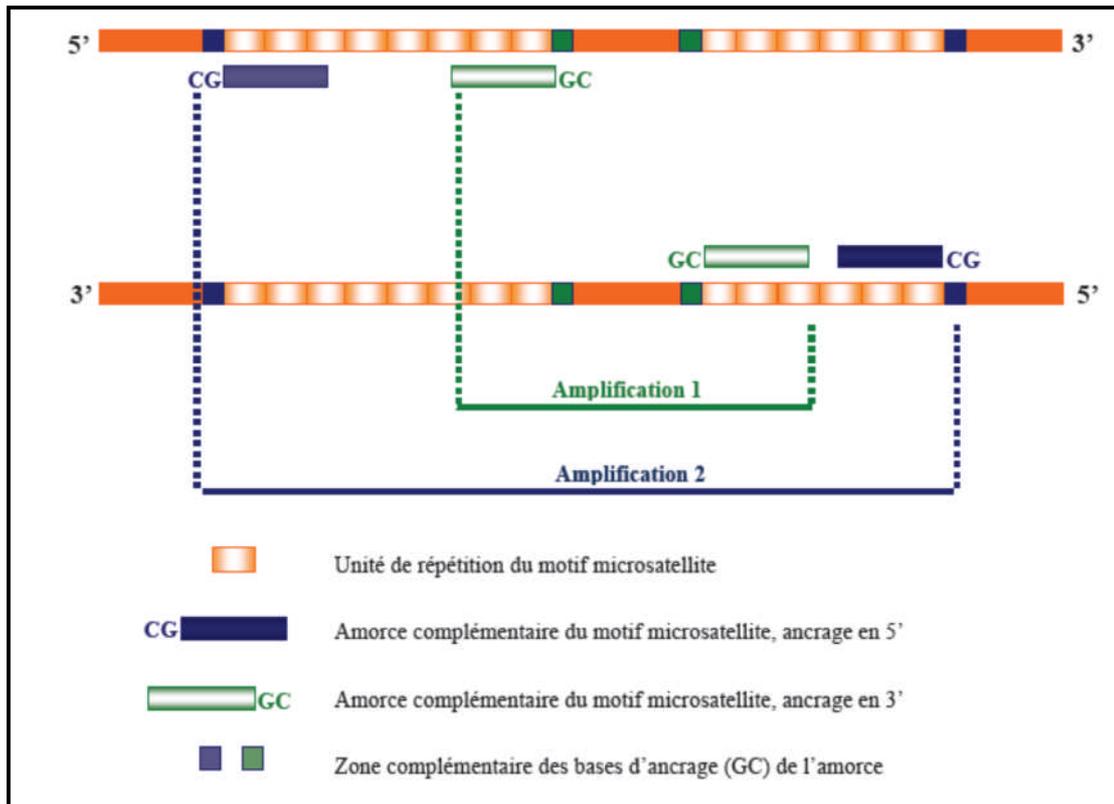
Le polymorphisme d'AND amplifié au hasard ou RAPD est produit par la technique PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne), utilisant d'ADN génomique, d'une amorce aléatoire courte d'environ 10 nucléotides et d'enzyme Taq polymérase (Welsh et McClelland, 1990; Williams *et al.*, 1990). Les fragments générés en nombre quasiment illimité, sont répartis dans tout le génome, non spécifiques de locus et dominants qui ne peuvent donc mettre en évidence l'état hétérozygote. Le polymorphisme observé se traduit par la présence ou l'absence de bande chez les différents génotypes. En effet, l'amplification avec les marqueurs RAPD obéit à la loi de «tout ou rien» mettant en jeu des amorces très spécifiques (Adam et Dron, 1993). Les variations de séquences nucléotidiques entre les génomes, révélées par ces marqueurs, sont le résultat d'une modification (mutation ou insertion) au niveau de site de fixation de l'amorce (Park *et al.*, 1991). Mandoulakani *et al.*, (2006), ont utilisé les marqueurs RAPD et les protéines de réserve des semences pour l'identification des meilleures combinaisons parentales de 28 cultivars de blé iranien dans l'amélioration de la qualité boulangère du blé.

### 3.13.6. Description de la technique ISSR

Cette technique, principalement développée par Zietkiewicz *et al.* (1994) et Wu *et al.* (1994), est basée sur l'amplification par PCR des régions entre les microsatellites. On retrouve plusieurs autres appellations pour cette technique : **I-SSR PCR** (*Inter Simple Sequence Repeat PCR*), **IMA** (*Inter Microsatellite Amplification*), **IRA** (*Inter-Repeat Amplification*) et **ISA** (*Inter-SSR Amplification*). On utilise une amorce constituée d'une séquence de microsatellites et parfois d'une partie arbitraire (amorces ancrées, en 5' ou en 3').

Par la suite, en effectuant une simple PCR, il y aura amplification de fragments flanqués de microsatellites (figure 1.5). Les ISSR sont donc des marqueurs non spécifiques de locus, de type dominant. Contrairement à l'utilisation d'amorces spécifiques des régions flanquant les microsatellites, il n'est pas nécessaire de connaître ici la séquence étudiée. Cette technique permet d'amplifier un grand nombre de fragments d'ADN par réaction, et est supérieure aux marqueurs RAPD en terme de détection de polymorphismes et de reproductibilité (Zietkiewicz *et al.*, 1994; Quian *et al.*, 2001; Ye *et al.*, 2008). L'usage d'amorces plus longues que pour les RAPD (jusqu'à 17 bases contre 10 à 12 généralement utilisées dans les analyses RAPD) contribue à cette reproductibilité (Charters *et al.*, 1996). Les amplicons polymorphes peuvent être séparés sur un gel d'agarose et révélés suite à une coloration au bromure d'éthidium, mais une meilleure résolution est généralement obtenue sur gel de polyacrylamide et par coloration au nitrate d'argent ou par marquage radioactif ou fluorescent.

La technique d'amplification inter-microsatellites est une technique flexible et peut être utilisée pour étudier la génétique des populations, pour la taxonomie moléculaire, la recherche de mutants somatiques et la cartographie (Zietkiewicz *et al.*, 1994; Pradeep Reddy *et al.*, 2002; Yin *et al.*, 2002). Elle a principalement été employée jusqu'à présent dans des études de diversité d'espèces forestières ou agronomiques (Nagaoka et Ogihara, 1997; Gilbert *et al.*, 1999; Quian *et al.*, 2001; Pradeep Reddy *et al.*, 2002; Gupta *et al.*, 2008), souvent en complément d'une autre technique (RAPD ou RFLP) ou parfois à des fins de comparaison. Cette technique de marquage génétique a déjà été utilisée avec succès chez le riz (Blair *et al.*, 1999), le maïs (Kantety *et al.*, 1995), les conifères (Kostia *et al.*, 1995 ; Tsunumura *et al.*, 1996), les agrumes (Fang et Roose, 1997 a et b) et sur une espèce de Nicotianée (Bahulikar *et al.*, 2004) d'où son intérêt pour l'analyse du génome des végétaux (Julio, 2005).



**Figure 3** : principe de la technique ISSR (JULIO, 2005).

Les amorces correspondant à un motif microsatellite sont ancrées soit en **5'** soit en **3'**. Lorsque les amorces sont ancrées en **5'**, le polymorphisme peut provenir soit du nombre de répétitions du motif microsatellite, soit de la longueur de la séquence entre les microsatellites. Lorsque les amorces sont ancrées en **3'** le polymorphisme ne peut provenir que de la longueur de la séquence entre les microsatellites.

La variabilité génétique existant dans la population peut être mesurée par les techniques biochimiques et moléculaires (Audiot, 1995). Elles permettent d'observer de façon plus ou moins fine, le polymorphisme de séquences de l'ADN au niveau d'un certain nombre de sites ou de loci repartis sur le génome. Les marqueurs biochimiques révèlent le polymorphisme de séquences de certaines protéines et donc, de façon indirecte le polymorphisme des séquences d'ADN à partir desquelles les protéines sont traduites. Alors que les marqueurs moléculaires révèlent directement le polymorphisme de l'ADN, les séquences ciblées correspondant ou non à des séquences codantes.

La technique ISSR –PCR, principalement développée par Zietkiewicz *et al.* (1994) et Wu *et al.* (1994), est basée sur l'amplification par PCR des régions entre les microsatellites.

Les ISSR sont des marqueurs non spécifiques de locus, de type dominant. Contrairement à l'utilisation d'amorces spécifiques des régions flanquant les microsatellites, Cette technique permet d'amplifier un grand nombre de fragments d'ADN par réaction, et est supérieure aux marqueurs RAPD en terme de détection de polymorphismes et de reproductibilité (Zietkiewicz *et al.*, 1994; Quian *et al.*, 2001; Ye *et al.*, 2008).

Deuxième partie  
Etude expérimentale

# Chapitre IV

## Matériel et méthodes

## 4. Matériel et Méthodes

### 4.1. Choix des sites d'étude

L'Armoise blanche existe dans des bioclimats allant du semi-aride jusqu'au saharien, entre les isohyètes de 150 à 500 mm. Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans des régions d'hiver chaud à frais (Nabli, 1989). D'après Djellouli (1990), les groupements à armoise blanche dominant le paysage steppique dans l'étage aride. Ils sont essentiellement répandus dans les dépressions non salées, sur les glacis à sols limoneux. L'armoise blanche a une grande amplitude altitudinale, 200 à 1500 m, mais présente son optimum de développement dans la classe 900-1200m.

Sur le plan climatique et bioclimatique l'armoise blanche préfère la tranche pluviométrique 200-300 mm, température inférieure variant de -3 à +3°, et température supérieure jusqu' à 32° (Djellouli, 1990), correspondant au bioclimat aride à semi-aride, variantes froides et fraîches. Par ailleurs, cette espèce est abondante sur des sols, à texture fine, assez bien drainées (marnes, marno-calcaires en pente). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur des sols sableux (Nabli, 1989). Au niveau du Sahara septentrionale, les lits d'oued sont les plus riches par l'armoise blanche, suivi respectivement des dayas, des sols rocailleux et des sols sableux (Chehema et *al.*, 2005).

Notre choix des sites d'étude s'est basé sur la pluviométrie annuelle, dans une progression nord-sud où nous avons repéré trois régions dont chacune représente un étage bioclimatique différent. Il s'agit du site Elmansab (El faidja-Tiaret) d'un climat semi-aride inférieur, le site de Oued morra (Laghouat) qui représente l'étage bioclimatique aride et le troisième site Hassi Er'mel (Laghouat) représentant l'étage bioclimatique saharien.

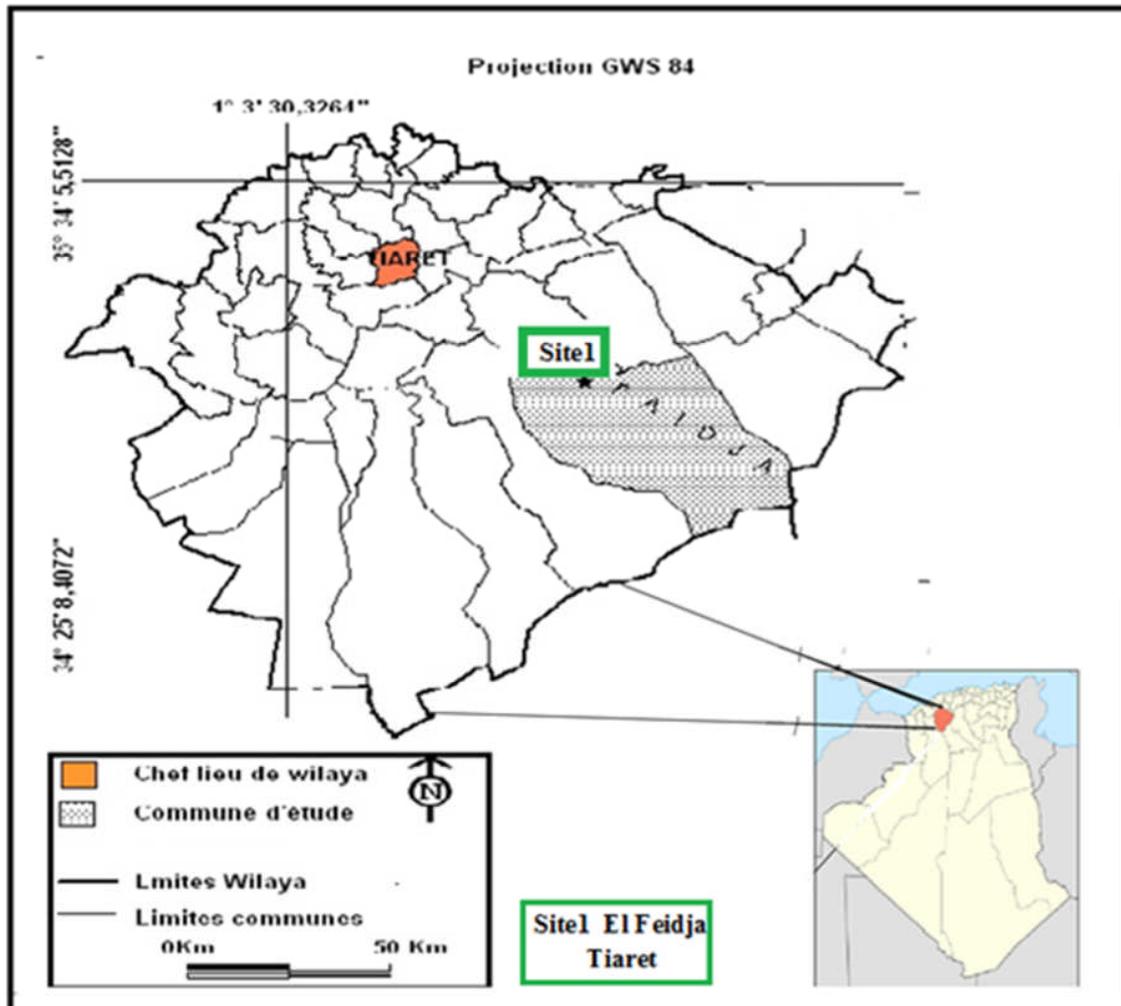
### 4.2. Caractéristiques générales des zones d'études

#### 4.2.1. Zone d'étude 1

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest du pays à plus de 300 km au sud-ouest de la capitale. Cette wilaya, à cause de sa situation géographique sur les hauts plateaux ouest, est à vocation agropastorale. Elle s'étend sur 20113,90 Km<sup>2</sup> (CFT, 2009).

#### 4.2.1.1. Localisation du site d'étude 1

Notre site d'étude 1 se situe dans la commune d'El-Faidja localisée au Sud-est de la wilaya de Tiaret (Fig.4).



**Figure 4 :** Localisation du site d'étude 1 (El Feidja-Tiaret)

Le choix de différentes populations est basé sur la densité de l'espèce et la variabilité des conditions écologiques (altitude, exposition). Les coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site d'étude sont consignés dans le tableau (04).

**Tableau 04 :** Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site d'étude01.

Cordonnées	Population 01	Population 02	Population 03
<b>Latitude</b>	35° 01 ' 25.2'' N	35° 01' 19.2''N	35° 01' 26.7''N
<b>Longitude</b>	001° 48 ' 55.5'' E	001° 48' 40.8''E	001° 49 ' 02.2''E
<b>Altitude</b>	1312M	1326M	1359M
<b>Topographie</b>	Dépression	Pente douce	Adret de montagne
<b>Nature du sol</b>	Limoneux, profond	Limoneux, superficiel	Argilo sableux, superficiel

**Figure 5 :** Population1 d'armoise blanche du site 01 (El Faidja – Tiaret)

**4.2.1.2. Caractéristiques édaphiques du site 1**

Le site El Manseb appartient au massif du Nador. Et Selon Boudy (1955), le sol rencontré dans cette zone est peu profond et en partie rocheux ou caillouteux, de nature silico-calcaire en général, argilo-calcaire en certains points (bas-fonds) et franchement calcaire aux expositions Nord.

Les résultats de l'étude menée par le BNEF en 1988 (Maatoug, 1997) montrent que la quasi-totalité des sols de la forêt de Nador sont des sols minéraux bruts de type lithosols développés sur dolomite, des sols bruns calcaires et des sols de rendzines.

**4.2.2. Zone d'étude 2**

La wilaya de Laghouat est située au sud d'Alger sur l'axe roturier Agler -Ghrdaia. Elle se trouve à 750m d'altitude sur le plan sud de l'Atlas Saharien. Elle s'étale sur une superficie 25052 Km (Amghar et Kadi- Hanifi.2002). Cette wilaya est limitée au nord par la wilaya de Tiaret et Djalfa, à l'Est par la wilaya de Touggourt et El Oued, à l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh et au sud par la wilaya de Ghardaia.

De par sa position géographiques et ses caractéristiques climatiques. La wilaya de Laghouat fait partie du groupement de neuf wilayas pastorales du pays. Sur le plan naturel elle est constituée de deux zones distinctes.

**1-** La zone de l'Atlas Saharien caractérisée par des altitudes allant de 1000à 1700m avec, des pontes de 12.5 à 50%. Cette zone est au Nord-ouest de la wilaya ( région d'Aflou et de la Brida) ; elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de 47.095 ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315.125 ha, ainsi que de pacages et de parcours d'une superficie de 1.531.766ha.

**2-** La zone des Haut Plateaux et des Plateaux Sahariens caractérisée par des altitudes allant de 700 à 100 m et des pentes de 0 à 3%. Cette zone est constituée de vaste étendues steppiques d'une superficie de 190000 ha, dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sècheresses prolongées et de l'influence de l'homme.

4.2.2.1. Localisation du site d'étude 2

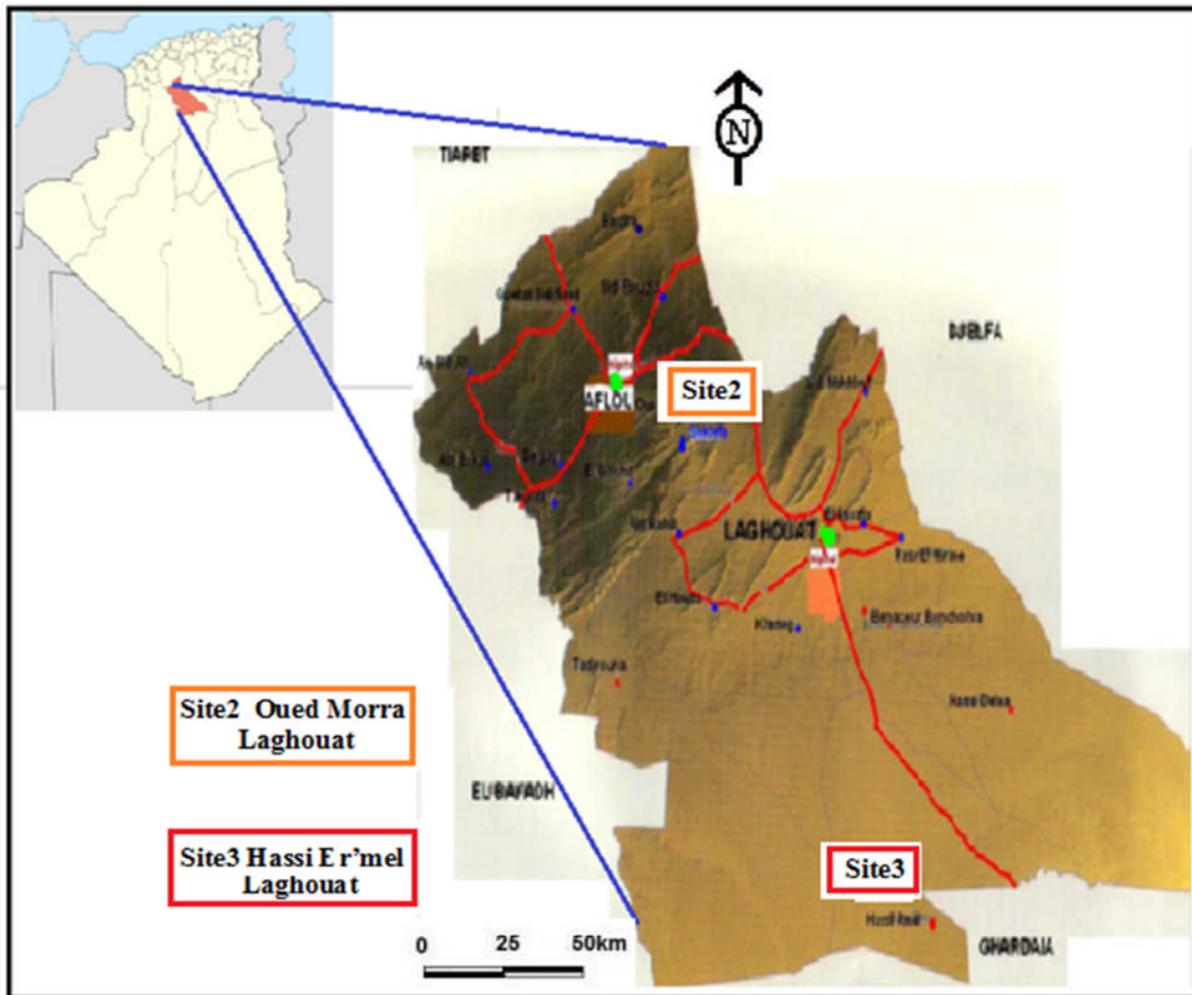
Au nord de la wilaya de Laghouat et à l'échelle de la daïra de Aflou se trouve Notre deuxième site d'étude " Oued Morra" au sud de la commune de Oued Morra (Fig. 5). Les coordonnées géographiques et altitudinales de ses trois populations sont représentées dans le tableau (05).

**Tableau 5 :** Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site Oued Morra – Nord de Laghouat.

Cordonnées	Population 01	Population 02	Population 03
Latitude	35° 22' 025'' N	34° 07' 301'' N	35° 05' 872'' N
Longitude	001° 20 ' 207' E	002° 21 ' 569' E	002° 20 ' 125' E
Altitude	1147M	1170M	1307M
Topographie	Pente douce	Dépression, oued	soumet de montagne
Nature du sol	Rocheux-caillouteux	Argilo-Limoneux profond	Rocheux et caillouteux



**Figure 6 :** Population 2 d'armoise blanche du site 02 (Oued Morra -Aflou)



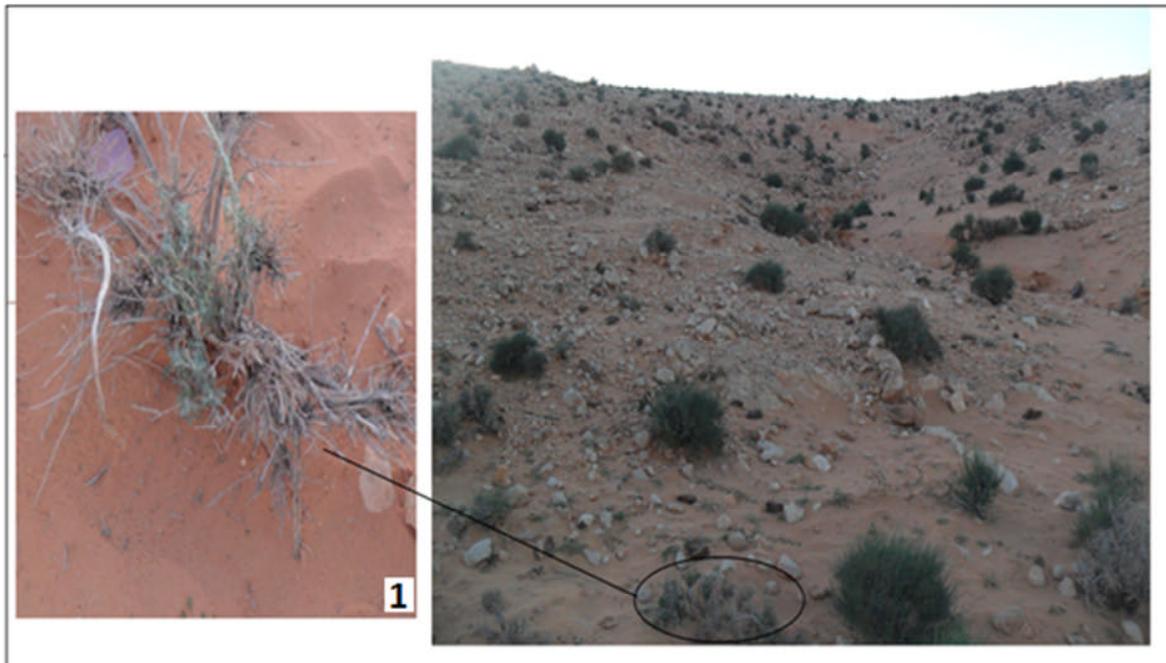
**Figure 7 :** Localisation des sites d'étude 01 et 02 (Hassi Er'mel et Oued Morra – Laghouat)

#### 4.2.2.2. Localisation du site d'étude 3

Le site3 se situe au sud de la commune de Hassi Er'mel"(Fig. 4) .Le gisement de Hassi Er'mel est situé à 550 km au sud d'Alger la capitale, entre les wilayas de Ghardaïa et Laghouat, dans cette région relativement plate du Sahara l'altitude moyenne est d'environ de 750 m au-dessus du niveau de la mer.

**Tableau 6 :** Coordonnées géographiques et altitudinales des trois populations du site Echabka-Hassi Er'mel.

Cordonnées	Population 01	Population 02	Population 03
<b>Latitude</b>	33° 07 ' 75.5'' N	33° 07 ' 44.3'' N	33° 07 ' 50.9'' N
<b>Longitude</b>	003° 37 ' 10.4' E	003° 37 ' .06.6' E	003° 37 ' 08.6' E
<b>Altitude</b>	738.9M	719.7M	725M
<b>Topographie</b>	pleine	Dépression	Pente douce
<b>Nature du sol</b>	Sableux	Sableux	Sableux et caillouteux



**Figure 8 :** Population(03) d'Armoise blanche (site de Hassi Er'mel) ; **1 :**Touffe d'Armoise blanche dégradée

#### 4. 2.2.3. Caractéristiques édaphiques du site 2 et 3

Les sols de Laghouat ont une texture légère, recouverts dans les espaces non cultivés de végétation d'alfa et d'armoise. Au Sud, les sols sont souvent sableux et dunaires, ils deviennent plus légers à texture sableuse à sablo limoneuse, on y trouve également des sols peu évolués

d'apport alluviale provenant de oued m'zi. Au Nord dans les bas-fonds, ils sont plus structurés et plus lourds avec une proportion d'argile qui les constitue.

### 4.3. Caractéristiques climatiques

#### 4.3.1. Présentation des Stations météorologiques

Les données climatiques ont été fournies par les stations météorologiques les plus proches de nos trois sites d'études. Il s'agit de la station météorologique d'Ain Bouchekif qui est située à 1.57 Km de la wilaya de Tiaret., la station de Laghouat à 7,3km de Laghouat et la station de HassiEr'mel à 103.9 Km de Laghouat. Les coordonnées longitudinales et latitudinales des trois stations sont représentées dans le Tableau 7.

**Tableau 7 :** Coordonnées Géographiques des stations météorologiques

La Station	Latitude	Longitude	Altitude
Ain Bouchekif	35.35 N	1.46 E	978M
Laghouat	33.767 N	2.933 E	765m
Hassi Er'mel	32° 56 ' N	03° 18 ' E	764 m

#### 4.3.2. Variations des moyennes mensuelles des précipitations

##### 4.3.2.1. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site 01

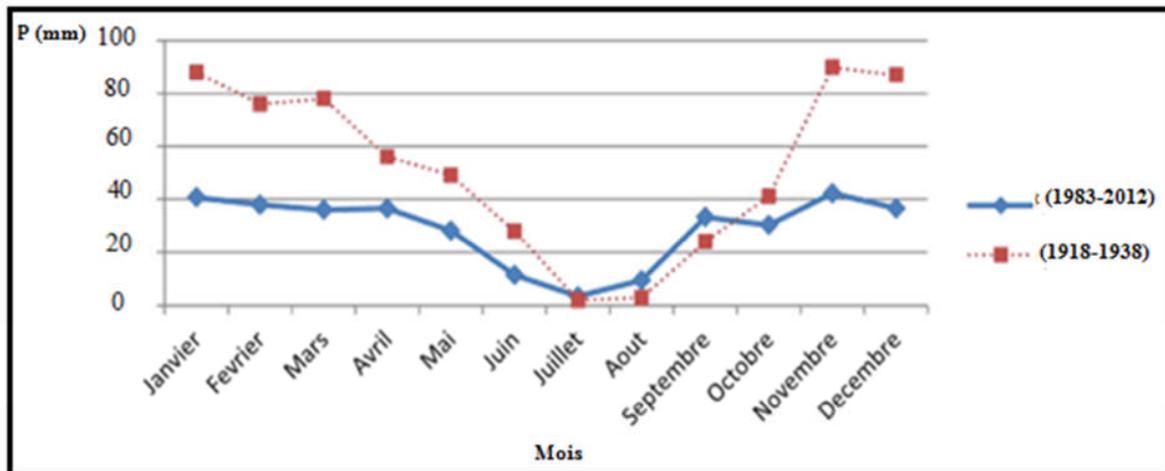
L'influence de l'altitude sur la pluviosité dans les steppes algériennes n'est pas uniforme sur l'ensemble de la zone. Elle varie plus au moins proportionnellement aux hauteurs moyennes (LeHouerou, 1995).

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées pour tous les mois de l'année.

La comparaison des régimes de précipitations mensuelles des deux périodes (Fig. 9) montre que le mois de novembre reste le plus pluvieux pour les deux périodes et le mois de Juillet est le plus sec aussi pour les deux périodes.

- Les précipitations estivales sont presque nulles, elles ne dépassent pas les 6% pour l'ancienne période et 7% pour la nouvelle période

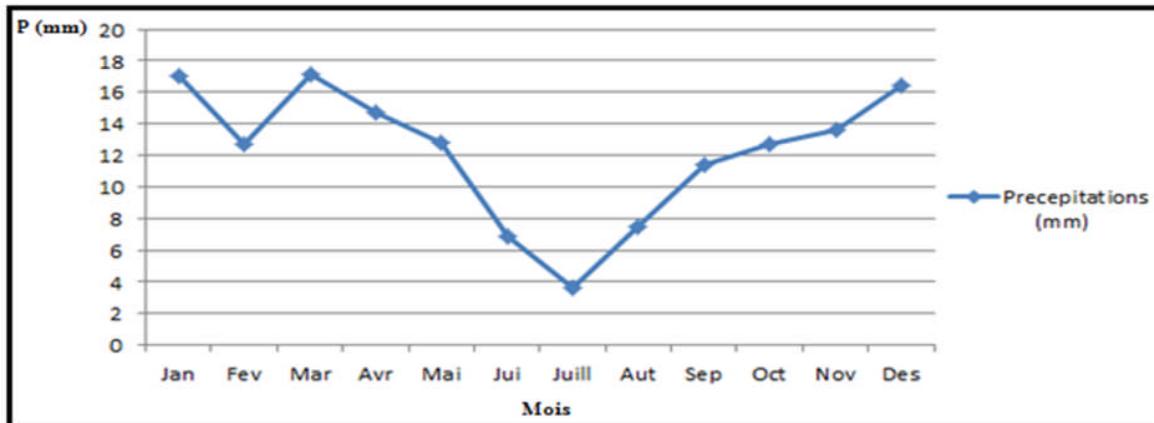
On dégage un net décrochement des deux traces comparatif des cumuls pluviométrique pour les deux périodes. Néanmoins nous remarquons que les périodes sèches des deux tranches analysés (1918-1938 et 1983-2012) coïncident ce qui dénote que la période sèche se concentre toujours autour des mois de juillet et août



**Fig.9** : Moyennes des précipitations mensuelles du site Elfeidja(Tiaret) pour les deux périodes (1918-1938) et (1983-2012) .**Source** : Station météorologique d'Ain Bouchekif.

#### 4.3.2.2. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site2

D'après les valeurs de la moyenne mensuelle des précipitations pour la période (1985-2014), nous avons remarqué que les précipitations les plus importantes sont enregistrées au cours de la période allant de novembre à Mars dont les mois les plus pluvieux sont décembre, Février et Janvier avec respectivement les moyennes. Alors que la période sèche apparaît à partir du mi-avril avec un minimum en Juillet de 3.6 mm (Fig.7).

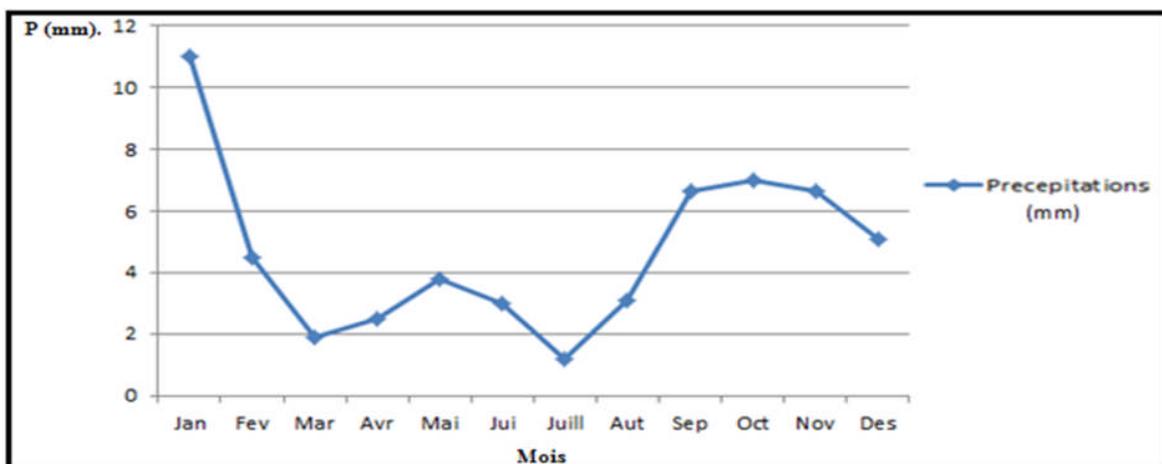


**Fig. 10** : Moyennes des précipitations mensuelles du site Oued Morra (Laghouat) pour la période (1958 à 2014). **Source** : Station météorologique de Laghouat. site web : <http://www.tutiempo.net>

**4.3.2.3. Variations des moyennes mensuelles des précipitations au niveau du site3**

Le total pluviométrique annuel enregistré durant la période (1999-2015) dans la région de Hassi Er'mel est de 56.37 mm réparties de façon hétérogène (Fig.8).

Le mois le plus sec est représenté par le mois de juillet (1.2 mm) ; par contre le mois le plus pluvieux, relativement, est le mois de janvier avec 11mm. La température moyenne maximale atteint 39.75°C le mois d’Août. Par contre, au mois de janvier la température moyenne minimale atteint 2.25°C. Il est à signaler que la saison automnale est relativement la plus pluvieuse avec 35.95 % du cumul annuel.



**Fig.11**: Moyennes des précipitations mensuelles du site Hassi Er'mel (Laghouat) pour la période (1999 à 2015). **Source** : Station météorologique de Hassi Er'mel

#### 4.3.2. 4. Classification en fonction des précipitations

La délimitation des étages des végétations a été faite selon Rivas-Martinez (1981) où le climat est divisé en étages bioclimatiques (tab. 08).

**Tableau 8. Classification des étages bioclimatiques en fonction des précipitations**

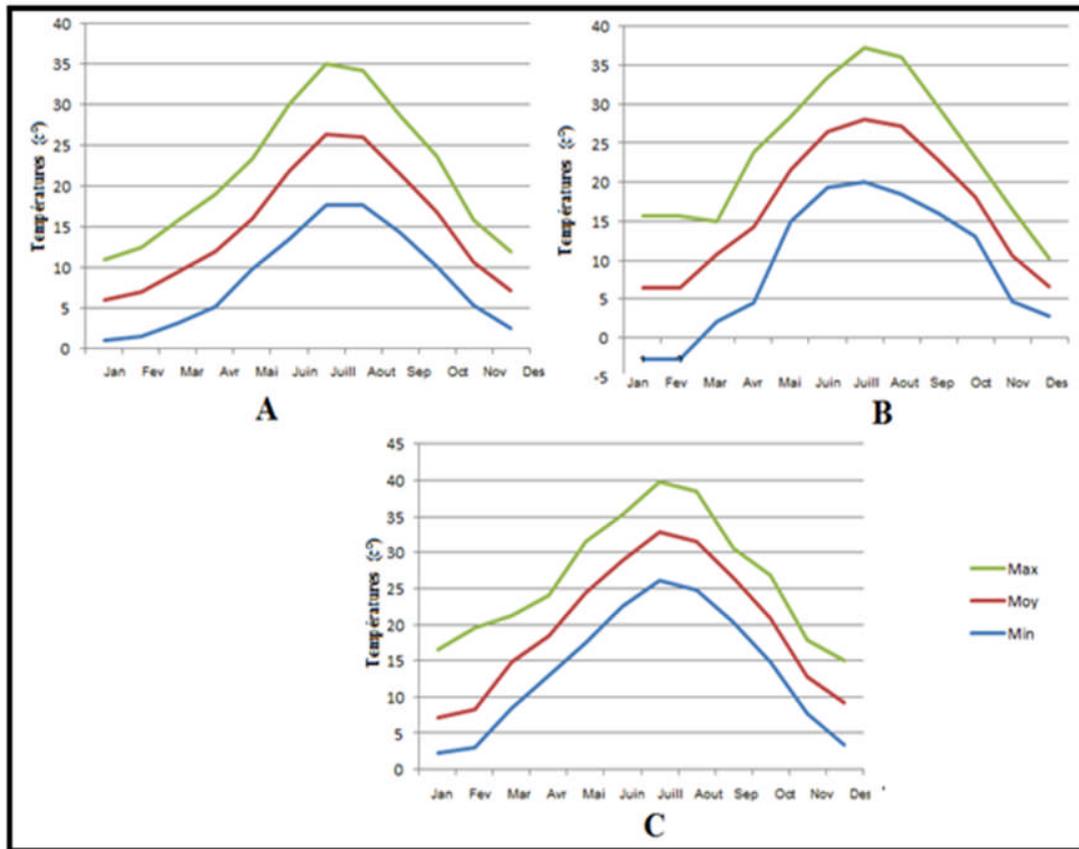
<b>Etages bioclimatiques</b>	<b>Précipitations en (mm)</b>
Sub - humide	600-800
Semi-aride	400-600
Aride supérieur	300-400
Aride moyen	200-300
Aride inférieur	100-200
Sahara	<100

Selon cette classification, la région de Tiaret avec une précipitation annuelle 349,1 se localise dans l'étage bioclimatique semi-aride inférieur.

La région de Oued Morra était classé dans l'étage bioclimatique Aride inférieur avec une moyenne annuelle des précipitations de 117.6mm. Tandis que la région de Hassi Er'mel a un climat Saharien avec une moyenne annuelle des précipitations de 56.37mm.

#### 4.3.3. La température.

Les grandeurs thermiques retenues pour les régions d'études (fig : 9 (A),9(B) et 9(C)), permet de constater une forte variation saisonnière des températures mensuelles, avec un maximum en mois de Juillet à des températures moyennes de 26.36°C (El feidja), 28,00°C (Oued Morra) et 32.92°C (Hassi Er'mel), avec un minimum inscrit en mois de Janvier avec des températures moyennes de 6.06°C ( El feidja), 6.46°C (Oued Morra) et 7.15°C (Hassi Er'mel).



**Figure 12:** Variation des Moyennes mensuelles de la température. **A :** Site Elfeidja (1983-2012) ; **B :** Site Oued Morra( 1985-2014) ; **C :**Site Hassi Er'mel(1999-2015).

#### 4.3.4. Diagramme Ombrothermique

De nombreux auteurs ont proposé diverses formules pour caractériser la saison sèche, qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), un mois est dit biologiquement sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades"; cette formule ( $P \leq 2 T$ ) permet de construire des diagrammes ombrothermiques traduisant la durée de la saison sèche.

L'analyse des diagrammes (fig10 et 11) permet de visualiser une période pluvieuse qui s'étend généralement de début d'Octobre à la fin de Mai pour l'ancienne période et de fin d'Octobre au d'but de Mai pour la nouvelle. Les mois de Juin, Juillet et Août demeurent les mois les plus secs pour les deux périodes. Ainsi, nous constatons que la période sèche actuelle est plus longue d'un mois et demi que l'ancienne.

4.3.4.1. Diagramme ombrothermique site1

D'après ce diagramme, la période sèche dans notre zone d'étude est de cinq mois allant du mois de mai jusqu'à le mois d'octobre.

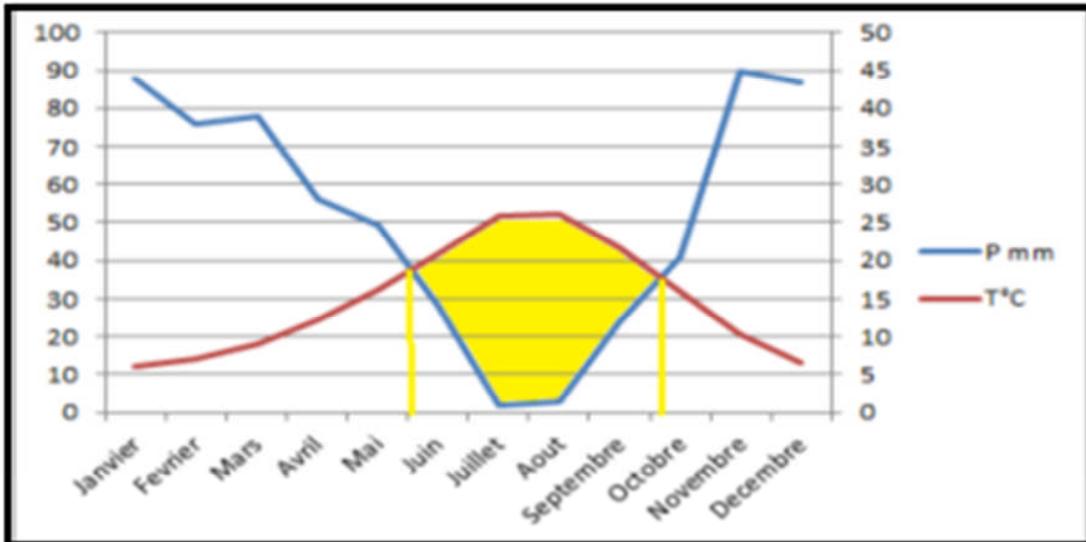


Figure 13. Diagramme ombrothermique de Gaussen (Ancienne période : 1918 à 1938)  
(Nouar, 2015)

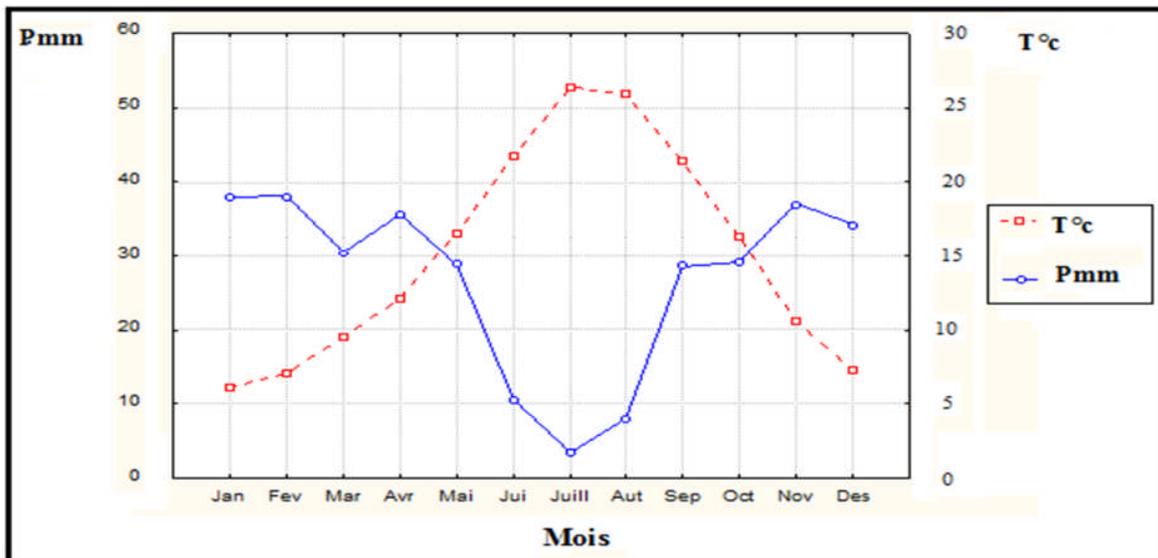
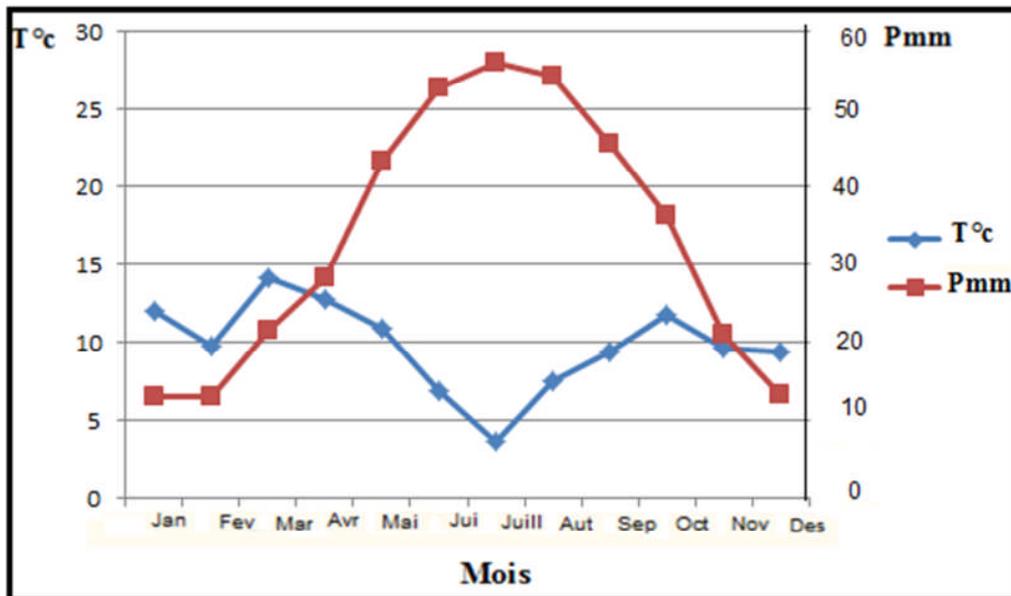


Figure 14 : Diagramme Ombrothermique de site El Faidja - Tiaret  
(1983 à 2012) (Maghni, 2013).

#### 4.3.4.2. Diagramme ombrothermique site2.

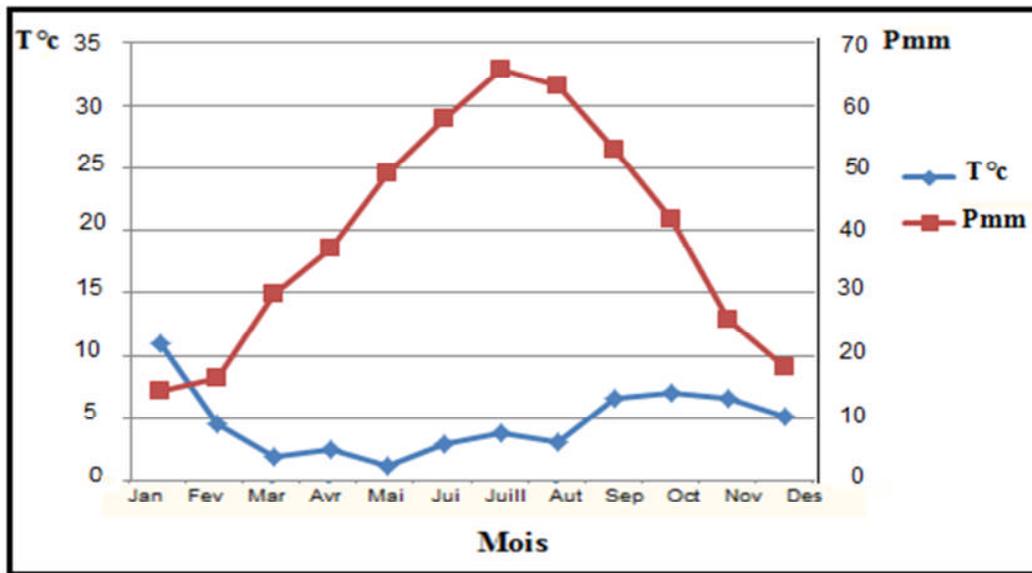
La région de oued Morra (Nord du Laghouat) d'un étage bioclimatique semi- aride moyen (données de SELTZER, 1946) à 5 mois et 3 semaines de sècheresse (l'O.N.M., 2009). Alors qu'elle est classée dans l'étage bioclimatique aride inférieur selon les données de la période 1985-2014 avec sept mois de sècheresse (fig.12).



**Figure 15.** Diagramme ombrothermique site oued Morra. **Source :** Station météorologique de Laghouat.

#### 4.3.4.3. Diagramme ombrothermique site3

Pour la zone considérée, la saison sèche s'étale en général, de manière plus ou moins intense, sur plus de 9 mois. L'analyse du diagramme montre que la période sèche s'étale sur la totalité de l'année (Fig. 13), nous ne notons pas d'oscillations. Celle-ci évolue rapidement en forme de cloche où les écarts les plus importants se situent vers les mois de juin à Aout. Durant cette phase nous enregistrons les faibles pluviométries et les fortes températures.



**Figure 16.** Diagramme ombrothermique de site El Chebka- Hassi Er'mel (1999 à 2015). **Source :** Station météorologique de Hassi Er'mel.

#### 4.3.5. Le quotient pluviothermique d'Emberger

Les indices les plus employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus. Le Quotient pluviométrique d'EMBERGER établi initialement pour les régions méditerranéennes a pour objet de donner un descripteur quantitatif du climat d'un biotope donné plus précis que les moyennes pluviométriques et thermiques. Il se fonde sur le fait que l'évaporation annuelle est d'autant plus élevée, toutes choses égales par ailleurs, que l'amplitude thermique est plus grande.

**M** : la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud,

**m** : la moyenne des minima des températures du mois le plus froid de l'année,

**P** : moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm.

Ce quotient a pour expression (Ramade, 2008) :

$$Q2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

La valeur Q2 est d'autant plus élevée que le climat est plus humide. Notons que M et m sont exprimés en degré Kelvin.

Ce quotient a été modifié par *STEWART* en 1969 où les températures seront exprimées en degré Celsius selon la nouvelle formule :

$$Q3 = 3.43 P/(M-m)$$

Sur le climagramme d'Emberger (Fig. 17), le Q3 de la région de Tiaret pour la période (1984-2012) est équivalent à 33.38. Ce dernier est inférieur à celui calculé pour la période (1918 – 1938), estimé à 68,67. A cet effet, nous remarquons que l'étage bioclimatique de la région de Tiaret a subi une chute de l'étage bioclimatique subhumide presque moyen à hiver frais au semi-aride inférieur à hiver frais au cours de la période 1984-2014.

La région de Oued Morra (nord de Laghouat) a été classé dans l'étage bioclimatique aride à hiver froid ( $-2.17^{\circ} < m < 2.83^{\circ}$ ) avec un quotient pluviométrique de 11.36. Par contre celui de la région de Hassi Er'mel (sud de Laghouat) est égal à 5.15 ce qui a permis de classer cette zone dans l'étage bioclimatique saharien à hiver frais ( $3.32^{\circ} < m < 2.25^{\circ}$ ). Donc, il est évident que le climat est d'autant plus sec que le quotient pluviométrique est plus faible.

**Tableau 9.** Quotient pluviométrique chez les trois zones étudiées

Région	période	P	M	m	Q3
Tiaret	1918 – 1938	622	32.9	1.7	<b>68,67</b>
Tiaret	1984 - 2012	330.21	34.98	1.05	<b>33.38</b>
Oued Morra	1985 - 2014	117.6	38.20	-2.71	<b>11.36</b>
Hassi Er'mel	1999 - 2015	56.37	39.75	2.25	<b>5.15</b>

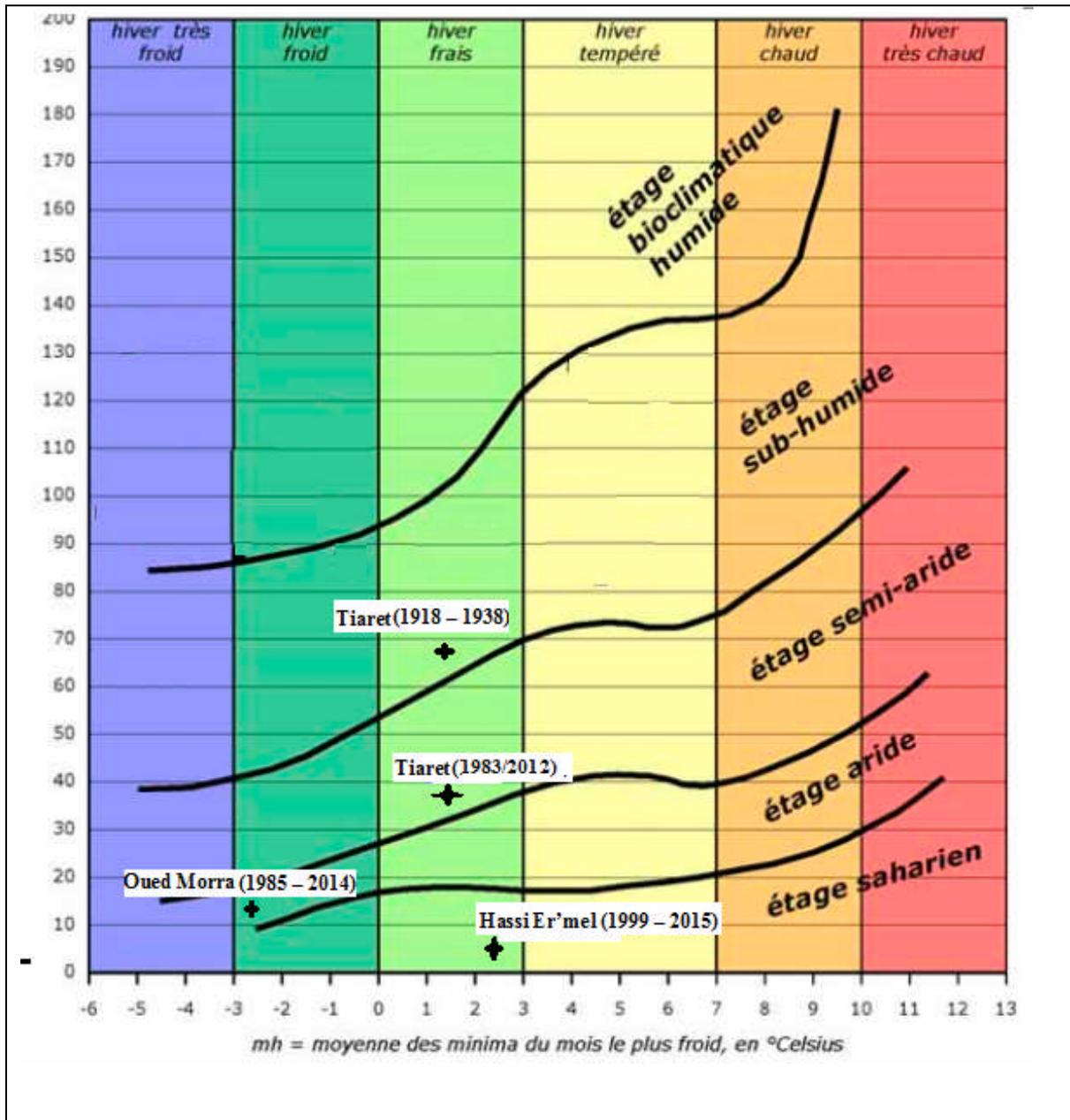


Figure 17 : Climagramme d'EMERGER des trois régions d'étude.

#### 4.3.6. Indice d'aridité de DE MARTONNE (1923)

De nombreux indices et formules ont été élaborés pour caractériser le climat d'une région, ils font intervenir essentiellement, la coïncidence température pluviométrie. Parmi ces indices, nous avons étudié l'indice d'aridité de De Martonne.

Du fait de sa simplicité, cet indice a été très largement utilisé il permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (Guyot, 1997) et dont la variation correspond aux changements d'écoulement de l'eau (Hufty, 2001). L'indice d'aridité annuelle est défini comme suite :

$$I = P/T + 10$$

Avec :

**P** : précipitations annuelles en millimètre.

**T** : température moyenne annuelle en °C.

Un indice de 20 représente la limite de la sécheresse (Hufty, 2001), De Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui est donnée dans le tableau 10.

**Tableau 10** : la classification selon la valeur de l'indice d'aridité De MARTONNE (Guyot, 1997).

Valeur de l'indice	Type de climat
0 < I < 5	Hyper-aride
5 < I < 10	Arde
10 < I < 20	Semi-aride
20 < I < 30	Semi-humide
30 < I < 55	Humide

Le tableau 11 indique la valeur d'indice d'aridité déterminée de chaque région étudiée et son Type de climat étudiée (Fig15.) Nous avons constaté que cet indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide.

**Tableau 11** : Indice d'aridité De MARTONNE des trois régions étudiées

Région	T(c°)	P(mm)	I	Type de climat
<b>Elfaeidja</b> (Site1) (1918/1938)	14.8	622	<b>25.08</b>	Semi-humide
<b>Elfaeidja</b> (Site1) (1983/2012)	15	349.1	<b>13.96</b>	Semi-aride
<b>Oued Morra</b> (Site2) (1985/2014)	18.37	146.6	<b>5.16</b>	Arde
<b>HassiEr'mel</b> (Site3) (1999/2015)	19.65	56.37	<b>1.90</b>	Hyper-aride

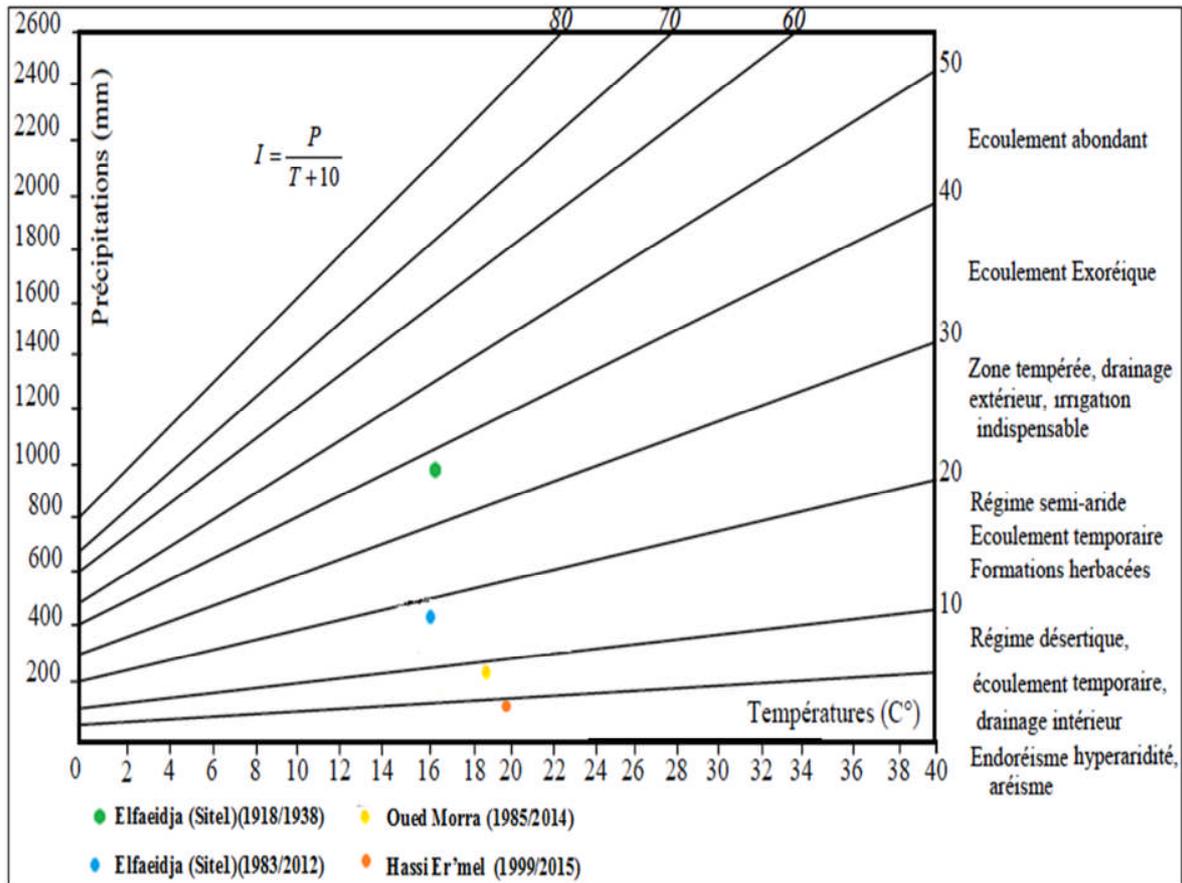


Figure 18 : La détermination du climat des trois régions étudiée à partir de l'abaque De MARTONNE.

### 4.3.7. Conclusion

L'étude climatique nous a permis de constater une dégradation progressive du climat à l'échelle de nos trois régions d'étude correspondre à une aridité croissante. En effet la pluviosité annuelle diminue progressivement et devient de plus irrégulière et les températures moyennes augmentent engendrant ainsi période de sécheresse plus longue. Cette aridité croissante se traduit par un bilan hydrique des sols de plus en plus déficitaire et une réduction de l'activité végétale en intensité et en durée.

Les conséquences sur les ressources naturelles et particulièrement sur le couvert végétal et le sol sont nombreuses. En effet dans la zone à déficit hydrique, l'état de la flore est très pauvre, souvent clairsemée. Ceci correspond sensiblement au climat et les conditions édaphiques qui interviennent dans le développement de la végétation.

#### 4.4. Etude de la variabilité morphologique

##### 4.4.1. Echantillonnage du matériel végétal

Cette étude a été menée au niveau de laboratoire de la biotechnologie végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie, de l'université Ibn-Khaldoun. Le type d'échantillonnage suivi est le subjectif, qui nous a paru le plus fiable pour le choix des individus échantillonnés, les individus sont choisis parce qu'ils paraissent typiques et représentatifs à l'observateur d'après son expérience ou son flair (Gounot, 1969).

Après la prospection de nos trois sites d'études nous avons choisis 03 populations au sein de chaque site toute en tenant considération l'éloignement de ces populations et l'existence de barrières écologiques ainsi que les différences des caractéristiques pédologiques et topographiques (pente, exposition) et selon les critères qui semblent représentatifs de la variabilité morphologique, trente individus ont été prélevés à partir de chaque population soit 60 individus pour chaque site. Les prélèvements des échantillons de l'armoise blanche pour l'étude des paramètres morphologiques de la feuille ont été effectués durant le stade végétatif le plus développé et pour voir les caractéristiques des organes reproducteurs, les échantillons ont été prélevés pendant la période de la floraison dont la durée change d'une région à une autre (Tab.12).

**Tableau 12. Période de floraison d'armoise blanche dans les régions étudiées.**

Site	Période de floraison
Elfaeidja	Fin novembre - début de février
Oued Morra	Début de novembre-Fin de décembre
HassiEr'mel	Début de novembre -Fin de décembre

##### 4.4.2. Observation, mesures et analyses des caractères

Les caractères qualitatifs étudiés se rapportent à la couleur des feuilles( CF) ; couleur des pétales( CP) ; couleur des carpelles( CCR) ; couleur des étamines( CE) ; le mode de disposition des feuilles sur le rameau( DF.R) ; le mode de disposition des folioles sur la feuille( CFLF) ; la répartition des folioles sur la feuille( RLF.F) ; la présence de poils( PPL) ; la couleur des feuilles après élimination des poils( CFPL) ; la disposition de la corolle sur l'ovaire, (DCO) ; la forme de

l’ovaire (FRC) ; le niveau d’insertion des étamines (NVIE) et La forme du niveau entre l’ovaire et la corolle (NVOC).

Les caractères quantitatifs sont représentés par le nombre de folioles par feuille (NBFL.F), le nombre de foliolules par foliole (NBFLL.FL) et le nombre de fleurs par capitule.

L’ensemble de ces caractéristiques sont observé sous une loupe binoculaire et photographes.

L’analyses des fréquences d’expression des caractères au niveau des individus de chaque population, la comparaison des moyennes par l’analyse de la variance (ANOVA) et la classification ascendante hiérarchisée nous ont permis d’évaluer la variabilité intra et inter population.

**Tableau 13. Caractères retenus en stade végétatif**

<b>Caractères</b>	<b>Variables et codes associés</b>
Couleur des feuilles	vert vive(1) intermédiaire(2) tente(3)
Présence de poils	forte présence (1) moyenne(2) faible(3)
Couleur de la feuille après élimination des poils	vert-vive(1) vert-terne(2)
Disposition des feuilles sur le rameau	alterne(1) opposé(2)
Disposition des folioles sur la feuille	alterne(1) opposé(2)
Répartition des folioles sur la feuille	le long de feuille(1) à l’extrémité(2)
Nombre de folioles par feuille	03 folioles(1) 05fl(2) 06f l(3) 07fl(4)
Nombre de foliolules par foliole	02foliolules(1) 03fl(2)

Tableau 14. Caractères retenus en stade de floraison

Caractères	Variables et codes associés
Nombre de fleurs par capitule	05 fleurs(1) 08 fleurs(2)
Couleur des pétales	rouge(1) orange (2) jaune(3)
Couleur des carpelles	marron(1) rouge(2) jaune(3) orange(4)
Couleur des étamines	blanche(1) jaune(2)
Disposition de la corolle sur l'ovaire	oblique(1) verticale(2)
Forme de l'ovaire	bombe (1) peu bombe(2)
Niveau d'insertion des étamines	en haut(1) en bas(2)
Forme du niveau entre l'ovaire et la corolle	en plan(1) incliné(2) convexe(3) concave(4)

#### 4.5. Etude des paramètres anatomique

Selon les mêmes critères ayant servis pour la collecte des échantillons destinés à l'étude des paramètres végétatifs. Nous avons collecté 10 individus à partir de chaque population étudiée, soit 30 individus pour chaque site.

Après la fixation des échantillons dans une solution composée de l'éthanol et l'acide acétique, le lavage se fait pendant une durée égale à celle de la fixation (24h). Ensuite, pour déshydrater les échantillons, ces dernières sont passées dans des bains d'éthanol (70°, 90°, et 100°). Puis, elles sont imprégnées dans un bain de toluène plus la paraffine, suivi, d'un premier bain de paraffine pendant 12 heures à 60 °C, et un deuxième à 60 °C, pendant 5 minute seulement. Enfin, les échantillons sont inclus dans des blocs de forme rectangulaire et laissées pour solidifier.

Les coupes sont faites avec un microtome (LEICA.RM.2145) pour une épaisseur de 7 µm. Après déparaffinage et double coloration, ces coupes sont observées sous un microscope optique à photos (OPTIKA) Gr ×40.

Les paramètres anatomiques étudiés sont, le diamètre des cellules de réserves, le nombre de files des cellules de réserves, le nombre des faisceaux conducteurs, le diamètre des vaisseaux conducteurs, l'épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques, les dimensions des cellules épidermiques et les dimensions des cellules du parenchyme palissadique.

## 4.6. Etude de la variabilité génétique par utilisation du marqueur moléculaire (ISSR)

### 4.6.1. Matériel végétal

L'extraction de l'ADN a été réalisée sur des feuilles fraîches de 12 individus de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) collectés à partir du site ElFaidja-Tiaret. Les échantillons ont été transférés au laboratoire dans une glacière et conservés à -20 C.

### 4.6.2. Extraction de l'ADN végétal

D'après Carmen (2008), la quantité et la qualité de l'ADN utilisable pour l'analyse dépendent largement des techniques employées pour la collecte et la préservation du matériel végétal avant l'extraction. Ceci est particulièrement important pour les espèces produisant de grandes quantités de métabolites secondaires (polyphénols, terpènes, résines ou polysaccharides) qui souvent empêchent une bonne extraction de l'ADN.

L'armoise blanche *Artemisia herba-alba* Asso est une espèce très riche en métabolites secondaires (polyphénols et polysaccharides) pouvant se lier à l'ADN le rendant inaccessible aux enzymes Sboui (2002) in Ferchichi et haouari , 2004. C'est pour cette raison que nous avons procédé à des modifications sur la méthode d'extraction de l'ADN (méthode CTAB :Cetyl Trimethyl Ammonium Bromure).

L'extraction a été faite pour 12 individus prélevés à partir du site1.Les tissus frais des feuilles (70mg) de chaque individu de l'armoise blanche ont été broyées en présence de l'azote liquide à l'aide d'un Vibro-Broyeur (RETSCH – MM 4000), après l'adjonction de 1000 µl du CTAB et de 2 µl β-mercaptoéthanol. le broyat a été incubé à 65°C pendant une heure tout en agitant fréquemment dans un bloc sec (Termomixer COMPACT-EPPENDORF). Ensuite l'ensemble est centrifugé à 11000g pendant 10 mn à 4 °C, le surnageant est récupéré et transféré dans un nouveau tube puis un volume (v/v) du mélange chloroforme : alcool isoamylique (24:1) est ajouté pour une autre centrifugation à 13000g pendant 10 mn à 4 °C. Cette étape est répétée deux fois.

Dans le tube où le dernier surnageant est récupéré, un volume (2/3) d'isopropanol froid est additionné tout en mélangeant délicatement par inversion des tubes puis incubé à -20°C pendant une nuit. Après centrifugation à 700g pendant 20min à 4°C, le surnageant a été éliminé et le pellet est récupéré puis lavé avec un tampon de lavage (75 % d'éthanol, 15 mM d'acétate

d'ammonium), centrifugé à 900g pendant 10 mn à 4 °C (le lavage est répété trois fois) puis séché mais non excessivement à la température ambiante. Il est ensuite lavé avec 500 µl de l'éthanol 70% puis solubilisé dans 50 µl de TE buffer pH 8. Le pellet d'ADN est traité avec 7 µl de RNase par 100 µl d'ADN et incubé pendant 30 min à 37 °C. En fin l'ADN obtenu est conservé à 4°C pendant un court temps et à (-20°C) pendant longtemps.

#### **4.6.3. Optimisation de PCR et Amplification d'ADN**

L'amorce utilisée est celle donnant des bandes claires. Il s'agit de l'amorce X14 Primer TRAAR (GCC)<sub>4</sub>. L'amplification a été effectuée dans un volume total de 50µl contenant 10 µl de tampon PCR10X (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl, 1.5mM MgCl<sub>2</sub>, pH 9.0), 2µl d'extrait d'ADN (50ng/µl), 3µl de MgCl<sub>2</sub> (25mM), 2µl de dNTPs (2mM), 5µl d'amorce oligonucléotide (20µM), 1µl de Taq DNA polymérase (0.5U/µl) et 27 µl H<sub>2</sub>O. Les différents cycles de températures pour les réactions PCR ont été réalisés selon la méthode de Zietkiewicz et *al.*, (1994) sur un thermocycleur (Eppendorf – TECHNE TC 5000), programmé pour une période de dénaturation initiale de l'ADN et l'activation de la Taq polymérase à 95 °C pendant 02 min suivie d'une amplification de 30 cycles. Chaque cycle comprend une dénaturation à 94 °C pendant 30 s, une hybridation à 55 °C pendant 30 s et une élongation de 02 min à 72 °C. Après les 30 cycles, une élongation finale à 72 °C a été appliquée durant 5 min.

#### **4.6.4. Séparation et visualisation de l'ADN**

L'analyse électrophorétique pour l'ADN est faite avec un volume de 3 µl d'ADN, ajouté au 2 µl de l'eau ultrapurée et 1 µl de bleu de bromophénol sur gel d'agarose 1 % (p/v TBE) pendant 1h à 80 volts et les bandes d'ADN sont détectées grâce au bromure d'éthidium (0.1%) pendant 90 min et visualisées sous radiation UV puis photographiées avec un dispositif pour prise de photos UV (DOC-PRINT VX2). La quantification de la taille des bandes d'ADN amplifié est réalisée par les logiciels ImageJ, Gen en se référant à l'ADN témoin λ/HindIII (FERMENTATS).

La conception du gel de migration a été réalisée à la COMAV (Université polytechnique de Valencia).

#### **4.7. Traitement statistique des données**

L'ensemble des analyses (analyse de la variance, et classification hiérarchisée) sont effectuées par le logiciel STATISTICA 6.

# Chapitre V

## Résultats et Discussion

## 5. Résultats et Discussion

### 5.1. Paramètres morphologiques de la feuille

Le choix des paramètres morphologiques de la feuille s'est basé sur l'héritabilité du caractère. Ainsi ceux choisis seraient d'une héritabilité élevée. Il s'agit de la couleur de feuilles, l'importance de présence de poils, le mode de disposition des feuilles sur le rameau, le mode de disposition des folioles sur la feuille, la répartition des folioles sur la feuille, le nombre de folioles par feuille et le nombre de foliolules par foliole.

#### 5.1.1. La couleur de la feuille

L'analyse des résultats obtenus démontre que la couleur des feuilles (**CF**) se distingue en trois variantes parmi les individus dans chacun des trois sites étudiés (fig.20). Les trois variantes distinguant les différents groupes d'individus au sein de chaque population sont représentés par le vert foncé, vert clair et la couleur blanche.

La fréquence d'apparition des trois couleurs au niveau du site El Faidja est homogène au niveau de la population 1. Cependant à l'échelle de la population 2, on constate une dominance de la couleur vert foncé (50%) alors que 67 % des individus de la population 3 sont porteurs de la couleur vert clair.

A l'échelle du site 03 (Oued Morra), la population 3 présente la couleur blanche chez 90% des individus (fig.19). Alors que 65 % des individus dans les deux populations 1 et 2 ont des feuilles de couleurs vert clair.

Le site de Hassi Er'mel se distingue des deux autres sites par l'apparition de la couleur blanche chez 96% des individus.

Le pourcentage d'individus portant la couleur blanche est devenu plus important dans une orientation vers l'étage bioclimatique saharien. L'aridité croissante rend la couleur des feuilles de plus en plus blanche ce qui permet la réflexion d'une quantité importante des rayons solaires diminuant ainsi la chaleur reçue au niveau des feuilles et par conséquent la réduction du taux de transpiration.

Cette caractéristique constitue un critère de distinction intra et inter-population révélateur d'un polymorphisme assez accentué au sein de cette espèce. Selon les travaux de Aidoud (1988),

les caractéristiques morphologiques de la feuille sont très polymorphes au sein de cette espèce et constituent par conséquent un critère très recherché dans l'estimation de la variabilité génétique des différentes populations.

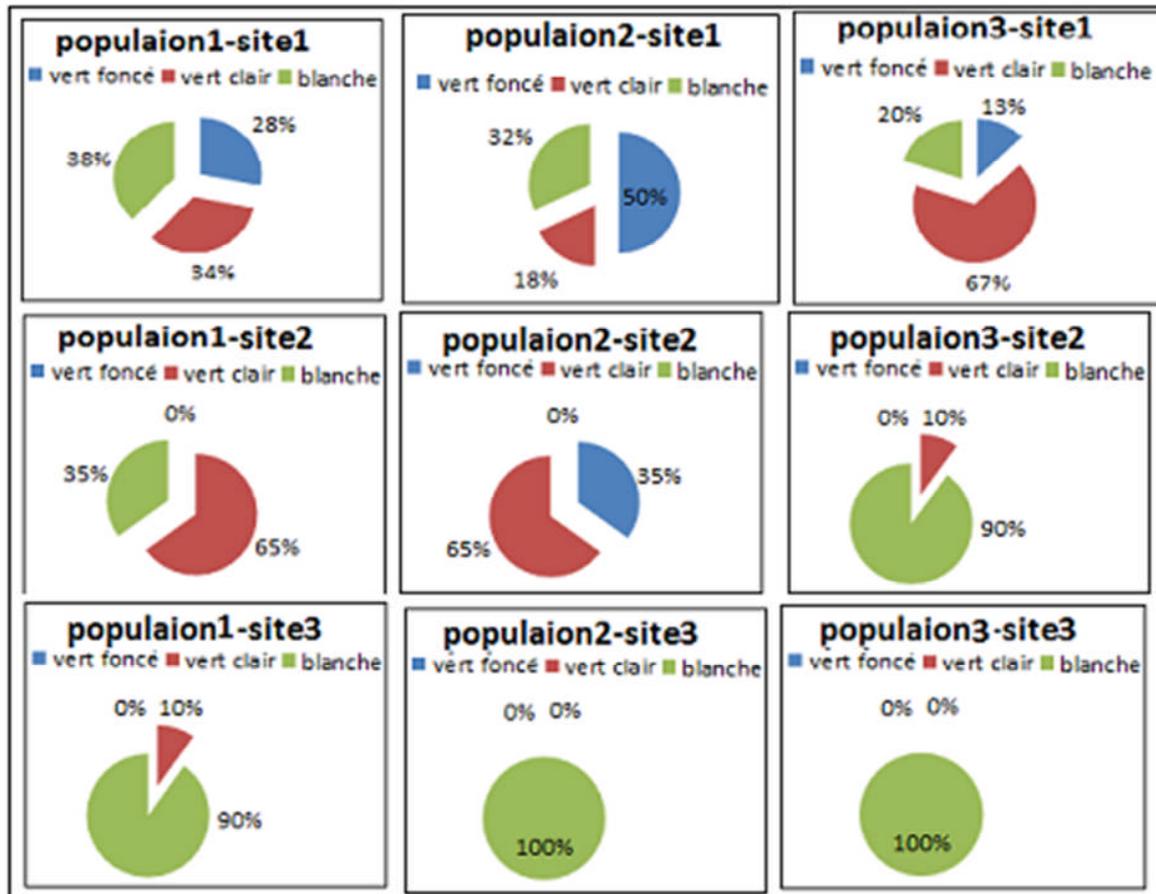
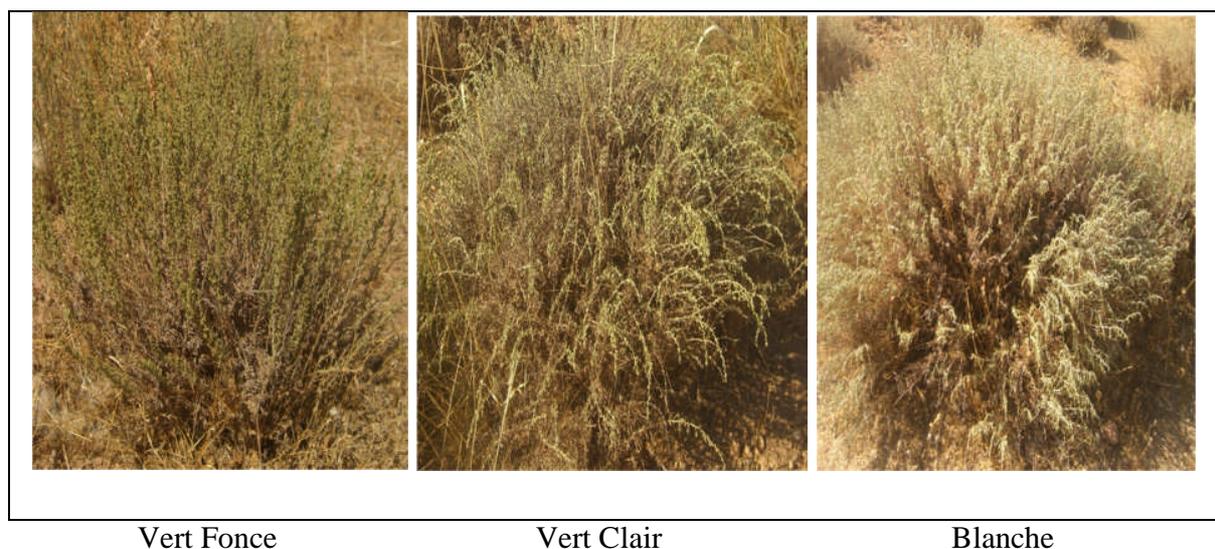


Figure 19 : Fréquences d'apparition de la couleur de la feuille au niveau des trois sites étudiés.



**Figure 20** : Polymorphisme de couleur des feuilles.

### 5.1.2. Importance des trichomes à la surface de la feuille

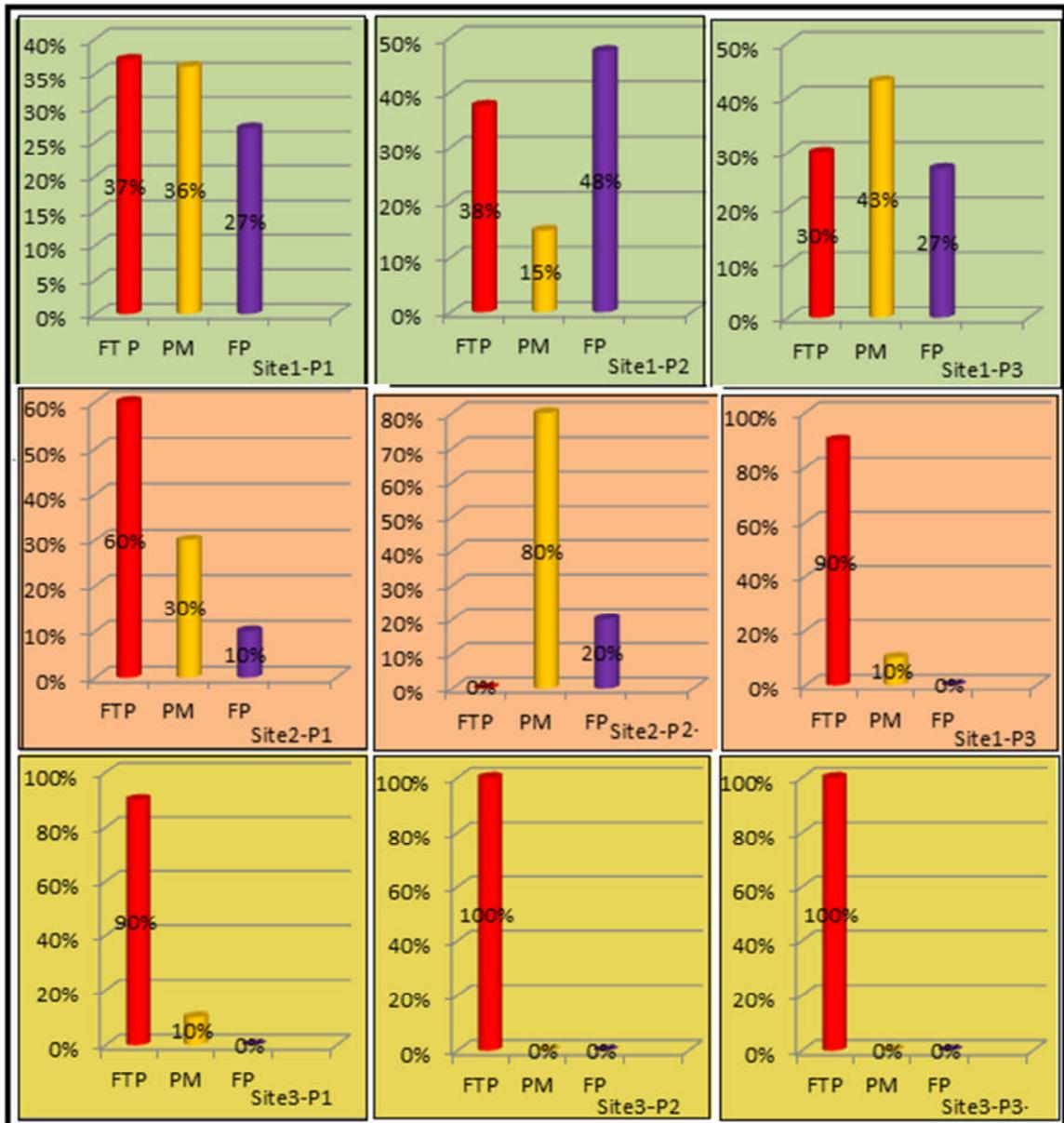
La couleur à la surface de l'épiderme après élimination des trichomes (Fig.22, 23) présente également un critère de distinction entre les individus de la même population et entre les trois populations étudiées (Tab.15).

La répartition des individus au sein de la même population, en se basant sur ce critère, se démontre divergente, en considération des populations concernées de chaque site.

Au niveau de la population1 du site 01 et après élimination des trichomes, les feuilles avaient manifesté principalement une couleur vert-vive avec un niveau de 94% de l'effectif étudié, contre uniquement 6% d'individus qui se caractérisent par une couleur vert-terne. Les individus de cette même population se distinguent en trois groupes selon l'importance de la présence des poils à la surface de la feuille. Ainsi, on relève 37% des individus manifestant une forte présence de poils, 36% de cas présentent une abondance moyenne de poils et enfin 27% d'individus développent peu de poils à la surface de leurs feuilles. Les mêmes constatations sont relevées auprès des deux autres populations. Ainsi deux couleurs se distinguent par les individus des populations, ainsi que deux niveaux d'abondance des poils à la surface de la feuille. Au sein de la population 2,90 % des individus sont porteurs de couleur vert-vive et seulement 10% sont

d'une couleur vert-terne. Ces fréquences changent au sein de la population 3 et atteignent, 83% de sujets sont de couleur vert-vive et 17% sont de couleur vert-terne.

On remarque que les fréquences, de la couleur du feuillage et l'abondance des poils à la surface de la feuille, sont très proches. Il serait évident alors d'établir une forte liaison entre ces deux paramètres. Les variations de la couleur des feuilles sont fortement conditionnées par l'importance de la présence des poils à la surface de cet organe au niveau des trois sites étudiés. En effet, 96% des individus du site 03 présentant des feuilles blanches ayant forte présence de poils à leurs surfaces externes. Mais après éliminations de ces poils c'est toujours la couleur vert-vive qui se manifeste majoritairement.



**Figure 21 :** Fréquences d'apparition de la Présence de poils au niveau des trois sites étudiés ;  
 FTP : forte présence ; PM : présence moyenne ; FP : faible présence.

**Tableau 15 :** Fréquences d'apparition de la Présence de poils et couleur des feuilles après élimination des poils au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Couleur des feuilles après élimination des poils	vert-vive	94	90	83	90	90	95	85	95	95
	vert-terne	06	10	17	10	10	05	15	05	05



**Figure 22 :** Presence de poils sur les feuilles; Presence moyenne à droite et Forte presence à gauche.



**Figure 23 :** Couleur Veret Vive de la feuille après élimination des poils

### 5.1.3. Le mode de disposition des feuilles sur le rameau

Les modes de disposition rencontrés au sein des trois sites sont de deux types, alterné et opposé (Tab.16) (Fig.24). On considère que ce paramètre serait d'une forte héritabilité et par conséquent faiblement influencé par les variations des conditions environnementales.

Les résultats obtenus démontrent que les deux sites 01 et 03 étudiés concrétisent les deux modes d'insertion des feuilles. Néanmoins, les fréquences de représentation des deux caractères par les individus de chaque population s'avèrent différentes.

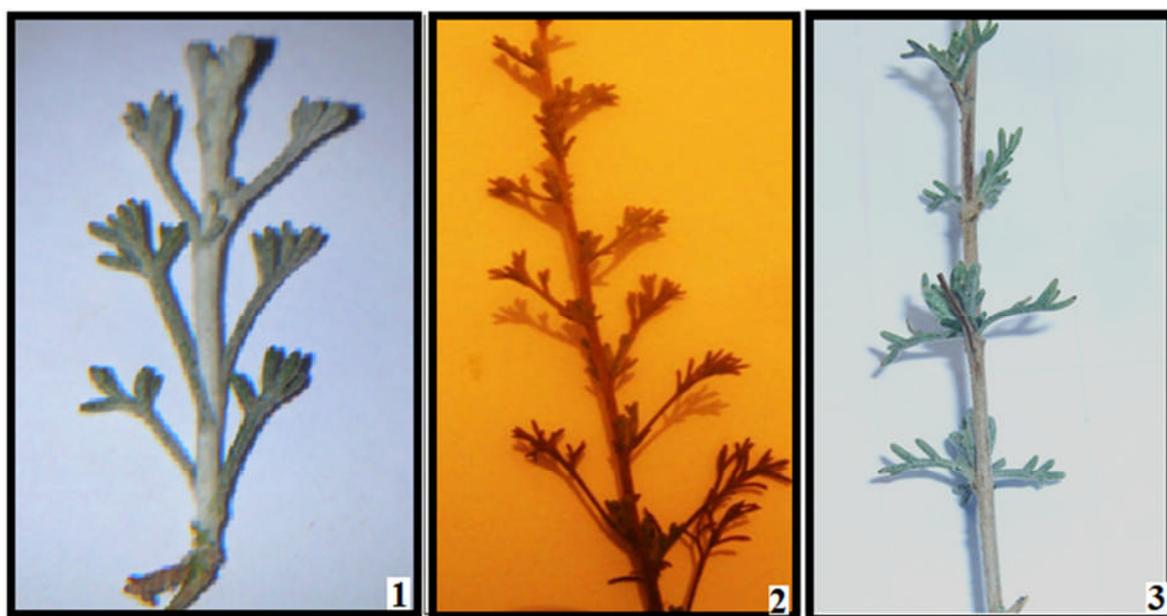
Au niveau du site 01, la population2 présente une majorité d'expression du mode alterne (77%), la population3 se définit par une expression dominante du mode opposé (63%). Alors qu'au sein de la population 1 la représentation des deux modes s'avère équitable.

Les deux modes de disposition des feuilles sur le rameau sont aussi rencontrés au niveau des populations 2 et 3 du site 03 à l'exception de la population1 qui ne présente que le mode de disposition alterné chez 100% de ses individus.

L'ensemble des individus du site 02 ne présente pas de polymorphisme pour ce caractère étudié dont le mode de disposition des feuilles alterné est manifesté chez 100% d'individus au sein de chaque population.

**Tableau 16 :** Fréquences d'apparition du mode de disposition des feuilles sur le rameau au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Mode de disposition des feuilles	Alterné	50	77	37	100	100	100	100	65	30
	Opposé	50	23	63	00	00	00	00	35	70



**Figure 24 :** Mode de disposition des feuilles sur le rameau ; **1** : Opposé (Site de Hassi Er'mel); **2** : Alterné (Site de El Faidja - Tiaret); **3** : Opposé (Site de El Faidja - Tiaret).

#### 5.1.4. Mode de disposition des folioles sur la feuille

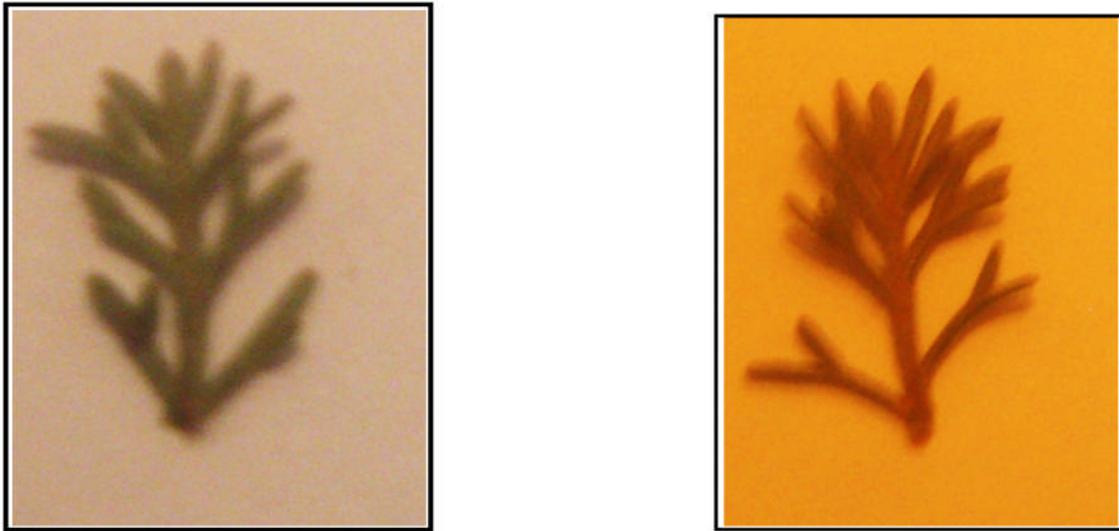
Deux modes de disposition des folioles sur la feuille sont également rencontrés, le mode alterne et le mode opposé (Fig.25).

Les observations (Tab.17) faites à propos de ce caractère montrent que le mode de disposition des folioles sur la feuille opposé est manifesté chez 100% des individus de trois populations au niveau des deux sites 02 et 03. Tandis que, le site 01 est le plus polymorphe pour ce caractère. En effet, 36% des individus de la population 1 manifestent un mode de disposition alterne contre 64% pour le mode opposé. L'expression de ce caractère entre les individus des trois populations est très distincte car la population 1 est majoritaire pour le mode alterne, par opposition des autres populations qui présentent beaucoup plus le mode opposé.

Alors, nous avons constaté un polymorphisme intra et inter populationnelle très important au niveau du site 01 représentant les régions à climat semi- aride inférieur par opposition aux autres sites 02 et 03 appartenant respectivement aux étages bioclimatiques aride et saharien .

**Tableau 17 :** Fréquences d'apparition du mode de disposition des folioles sur la feuille au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Disposition des folioles sur la feuille	Alterné	72	31	20	00	00	00	00	00	00
	Opposé	28	69	80	100	100	100	100	100	100



**Figure 25 :** Repartition des folioles sur le long de la feuille et leurs dispositions : Alterne à droite et Disposition : Opposé à gauche

#### 5.1.5. Le mode de répartition des folioles sur la feuille

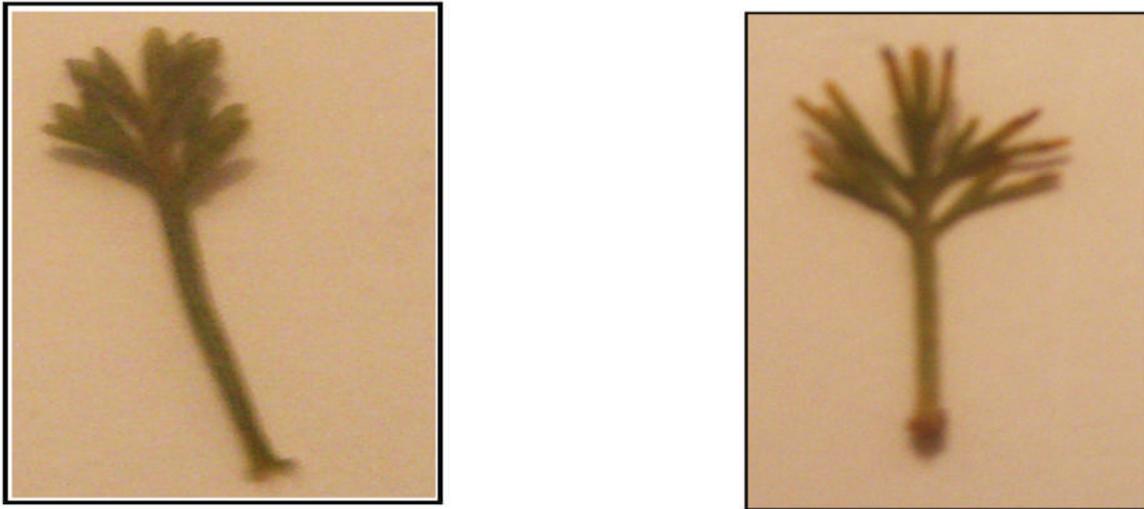
Nous avons remarqué deux modes de répartition des folioles sur la feuilles (Fig.25.26), soit au niveau de l'extrémité de la feuille soit sur le long de la feuille.

En ce qui concerne le site 02, il est constaté que l'insertion des folioles à l'extrémité de la feuille est le seul mode de répartition exprimé. Alors, ce site ne présente aucune variabilité de ce caractère étudié. Néanmoins à l'échelle du site 01, les deux modes sont présents au niveau des trois populations avec de grande différences (fig.27), où on a trouvé que les folioles chez les populations 1 et 3 se localisent principalement à l'extrémité des feuilles avec respectivement 76 % et 80% contre seulement 24 % et 20% qui manifestent une répartition sur le long des feuilles.

Au niveau de la population 2, 60 % des individus leurs folioles se répartissent sur le long des feuilles et 40 à l'extrémité des feuilles.

Le polymorphisme inter-population basé sur l'expression de ce caractère démontre des divergences entre les individus des trois populations. En effet le mode de répartition des folioles au niveau de l'extrémité de la feuille est le plus présenté chez les deux populations 1 et 3. Alors que la deuxième population est caractérisée beaucoup plus par le mode de répartition des folioles sur le long de la feuille.

Dans la région saharienne ( site 03), les trois populations étudiées sont caractérisées par la dominance de répartition des folioles à l'extrémité des feuilles avec des pourcentages des individus porteurs de ce caractère respectivement de 80%,70% et 60% contre 20%,30% et 40% des individus ayant manifestes l'insertions des folioles le long de la feuille.



**Figure 26 :** Mode de repartition des folioles à l'Extrimite de lafeuille.

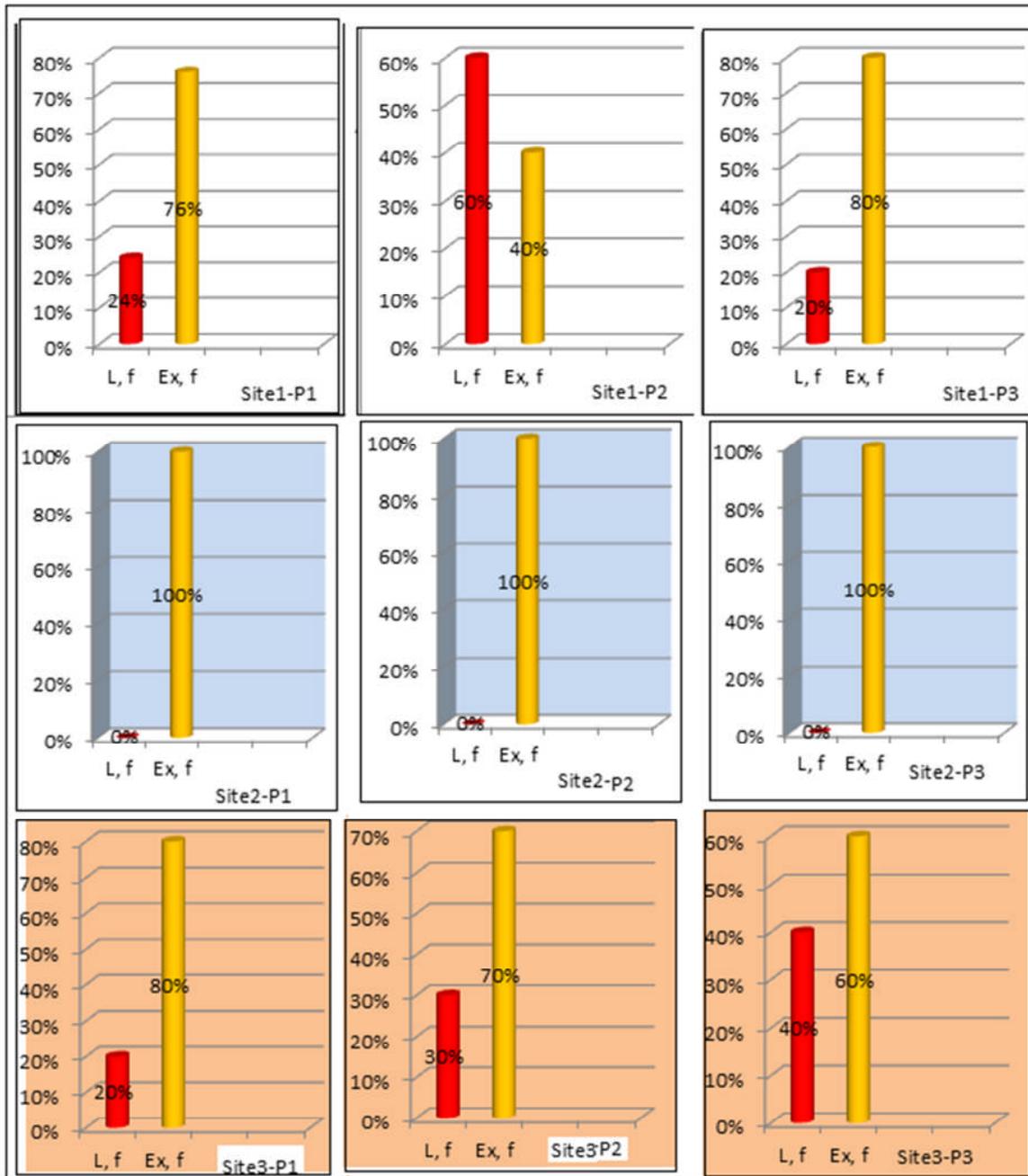


Figure 27 : Fréquences d'apparition du mode de répartition des folioles sur la feuille au niveau des trois sites étudiés.

### 5.1.6. Nombre de folioles par feuille

L'étude statistique des résultats obtenus de l'estimation de cette caractéristique, met en évidence des variations d'expressions très importantes entre les trois populations de chaque site. En effet les variations induites par la variabilité génétique est significatif à  $p < 0,05$  (Tab.17) indiquant un polymorphisme inter-population très élevé.

L'expression du caractère de nombre de folioles par feuille au sein de chacune des populations étudiées de trois sites et marquée par un polymorphisme très important. Le nombre de folioles par feuille est de 3, 5 et 7 folioles par feuille au niveau du site 01, 5 et 7 folioles pour le site 02 et enfin, de 5, 7 et 9 au niveau du site 03 mais à des pourcentages très différents à travers les populations dont la variante la plus dominante au niveau site 01 et 02 est la présence de 05 folioles par feuilles et de 07 folioles par feuilles au niveau du site 03 (Tab.19).

Le caractère 3 folioles par feuille est propre au site 01 (El Faidja- Tiaret) et le caractère 9 folioles est propre au site 03 (Hassi Er'mel). Les caractères en communs entre les trois sites étudiés sont le nombre de folioles 5 et 7. Alors, le site 02 (Oued Morra- Aflou) est le moins polymorphe pour ce caractère étudié en présentant uniquement deux variantes contre trois variantes à l'échelle des autres sites 01 et 03. Le site 01 est le plus polymorphe, car il présente trois variantes au niveau de ses trois populations par opposition au site 03 qui a manifesté seulement deux variantes au sein de la troisième population.

**Tableau 18 :** Analyse de la Variance de nombre de folioles par feuille des trois populations. Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

Effet	MC	F	P
populations	1,101382	3,467614	0,034433

**Tableau 19 :** Fréquences d'apparition du Nombre de folioles par feuille au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Nombre de folioles par feuille	03	18	08	15	00	00	00	00	00	00
	05	64	60	60	80	55	75	15	10	40
	07	18	32	25	20	45	25	60	55	60
	09	00	00	00	00	00	00	25	35	00

### 5.1.7. Nombre de foliolules par foliole

L'analyse de variance (ANOVA) des résultats obtenus de l'estimation de cette caractéristique (Tab.20), montre que le polymorphisme inter-population est faible ( $p < 0,05$ ).

Le nombre de foliolules par foliole rencontré au sein des trois populations est varié entre 2 et 3 foliolules (Tab.21) La fréquence d'apparition de ces deux nombre de foliolules au sein des trois populations et dans chaque site est différente. Il est constaté que le caractère 3 foliolules par foliole est représenté par 70% des individus (site 01) ,64.5 % (site 02), 71.5 % (site 03). La dominance du caractère 3 foliolules par foliole par rapport au caractère 2 foliolules montre une hétérogénéité de répartition de ce caractère quantitatif a forte héritabilité génétique.

**Tableau 20 :** Analyse de la Variance de nombre de foliolules par foliole des trois populations. Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

Effet	MC	F	P
populations	0,235570	0,063675	0,938342

**Tableau 21 :** Fréquences d'apparition de nombre de foliolules par foliole au niveau des trois sites étudiés.

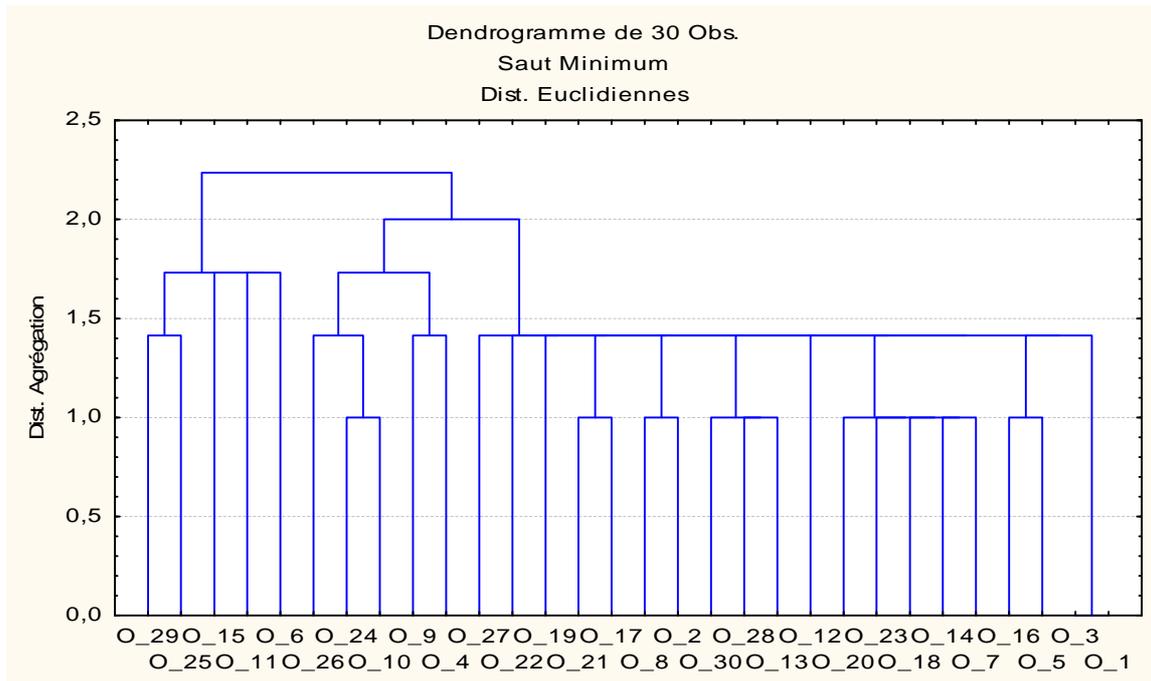
Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Nombre de foliolules par foliole	02	30	31	29	45	32	30	25	20	40
	03	70	69	71	55	68	70	75	80	60

### 5.1.8 Classification ascendante hiérarchique des individus d'*Artémisia herba alba* Asso.

#### 5.1.8.1. Classification hiérarchisée des individus de la population 01 du site 01 (El Faidja-Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires

L'étude de la classification hiérarchisée des 30 individus de la population 1 selon les paramètres morphologiques de la feuille à une distance de ségrégation de 2 (Fig.28) montre que les individus représentent à travers 20 groupes différents. Parmi lesquelles on compte 14 groupes comprenant chacun un seul individu, puis quatre groupes à deux individus, un seul groupe à 3 individus et enfin un seul groupe qui englobent 5 individus.

La répartition des individus à travers les différents groupes, indique que cette population se caractérise par une forte variété basée sur le polymorphisme morphologique de la partie végétative aérienne.

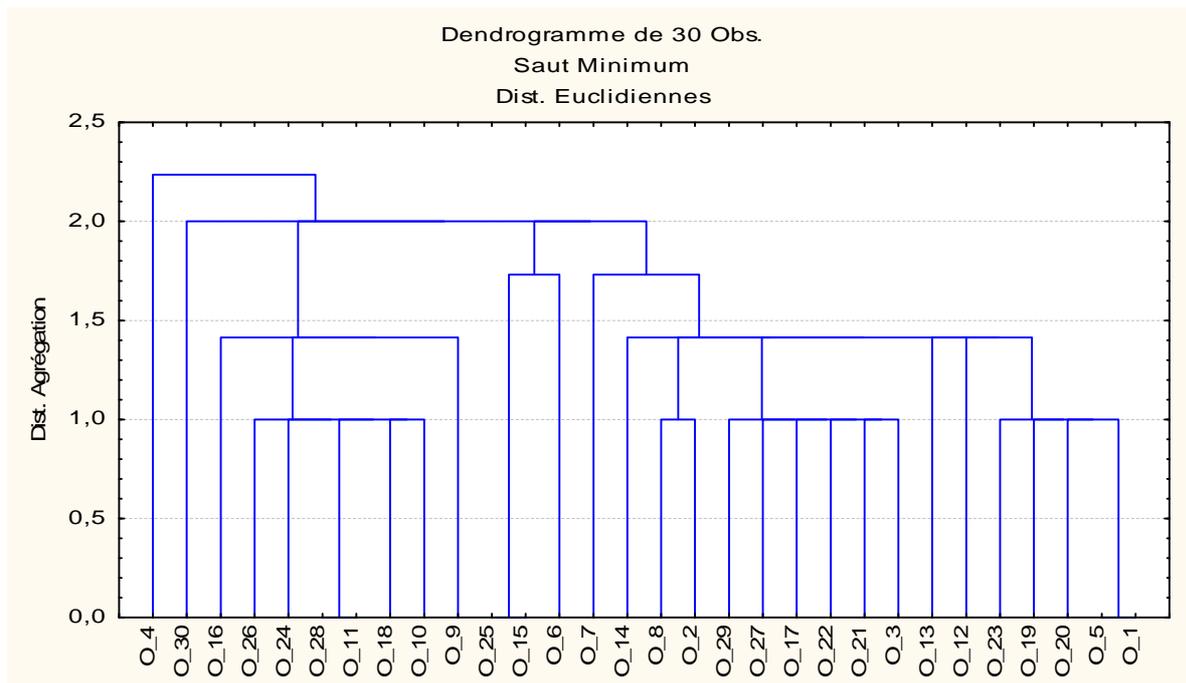


**Figure 28 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille.

**5.1.8.2. Classification hiérarchisée des individus de la population 02 du site 01 (El Faidja-Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires**

Cette population se repartît à travers 15 groupes distincts (Fig.29), où nous avons trouvé que 11 groupes ont un seul individu, un seul groupe comprenant deux individus, un seul groupe à 4 individus et un autre à 6 individus et enfin un dernier groupe rassemblant 7 individus.

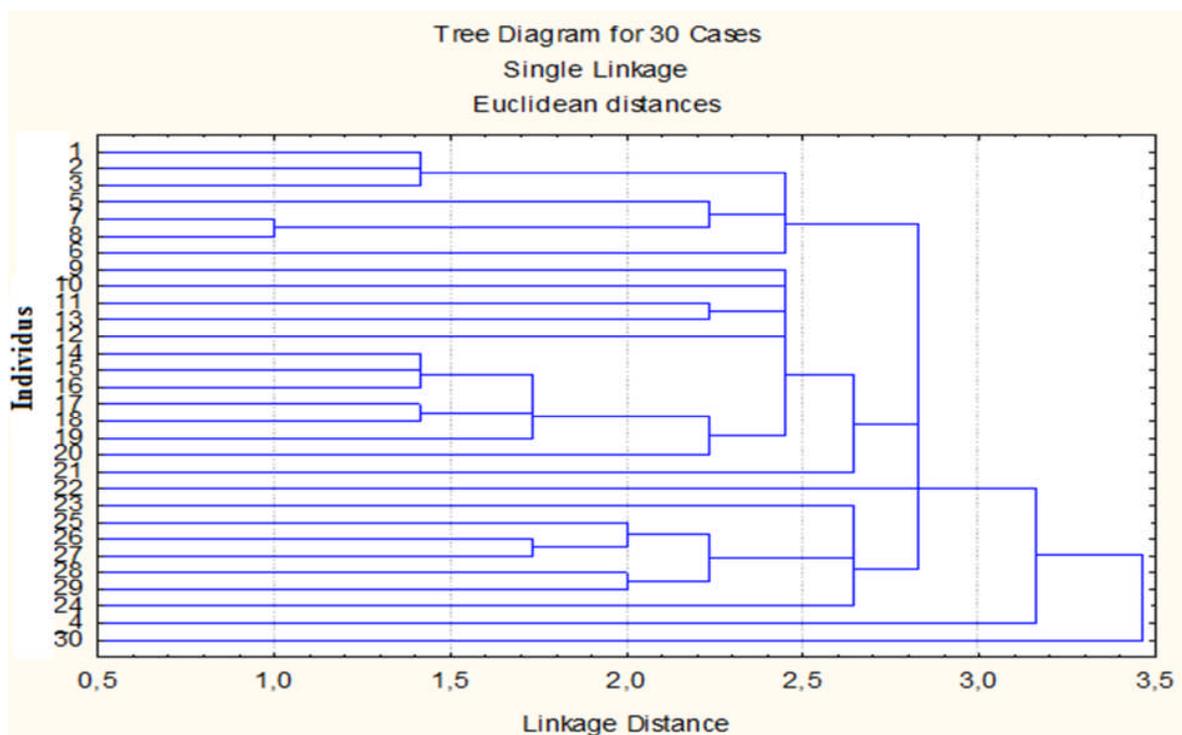
La division des 30 individus en 15 groupes confirme un degré de polymorphisme intra-population très élevé pour les paramètres morphologiques de la feuille.



**Figure 29 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille.

### 5.1.8.3. Classification hiérarchisée des individus de la population 03 du site 01 (El Faidja-Tiaret) en fonction des paramètres morphologiques foliaires

Après avoir établi la classification hiérarchisée des 30 individus de la population 3 en se basant sur les paramètres morphologiques foliaires, on a constaté, une forte variabilité au sein de cette population. En effet ses individus se répartissent selon 19 groupes différents (Fig.30) Ce nombre se distingue en 14 groupes renfermant chacun un seul individu, deux groupes (3 individus), deux autres groupes (2 individus) et le reste des individus formant un seul groupe.



**Figure 30 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille.

#### 5.1.8.4. Classification des individus des trois populations du site 01 en fonction des paramètres morphologiques foliaires

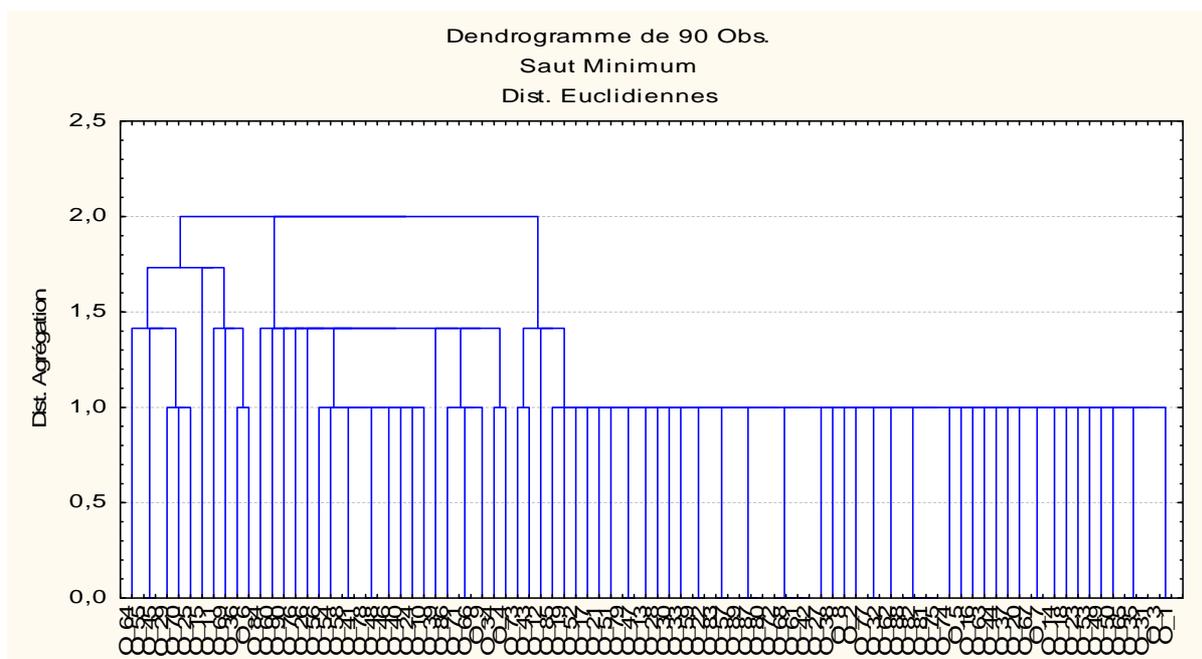
L'étude du dendrogramme obtenue par l'établissement de la classification hiérarchisée pour la distance d'agrégation 2 (Fig.31), Confirme la variabilité inter-populations, constatée dans les analyses réalisées précédemment dans ce travail. La classification, incluant l'ensemble des individus issus des trois populations concernées par cette étude, démontre que les individus se divergent en 21 groupes distincts. Cette distinction s'est réalisé indifféremment des origines des individus (trois populations). Ceci indique que les différences et les similitudes d'expression des différents paramètres foliaires, caractérisant la variabilité des différentes accessions ne sont que faiblement conditionnées par la répartition géographique des individus.

La remarque de ces différentes groupes montre l'existence de 14 groupes ayant un seul individu issu de différentes populations(03 de la population1, 05groupes de la population 2 et 06

de la population 2), 03 groupes a deux individus, 01 groupe (3 individus), et deux autres groupes hétérogènes, l'un a 05 individus et l'autre a 12 individus dérivant des trois populations .

En fin un grand groupe rassemblant 50 individus. Malgré ce nombre élevé, ce groupe est caractérisé par une hétérogénéité plus accentuée, car il rassemble des individus de trois populations étudiées. En effet, ce groupe contient 16 individus (population 1), 16 individus (population 2) et 18 individus appartenant à la population 3.

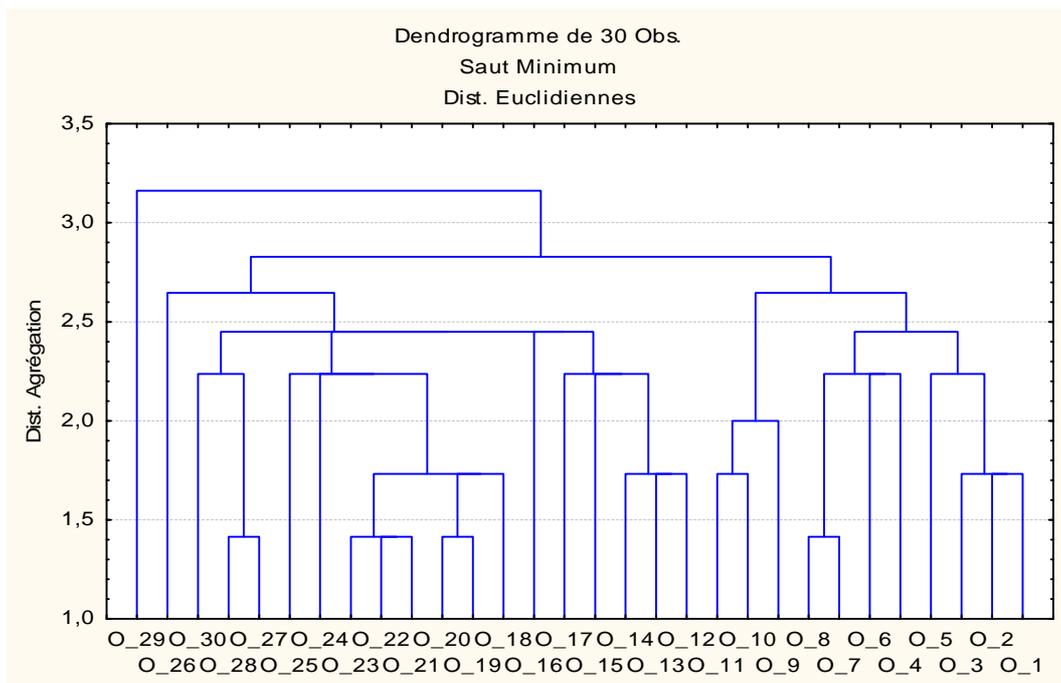
Les caractères en commun entre les différents individus des trois populations au sein de ces deux groupes sont : le nombre de folioles par feuilles, la disposition des feuilles sur le rameau, la disposition des folioles sur la feuille ainsi que le mode de leur répartition. Ces constatations confirment un polymorphisme inter-populations très élevé des caractères morphologiques foliaires de l'Armoise blanche.



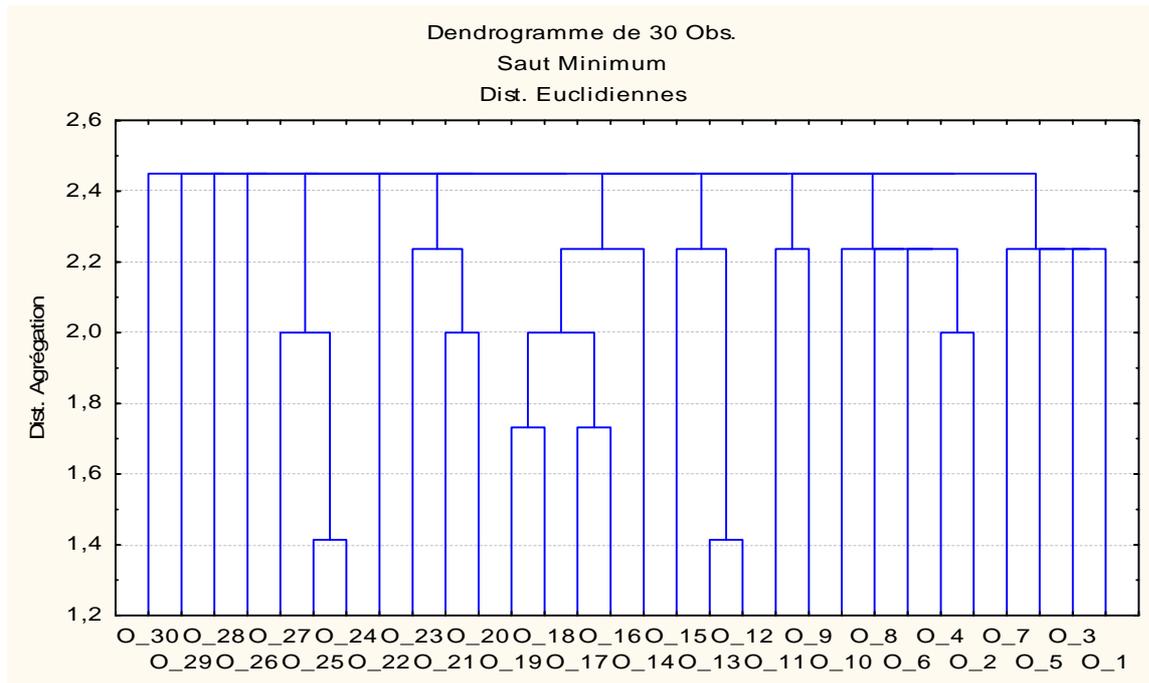
**Figure 31:** Classification hiérarchisée des individus des trois populations du site 01 selon les paramètres morphologiques de la feuille.

### 5.1.8.5. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 2 en fonction des paramètres morphologiques foliaires.

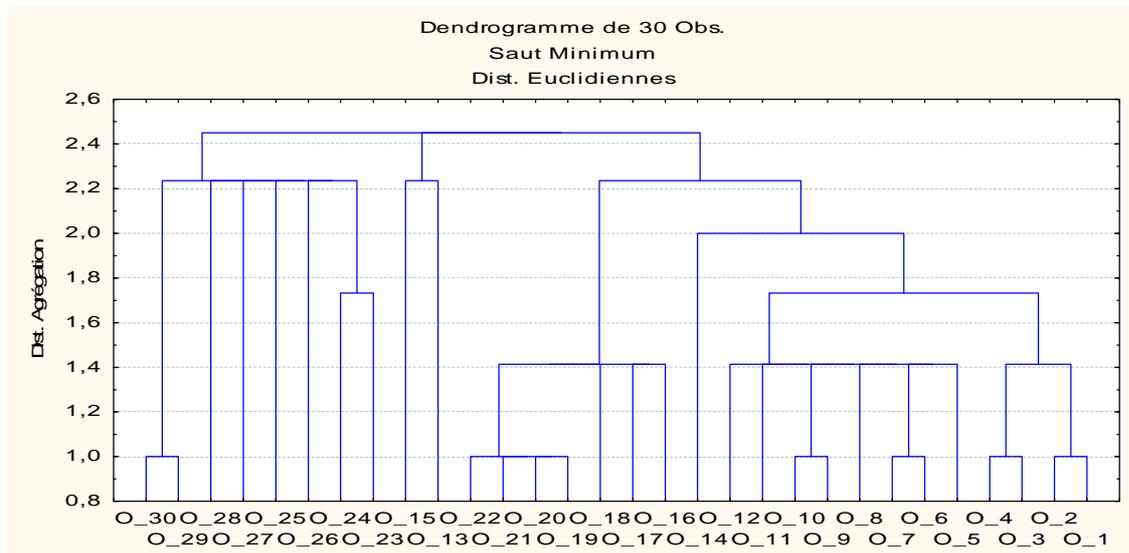
Le dendrogramme obtenue par la classification hiérarchique des individus de chaque population du site 02 en fonction des paramètres morphologiques de la feuille a permet de distinguer plusieurs groupes différents au sein de chaque population. En effet, la population 1 comporte 17 groupes(fig.32)., parmi lesquels onze groupes comportant chacun un seul individu, deux groupes a deux individus pour chacun, un groupe a six individus, et un dernier groupe qui comporte six individus. La population 2 renferme 22 groupes (fig.33). dont dix-sept groupes ont chacun un seul individu, trois a deux individus, un groupe a trois et un autre a quatre individus. Les individus de la population 3 se répartissent aussi en 11 groupes, le plus grand parmi les autres est compose de 12 individus (fig.34).



**Figure 32 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires.



**Figure 33 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires.

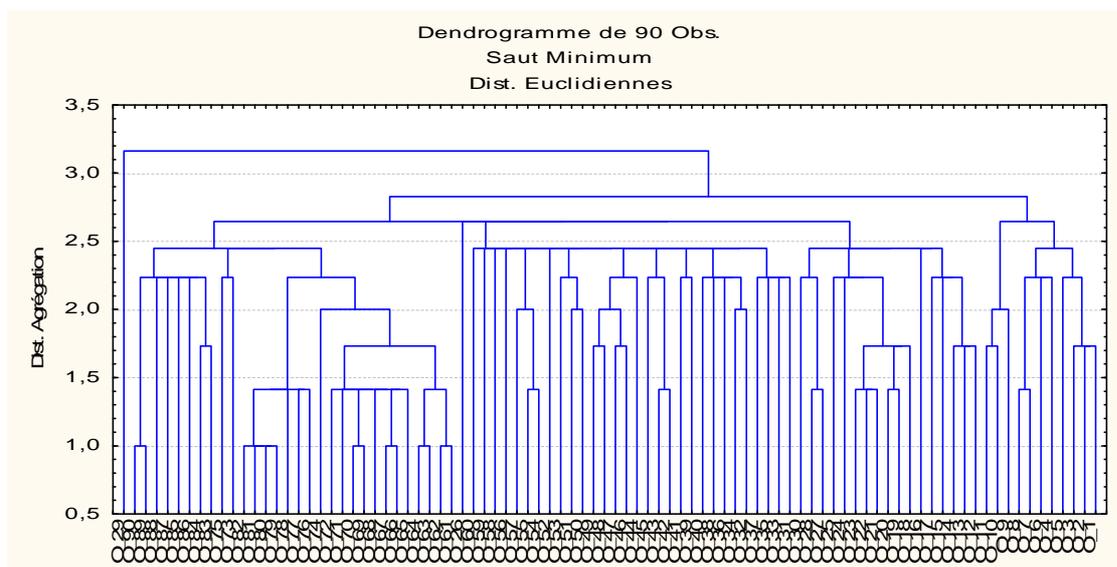


**Figure 34 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires.

### 5.1.8.6. Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires.

La classification, incluant l'ensemble des individus issus des trois populations du site 02 (Fig.35), démontre que les individus se divergent en 27 groupes distincts démontrant ainsi une variabilité inter-population très importante. L'observation de ces différents groupes montre l'existence de 13 groupes ayant un seul individu issu de différentes populations.

L'ensemble des 14 groupes restant sont homogènes. Il s'agit de 07 groupes ont chacun deux individus, 04 groupes (3 individus), un groupe a six individus, un groupe a sept individus et un autre groupe a deuze individus. Cette homogénéité est due principalement à la ressemblance des caractères morphologiques foliaires chez les individus de chaque population confirmant ainsi le faible polymorphisme intra-population constaté précédemment qui concerne la disposition des feuilles sur le rameau, la disposition des folioles sur la feuille, la répartition des folioles sur la feuille et le nombre de foliolules par foliole .

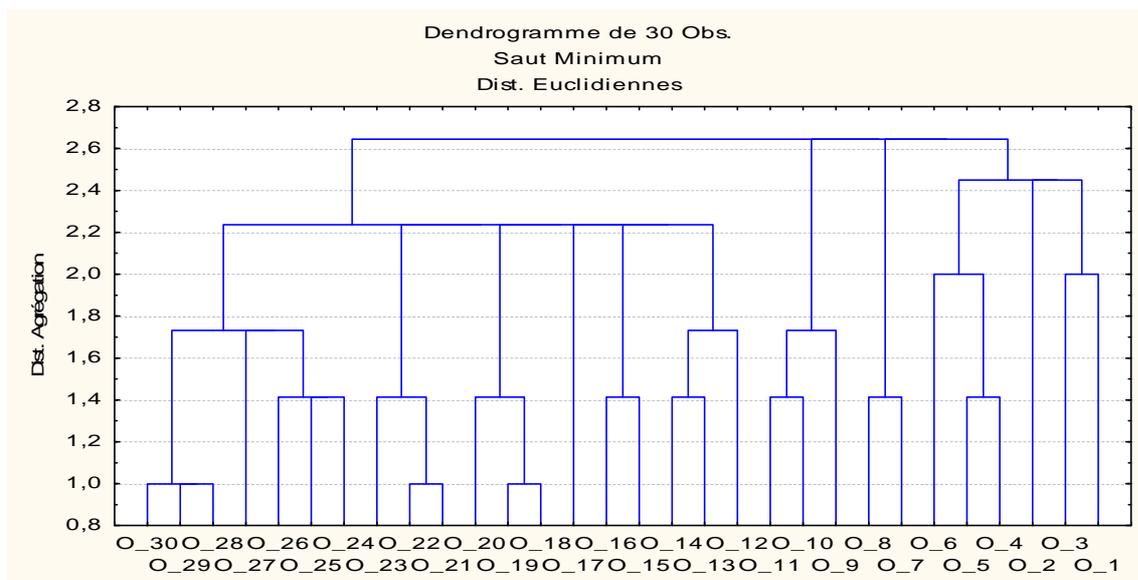


**Figure 35 :** Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques foliaires.

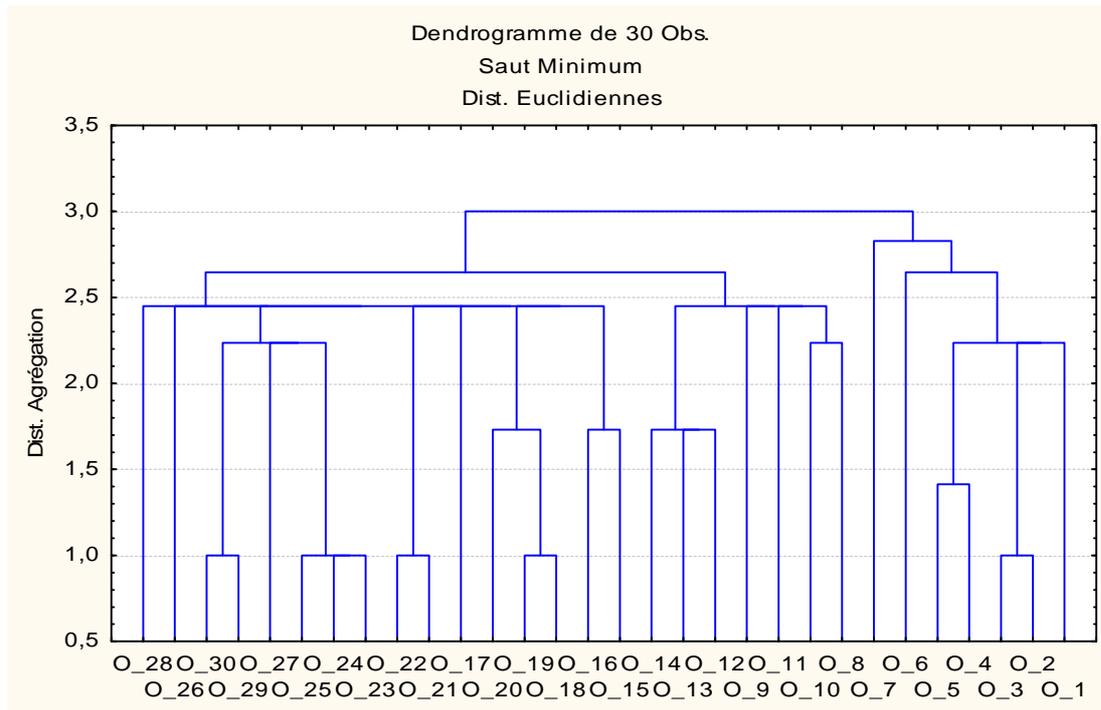
**5.1.8.7. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 03 en fonction des paramètres morphologiques foliaires.**

Selon le dendrogramme obtenu après l'établissement de la classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 03 en fonction des paramètres morphologiques foliaires, les individus de la population 01 se divisent en treize groupes ; cinq groupes chacun a un seul individu, trois groupes a deux individus , quatre groupes a trois individus et un groupe a sept individus(fig.36).En ce qui concerne la population 02 (fig.37), nous avons trouvé 19 groupes, cinq a 2 individus pour chacun, trois (3 individus) et 11groupes contenant chacun un seul individu.

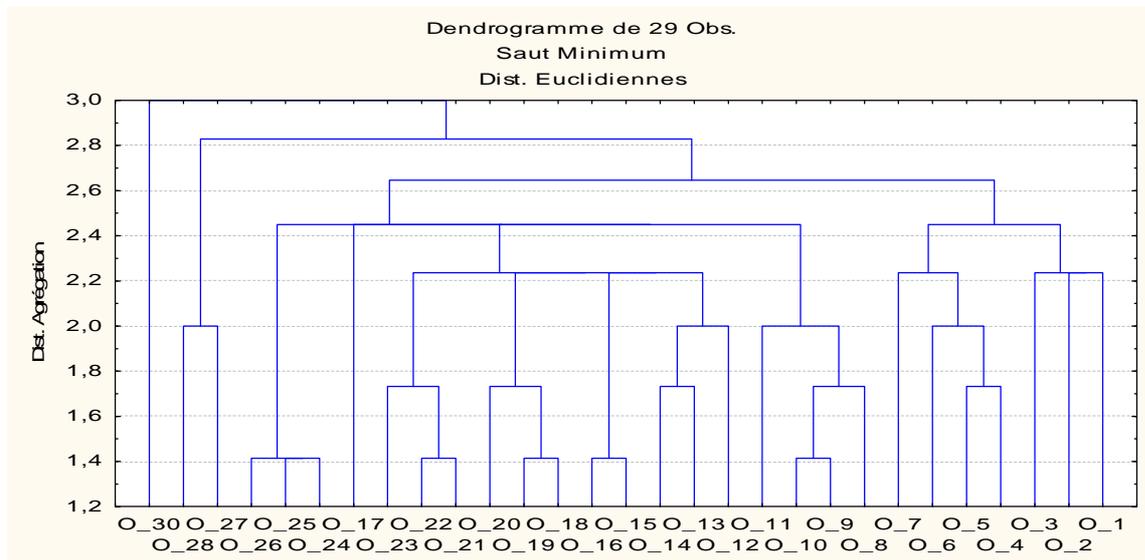
A l'échelle de la population 03, les trente individus se distribuent à travers 14 groupes selon le nombre d'individus que chacun comporte. En effet, six groupes (1un seul individu) , cinq groupes ( 3 individus), deux groupes ( 2 individus) et en fin un groupe a 4 individus(fig.38).



**Figure 36 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires.



**Figure 37 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires.

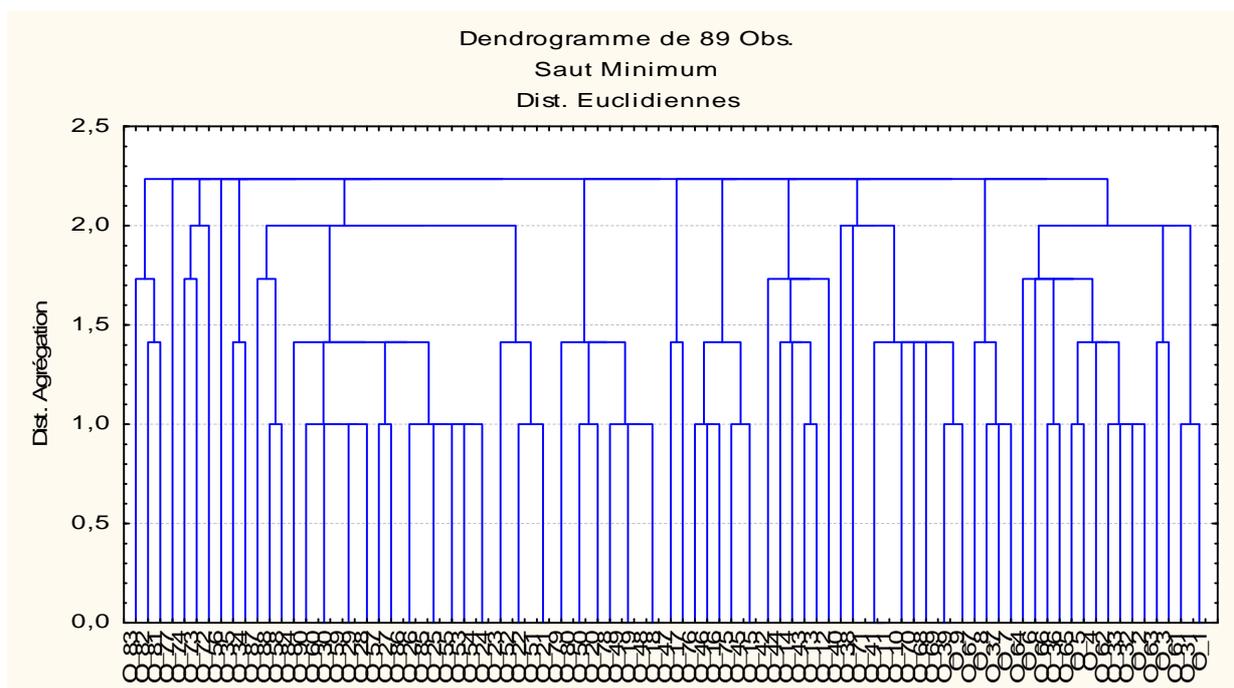


**Figure 38 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site3 selon les paramètres morphologiques foliaires.

### 5.1.8.8. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 03 en fonction des paramètres morphologiques foliaires.

Vingt-cinq groupes ont été enregistrés suite à la classification hiérarchisée de 90 individus de trois populations du site 03 (Hassi Er'mel) selon leur caractères morphologiques foliaires (fig.39). Cette division en groupes distincts démontre une variabilité inter-populationnelle assez élevée.

A l'opposition du site 02(Oued Morra- Aflou) qu'a manifesté une variabilité intra-population très faible, le site de Hassi Er'mel est caractérisé par une très forte variabilité intra-population prouvée par la structuration de ses individus en 28 groupes qui sont tous hétérogènes en renfermant chacun des individus dérivant de différentes populations ce qui rend ce site le plus polymorphe en se basant sur la variabilité des caractères morphologiques de la feuille.

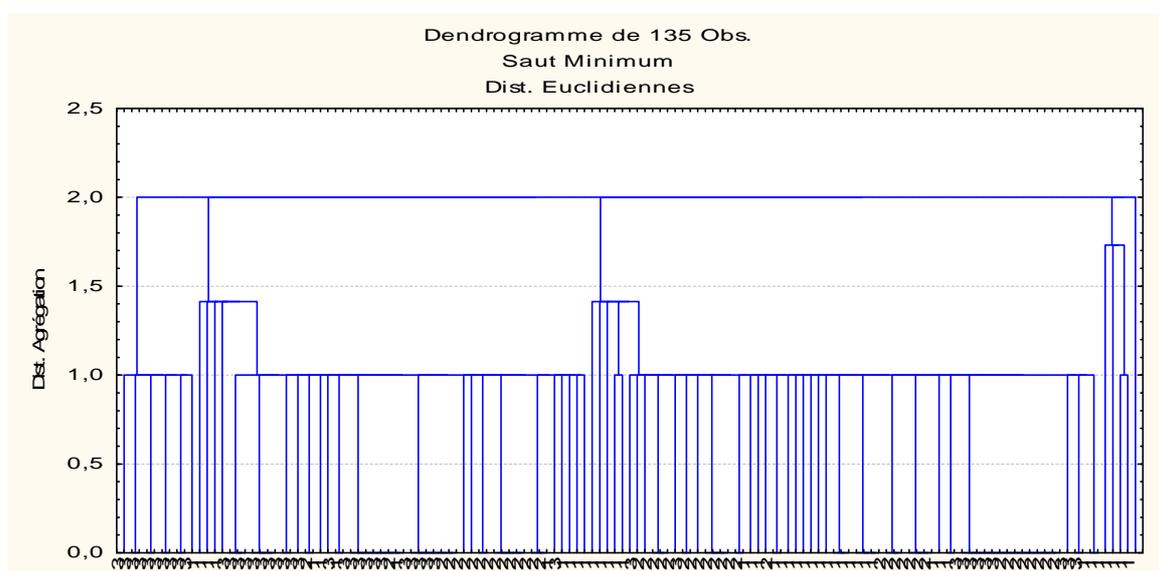


**Figure 39 :** Classification hiérarchisée de l'ensemble des individus des trois populations du site 03 selon les paramètres morphologiques foliaires.

### 5.1.8.9. Classification ascendante hiérarchique des 135 individus issus de trois régions étudiées (site1, 2 et3) en fonction des paramètres morphologiques foliaires .

Pour l'ensemble des individus d'armoise blanche des trois sites étudiés (El Faidja, Oued Morra et Hassi Er'mel), la classification hiérarchisée a permis d'observer 15 groupes différents (Fig.40), dix groupes comportant chacun un seul individu. Tous ces individus sont issus du site 01 à l'exception d'un seul individu qui dérive du site 03. Deux groupes ont chacun deux individus, un groupe du site 01 et l'autre du site 02, un groupe regroupe 13 individus provenant tous du site 03. Enfin, deux derniers groupes très hétérogènes, le premier rassemble 45 individus (8 du site 01, 16 du site 02 et 22 individus du site 03) et le deuxième regroupe 62 individus (21 du site 01, 27 du site 02 et 14 individus du site 03).

Le rassemblement en un seul groupe des individus des trois sites distincts (à des conditions écologiques différentes) indique que les caractères morphologiques étudiés ne sont que faiblement affectés par l'effet de leurs environnements et par conséquent ce sont des facteurs à forte héritabilité génétique.



**Figure 40 :** Classification ascendante hiérarchique des 135 individus issus de trois régions sites étudiés en fonction des paramètres morphologiques foliaires.

## 5.2. Paramètres morphologiques de la fleur

### 5.2.1. Nombre de fleurs par capitule

Sur le plan cytologique et si l'on admet les constatations de ces auteurs (Asso y del Rio (1779) ; Quzel. et Santa(1963) le cytotype diploïde présente 4 à 5 fleurs par capitules tel que le décrit Asso au sud de l'Espagne et le cytotype tétraploïde se caractérise par un nombre de fleurs par capitules plus grand (8 à 12) tel que la variété *saharae* (Pomel) Q. et S décrite en Algérie par Quzel. et Santa.

L'armoise blanche à 5 fleurs par capitules qui nous avons décrit au niveau des trois sites étudiés 1,2 et 3(EL Feigja-Tiaret, Oued Morra- Nord de Lghouat et Hassi Er'mel-sud Nord de Lghouat) correspond au cytotype diploïde qu'est décrit par Asso y del Rio (1779) au sud de l'Espagne et celui de la Tunisie présaharienne (Ferchichi ,1997) qu'est sur le plan morphologique comparable aux populations décrites par Ouyahya au Maroc ( 1987). Cependant, à l'échelle du troisième site à climat saharien, nous avons découvert deux formes d'armoise blanche la première à 5 fleurs par capitule (cytotype diploïde) et la deuxième à 8 fleurs par capitule (fig.41), c'est ce même critère qui distingue la variété *saharae* (Pomel) Q. et S. décrite en Algérie c'est le cytotype tétra diploïde.

Donc, on peut admettre que nous avons deux cytotypes en Algérie ; le premier est diploïde ( $2n$ ) qui on peut le trouve en différents étages bioclimatiques. Néanmoins le deuxième cytotype est tétraploïde ( $4n$ ) occupant uniquement les territoires à climat saharien. Alors, le site de Hassi Er'mel est le plus polymorphe pour le caractère de nombre de fleurs par capitule et on peut dire qu'il existe une certaine corrélation entre le nombre de chromosomes et la distribution géographique.

Cette polyploïdie est due principalement à la non-disjonction pendant la méiose, c'est-à-dire lors de la formation des gamètes, ces dernières ne se séparent pas et demeurent diploïdes ( $2n$ ). L'union de deux de ces gamètes provenant du même individu de la même espèce produiront un individu autopolyploïde, ou tétraploïde ( $4n$ ). Cette polyploïdie ou changement cytologique confère aux individus de s'adapter à des conditions environnementales devenue défavorables et de coloniser des nouveaux territoires.

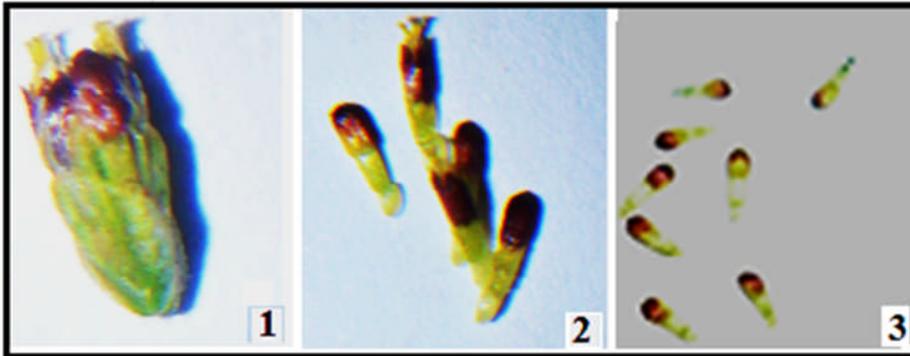


Figure 41 : Nombre de fleurs par capitule ; 1 : Capitule ; 2 : Cinq fleurs / capitule (Site 01 et 02) ; 3 : Huit fleurs / capitule (Site 03)

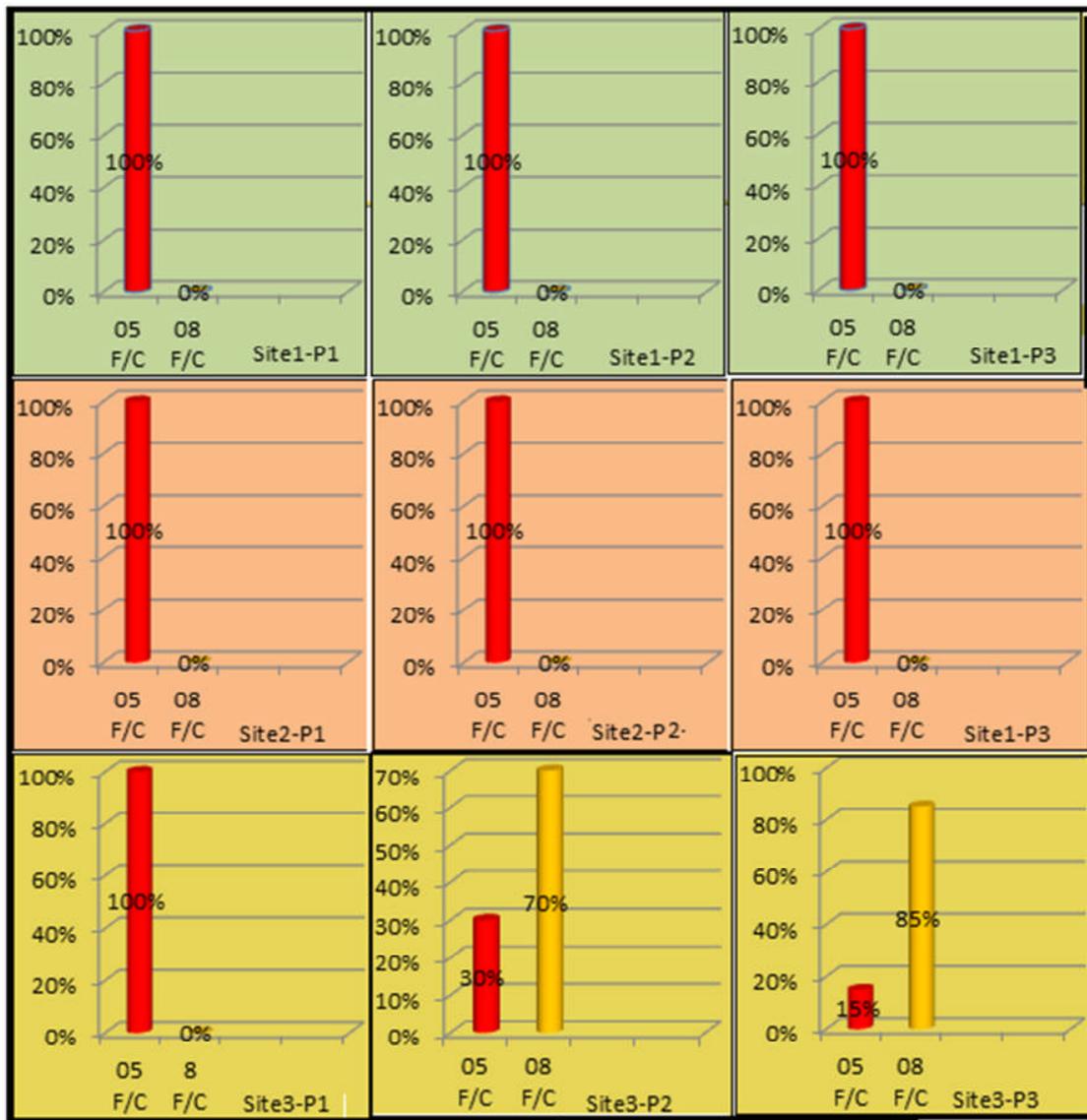


Figure 42 : Fréquences d'apparition de nombre de fleurs par capitule au niveau des trois sites étudiés

### 5.2.2. Couleur des pétales

L'expression de la couleur des pétales (CP) affirme des comportements très divergents entre les individus des trois sites étudiés (fig.43).

Nous avons constaté que le site 01 est le plus polymorphe pour ce caractère. Il est reconnue par la répartition des trois couleurs différentes ; rouge, orange et jaune avec des fréquences d'apparition très différente parmi les individus de chaque population. En effet, à

l'échelle du site 01, 60% des individus de la population1 sont porteurs de pétales d'une couleur rouge, 28% ayant des pétales de couleur orange et 12% restant manifestent une couleur jaune (Fig.44). La couleur jaune est absente au niveau de la population2 et 68 % de ses individus sont porteurs de pétales d'une couleur orange alors que le reste présente une couleur rouge. A l'échelle de la population 3, la couleur rouge des pétales manque et on trouve 53% des individus ayant des pétales de couleur jaune et 47% manifestent une couleur orange.

A l'opposition du site 01, les deux sites 02 et 03 ne présentent que deux couleurs rouge et jaune. Le site 02, est caractérisé par la dominance de la couleur jaune avec 75% au niveau de la population1 et aussi par la dominance de la couleur rouge avec 70% des individus de la population3 porteurs de cette couleur des pétales. Alors qu'au sein de la population 2 la représentation des deux couleurs jaune et rouge s'avère équitable.

Le site 03 se distingue des autres sites par la présence d'une seule variante de couleur de pétales au sein de chaque population. Il est par conséquent le moins polymorphe pour ce caractère étudié. En effet, les individus de la population 1 portent tous des pétales rouges, et ceux de deux populations 2 et 3 ayant des pétales jaunes.

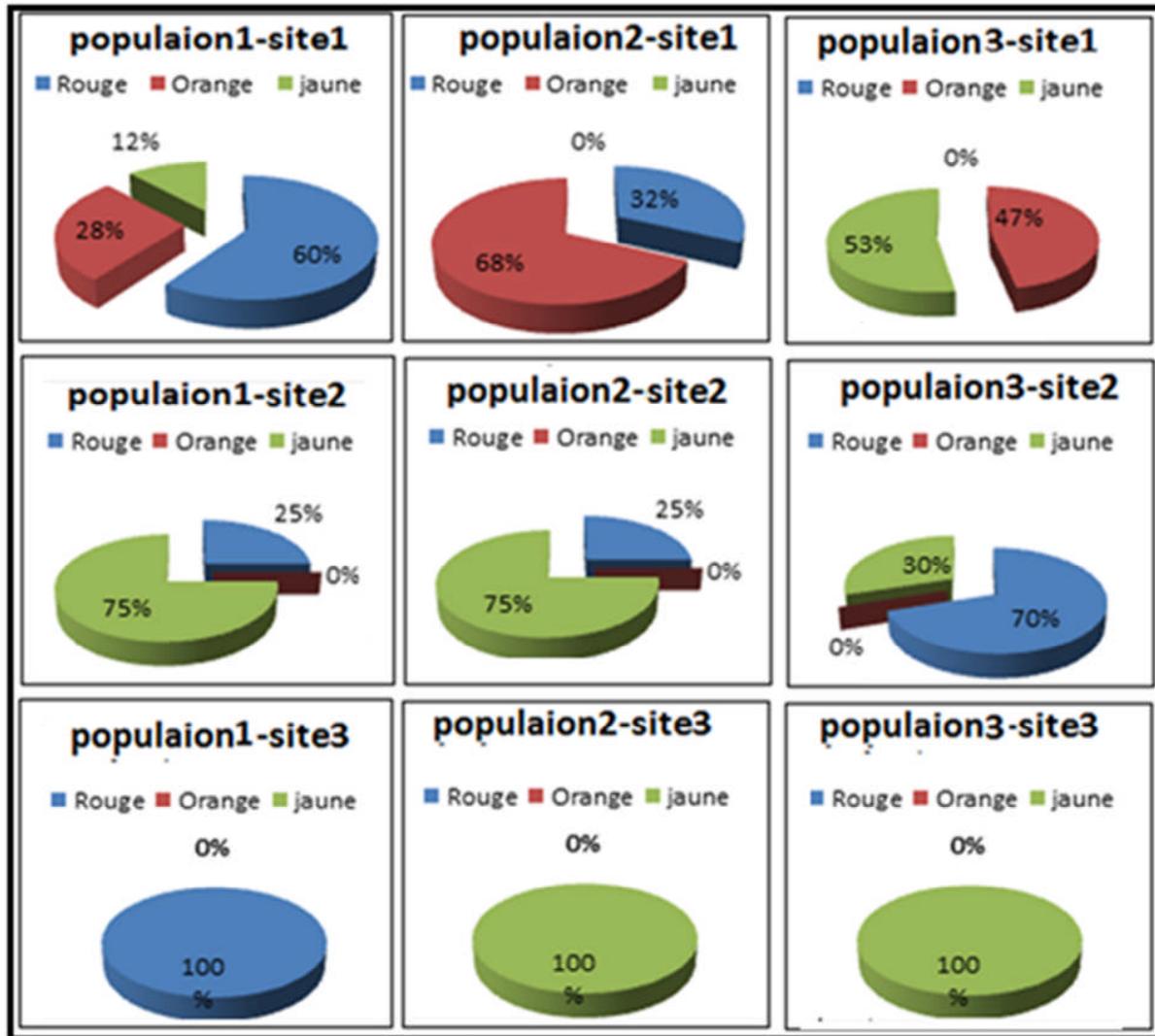
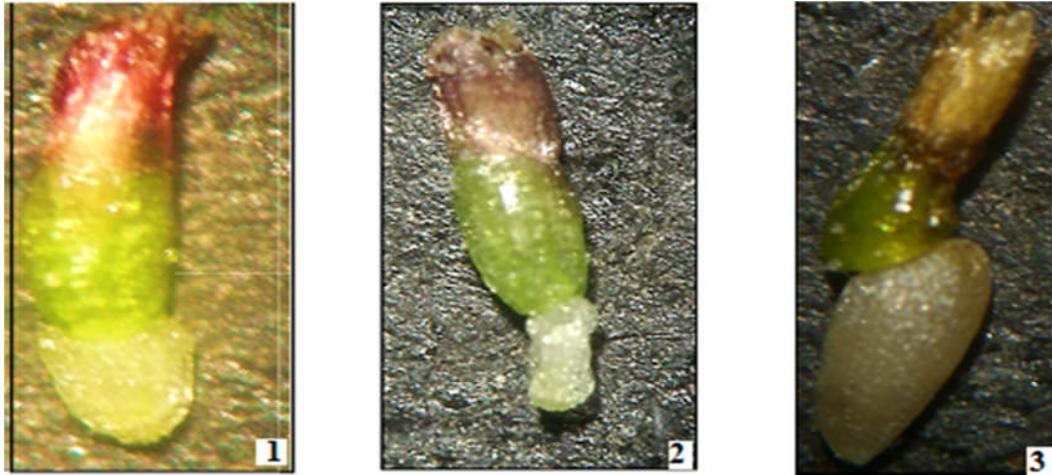


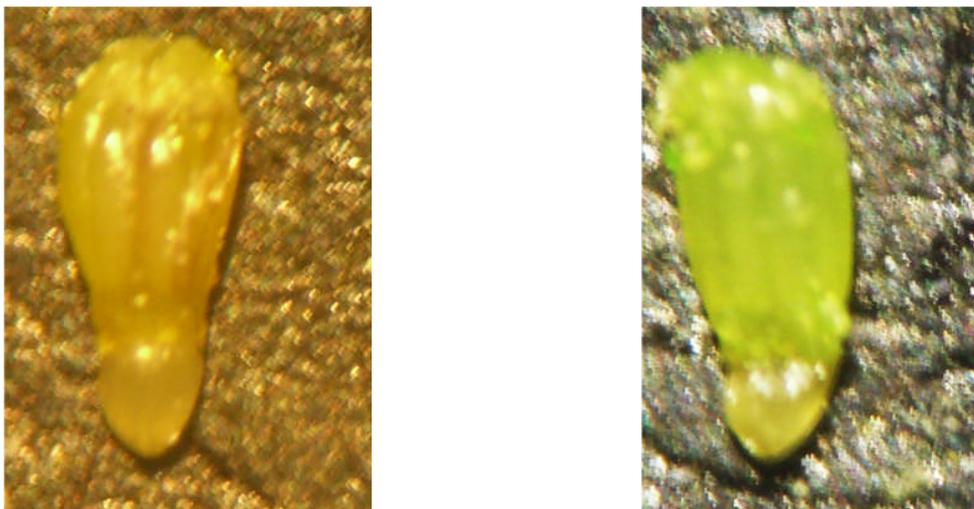
Figure 43 : Fréquences d'apparition de la couleur des pétales au niveau des trois sites étudiés.



**Figure 44:** Polymorphisme de couleur des fleurs ;1 : Rouge ;2 : Orange ;3 : Jaune

### 5.2.3. Mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire

Deux modes d'insertion de la corolle sur l'ovaire (**DCO**) sont rencontrés au sein des trois sites, soit oblique soit verticale (Fig.45). Le mode oblique est majoritairement manifesté dans les trois populations de chaque site mais avec des proportions différentes. La fréquence d'apparition de ce caractère chez les trois sites étudiés est respectivement 69 %,62% et79%.des individus qui portent ce caractère(Fig.46). Cependant, Quezel et Santa (1963) ont signalé un seul mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire qu'est le mode oblique.



**Figure 45 :** Mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire ; Oblique à droite, Vertical à gauche

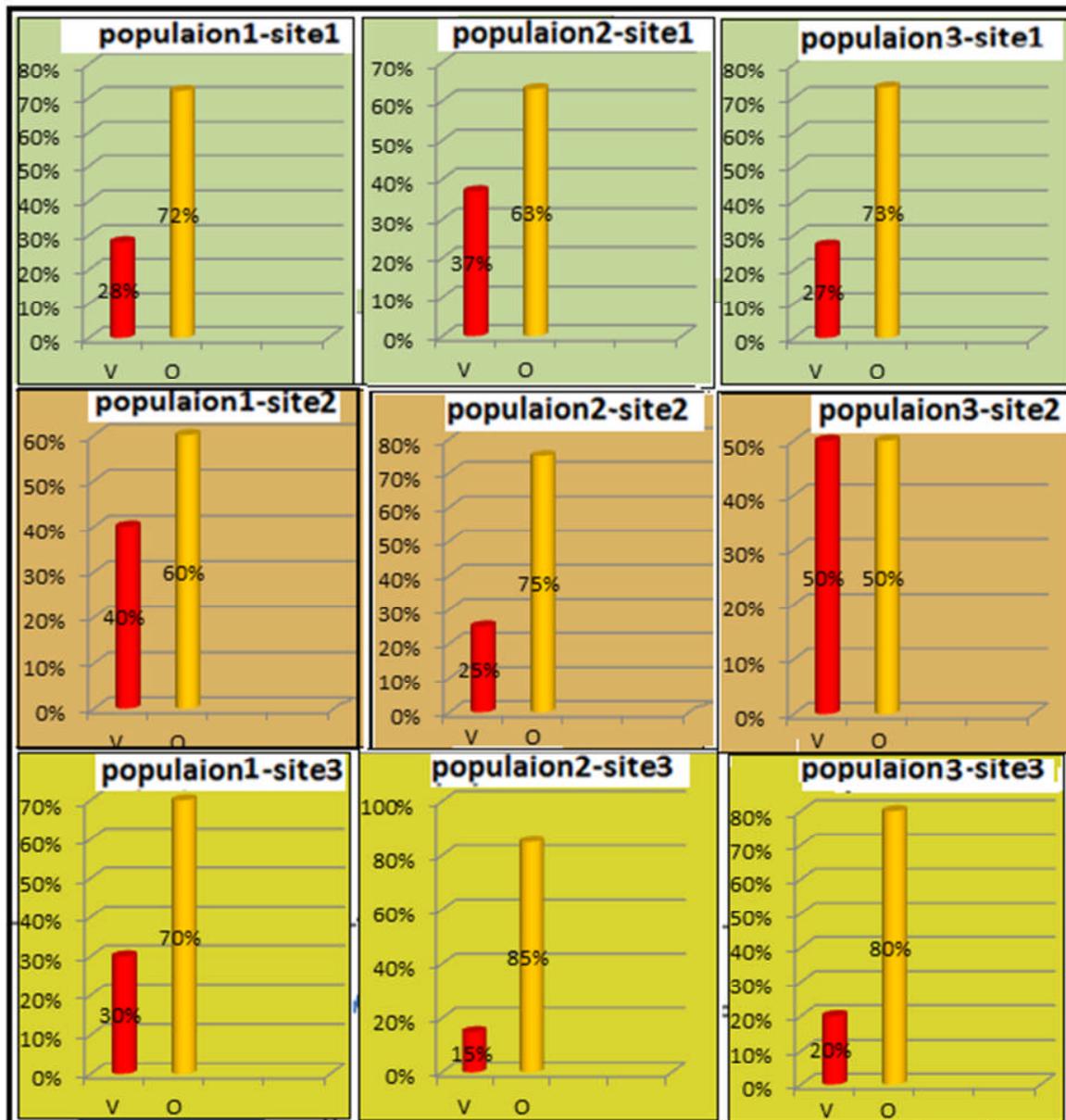


Figure 46 : Fréquences d'apparition du mode d'insertion de la crolle sur l'ovaire au niveau des trois sites étudiés.

#### 5.2.4. La forme du niveau qui sépare entre la corolle et l'ovaire.

Les observations faites à propos de la forme du niveau séparant la corolle et l'ovaire (NVOC) ont montré l'existence de quatre formes caractérisant le niveau qui se trouve entre la corolle et l'ovaire à l'échelle de chaque site (Fig.47). Il s'agit de la forme Plane, Incliné, Concave et Convexe. Au sein des trois sites (tab.22) c'est le niveau incliné, qui est le plus représenté chez les individus avec respectivement 65 %, 38%, 47 % suivi par les autres formes de niveau plat, concave et Convexe. Une forte hétérogénéité d'expression de ces quatre formes au niveau de chaque population indiquant ainsi un polymorphisme intra population très élevé pour le caractère étudié.



**Figure 47:** Niveau entre la corolle et l'ovaire ; de la gauche vers la droite ; Plane, Incline, Convexe, Concave.

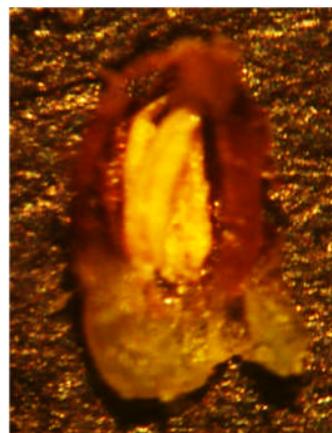
**Tableau 22 :** Fréquences d'apparition de la forme du niveau entre la corolle et l'ovaire au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Niveau entre la corolle et l'ovaire	Plate (P)	08	10	33	10	25	15	15	15	20
	Incliné (I)	62	78	57	45	35	35	45	40	55
	Concave (Cnv)	18	10	07	25	20	35	25	30	10
	Convexe (Cox)	12	2	03	20	20	15	15	25	35

#### 5.2.5. Couleur des étamines

Deux couleurs des étamines se distinguent à travers les individus des trois populations (Fig.48), le blanc essentiellement et le jaune en deuxième degré au niveau du site 01 et le contraire pour les autres sites. Au niveau de chaque population la répartition de ces deux couleurs s'établit de manière différente par rapport aux autres (Tab.23). Ainsi, la majorité des individus au niveau de chaque population du site 01, sont porteurs de fleurs à étamines de couleur blanche avec respectivement 88%, 67% et 73 % contre seulement 12%, 33% et 27 % des individus qui se caractérisent selon la couleur Jaune.

Au niveau des sites 02 et 03, c'est la couleur blanche des étamines, qui est la plus représentée par 70%, 80 % et 100% des individus de trois populations de site 01 respectivement et 100%, 85 % et 100% pour le site 03 qui ne présente la couleur blanche que chez la population 2.



**Figure 48** : Couleurs des Etamines ; C . Jaune à droite, C. Blanche à gauche

**Tableau 23** : Fréquences d'apparition de la couleur des étamines au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
La couleur des étamines	Blanche(B)	88	67	73	30	00	20	00	15	00
	Jaune (J)	12	33	27	70	100	80	100	85	100

### 5.2.6. Niveau d'insertion des étamines

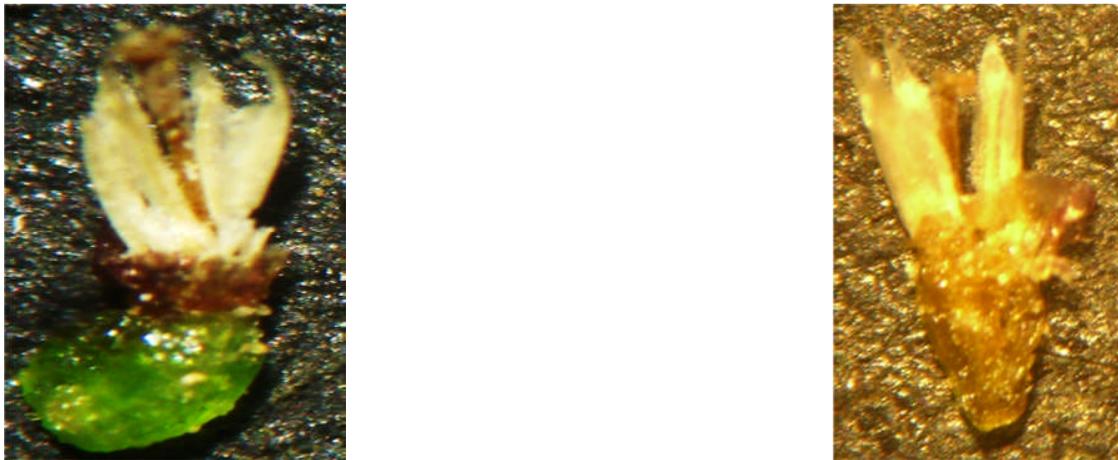
Ce caractère est très important lors de la pollinisation, du fait que les individus ayant les étamines à niveau bas par rapport aux carpelles se caractérisent le plus souvent par une pollinisation entomophile car, une grande quantité de leur pollen se tombe à la base du carpelle et nos sur le stigmaté.

Nous avons rencontré deux niveaux d'insertion des étamines chez l'ensemble des individus des trois sites étudiés, niveau haut et niveau bas (Fig.49).

La répartition des individus suivant cette caractéristique (Tab.24), chez, les populations, 1 et 2 du site 01 sont caractérisées par la dominance du niveau haut avec un taux de 60% et 65% contre 40% et 35% du niveau bas. Au sein de la population 3, l'expression de ce caractère, est très divergente par rapport des deux populations précédentes, où le niveau bas qu'est majoritaire avec un taux de 87 % contre uniquement 13% de niveau Haut.

Au niveau du site 02, La répartition des individus est aussi hétérogène. En effet, le niveau Haut est majoritairement manifeste parmi les individus de la population3 mais au niveau de et la population2 c'est le niveau Haut qu'est exprimé en majorité.

Le troisième site avait manifesté le niveau bas d'insertion des étamines par rapport aux carpelles chez la majorité des individus dans chaque population.



**Figure 49 :** Niveau d'insertion des étamines par rapport au carpelle ; Niveau Haut à droite, Niveau Bas à gauche

**Tableau 24 :** Fréquences d'apparition du niveau d'insertion des étamines par rapport des carpelles au niveau des trois sites étudiés.

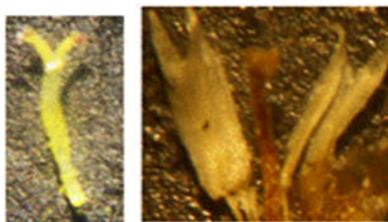
Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Niveau d'insertion des étamines par rapport au carpelle	Haut (H)	60	65	13	50	35	75	35	40	45
	Bas (B)	40	35	87	50	65	25	65	60	55

### 5.2.7. Couleur du Carpelle

Le polymorphisme intra-population basé sur l'expression de ce caractère démontre des comportements très différents entre les des trois populations au niveau de chaque site (tab.25). La population2 du site 01 avait manifesté deux couleur du carpelle, marron et jaune (fig.50). Cependant les deux autres populations 1 et 2 de ce même site ne présentent chacune que la couleur jaune.

Le site 02 est le plus polymorphe pour ce caractère avec une hétérogénéité à l'échelle des populations 1 et 3 et une homogénéité au niveau de la population2.

Les comportements des populations de site 03 sont très distincts car, 100% des individus de la population1 ont des carpelles de couleur jaune par contre l'ensemble des individus de la population2 ont des carpelles marrons. La majorité des individus (85% )de la population3 portent la couleur jaune contre15% des individus porteurs de la couleur marron des carpelles.



**Figure 50** : Couleur du carpelle ; Jaune à droite, marron à gauche

**Tableau 25** : Fréquences d'apparition de la couleur des carpelles au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Couleur du carpelle</b>	Marron(M)	00	00	60	70	50	25	00	100	15
	Jaune (J)	100	100	40	30	50	75	100	00	85

Dans une progression nord- sud, il est enregistré un polymorphisme très élevé des caractères morphologiques foliaires et floraux à l'échelle des individus d'armoise blanche de l'étage bioclimatique semi-aride inferieur(site 01) puis une variabilité moins importante au niveau du site 02 indiquant une discontinuité de la variabilité dans l'étage bioclimatique aride inferieur suivi d'une évolution d'expression des caractères constaté à l'échelle de site de Hassi Er'mel (site 03).

Nous avons constaté que le site 01 (El Faidja-Tiaret) représentant l'étage bioclimatique semi-aride inferieur porte plus de polymorphisme des caractères morphologiques foliaires et floraux en présentant huit caractères foliaires et six caractères floraux tous polymorphes avec quatre caractères a trois variantes , six caractères a deux variantes., un caractère a quatre variantes et trois caractères a forte héritabilité génétique qui lui sont propres , il s'agit de la

disposition alterne des folioles sur la feuille, le nombre de folioles(3) par feuille et la couleur rouge des fleurs.

En deuxième position vient le site 03(Hassi Er'mel- Sud de Laghouat) de climat saharien qui a un polymorphisme morphologique assez élevé et très proche de celui du site 01 avec sept caractères foliaires et sept caractères floraux présentant tous une variabilité morphologique très importante dont un seul caractère a trois variantes, un seul caractère a quatre variantes et onze caractères ont chacun deux variantes, deux parmi les quels sont propre à ce site saharien qui sont , le nombre de folioles(9) par feuille et le nombre de fleurs(8) par capitules.

Le site 02 (Oued Morra- Nord de Laghouat) est le moins polymorphe par rapport des autres sites avec huit caractères ont deux variantes pour chacun, deux caractères a trois variantes et un seul caractère a quatre variantes. Ce site, présente trois caractères monomorphes qui sont, la disposition des feuilles sur le rameau (alterné), la disposition des folioles sur la feuille (opposé) et la répartition des folioles à l'extrémité sur la feuille. Alors, il existe une discontinuité d'expression de ces caractères car, ces derniers manifestent chacun deux variantes au niveau des autres sites 01 et 03.

Les caractères en communs entre les sites étudiés sont, la couleur des feuilles(vert clair et blanche), des pétales ( rouge et jaune),des étamines(blanche et jaune ) et des carpelles(jaune et marron), le nombre de fleurs(5) par capitule, le nombre de folioles (5 et 7 )par feuille le nombre de foliolules (2 et 3 )par foliole, la disposition des alterné feuilles sur le rameau, la disposition opposé des folioles sur la feuille, la répartition des folioles à l'extrémité de la feuille ,le mode de disposition de la corolle sur l'ovaire( vertical et oblique), les quatre formes du niveau qui séparent la corolle et l'ovaire(plane, incliné, convexe, et concave) et enfin le niveau d'insertion des étamines per rapport aux carpelles( bas et haut).

Il est très intéressant de prendre en considération la localisation géographique des populations étudiées pour expliquer la variabilité morphologique et anatomique constatée précédemment au sein de chaque site .Ainsi, Losos et Glor(2003) ont mentionné que pour décrire les différents modèles de spéciation utilisés couramment en biologie, nous pouvons prendre en considération soit la nature des mécanismes impliqués dans la formation de l'espèce, soit le statut géographique des populations que l'on observe. Le cas de la situation de la population<sup>3</sup> du site

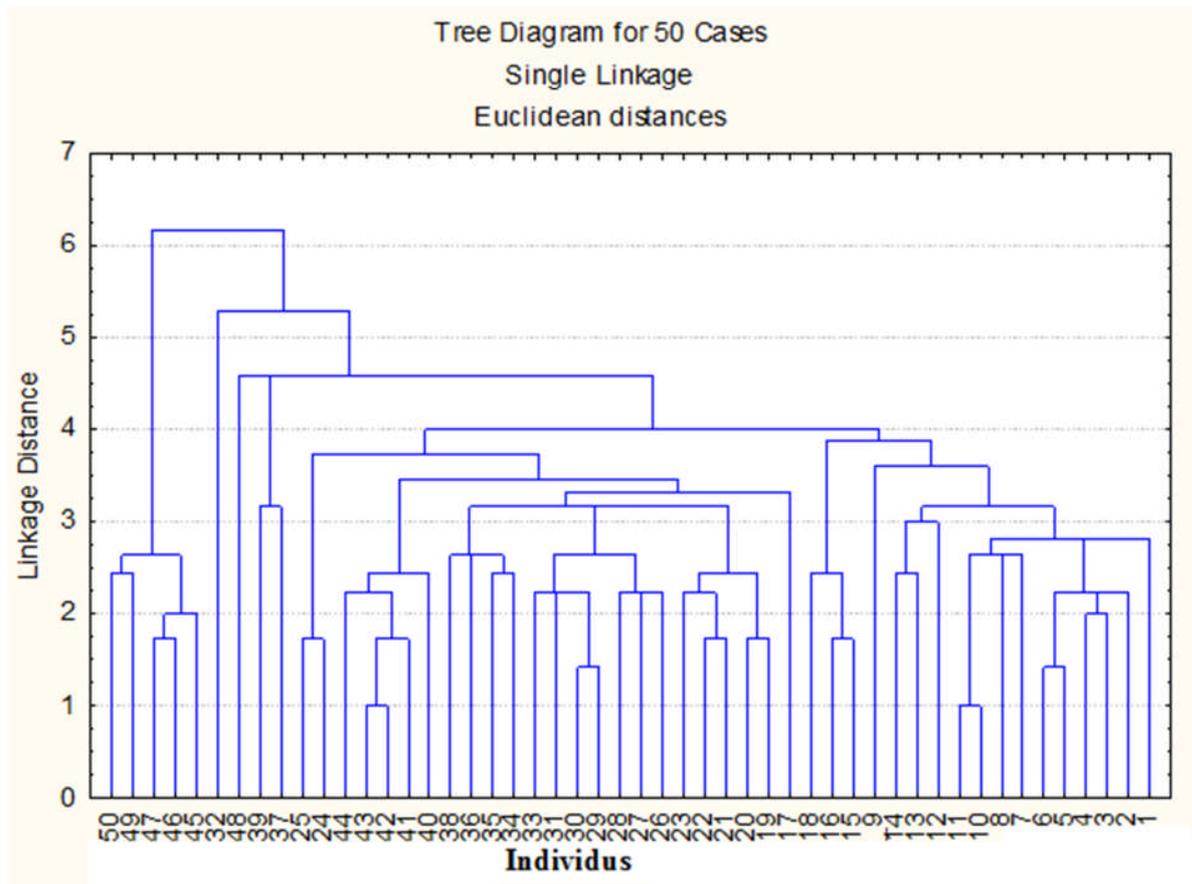
01 et la population<sup>3</sup> du site 03 qui se trouvent les deux isolés des autres populations derrière une barrière géographique (montagne) .Il est constaté que ces deux populations ont manifesté une variabilité morphologique assez importante. Alors, suite à la mise en place ou l'apparition d'une barrière géographique, de part et d'autre de cette barrière les deux populations séparées doivent être de taille équivalente afin d'avoir une composition génétique et un nombre d'individus proches. Les fréquences génétiques de chaque caractère peuvent se maintenir entre les deux populations. La différenciation entre ces deux populations se fera uniquement sous l'action de différences écologiques ou environnementales, qui imposeront différentes formes de sélection et différentes mutations au sein du génome de chaque population. La dérive génétique interviendra aussi dans la différenciation de ces deux populations nouvellement formées.

### **5.2.8. Classification ascendante hiérarchique des individus du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur**

#### **5.2.8.1. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 1 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur**

L'étude du dendrogramme (Fig. 51) obtenue par l'établissement de la classification hiérarchique concernant ce groupe de paramètre permet de distinguer 38 groupes résultant de 50 individus de la population 1.

Nous avons constaté la répartition de 28 individus de cette population en 28 groupes. Ceci s'explique l'existence d'une forte variabilité des caractères morphologiques de la fleur. Les huit groupes restant renfermant chacun deux individus et enfin deux groupes comprenant 3 individus pour chacun.

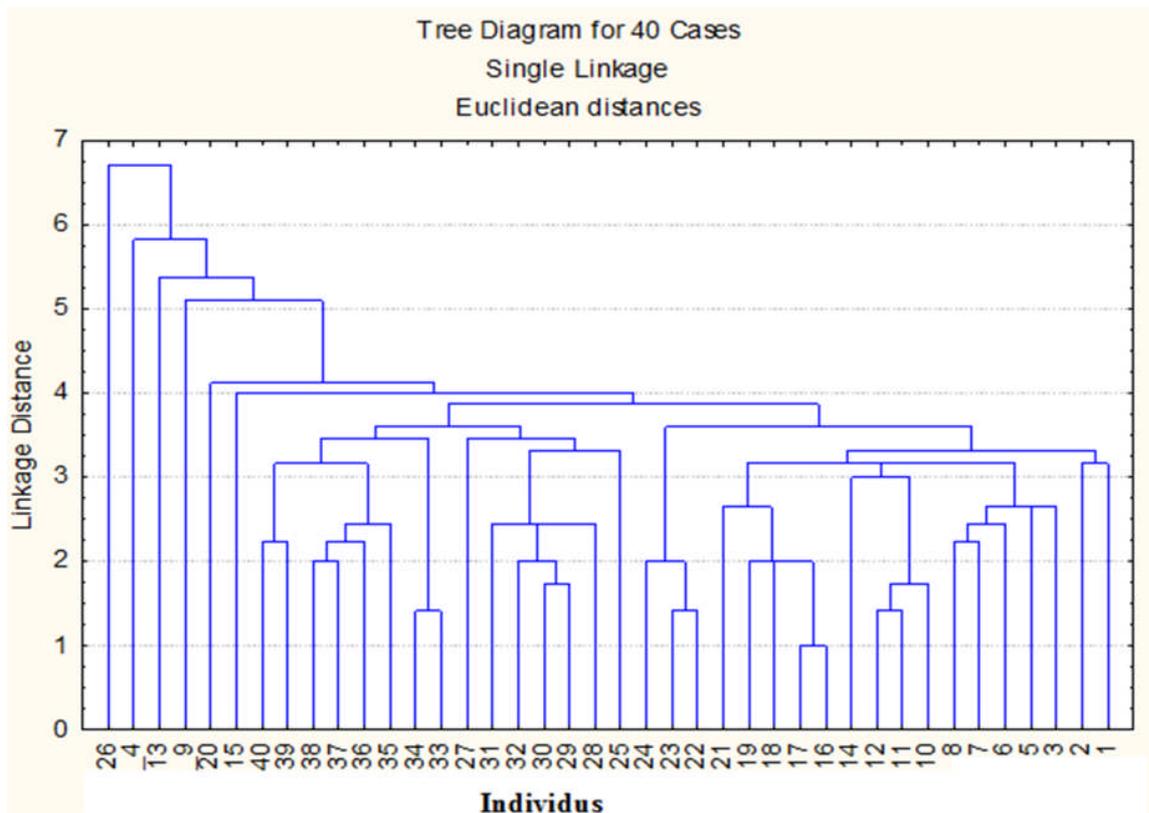


**Figure 51** : Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux.

#### 5.2.8.2. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 2 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur

L'analyse des caractères morphologiques de la fleur par la classification hiérarchisée des 40 individus de la population 2 ( Fig.52) montre que les individus représentent à travers 29 groupes différents dont la majorité d'entre eux (23 groupes) contenant un seul individu pour chacun, et deux groupes a 2 individus, 3 groupes (3 individus) et un seul groupe comporte 4 individus .

La répartition des individus à travers les différents groupes, indique que cette population se caractérise par une forte variété basée sur le polymorphisme morphologique de la fleur.

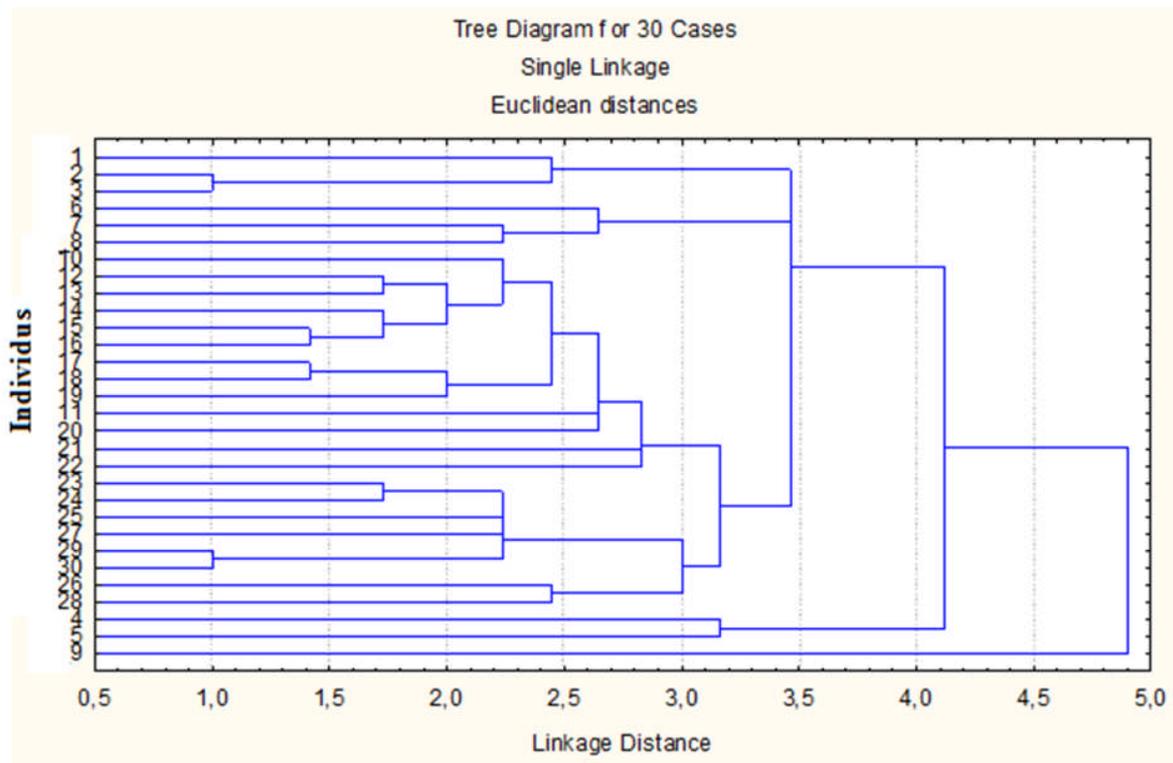


**Figure 52 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux.

### 5.2.8.3. Classification ascendante hiérarchique des individus de la population 3 du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur

Au sein de cette population le polymorphisme est davantage exprimé par rapport aux autres populations. Ainsi la classification relève l'existence de 21 groupes différents par ces caractéristiques morphologiques de la fleur (Fig.53). Ces groupes se différencient par le nombre d'individus qu'ils rassemblent : 16 groupes ont uniquement un seul individu, 3 autres ont 2 individus et un seul groupe renferme 3 individus, alors que le nombre le plus élevé est de 5 individus rassemblés dans un seul groupe.

Suite à la comparaison des niveaux de polymorphisme entre les différentes populations, on constate que la troisième population se distingue parmi le groupe en étant la plus polymorphe pour ces caractères.

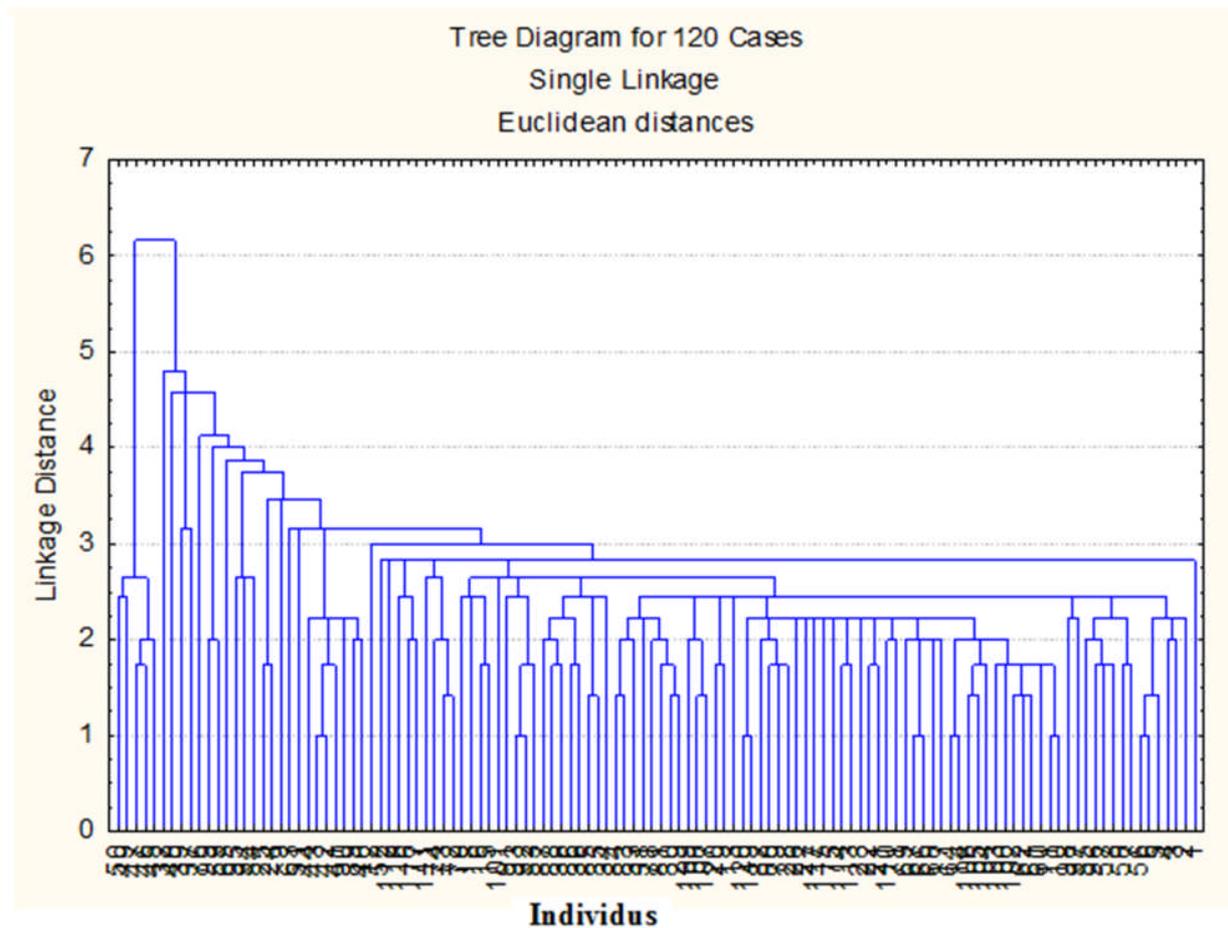


**Figure 53 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux.

#### 5.2.8.4. Classification des individus des individus des trois populations du site 01 en fonction des paramètres morphologiques de la fleur.

Le dendrogramme réalisé pour les 90 individus issus des trois populations étudiés (Fig. 54) permet de distinguer, pour la distance d'agrégation 2, 67 groupes distincts. Dans une serré de 41 groupes, on ne trouve qu'un seul individu pour chacun. Ces individus provenant des différentes populations. Les autres individus se répartissent à travers le reste des groupes comme suite : 14 groupes ont 2 individus, 7 groupes ( 3 individus), 3 groupes (4 individus), un seul groupe comporte cinq individus. En fin il se distingue parmi ces différents groupes un seul groupe qui rassemble 13 individus dérivant des trois populations avec six individus de la population 3, quatre individus (population 1) et trois individus (population 2). Les ressemblances entre ces individus sont ; la couleur des pétales, des étamines et des carpelles ainsi que le niveau d'insertion des étamines.

Ces résultats démontrent l'existence d'une variabilité inter-population très prononcée. Les paramètres choisis seraient d'une forte héritabilité, ce qui minimise l'impact de l'environnement sur l'expression de ces caractéristiques morphologiques foliaires et par conséquent consolide une forte implication de la variabilité génétique pour expliquer ce polymorphisme.



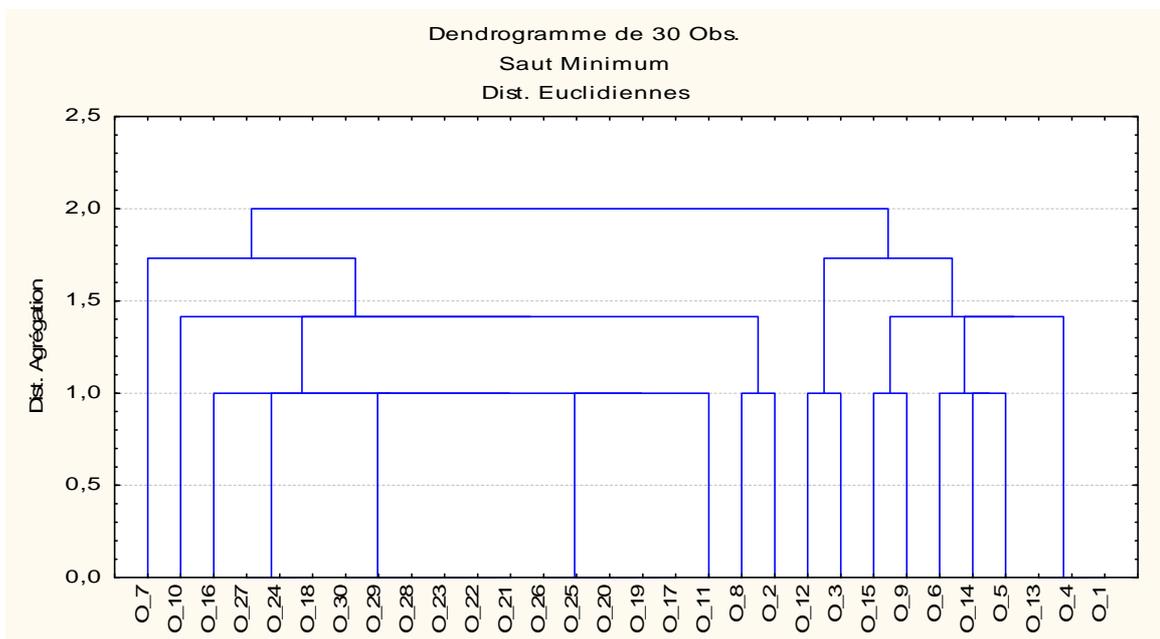
**Figure 54 :** Classification hiérarchisée des individus des trois populations du site 01 selon les paramètres morphologiques floraux.

#### 5.2.8.5. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 02 en fonction des paramètres morphologiques floraux.

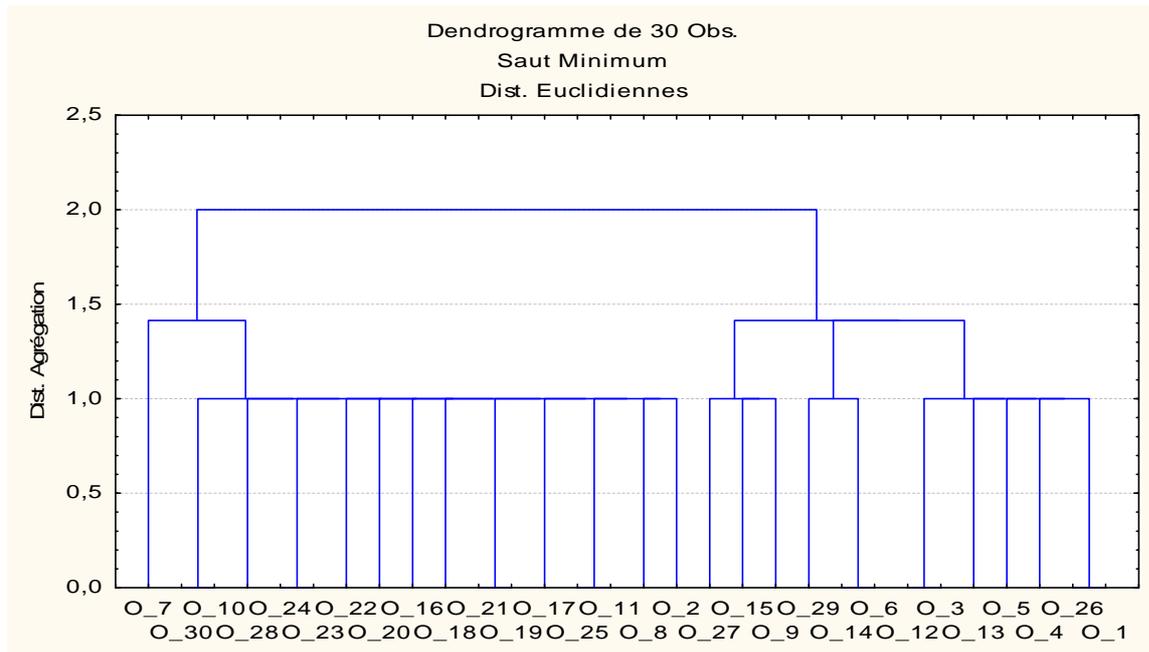
Après avoir établi la classification hiérarchisée individus de chaque population du site 02(Oued Morra- Aflou) en se basant sur les paramètres morphologiques de la fleur, on a constaté, une forte variabilité au sein de cette chaque population. En effet les individus(30) de la population 01 se répartissent selon 09 groupes différents (Fig.55), 03 groupes renfermant chacun

un seul individu, 03 groupes (2 individus), un seul groupe (3 individus) et le reste des individus (18) formant un seul groupe. La population 02 se répartit à travers 05 groupes dissemblables (Fig.56), où nous avons remarqué que ces groupes ont respectivement, 01, 03, 04,07 et 15 individus.

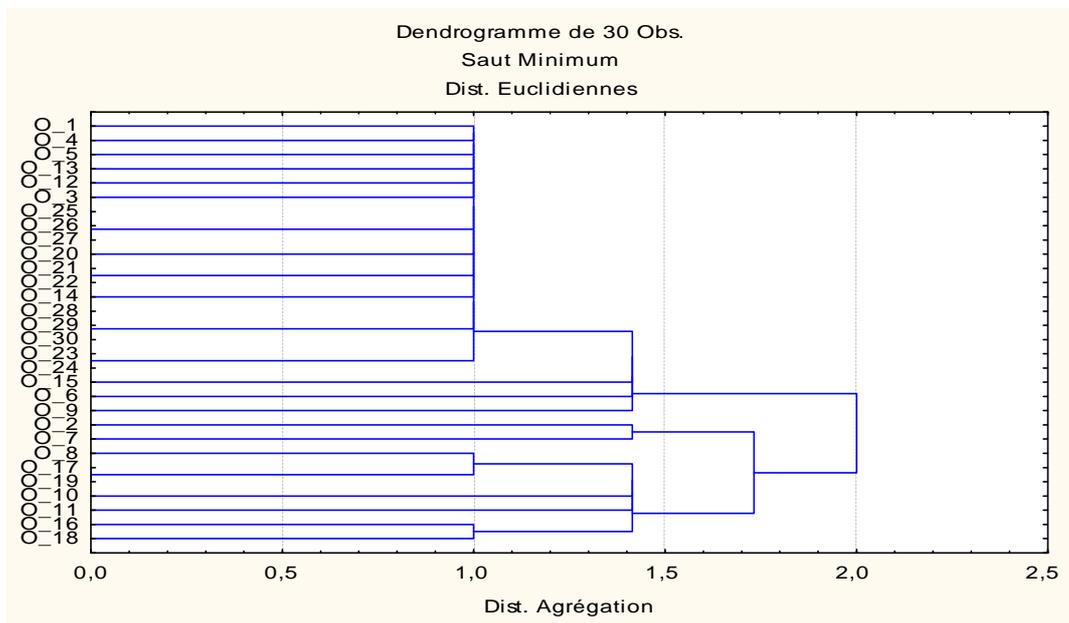
Selon les mêmes caractères morphologiques floraux, les individus de la population03 de ce site se distribuent en 10 groupes distincts (Fig.57), sept ont chacun un seul individu, deux groupes (02 individus) et un groupe réunissant 21 individus.



**Figure 55 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site02 selon les paramètres morphologiques floraux.



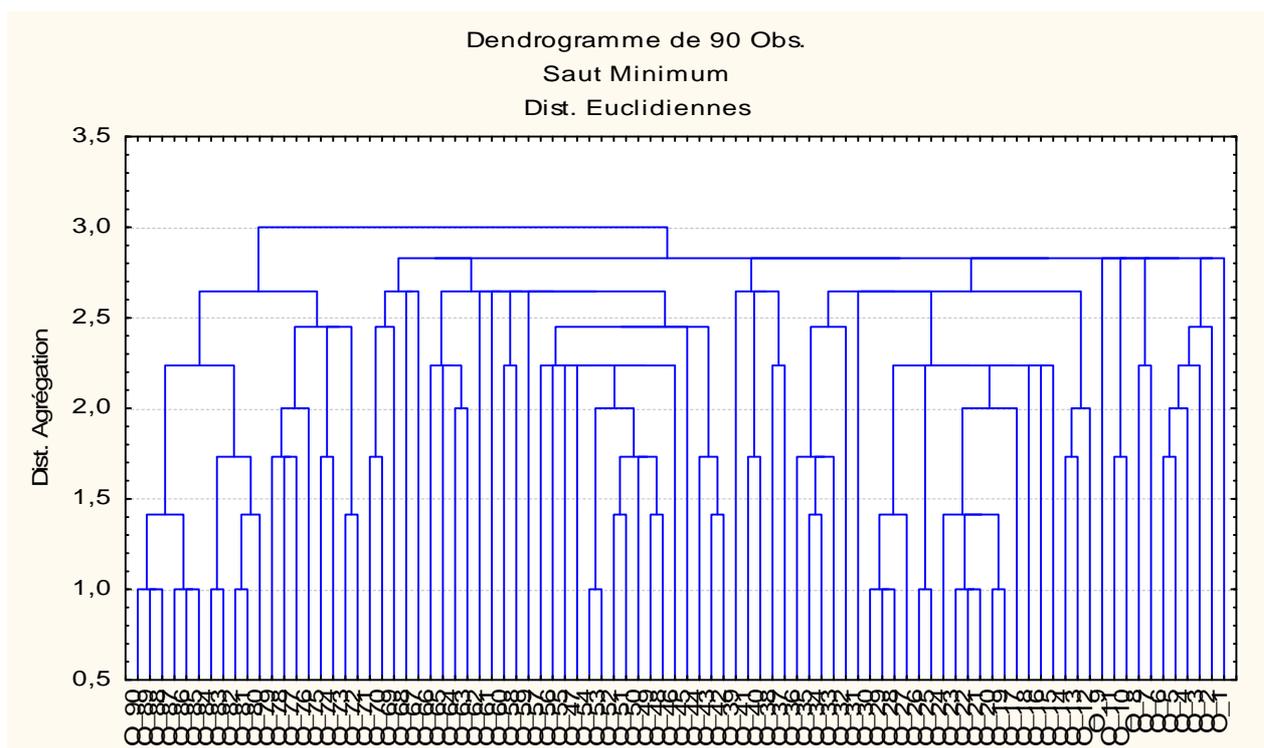
**Figure 56 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux.



**Figure 57 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux.

### 5.2.8.6. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 02 en fonction des paramètres morphologiques floraux.

Une variabilité inter-population assez élevée a été constatée suite à la classification ascendante hiérarchique des 90 individus de trois populations du site 02. Le dendrogramme issu de cette classification a permis de différencier 47 groupes différents (fig.58). Trente groupes comprenant chacun un seul individu et le reste des groupes sont tous homogènes. En effet, il existe trois groupes chacun à sept individus dérivant d'une population différente, un groupe à 05 individus de la population 03, deux groupes (4 individus), l'un de la population 01 et l'autre de la population 03, quatre autres groupes contenant chacun 3 individus provenant d'une population distincte et enfin sept groupes comportant chacun 2 individus d'une population dissemblable aux autres.



**Figure 58 :** Classification hiérarchisée des individus de trois populations du site 02 selon les paramètres morphologiques floraux.

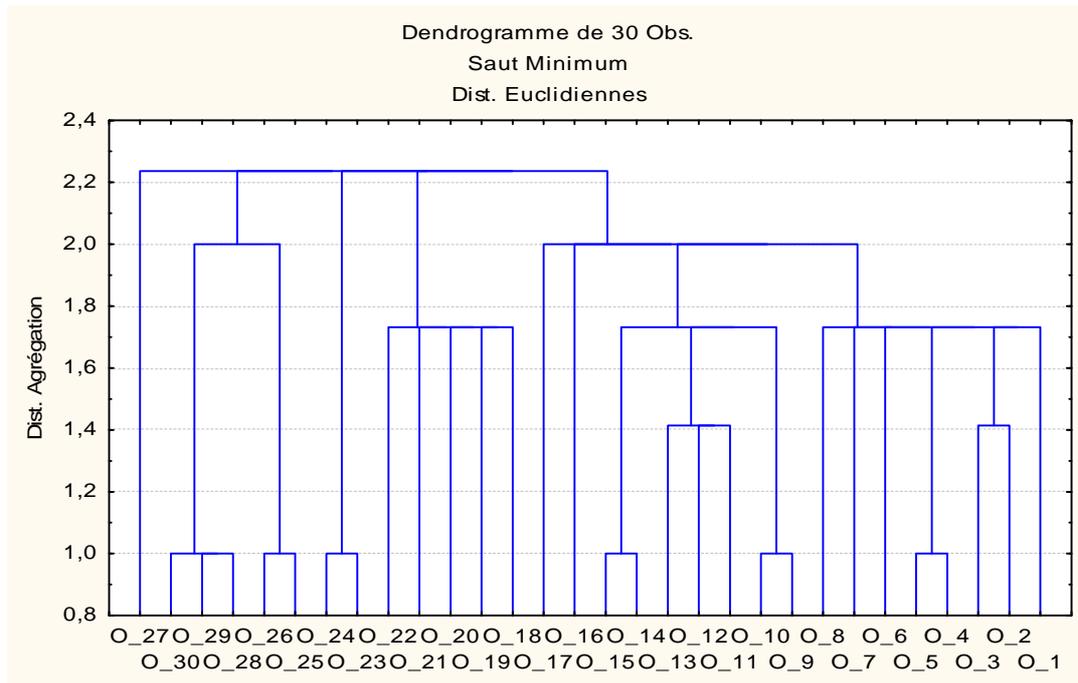
#### **5.2.8.7. Classification ascendante hiérarchique des individus de chaque population du site 03 en fonction des paramètres morphologiques floraux.**

Les individus de la population 02 du site de Hassi Er'mel ont été divisés en deux groupes uniquement (fig.59), l'un comporte sept individus et l'autre a 23 individus ce qui justifie la faible variabilité intra-populationnelle des caractères morphologiques de la fleur constaté précédemment où nous avons constaté que 100 % des individus de cette population ont en communs quatre caractères morphologiques de la fleur qui sont, cinq fleurs par capitule, la couleur rouge des pétales, la couleur jaune des étamines et la couleur jaune des carpelles.

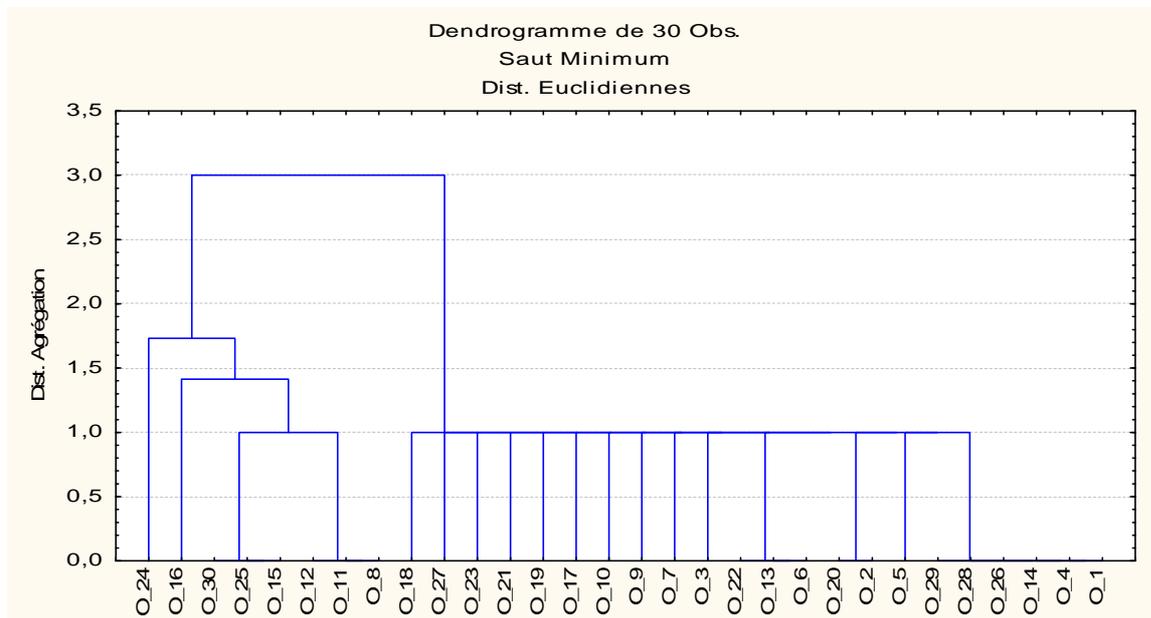
La population 01 est la plus polymorphe que les autres populations. Elle a présenté cinq groupes différents (fig.60), deux groupes chacun a 5 individus et les trois groupes restants renferment respectivement, un, deux et dix-sept individus.

Les trente individus de la population 03 de ce même site sont structurés en quatre groupes (fig.61), deux groupes comportant chacun 4 individus, le troisième (7 individus) et le dernier rassemblant 15 individus.

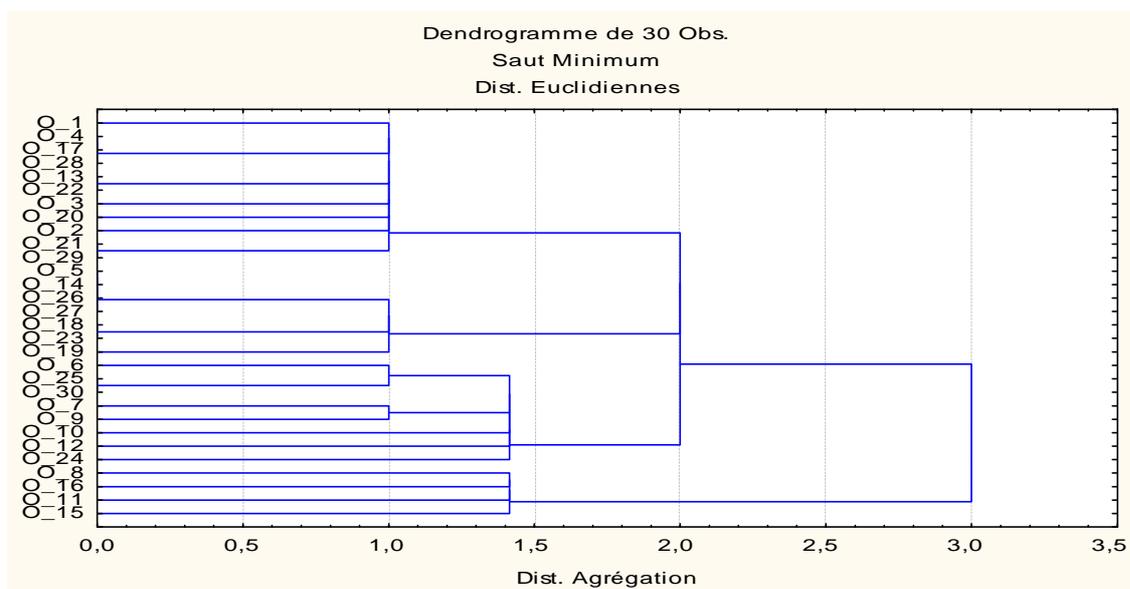
La division des individus de chaque population en différents groupes, indique que les populations concernées sont caractérisées par une forte variabilité morphologique intra-populationnelle.



**Figure 59 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 1 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux.



**Figure 60 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 2 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux.



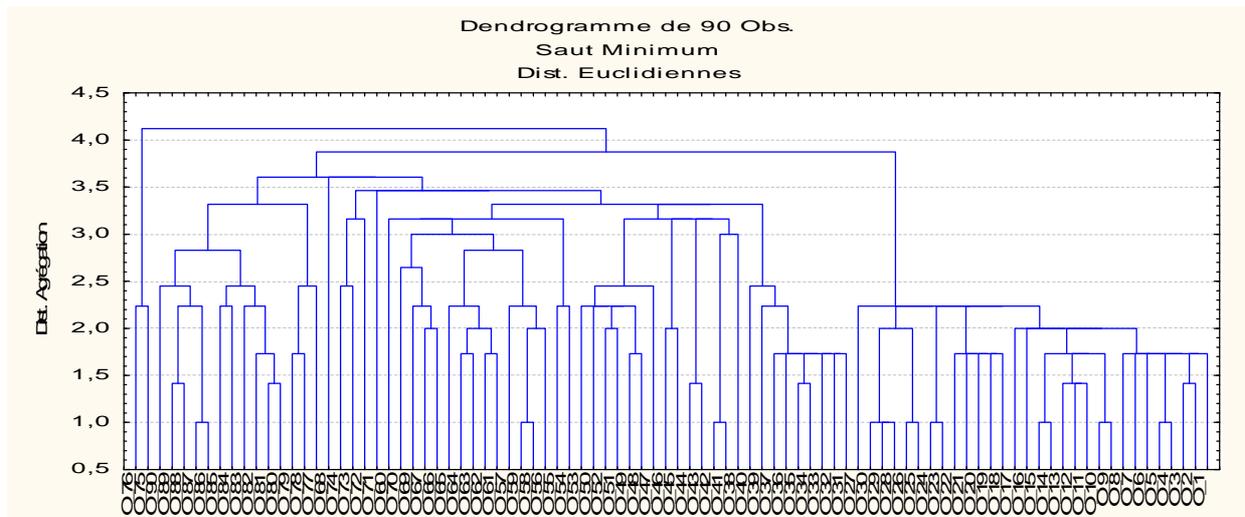
**Figure 61 :** Classification hiérarchisée des individus de la population 3 du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux.

#### 5.2.8.8. Classification ascendante hiérarchique des individus de trois populations du site 03 en fonction des paramètres morphologiques floraux.

Le dendrogramme issu de la classification hiérarchisée des individus de trois populations du site 03 a classé ces 90 individus en vingt groupes distincts (fig.62). Dix groupes homogènes portant tous des individus originaires de la population 03, un groupe (à 3 individus), deux (2 individus), quatre (1 individu), un groupe (4 individus), un autre groupe (5 individus) et un groupe à 6 individus.

Encore, sept groupes homogènes mais qui portent tous des individus issus de la population 02, un groupe (à un seul individu), quatre groupes (2 individus), un groupe (4 individus), un groupe (5 individus). Ensuite, deux autres groupes aussi homogènes en renfermant des individus de la population 01, le premier contient 7 individus et le deuxième qu'est le plus grand avec 30 individus confirmant ainsi le faible polymorphisme de la population 01.

Enfin, un seul groupe hétérogène formé de huit individus de la population 02 et un seul individu de la population 01.

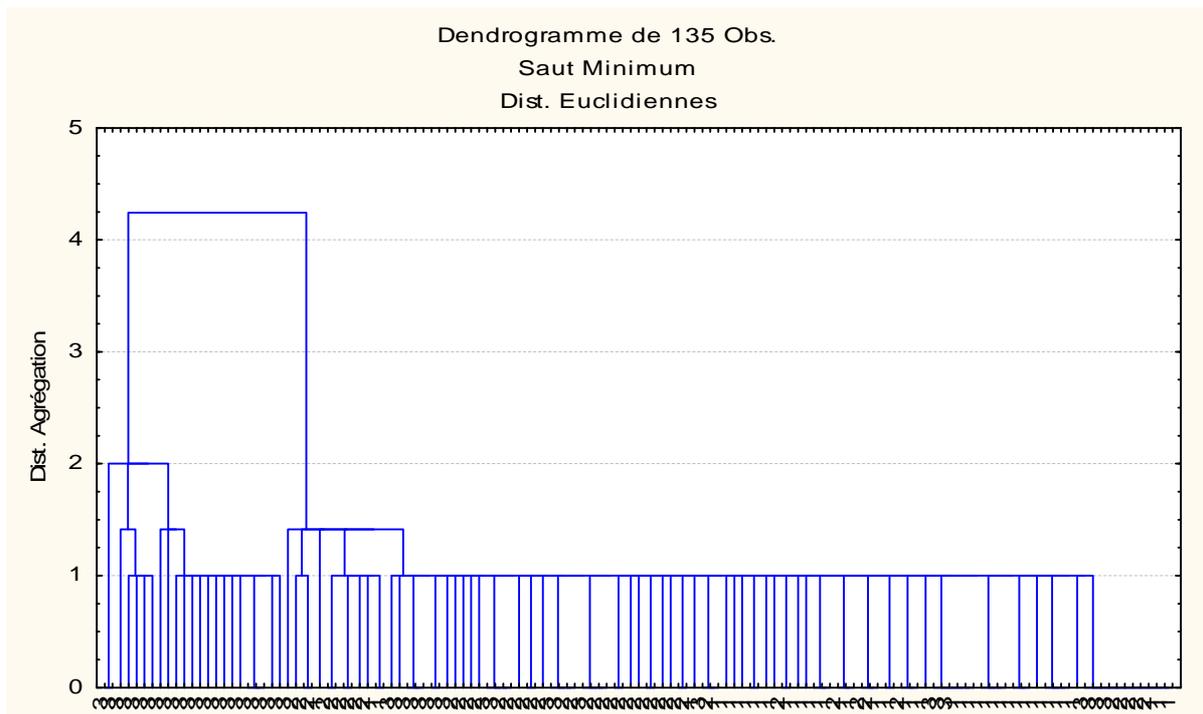


**Figure 62 :** Classification hiérarchisée des individus de trois populations du site 03 selon les paramètres morphologiques floraux.

#### 5.2.8.9. Classification hiérarchisée des 135 individus de trois sites étudiés selon les paramètres morphologiques floraux.

En fonction de caractères morphologiques de la fleur ( Fig.63) la classification hiérarchisée de 135 individus de trois sites étudiés n'a donné que cinq groupes, trois groupes comportant chacun un seul individu dérivant du site de Hasssi Er'mel, un groupe contenant deux individus du site 2 (Oued Morra-Aflou) et vingt individus provenant tous du site03 et en fin un plus grand groupe qui rassemble 110 individus provenant de différents sites étudiés (41% du site 01), (39% du site 02) et (20% du site 03).

Les caractères communs entre ces individus sont, la couleur rouge de pétales ( 30% du site 01, 45% (site02) et 53% des individus du site03 porteurs de ce caractère. la couleur jaune de pétales( 20% (site01) 48%(site02) et 42 % (site03) ) , la disposition oblique de la corolle sur l'ovaire( 62% (site01) 55%(site02) et 70 % (site03) ) , le niveau bas d'insertion des étamines par rapport aux carpelles( 48% (site01) 42%(site02) et 54 % (site03) )et la couleur jaune des étamines( 72% (site01) 66%(site02) et 55 % (site03) ) .



**Figure 63 :** Classification hiérarchisée des 135 individus de trois sites étudiés selon les paramètres morphologiques floraux.

L'étude de la variabilité selon les dendrogrammes réalisés pour l'ensemble d'individus issus des trois populations étudiés dans chaque site en fonction de la morphologie foliaire et florale nous a permis de constater que la distinction en groupes s'est réalisée indifféremment des origines des individus (trois populations). Ceci indique que les similitudes d'expression des différents paramètres foliaires et florales, caractérisant la variabilité des différentes accessions ne sont que faiblement conditionnées par la répartition géographique des individus.

D'après Ferchichi et *al.*, 2004. La large distribution géographique amène à penser que des populations d'origines différentes auront, compte-tenu des conditions édapho-bioclimatiques contrastées de leurs milieux d'origine, des comportements phytologiques différents. En effet, Zohary (1973), a mentionné l'existence d'écotypes au niveau de ce taxon, en étudiant les groupements à armoise blanche au Moyen-Orient. De même, Ferchichi (1997) a mis en évidence l'existence de deux variétés sur la base de comptages chromosomiques : la variété communis à  $n = 9$  et la variété desertii à  $n = 18$ . Ce même auteur a expliqué que sur le plan morphologique les deux formes sont très proches, très affines, de telle sorte que, pour un botaniste de terrain, il n'y a

qu'un seul taxon. Les différences qui les séparent ne sont pas plus grandes que celles qui se rencontrent entre populations, voire entre individus d'une même population. Ainsi Ferchichi (1997) a expliqué que. L'évolution caryologique a précédé l'évolution morphologique, mais il est fort probable qu'au cours de l'évolution, et avec le temps, ces races chromosomiques "géographiques" ne deviennent des taxons à morphologie bien distincte.

La faible efficacité de la recombinaison chez l'Armoise blanche (autogamie) suggère un rôle important de la mutation et de la migration pour le maintien de la variabilité. Ainsi, la variabilité génétique déterminée est apportée certainement par des mutations spontanées.

D'après Maghni *et al* (20017) l'expression des caractères morphologiques reste sous l'action simultanée du génotype et du milieu environnemental et l'apparition de variabilité phénotypique chez les individus de la même population (variabilité intra-population) soumises aux mêmes conditions édaphiques est due principalement à une diversité génétique.

Chez notre espèce autogame *Artemisia herba-alba* Asso, la variabilité morphologique inter population reflète la diversité des conditions environnementales mais, il est possible qu'apparaissent des mutants performants, mieux adaptés à l'environnement et rapidement diffusés grâce à une forte autogamie (Lande & Barrowclough, 1987). Alors, le polymorphisme morphologique démontré au sein de nos sites d'étude et ainsi confirmé au cours de notre étude génétique sur la même espèce du même site (Maghni *et al.*, 2016) s'expliquerait essentiellement par les mutations spontanées affectant cette espèce.

### 5.3. Etude des paramètres anatomiques.

Le choix des paramètres anatomiques pour la réalisation de cette étude s'est fait sur ceux qui seraient les moins affectés par les variations des conditions environnementales. Les caractères anatomiques ainsi choisis sont, le diamètre des cellules de réserves, le nombre de files des cellules de réserves, le nombre des faisceaux conducteurs, le diamètre des vaisseaux conducteurs, l'épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques, les dimensions des cellules épidermiques et les dimensions des cellules du parenchyme palissadique.

L'étude a porté essentiellement sur les profondes modifications structurales affectant la feuille. Lors d'une étude précédente (Mghni, 2013) il s'est montré que la feuille de cette espèce se distinguerait par l'existence d'un parenchyme central au niveau de la structure du limbe et qui représenterait un parenchyme de réserves hydriques.

#### 5.3.1. Diamètre des cellules de réserves

La caractérisation du parenchyme de réserve hydrique a porté sur le nombre des files cellulaires ainsi que l'importance de leurs volumes, estimés à travers le diamètre des cellules.

L'analyse de variance des résultats obtenus montre que les diamètres des cellules de réserves varient de manières très significatives à travers les individus, au sein et entre les populations (Tab.26). Au niveau du site 01, le diamètre des cellules varie entre 15 et 30 $\mu\text{m}$  (population 1), entre 24 et 34 $\mu\text{m}$  (population 2) et entre 09 et 30 $\mu\text{m}$  (population 3).

Au sein du site 02, les diamètres se délimitent par des valeurs extrêmes de 90 et 101 $\mu\text{m}$  chez les individus des deux populations 1 et 3 et par des valeurs moyennes de 30 et 55  $\mu\text{m}$ .

Enfin, au niveau du site 03 les diamètres de ces cellules ne diffèrent que sensiblement d'une population à une autre et présentent des valeurs comprises entre 18 et 26  $\mu\text{m}$ .

**Tableau 26 : Analyse de la Variance de diamètre des cellules de réserves des trois populations.**  
Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

Effet	MC	F	P
Populations	42,99147	3,478168	0,045288

### 5.3.2. Nombre de files des cellules de réserves

Le nombre de files cellulaires de ce parenchyme qu'on considère être de réserve, est primordial dans le processus d'adaptation de la plante aux conditions de sécheresse. L'importance spatiale de ce parenchyme conditionnerait la capacité de la plante à préserver son hydratation. L'étude des résultats obtenus, démontre l'existence d'une grande variation d'expression de cette caractéristique chez les individus de trois régions étudiées.

Les résultats globaux exposent que les valeurs du nombre de files cellulaires fluctuent entre 01 et 05 au niveau du site 01 mais nous avons constaté aussi que 20% des individus de la population3 ce site ne possèdent pas de parenchyme de réserve.

A l'échelle du site 03, le nombre de files cellulaires vacille entre 02 et 04. Alors que la majorité des individus du site 02 ne présentent qu'une seule assise de cellules de réserves. En effet, 100% des individus de la population2, 75% de la population1 et 70% des individus de la population3 ont cette dernière caractéristique et le reste des individus manifestent 03 assises cellulaires.

La comparaison des niveaux de variation de l'expression de cette caractéristique, démontre que parmi les trois sites étudiés, le site 01 s'avère le plus polymorphe parmi les autres.

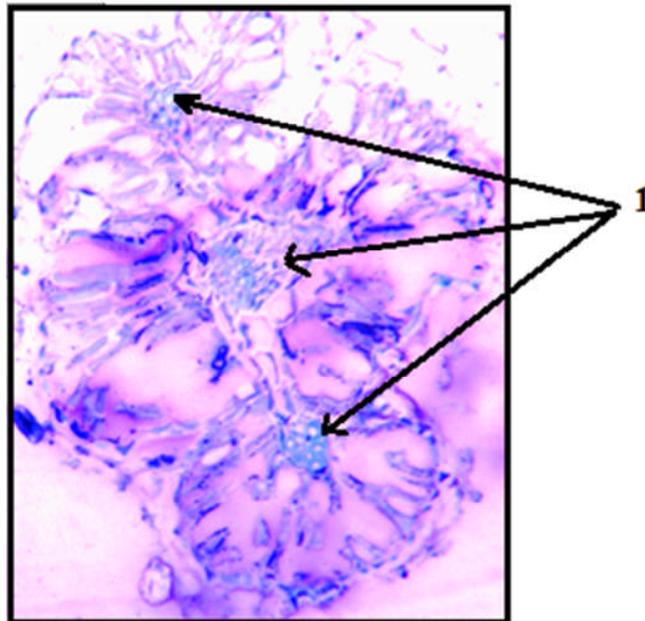
### 5.3.3. Nombre des faisceaux conducteurs

Trois variantes du nombre des faisceaux conducteurs sont également rencontrés parmi les individus des trois sites étudiés, un seul faisceau (fig.65.68), trois faisceaux en même ligne droite (fig.64) et trois faisceaux forment un triangle (fig.66).

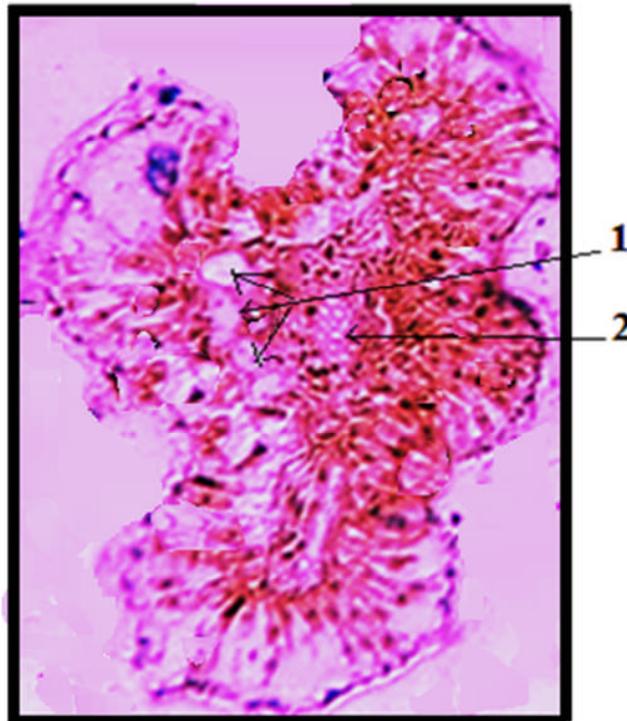
La totalité des individus du site 01 ont manifesté trois faisceaux disposés sur la même ligne. De même le deuxième site présente une dominance du caractère trois faisceaux en ligne

au sein de ses trois populations avec respectivement 80%,100% et 80% des individus porteurs de ce caractère.

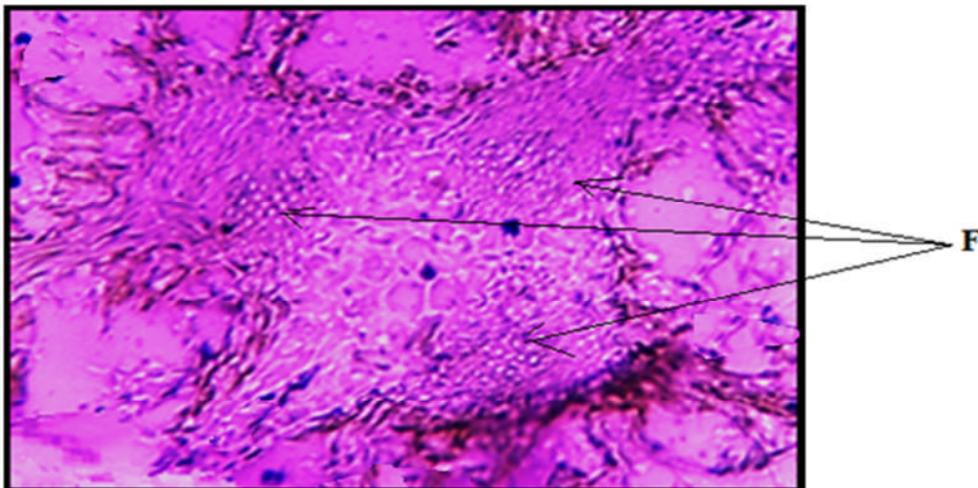
Le site 03 est le plus polymorphe pour le caractère étudié en présentant les trois variantes observées avec des proportions différentes d'expression au niveau intra et inter-population. En effet, le caractère trois faisceaux en ligne est le plus manifesté dans les trois populations avec respectivement ,80%, 60% et 70% contre le caractère trois faisceaux formant un triangle qu'est représenté par 30% des individus de la population 2 et par 20% des individus de la population 3. Enfin, uniquement 10 % des individus de chaque population ont manifesté un seul faisceau conducteur.



**Figure 64** : Coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso ( Site de El Faidja - Tiaret) ; **1** : Trois Faisceaux conducteurs.



**Figure 65:** Coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso (Site de Oued Morra -Aflou) ; **1** : Un seul faisceau conducteur ; **2** : Cellules de parenchyme de réserve hydrique.



**Figure 66 :** Partie centrale d'une coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso (Site de Hassi Er'mel) ; **F** : Trois faisceaux conducteurs formant un triangle.

#### 5.3.4. Diamètre des vaisseaux conducteurs

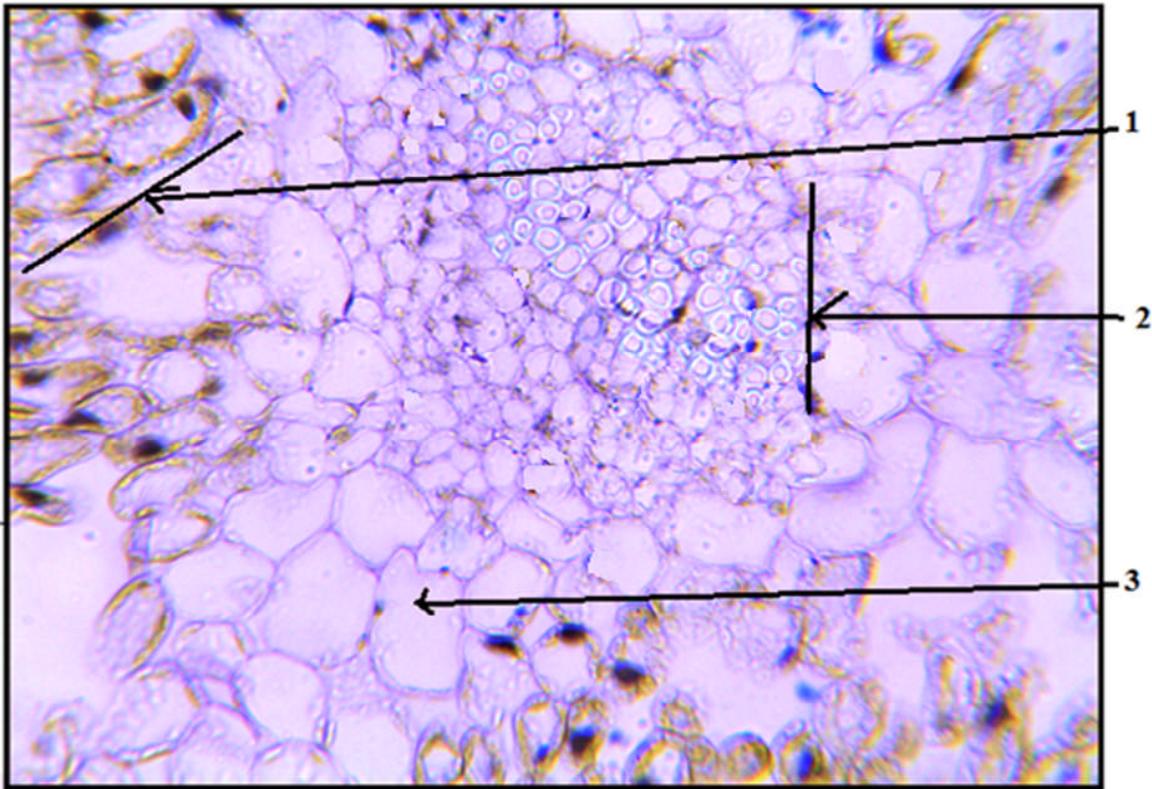
Les résultats de l'expression de cette caractéristique au niveau du site 01 ne présentent qu'une faible variation entre les individus de la même population et aussi entre les différentes populations. Les valeurs des diamètres relevées, sont de l'ordre de 1 et 3  $\mu\text{m}$ . Cette caractéristique s'avère très importante car elle permet très bonne circulation de la sève.

A l'échelle du site 02, le polymorphisme inter-population est très évidant au niveau de deux population1 et 3 où nous avons constaté que les individus ayant un seul faisceau conducteur manifestent les plus grands diamètres de vaisseaux avec des valeurs variées entre 12 et 14.5  $\mu\text{m}$  (population1) et entre 12 et 13.7  $\mu\text{m}$  (population3). Cependant, les individus qu'ont trois faisceaux conducteurs ont exprimé des vaisseaux à faibles diamètres de 5 et 8  $\mu\text{m}$ .

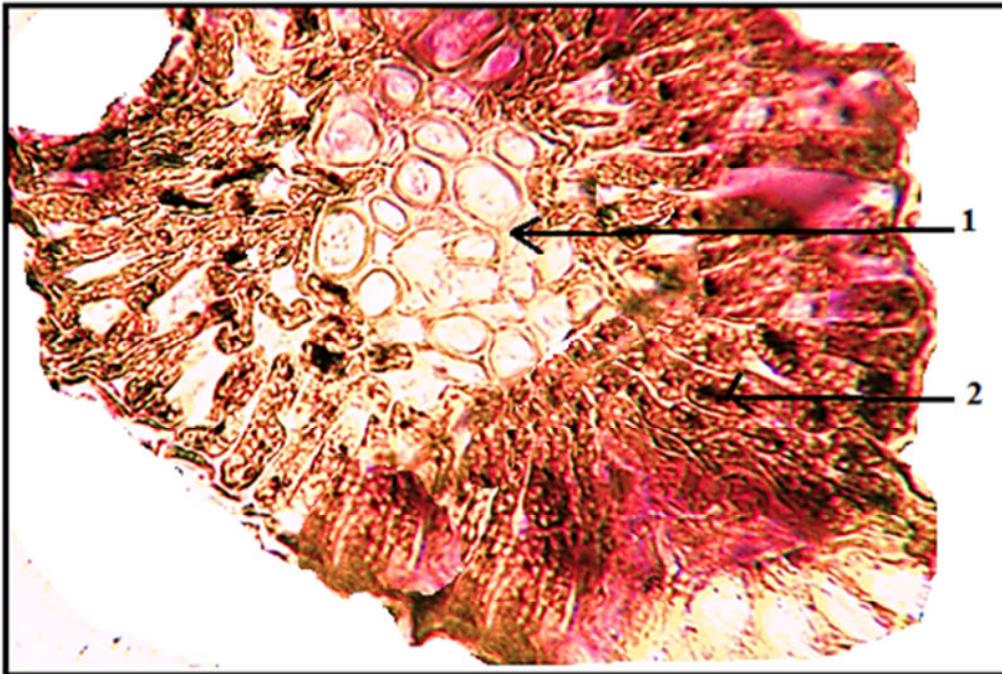
A l'opposition de deux populations précédentes, la population 2 est la moins polymorphe pour ce caractère et ne disposent que de faibles diamètres (5 et 8  $\mu\text{m}$ ) chez l'ensemble de ses individus possédant tous trois faisceaux de conduction.

Le troisième site d'étude (Hassi E'rmel) a exposé une variabilité inter et intra population assez élevé. En effet, au sein de chaque population on trouve des variations très importantes de diamètres des vaisseaux. Les individus de la population1 ont présenté de faibles valeurs de diamètres de 5 et 9  $\mu\text{m}$  et de grandes valeurs jusqu'à 14.2  $\mu\text{m}$ . Néanmoins, des valeurs très faibles ont été enregistré au niveau de la population 2 il s'agit des diamètres de vaisseaux des individus présentant trois faisceaux formant un triangle (fig.66). La même constatation pour la population3 qu'est la plus polymorphe en présentant trois intervalles de diamètres des vaisseaux ; le premier comporte les valeurs les très faibles de diamètres des vaisseaux (2 et 3  $\mu\text{m}$ ), le second avec des valeurs faibles de 5 et 7  $\mu\text{m}$  et enfin le troisième intervalle renferment les valeurs les plus extrêmes entre 11.5 et 14.6  $\mu\text{m}$ .

Il est constaté que le caractère trois faisceaux conducteurs formant un triangle est fortement lié avec la présence des vaisseaux à très faibles diamètres. Ce caractère est propre aux individus de la population 3 du site 03, car cette dernière est la seule qui comporte les individus à trois faisceaux formant un triangle. A l'inverse de cela, les plus grands diamètres sont toujours présents chez les individus ayant un seul faisceau conducteur (site 02 et 03).



**Figure 67** : Centre d'une coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso ( Site de El Faidja - Tiaret) ; **1** : Faisceau conducteur; **2** : parenchyme palissadique . ; **3** : Cellule de réserve.



**Figure 68** : Coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso (Site de Hassi Er'mel) ; **1** : Faisceau conducteur ; **2** : Cellule du parenchyme palissadique.

### 5.3.5. Epaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques

L'analyse de la variance de l'épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques de l'ensemble des individus de trois sites étudiés a montré un effet hautement significatif ( $p > 0.05$ ) (Tab.27).

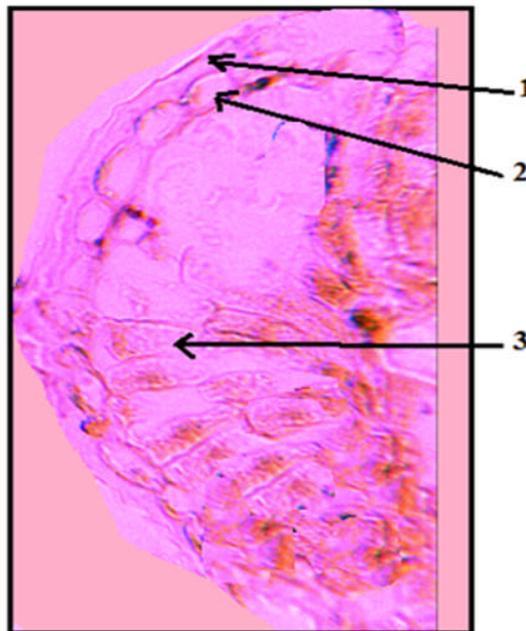
L'expression de ce caractère, est fortement variable parmi les individus de chacune des populations étudiées à l'intérieur de chaque site indiquant un polymorphisme intra-population très élevé. En effet, chez le site 01, les épaisseurs ont de valeurs comprises entre 1.5 et 3.3  $\mu\text{m}$  (population1). Au niveau de la population 2, les parois prennent des valeurs de 2 et 3  $\mu\text{m}$ . La population 3 enregistre un taux de polymorphisme plus élevé que ceux des deux autres populations. Ainsi, les épaisseurs exprimées par les individus de cette population atteignent des valeurs de 4.5  $\mu\text{m}$ .

C'est au niveau du deuxième site (Oued morra) que nous avons noté des valeurs extrêmes de l'épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques (fig.69.70). Ces valeurs sont

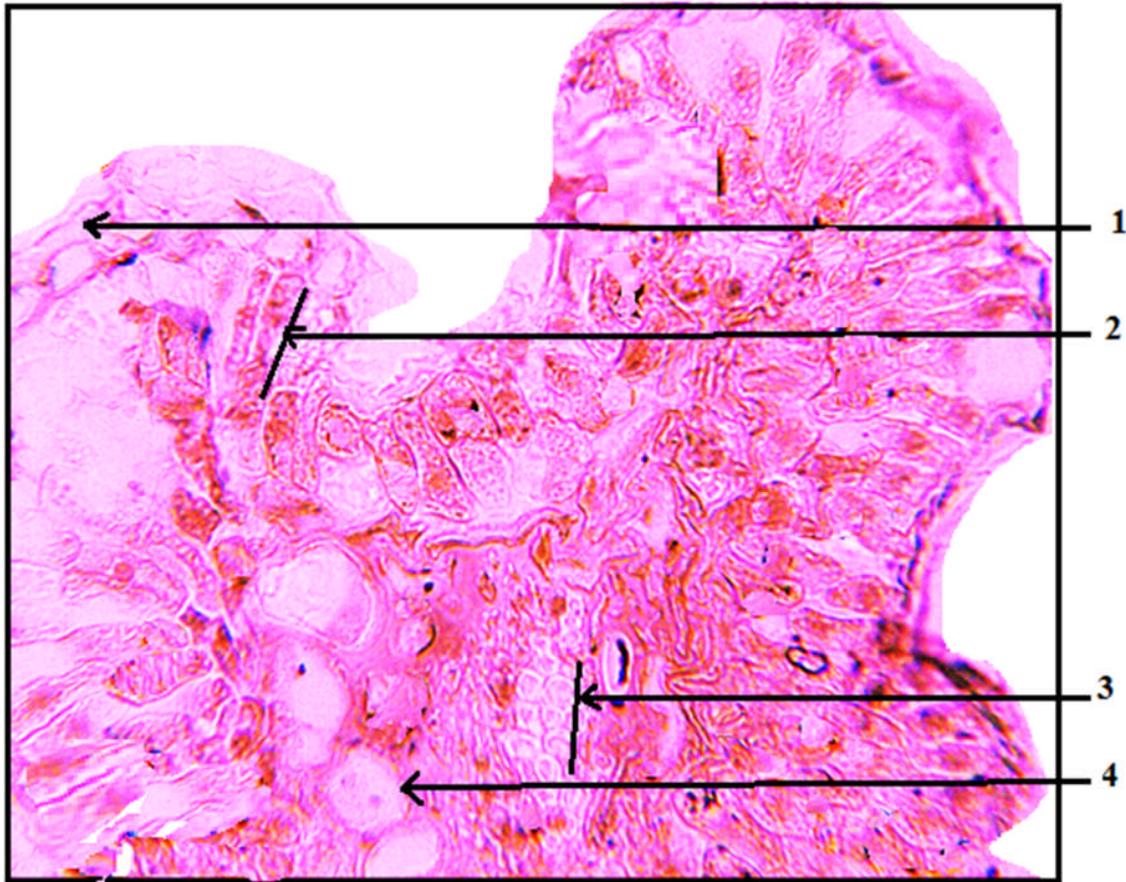
rencontrées uniquement chez les individus qui portent à la fois une seule assise de cellules de réserves et un seul faisceau conducteur a des vaisseaux de grands diamètres (20% des individus de chacune de deux populations 1 et 3) (fig.70). Cette caractéristique joue un rôle essentiel pour limiter les pertes en eau par transpiration.

**Tableau 27** : Analyse de la Variance de l'épaisseur de la paroi des trois populations. Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

Effet	MC	F	P
populations	1,522764	6,320820	0,005602

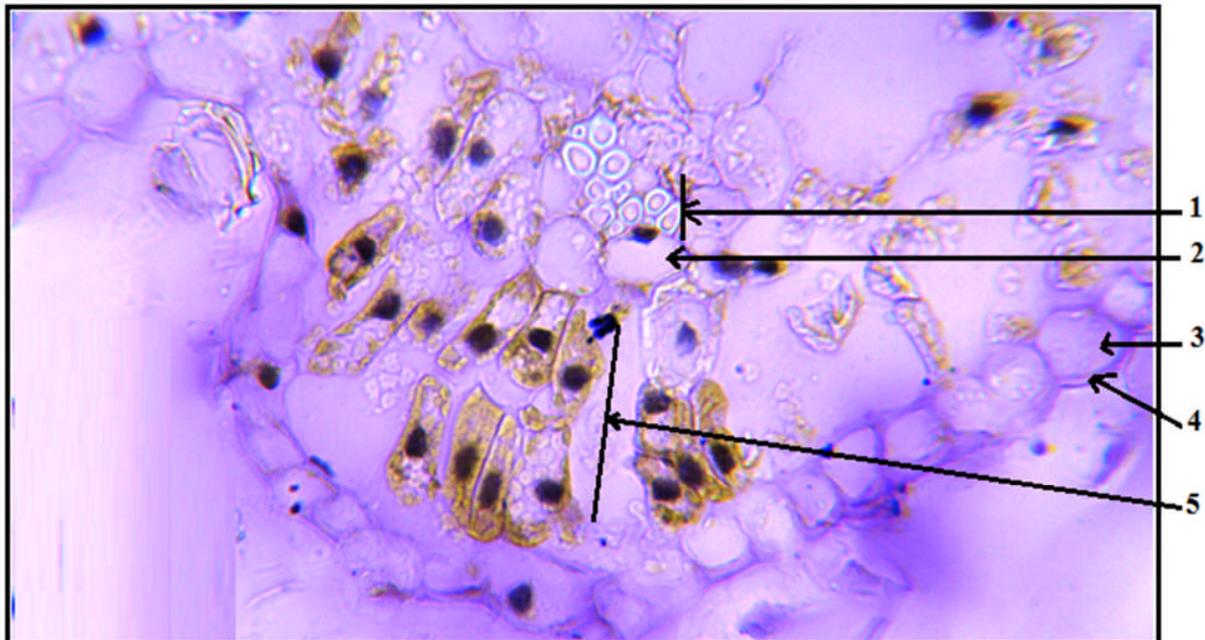


**Figure 69** : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule (Site de Oued Morra -Aflou) ; **1** : Paroi externe de l'épiderme ; **2** : Cellule épidermique ; **3** : Cellule du parenchyme palissadique.



**Figure 70** : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso (Site de Oued Morra -Aflou) ; **1** : Paroi externe de l'épiderme ;**2** : parenchyme palissadique; **3** : Faisceau conducteur **4** : Cellule de réserve.

A l'échelle du site de Hassi E'rmel, les parois externes des cellules épidermiques sont moins épaisses par rapport aux autres sites (fig.71). Les valeurs enregistrées sont variées entre 1.5 à et 3.8  $\mu\text{m}$  au sein des trois populations. Du fait que ce site est caractérisé par un climat sec, ce caractère des parois moins épaisses présente une anomalie permettant plus de perte en eau par transpiration. Ceci ne peut être expliqué que par des raisons liées étroitement à l'alimentation en eau car, en région aride, les brouillards matinaux et la rosée fournissent l'essentiel de l'eau aux végétaux qui doivent le capter en exposant plus de stomates au milieu extérieur.



**Figure 71** : Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso ( Site de Hassi Er'mel ) ; **1** : Faisceau conducteur ; **2** : Cellule de réserve . ; **3** :Cellule épidermique ; **4** : Paroi externe de l'épiderme ; **5** : parenchyme palissadique.

### 5.3.6. Dimensions des cellules épidermiques

Les mesures ont porté sur la longueur et la largeur des cellules de revêtement ainsi que la détermination de leurs formes. Ces paramètres présentent également de fortes variations d'expression, entre les trois sites étudiés et au sein de chaque population qu'au niveau inter-population au sein du même site.

L'étude de ces paramètres met en exergue que les variations s'avèrent plus importantes au niveau de la longueur que la largeur des cellules épidermiques au sein de chaque population. En effet, les individus de chaque population du site 01 ont manifesté des cellules épidermiques avec des longueurs plus extrêmes variées entre 15 et 34  $\mu\text{m}$ .

En deuxième position le site 02 dont les longueurs comprises entre 11 et 18  $\mu\text{m}$  et en fin le troisième site qu'a des individus porteurs des cellules épidermiques les moins longues (11 à 15  $\mu\text{m}$ ). Ces variations enregistrées montrent une variabilité intra-population importante. Par contre la variabilité inter-population de ce caractère est in significatifs ( $p < 0,05$ )(Tab.28).

L'analyse de la variance de la longueur des cellules épidermiques des individus des trois sites étudiés a montré un effet significatif ( $p > 0.05$ ) (Tab.29) dévoilant ainsi une variabilité inter-sites très importante des cellules épidermiques.

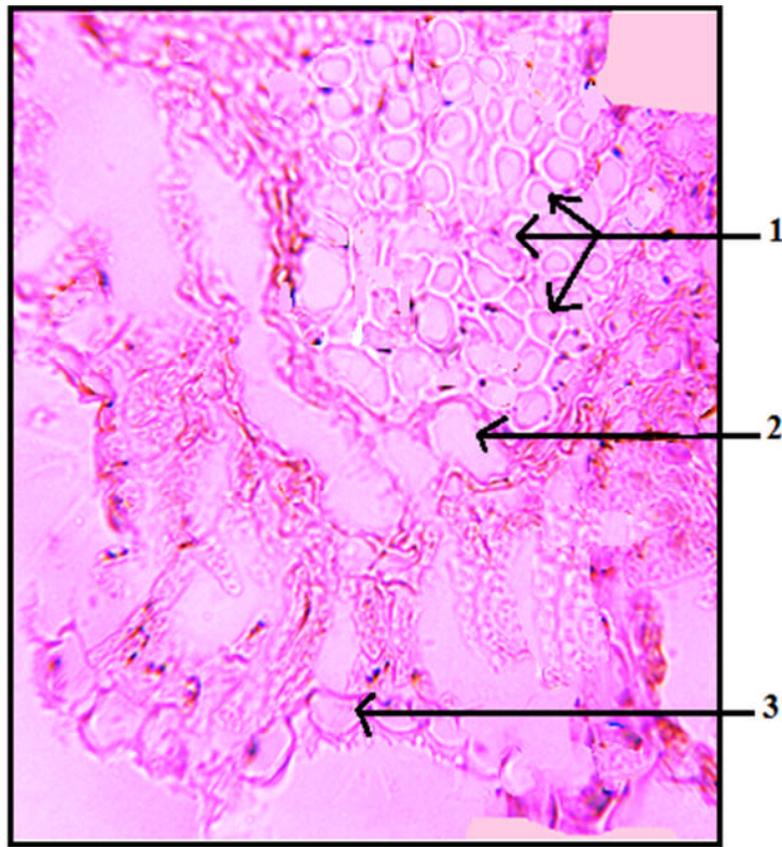
En ce qui concerne, la forme des cellules épidermiques, nous avons constaté deux formes différentes. Des cellules bombes de deux côtes interne et externe au niveau du site 01, et 03 (fig.73.71) et des cellules convexe du coté externe et concave du côté interne chez les individus du site 02(fig.72).

**Tableau 28 :** Analyse de la variance de la largeur des cellules épidermiques des individus des trois populations de chaque site. Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

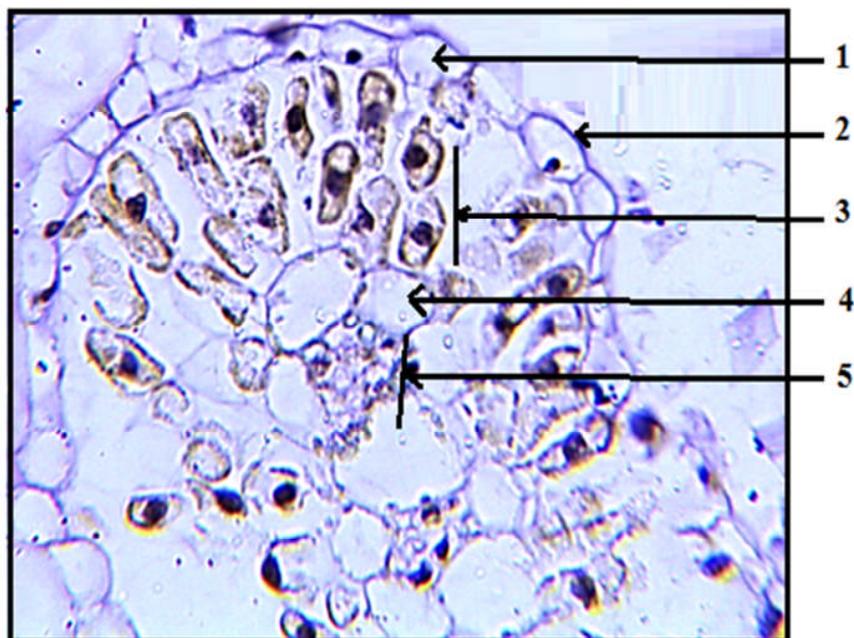
Effet	MC	F	P
Populations- site1	1,479740	0,312654	0,737285
Populations –site2	1,468311	0,443260	0,688997
Populations –site3	1,500263	0,313310	0,707574

**Tableau 29 :** Analyse de la variance de la longueur des cellules épidermiques des individus des trois sites étudiés. Effets significatifs marqués à  $p < 0,05$

Effet	MC	F	P
Populations du trois sites	1,663314	3,521430	0,043221



**Figure 72 :** Coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso (Site de Oued Morra -Aflou) ; **1 :** Vaisseaux conducteurs ; **2 :** Cellule de réserve . ; **3 :** Cellule épidermique



**Figure 73 :** Partie d'une coupe transversale au niveau du foliollule d'*Artemisia herba-alba* Asso ( Site de El Faidja - Tiaret) ; **1 :** Cellule épidermique ; **2 :** Paroi externe de l'épiderme . ; **3 :** parenchyme palissadique ; **4 :** Cellule de réserve ; **5 :** Faisceau conducteur .

### 5.3.7. Dimensions des cellules du parenchyme palissadique.

Le parenchyme palissadique est formé de deux files de cellules allongées et perpendiculaires aux épidermes chez les trois sites étudiées. Ces cellules se manifestent avec des dimensions très différentes de longueur et de largeur à travers les individus de différentes populations mais de légères variations inter-population au sein du chaque site. En effet, au niveau du site 01, la longueur des cellules chlorophylliennes chez les individus de la population 1 est de 13  $\mu\text{m}$  à 34  $\mu\text{m}$  et leur largeur est de l'ordre de 8 à 13  $\mu\text{m}$ . A l'échelle des populations 2 et 3, les Cellules étudiées présentent des dimensions identiques qui varient de 14 à 41  $\mu\text{m}$  (pour la longueur) et entre 6 à 14  $\mu\text{m}$  (largeur).

Les cellules palissadiques du site 02 sont très allongées avec de longueurs jusqu'à 48  $\mu\text{m}$  constatées au niveau des trois populations (fig.69.70).

A l'échelle du site(03) de Hassi Er'mel, le polymorphisme intra-population de ce caractère est très important avec de longueurs de cellules variées entre 18 et 45  $\mu\text{m}$  à l'intérieur de chaque population par contre la variation entre les populations est très faible.

A chaque étage bioclimatique, il apparait une forme structurale d'adaptation différente. En effet, les individus d'*Artemisia herba alba* dans le semi-aride inferieur (site 01) portent le plus grand nombre de files de cellules de réserves pour stocker l'eau qu'est disponible en quantités importantes par rapport aux autres sites. Ainsi, que les individus ayant une paroi de cellules épidermiques épaisse, leurs cellules de réserves sont peu volumineuses. Par contre les individus présentant une paroi moins épaisse ont des cellules de réserves très volumineuses.

Le caractère propre au site (02) de climat aride, est la présence d'un seul faisceau conducteur accompagne d'une seule assise cellulaire de réserve. Nous avons trouvé que les individus ayant ce caractère leur parois externes des cellules épidermiques sont très épaisses avec des valeurs extrêmes jusqu'au 8.30  $\mu\text{m}$  afin de limiter les pertes en eau par transpiration.

Le site de Hassi E'rmel était le plus polymorphe en ce qui concerne le caractère du nombre de faisceaux conducteurs en présentant trois variantes, la particularité présentée par chez certains individus de ce site est la présence de trois faisceaux conducteurs formant un triangle et que les valeurs des diamètres des vaisseaux, sont de moins de deux micromètres. Cette caractéristique s'avère très importante car elle permet l'accroissement de la résistance hydraulique des vaisseaux conducteurs et par conséquent une meilleure ascension de la sève.

### **5.3.8. Classification hiérarchique des individus du chaque site en fonction des paramètres anatomiques de la feuille**

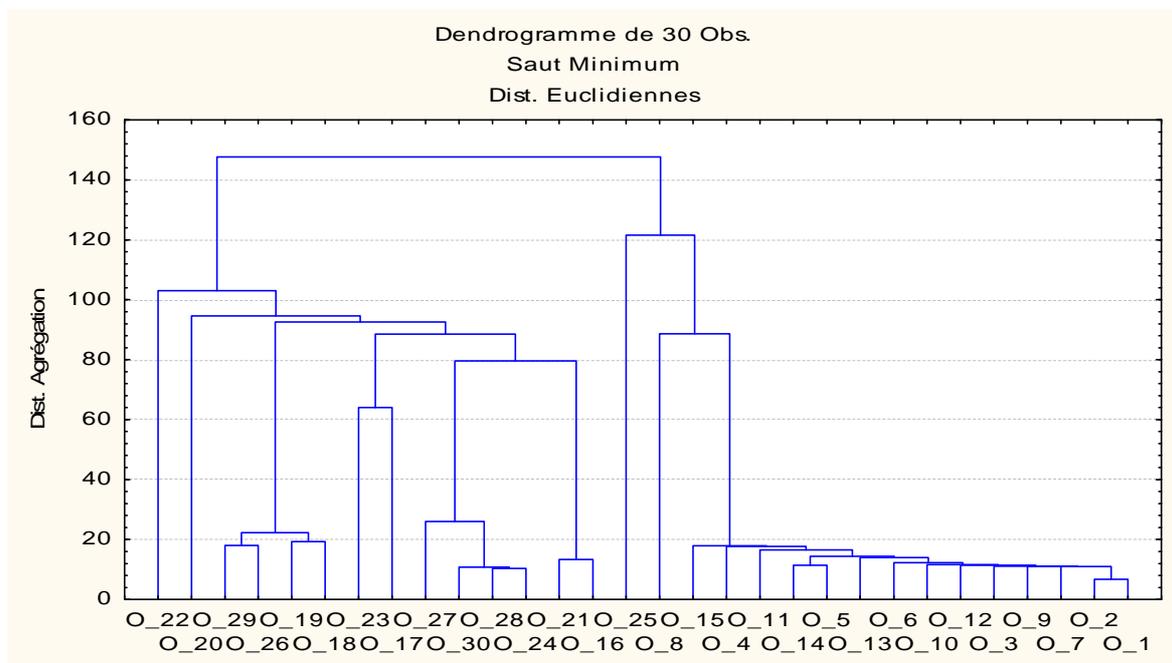
L'analyse du dendrogramme de l'ensemble des individus du site 01 a permet de distinguer, 08 groupes divergents (fig.74). Quatre parmi ces groupes, comprenant chacun un seul individu, trois autres groupes comprenant successivement, 02,04 et 06 individus. Un dernier groupe hétérogène qu'est le plus grand avec quatorze individus dont neuf de population1 et cinq de population2.

Les individus du site 02, se divisent en six groupes ; trois groupes chacun a un seul individu et chaque individu est dérivé d'une population différente (fig.75). Trois groupes

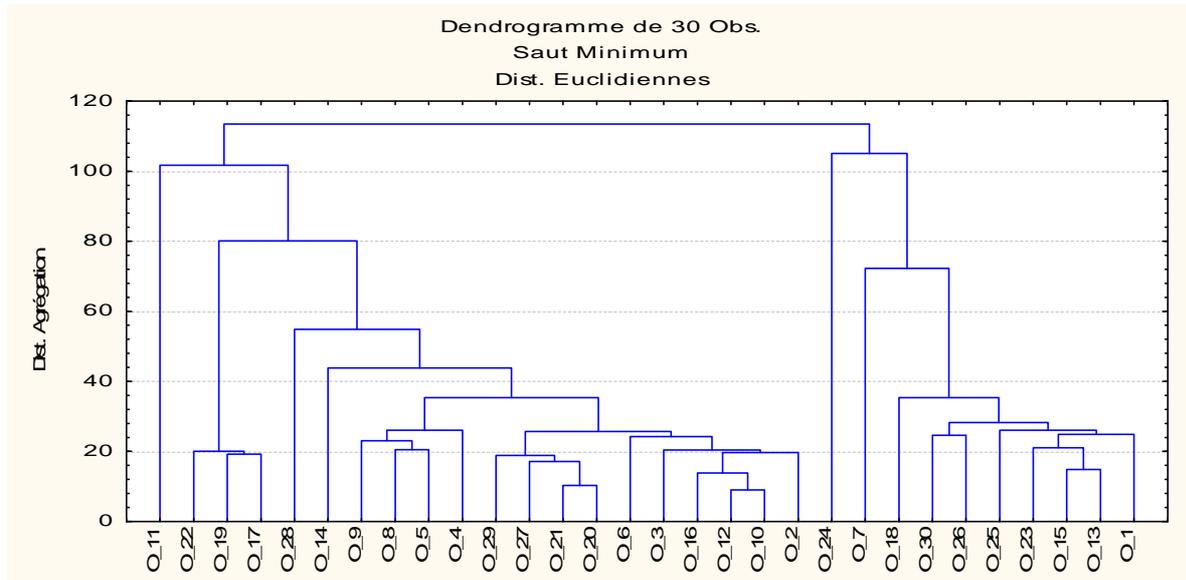
hétérogènes, le premier à 2 individus de la population2 et un individu de la population3, le deuxième à neuf individus, un groupe ( population1),trois ( population2) et quatre( population4). Le troisième groupe à seize individus (8 (population1), 3 (population2) et 5 (population3)).

A l'échelle du troisième site (Hassi Er'mel) (fig.76). Les individus se représentent à travers 05 groupes différents, quatre groupes hétérogènes ayant des individus dérivant de trois populations différentes et qui comprenant respectivement, deux, trois, six et quatre individus. Enfin, 13 groupes rassemblant chacun un seul individu.

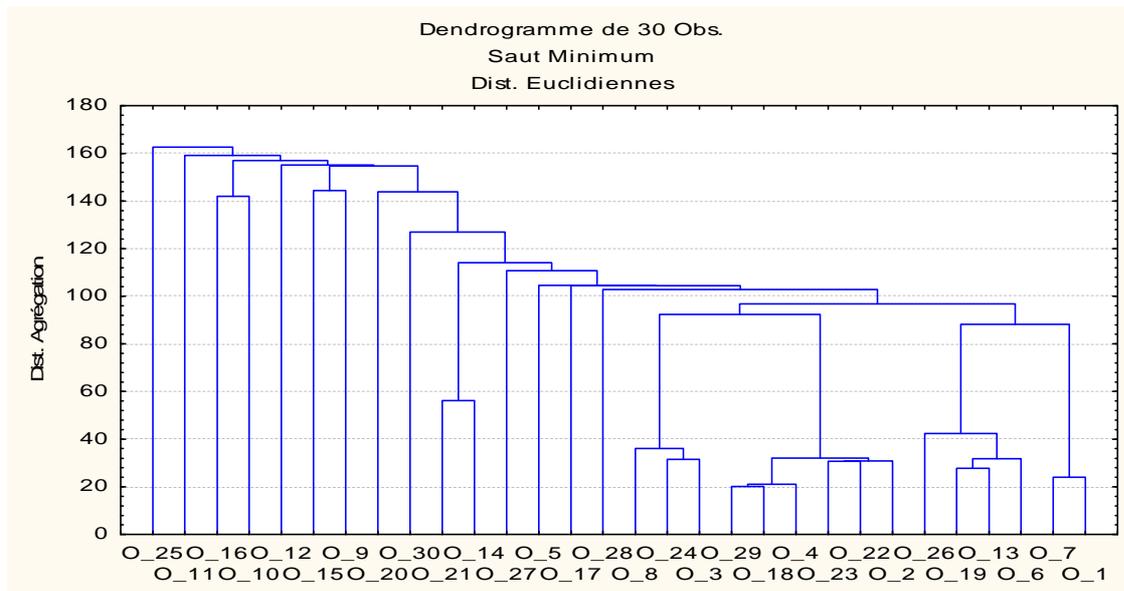
Cette distinction en groupes différents au niveau de chaque population de chaque site indique une variabilité intra-population très prononcée.



**Figure 74 :** Classification hiérarchisée des individus du site(1) d' El feidja selon les paramètres anatomiques



**Figure 75 :** Classification hiérarchisée des individus du site(2) de Oued Morra selon les paramètres anatomiques.



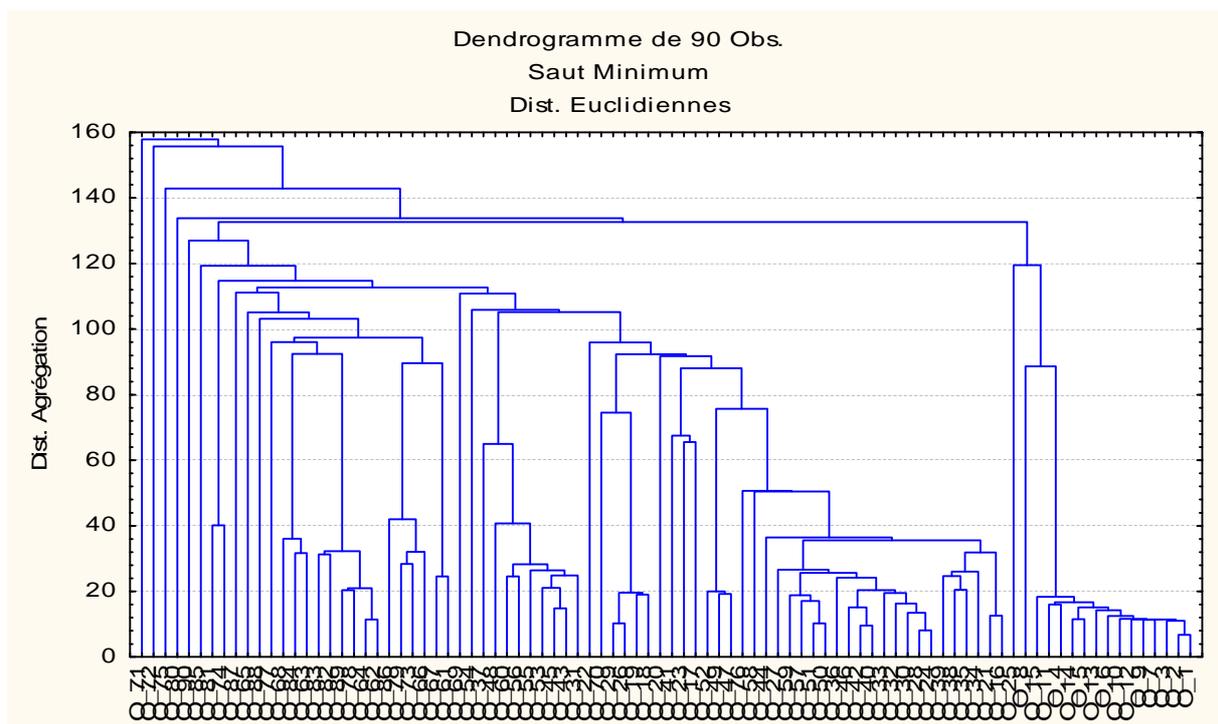
**Figure 76 :** Classification hiérarchisée des individus du site (3) de Hassi Er'mel selon les paramètres anatomiques.

### 5.3.9. Classification hiérarchique des individus des trois sites en fonction des paramètres anatomiques de la feuille

L'analyse des paramètres anatomiques par la classification hiérarchique pour la distance d'agrégation 80, a permis d'établir une variation importante de leur expression au sein et entre les différents sites étudiés (fig.70). L'étude de la répartition des individus des trois sites en se basant sur ces caractéristiques permet de distinguer un polymorphisme assez prononcé. Ainsi l'ensemble des individus (90) se répartissent à travers 25 groupes distincts (Fig.77). La plupart des groupes (16) comprennent chacun un seul individu (10 groupes(site3), 3 groupes(site1) et 3 groupes(site 02), deux groupes à deux individus du site 03, deux autres à trois individus ,l'un comprenant 3 individus du site3 et l'autre est composé de 2 individus(site1)et un individu (site2) .Deux groupes appartient aux site 03 dont le premier comporte 6 individus et le second à 4 individus, un groupe avec 9 individus du site 02, deux groupes du sit1 avec 5 et 14 individus.

Enfin, un grand groupe qu'est composé de 26 individus provenant de trois sites étudiés, six individus du site 01, deux du site 03 et dix-sept appartenant tous au site 02.

On constate que les groupes rassemblent des individus provenant des trois sites se caractérisent par une hétérogénéité importante ce qui minimise l'impact des facteurs écologiques sur l'expression des caractères morphologiques en commun choisis dans cette étude quant on peut qualifier a forte héritabilité génétique et que ces caractéristiques anatomiques seront à l'origine d'un polymorphisme structural et sont certainement impliquées dans la fonction d'adaptation des individus.



**Figure 77 :** Classification hiérarchisée des individus des trois sites selon les paramètres anatomiques.

#### 5.4. Etude de la variabilité génétique

Afin de confirmer la variabilité morphologique et anatomique constaté chez les individus d'*Artemisia herba alba* Asso au sein des différents sites étudiés, un échantillon de 12 individus d'Armoise blanche a fait l'objet d'analyse du matériel génétique par l'utilisation des marqueurs génétiques ISSR.

##### 5.4.1. Extraction d'ADN

L'application de la méthode d'extraction de Zidani adapté à l'espèce *Pennisetum laucum* sur l'espèce *Artemisia herba alba* a donné un ADN de couleur marron (Figure 2-a). Cette méthode est une modification de la technique de Dellaporta *et al.* (1983) qui se caractérise par un bon rendement mais l'ADN obtenu est de couleur jaune, non clivable par restriction enzymatique et non amplifiable par PCR (Haouari & Ferchichi., 2004). Néanmoins notre protocole adapté et optimisé à l'Armoise blanche nous a donné un ADN amplifiable de couleur blanche (Figure 78.b).

Ces résultats ont obtenu grâce aux plusieurs ajustements. Il s'agit de l'utilisation de l'isopropanol à la place de l'éthanol a permet une bonne précipitation d'ADN à -20°C pendant une nuit (étape décrite dans le protocole de Dellaporta et al., 1983), Le lavage avec un tampon compose d'éthanol, et d'acétate d'ammonium (Krisman *et al.*, 2006) au lieu d'éthanol et d'acétate de sodium, du protocole de Zidani et enfin, La centrifugation à 4 °C qu'a favorisé une bonne séparation des phases pendant les différentes étapes(Benbouza *et al.*, 2006).



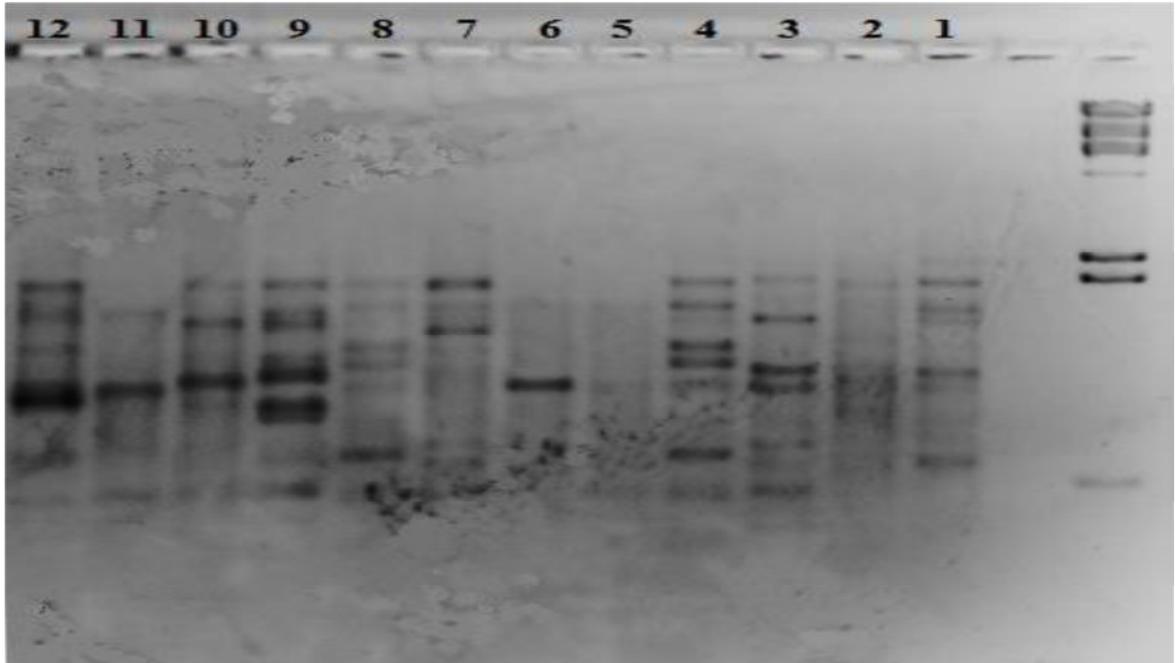
Figure 78 . ADN extrait ; a : ADN de couleur marron; b : ADN de couleur blanche.

#### 5.4.2. Amplification d'ADN par PCR

L'optimisation des conditions de la réaction PCR pour l'amplification des ISSR nous a permis d'avoir des profils clairs et reproductibles. En effet les différences par rapport à la méthode de Zidani *et al.*,(2005) s'avère très importantes, il s'agit de la concentration d'ADN utilisé, le nombre de cycle PCR (30 cycles) et la température d'hybridation 55°C pendant 30s au lieu de 60°C pendant 1mn.

L'analyse des résultats obtenus de l'étude des marqueurs, démontre que les bandes révélées se répartissent de manières très divergentes parmi les individus étudiés. En effet, les individus analysés présentent une variabilité génétique très marquée, prouvée par un peuplement d'amplifias de 43 bandes de tailles différentes (tab.32. fig.79). Les tailles de ces dernières vacillent entre des valeurs de 734 et 17348 paires de bases. Les valeurs obtenues indiquent que ce nombre se répartit à travers 13 bandes ayant des tailles de valeurs supérieures à 10000 paires de

bases, 29 bandes présentent des valeurs vacillant entre 1000 et 6930 paires de bases. Enfin une seule bande a dévoilé une taille d'une valeur inférieure à 1000 paires de bases.



**Figure 79 :** Bandes d'amplification ISSR de 12 individus d'*Artemisia herba alba* Asso

**Tableau 30.** Répartition des bandes chez les individus

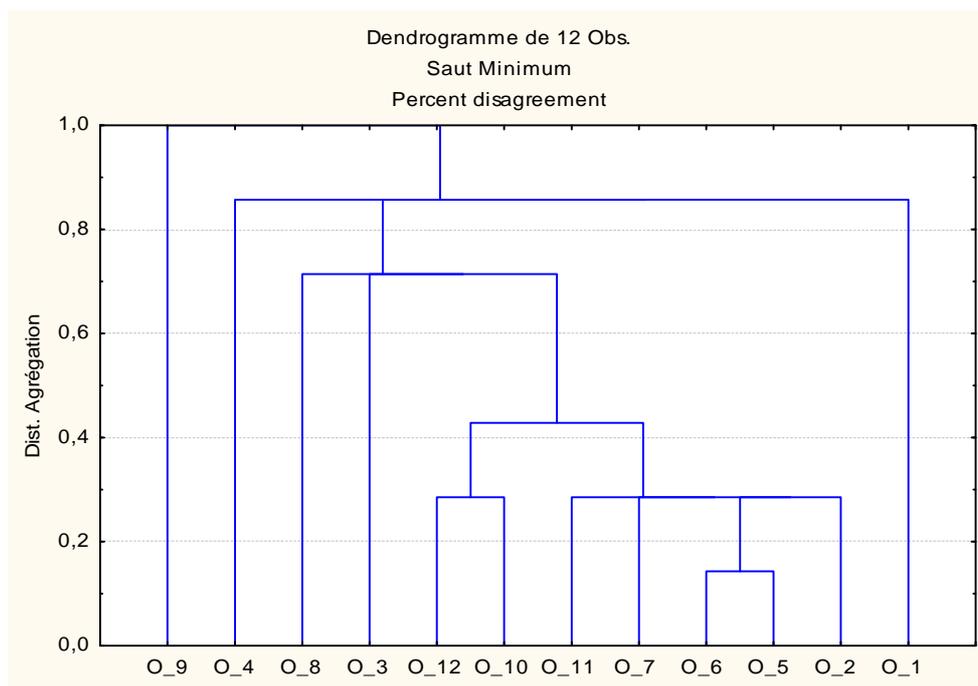
individu	Nombre de bandes	Tailles des bandes en paires de bases (pb)							
1	6	1292	1754	2939	4783	6803	17123	00	
2	2	5909	17123	00	00	00	00	00	
3	5	1180	1499	4259	6685	17291	00	00	
4	6	1172	1463	3033	4529	6921	17235	00	
5	1	11902	00	00	00	00	00	00	
6	1	13698	00	00	00	00	00	00	
7	2	6544	17291	00	00	00	00	00	
8	5	1470	3044	4563	9621	17348	00	17291	
9	7	734	1550	1842	3080	4766	6874	00	
10	3	4191	6685	17348	00	00	00	00	
11	2	5767	16337	00	00	00	00	00	
12	3	4056	6780	17348	00	00	00	00	

### 5.4.3. Classification hiérarchisée des individus selon le nombre et les tailles des bandes.

L'étude du dendrogramme obtenue par l'établissement de la classification hiérarchisée (Logiciel statistica 2006) pour la distance d'agrégation 0.4 (Fig. 80) des individus provenant des trois populations différentes du site 01 selon le nombre et les tailles des bandes obtenus en utilisant le critère du marqueur ISSR comme critère de divergence génétique, révèle l'existence de 07 groupes distincts. Cinq parmi ces derniers englobent un seul individu chacun. Il s'agit de l'individu 9 dérivant de la population 3 et qui porte le nombre le plus grand des bandes (7 bandes) tous de tailles distinctes variant entre 734 et 17291pb (Tab. 30), un deuxième individu numéro 4 (population1) avec 6 bandes de tailles importantes à partir de 1172 jusqu'à 17235pb, le troisième groupe (individu numéro 8 de la population2) qui comporte la bande de la plus grande taille (17348).

L'individu 3 de la population1 représente le quatrième groupe avec cinq bandes de tailles différentes (1180 pb à 17291pb). Le dernier groupe individuel comprenant l'individu 1 (population1) a 6 bandes (1192 pb à 17123 pb). Le sixième groupe regroupe les deux individus 10 et 12 de la même population qui portent en commun la bande de 17348pb et des autres de tailles très proches respectivement de 4191pb, 6685pb et 4056pb, 6780.

En fin, un grand groupe rassemblant cinq individus drivant des trois populations étudiées (l'individu 2 de la population1, les individus 5 et 6 de la population2 et l'individu 11 de la population3). L'ensemble de ces individus se distinguent des autres individus des autres groupes en présentant un nombre très faible compris entre 2 et 3 bandes. Les individus 5 et 6 forment un sous-groupe en portant chacun une seule bande à des tailles très proches. Les individus 2, 7 et 11 se ressemblent entre eux par le nombre des bandes qu'est deux bandes de tailles voisines pour chacun (5909 et 17123pb, 6544 et 17291 pb, 5767 et 16337 pb).



**Figure 80 :** Classification hiérarchisée des individus selon le nombre et les tailles des bandes obtenus par l'utilisation des marqueurs moléculaires ISSR.

La distinction des individus de la même population, de mêmes conditions climatiques, édaphiques et topographiques (1,2,3,4 de la population) en différents groupes indique que cette population se caractérise par une variabilité génétique très élevée et ce qui néglige l'effet de conditions environnementales sur cette variabilité constatée.

La ressemblance des individus provenant de trois populations différentes avec des caractéristiques écologiques différentes en un seul groupe montre que les individus concernés présentent le même comportement génétique malgré leurs origines différentes. Ces constatations confirment un polymorphisme inter-populations très élevé suivant l'utilisation des marqueurs moléculaires ISSR.

Les résultats obtenus de la réalisation de cet essai indiquent que l'espèce *Artemisia herba alba* est caractérisée par une richesse génétique très marquée. Ceci se prouve à travers les données obtenues par la réalisation d'ISSR comme marqueur génétique. Le travail réalisé sur un échantillon de 12 individus prospectés au niveau de la région de Elfeidja, indique que ce site est

très polymorphe pour ce marqueur donc l'utilisation des ISSR pour déterminer le polymorphisme génétique de l'armoise blanche paraît être un très bon choix. Ainsi, Wang *et al.* (2009) ont montré que les marqueurs moléculaires ISSR basées sur des di-, tétra- ou penta- nucléotides répétés au niveau des zones inter-microsatellites, constituent l'un des plus efficaces marqueurs utilisés pour l'estimation de la variabilité génétique des espèces spontanées.

La variabilité génétique ainsi démontrée s'expliquerait essentiellement par les mutations spontanées affectant cette espèce. Le brassage génétique serait ainsi limité, sauf à travers les hybridations accidentelles, du fait de l'autogamie caractérisant cette espèce (Maghni *et al.*, 2016). Cette variabilité consolide les résultats du polymorphisme morphologique élevé, qu'on a relevé au sein du site 01. La variabilité estimée au sein de ce site divulguerait évidemment une autre plus accentuée à travers les différentes espaces peuplées par cette espèce. L'application du protocole d'extraction détermine pourrait réussir sur autres espèces de genre *Artémisia* et même sur autres plantes aromatiques à forte production en métabolites secondaires.

# Conclusion Générale

## CONCLUSION GENERALE

---

### CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, la variabilité génétique chez l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) a été étudiée dans trois différents étages bioclimatiques, le semi-aride inférieur (site EL Feigja-Tiaret), l'étage bioclimatique aride (site de Oued morra- Laghouat) et l'étage bioclimatique saharien (site de Hassi Er'mel- Laghouat).

Les paramètres de distinction intra et inter-populations et aussi inter-sites employés dans l'étude présentée, englobe ceux d'ordre morphologiques, anatomiques et génétiques. Les paramètres morphologiques se rapportent à une caractérisation caulinaire réalisée au cours de la période végétative d'une part et d'autre part à une étude des divergences des caractères de l'appareil reproducteur pendant la phase reproductrice. Afin de mieux discriminer la variabilité morphologique constatée entre et au sein des différentes populations étudiées, l'utilisation du marqueur moléculaire, ISSR, est d'un apport considérable pour particulariser les effets imposés par les facteurs de l'environnement de ceux issus d'une dissemblance des structures génétiques.

L'étude globale des résultats obtenus indistinctement de l'utilisation des différents marqueurs, indique que cette espèce se définit par une large variabilité phénotypique et structurale très élevée expliquée par un polymorphisme génétique. La variabilité génétique prouvée par l'utilisation des marqueurs moléculaires n'écarterait certainement pas une influence environnementale notamment pour les caractères ciblés dits compliqués et dont l'extériorisation impose les facteurs, génétiques et environnementaux.

Les caractères qualitatifs étudiés qui se rapportent à la couleur (des feuilles, pétales, carpelles, et des étamines), le mode de disposition des feuilles sur le rameau, le mode de disposition des folioles sur la feuille, la répartition des folioles sur la feuille, la présence de poils, la disposition de la corolle sur l'ovaire, le niveau d'insertion des étamines et la forme du niveau entre l'ovaire et la corolle. Ces paramètres s'avèrent les plus variables dans cette étude. Cette variabilité constituerait des critères d'estimation du polymorphisme caractérisant cette espèce. En effet ces caractères seraient d'une forte héritabilité et toute variation puise son origine d'une variation des structures génétiques des différents individus étudiés.

## CONCLUSION GENERALE

---

Les résultats obtenus de l'étude des caractères morphologiques foliaires et floraux affichent une variabilité inter et intra-populations très importante pour les caractères qualitatifs au sein de chaque site étudié. En effet, l'évaluation des taux de variation des caractères morphologiques foliaires et floraux au niveau des individus des trois populations, démontre une divergence dans leurs fréquences d'apparition. Il est observé un taux du polymorphisme inter et intra-populations très élevé, chez les seize caractères étudiés.

L'étude statistique des résultats obtenus de l'estimation des caractères quantitatifs, le nombre de fleurs par capitule, le nombre de folioles par feuille et le nombre de foliolules par folioles indique une variabilité inter-population significative pour le nombre de folioles par feuille et non significative pour le nombre de foliolules par foliole.

En se basant sur le caractère de nombre de fleurs par capitule qu'est fortement lié avec le nombre de chromosomes nous avons constaté deux cytotypes en Algérie. En effet, les trois étages bioclimatiques étudiés possèdent le cytotype diploïde ( $2n$ ) dont il a 5 fleurs par capitules. Tandis que le cytotype tétraploïde ( $4n$ ) ayant 8 fleurs par capitules ne se présente qu'au niveau du site de Hassi Er'mel. Cette polyploïdie est fortement attribuée à la non-disjonction pendant la formation des gamètes (méiose), et par conséquent l'union de deux gamètes diploïdes lors de la fécondation donnera naissance à des individus tétraploïdes. Ce changement cytologique confère aux individus de s'adapter à des conditions environnementales devenue défavorables et de coloniser des nouveaux territoires.

L'étude du dendrogramme obtenue par l'établissement de la classification hiérarchisée, Confirme la variabilité intra et inter -population, constatée dans les analyses réalisées précédemment dans ce travail. En effet, l'ensemble des individus (90) de chaque site étudié, 1, 2 et 3 se répartissent en fonction des paramètres morphologiques foliaires respectivement en 68, 27 et 25 groupes distincts, et se divisent en fonction des paramètres morphologiques floraux respectivement en 41, 47 et 20 groupes différents. Pour chaque site, la structuration des individus en plusieurs groupes infirme une large variabilité inter populationnelle (intra-site)

La classification, incluant l'ensemble des individus (135) issus des trois sites concernés par cette étude, démontre que les individus se divergent en 15 groupes (selon les caractères

## CONCLUSION GENERALE

---

foliaires) et en 05 groupes distincts (selon la morphologie florale). Cette distinction s'est réalisé indifféremment des origines des individus (trois populations). Le rassemblement en un seul groupe des individus provenant des trois sites distincts indique que les caractères morphologiques étudiés ne sont que faiblement affectés par l'effet de leurs environnements et par conséquent ce sont des facteurs a forte héritabilité génétique.

Les coupes histologiques pratiquées au niveau de la feuille de l'armoise blanche montrent la présence d'un parenchyme central au niveau de la structure du limbe qui serait qualifié d'un parenchyme de réserves hydriques. Les résultats obtenus de l'estimation des diamètres des cellules de ce parenchyme montre des variations très importantes entre les individus au niveau de chaque population. Les valeurs extrêmes des diamètres de ces cellules sont 90 et 101 $\mu$ m enregistrées chez les individus d'Armoise blanche du site 02( Oued Morra- Aflou). Nous avons enregistré au niveau des trois populations, que les individus ayant une paroi de cellules épidermiques épaisses, leurs cellules de réserves sont peu volumineuses et vice-versa. Ce comportement est une sorte d'adaptation de l'armoise blanche à la sécheresse.

L'analyse de variance des résultats obtenus montre que les diamètres des cellules de réserves, les longueurs des cellules épidermiques ainsi que l'épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques varient de manières très significatives à travers les individus, au sein et entre les populations et un effet non significatif uniquement pour les largeurs des cellules épidermiques.

L'analyse des paramètres anatomiques par la classification, a permis d'établir une variation importante de leur expression au sein et entre les différents sites étudiés. Ainsi les individus(30) de chaque site se répartissent à travers plusieurs groupes distincts. Cette distinction en groupes différents au niveau de chaque site indique une large variabilité intra-site. La classification de l'ensemble des individus de trois sites étudiés (90 individus) a donné 25 groupes distincts dont un grand groupe qui se caractérise par une forte hétérogénéité, contenant 26 individus provenant de trois sites étudiés. Ce qui minimise l'impact des facteurs écologiques sur l'expression des caractères morphologiques en commun choisis dans cette étude quant on

## CONCLUSION GENERALE

---

peut qualifier à forte héritabilité génétique et qui jouent certainement un grand rôle dans l'adaptation des individus d'Armoise blanche.

Malgré la très grande richesse de l'armoise blanche en composés secondaires, notre protocole d'extraction d'ADN nous a permis d'obtenir un ADN de très bonne qualité. Le protocole d'extraction d'ADN ainsi déterminé sera le protocole de base pour étudier la variabilité génétique des plantes aromatiques et médicinales qui a resté pendant longtemps limité par les difficultés d'extraction de l'ADN.

L'analyse du matériel génétique par l'utilisation des marqueurs génétiques ISSR réalisée sur 12 échantillons des individus prospectés au niveau de site d'étude 01 (El Faidja- Tiaret) indique que ce dernier est très polymorphe pour ce marqueur. Les bandes révélées chez les différents individus sont de tailles différentes vacillent entre des valeurs de 734 et 17348 paires de bases. Les amorces utilisées ce sont révélées très polymorphes donc l'utilisation des ISSR pour déterminer le polymorphisme génétique de l'armoise blanche paraît être un très bon choix. . En effet, les individus analysés présentent une variabilité génétique très marquée. La variabilité génétique ainsi démontrée s'expliquerait essentiellement par les mutations spontanées et l'apparition de nouvelles recombinaisons alléliques.

On considère que l'évaluation de la diversité génétique des ressources naturelles est un préalable indispensable à la définition des stratégies de leur gestion ou leur amélioration génétique. Cette étude a également indiqué une grande variabilité chez *l'Artemisia herba-alba* qui pourrait aidé le choix des écotypes les plus efficaces pour la réintroduction de cette espèce dans les écosystèmes steppiques dégradés de l'Algérie et ainsi de l'Afrique du Nord. Le choix des populations présentant une forte variabilité génétique nous permettra de conserver leurs graines dans une banque de grains afin de préserver notre espèce pour une éventuelle utilisation.

En guise de perspective, il serait intéressant d'étudier la variabilité anatomique des racines. Ainsi que, l'étude du polymorphisme de pollen d'Armoise blanche dont les préparations polliniques doivent être observé sous microscope électronique. Sur le plan génétique, il est préférable de tester d'autres types de marqueur moléculaires et d'étudier le polymorphisme génétique d'*Artemisia herba-alba* d'autres régions de l'Algérie.

# Références bibliographiques

---

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

### REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

1. **Adam A. F. et Dron M.,1993** . Les outils moléculaires et leur application à l'amélioration des plantes. Dans: Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire et des gènes? Ed. AURELP-UREF. John Libbey Eurotex, Paris, pp. 23-46.
2. **Aggoussine M., 2003**. Hydrologie en régions arides et semi arides : cas du Sud-Est Marocain, terre et vie. N° 65 Juin.
3. **Aidoud A., 1989**. Les écosystèmes Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso). II:Phytomasse et productivité primaire. Biocénoses, 1-2 : 70-90.
4. **Aidoud A., 1988**. Les écosystèmes steppiques à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) : caractères généraux . Biocenose : Bulletin d'écologie terrestre. CRBT . Alger. Tome 3. N° 12, année 1988
5. **Ajay, J., C. Apparanda and P.L. Bhalla., 1999**. Evaluation of genetic diversity and genome fingerprinting of *Pandorea* (Bignoniaceae) by RAPD and inter-SSR PCR. Génome 42:714-719.
6. **Aubert G., 1960** : les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur conservation. Actes coll. Unesco de Paris sur les problèmes de la zone aride, pp = 127-150.
7. **Audiot A., 1995**. Races d'hier pour l'élevage de demain , INRA Editions, Coll. Espaces ruraux, 229 pp.
8. **Akrout A., 2004**. Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). *CIHEM – IAMZ*, 2004. 489 P. ( *Cahier Option Méditerranéennes ; v. 62*).
9. **Ali Ferchichi ., 1997** : Contribution à l'étude cytotaxonomique et biologique d'*Artemisia herba-alba* Asso en Tunisie présaharienne, *Acta Botanica Gallica*, 144:1, 145-154
10. **Amghar F & Kadi-Hanifi H., 2008**. Diagnostique de la diversité floristique de cinq stations steppiques du Sud Algérois.386- 395pp.
11. **APG. (1998)** An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **85**, 531-553.
12. **Asso y del Rio P., 1779**. Synopsis stirpium indigenarum Aragoniae. Acad. Vol. I. pag. I. edit., Massiliae.
13. **Avise JC ., 2004**. Molecular' Markers, Natured History, and Evolution, second edition end. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
14. **Avise, J.C. and J.L. Hamrick., 1996** . Conservation Genetics: Case Histories from Nature. Chapman & Hall, New York .512 pp.

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

15. **Ayers R.S., 1978** . Aspects de salinité et de la qualité de l'eau de l'irrigation goutte à goutte. Ann. INA. vol I n°3, pp = 109- 113.
16. **Baize D et Girard B., 1995** . Guide pour la description des sols. INRA. Paris, 375p.
17. **Bahulikar R.A., Stanculescu D., Preston C.A & Baldwin I.T; 2004** . ISSR and AFLP analysis of the temporal and spatial population structure of the post-fire annual *Nicotiana attenuata*, in SW Utah. BMC Ecol. 6; 4(1):12.
18. **Bagnouls, F. & H. Gaussen ., 1953**. Saison sèche et régime xérothermique. Documents pour les cartes des productions végétales, t. III, vol. I, art. 8, 47p. Toulouse.
19. **Batra L., Kumar A., Manna M.C., Chabra R., 1997**. Microbiological and chemical amelioration of alkaline soil by growing Karnal grass and gypsum application. Experimental Agriculture. 33.4, pp : 389- 397
20. **Becerra A., Delaye L, Islas S and Lazcano A., 2007**. The Very Early Stages of Biological Evolution and the Nature of the Last Common Ancestor of the Three Major Cell Domains. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2007. 38:361–79is online at <http://ecolsys.annualreviews.org>.
21. **Bellakhdar, H., Pharmacopée marocaine traditionnelle, 1997**, Ed. IBIS Press, Paris
22. **Bellanca A et Neri., 1993**. Dissolution and precipitation of gypsum and carbonate minerales in soils on evaporite deposits, central sicily: isotope geochemistry and micro fabric analysis, geoderma. 59 .1/ 4, pp = 263-277.
- 23 **Bernstein L., 1964**. Salt tolérance of '. USDA. Agricultural information Bulletin, p283
24. **Bernou S., 1996** . Contribution à la création d'une banque de données pédologiques des sols gypseux de l'Algérie du Nord. Mem. Ing. INA, 49 p.
25. **Bidault M., 1971**. Variation et spéciation chez les végétaux supérieurs. Notion fondamentales de systématique moderne. Doin editeurs.8, place de l'odéon. Paris
26. **Bill, I. 2004**. La biologie de A à Z. Paris : DUNOD. 344 p.
27. **Blair, M.W., O. Panaud and S.R. Mc Couch., 1999**. Inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification for analysis of microsatellite motif frequency and fingerprinting in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 98:780-792.
28. **Botstein D, White RL, Skolnick M and Davis RW ., 1980**. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. Am J Hum Genet 32:314- 331.

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

- 29. Boyadgiev T.G., 1974.** Contribution to the Know ledge of gypsiferous soils. Agron / SF/ Syr / 67/ FAO, Rome, p 522.
- 30. Buso, G.S.C., P.H.N. Rangel and M.E. Ferreira ., 2001.** Analysis of random and specific sequences of nuclear and cytoplasmatic DNA in diploid and tetraploid American wild rice species (*Oryza* sp.). Genome. 44:476-494.
- 31. Bouteyre G et loyer Y., 1992 .** Sols salés eaux saumâtre des régions arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris
- 32. Bremner J.M., Mulvaney C.S., 1982.** Nitrogen total: methods of soil analysis part 2.Chemical and microbiological properties. Agronomy, Vol 9, 2"d Edition. American Soc. Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 595-641 .
- 33. Brondex F. 1999.** Evolution - synthèses des faits et théories -, *cours et questions de révision*. Paris : DUNOD. 186p.
- 34. Brown S.M. and Kresovich S ., 1996.** Molecular characterization for plant genetic resources conservation. Pp. 85-93 in Genome Mapping in Plants (H. Paterson, ed.). RG Landes Company, Georgetown, TX.
- 35. Calvet R., 2003 .** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 p.
- 36. Carmen., R.** Diversité génétique et réponse aux contraintes du climat : une étude de cas à partir de la biologie des populations de quinoa (*Chenopodium quinoa* Will) de Bolivie. Thèse de Doctorat, communauté française de Belgique, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux France, **2008** : 140 p.
- 37. Celles. J. C ., 1980.** Biologie et écologie végétales des régions arides univ de Nice., 1-20 p.
- 38. Charters, Y.M., Robertson, A., Wilkinson, M.J., 1996.** PCR analysis of oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) using 5' -anchored simple sequence repeat (SSR) primers. Theoret. Appl. Genetics ,92: 442. doi:10.1007/BF00223691
- 39. Chase. M.W & J. L. Reveal J. L,** « *A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III* », *Bot. J. Linn. Soc.*, vol. 161, octobre 2009, p.122-127 ([DOI 10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x), [lire en ligne](#))
- 40. Chehma A., Djebar M.R., Hadjaiji F., Rouabeh L., 2005.** Etude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud- Est algérien. Science planétaire / Sécheresse .Vol. 16 (4), p.p. 275-285

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

41. **Cherbuy B., 1991** . Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
42. **Claud G., Malher C., Claud Remy J., Berthelm J., Louis Morel j., 2005** . Sol et environnement. Dunod . Paris, pp= 609-625.
43. **Claros, G.M. & Quesada, A.R., 2000**. PCR as a specific, sensitive and simple method suitable for diagnostics. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 28: 223-226.
44. **DA Silva J A., 2004**. Mining the essential oils of the Anthemideae. *African Journal of Biotechnology* December Vol. 3 (12), 706-720 p.
45. **Djebaili s., Djellouli Y., Daget P. H; 1995**. Essai de typologie des steppes pâturées du secteur des hauts plateaux algériens. *Biocénoses*. Tome 6. 118 P.
46. **Djili K., 2000** . Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.
47. **Dob, T. and C. Chelghoum ., 2006**. Chemical composition of the essential oil of *Artemisia judaica* L. from Algeria. *Flavour. Fragr. J.* 21, 343-347.
48. **Duchauffour ph. Souchier B., 1977**. Pédologie 1, Pédogenèse et classification. Masson. Paris.
49. **Durand J.H., 1953**. Étude géologique, hydrogéologique et pédologique des croutes en Algérie. S.E.S. Alger, 209 p.
50. **Emberger L., 1955**. une classification biogéographique des climats. *Trav. Ins. Bot. Montpellier*. 7, pp : 3- 43.
51. **Eliard J.L., 1979** . Manuel d'agriculture générale. ed. J.B. Baillière. Paris, 344 p.
52. **FAO., 1988** .La qualité de l'eau en agriculture. *Bulletin d'irrigation et de drainage*, 29 Revel, 181 p.
53. **FAO, 1990**: Management of gypsiferous soils. *Soils Bulletin* 62, 81 p.
54. **Fang D.Q., Roose ML., 1997**. Identification of closely related citrus cultivar with inter-simple repeat markers. *Theor. Appl.* 95: 408 -417. <http://www.tandfonline.com/loi/tabg20>
55. **Farina M.P.W., Chnnon P et Thiband G.K., 2000**. A comparison of strategies for ameliorating sub soil acidity II, long term soil effects. *Soil. Sci. Soc. Am. J* n° 64, pp: 625-658.
56. **Fenardji F, Klur M, Furlon C, Ferrando R, 1974**. White Artemisia (*Artemisia herba-alba* L.). *Rev Elev Med Vet Pays Trop.*; 27(2):203-6.

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

- 57. Feuerstein I, Mueller D, Hobert K, Danin A, Segal R ., 1986.** Constitution of essential oils from *Artemisia herba-alba* populations of Israel and Sinai. *Phytochemistry* 25: 2343–2347
- 58. Ferreira, M.Y. & Grattapaglia, D., 1998.** Introducción al uso de Marcadores Moleculares en el Análisis Genético. EMBRAPA-CENARGEN. Brasilia, DF, Brasil. 221 p.
- 59. Floret ch et pontanier R., 1984 :** L'aridité climatique, aridité édaphique. *Bull. soc.Fr.131 Actuel. Bot.*1984 (2/3/4), pp : 265-275.
- 60. Francis J., 2001.** Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne. *Ed Robert Laffont, [rence/2221092074"ISBN 2-221-09207-4.](https://www.editions-laffont.com/ouvrage/2221092074-ISBN-2-221-09207-4)*
- 61. Frankham R., 1995.** *Conservation genetics*, *Annu. Rev. Genet.* 29 (1995) 305-327. [En ligne]< <http://fr.wikipedia.org> (consulté 15 Avril 2016).
- 62. Ghrabi Z. and Sand R.L. , 2008.** *Artemisia herba alba* Asso. A Guide to Medicinal Plants in North Africa, 49 - 49.
- 63. Gounot M., 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. Boulevard Saint-Germain. Paris. pp 37, 42, 64.
- 64. Gupta M, Chyi Y-S, Romero-Severson J, Owen JL, 1994.** Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of simple-sequence repeats. *Theoretical and Applied Genetics* 89, 998- 1006.
- 65. Guyot., 1997.** Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes, édition Masson, Paris. 505p.
- 66. Hadrys, H., Balick, M., Schierwater, B., 1992.** Applications of random amplified polymorphic DNA (RAPD) in molecular ecology. *Molecular Ecology*, 1: 55-63.
- 67. Halitim A., 1988 .**Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
- 68. Hajeer, A., J. Worthington and S. John., 2000.** SNP and Microsatellite Genotyping: Markers for Genetic Analysis. *Bio techniques Molecular Laboratory Methods Series.* Eaton Publishing, Manchester, UK.
- 69. Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X., Glaszmann, J.Ch., 2003.** Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants. Science Publishers Inc., USA, and CIRAD, France. 337 p.
- 70. Haouari M & Ferchichi A., 2009.** Essential Oil Composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia. *Molecules* : 1585-1594
- 71. Hartl, D.L., 1988.** A primer of population genetics. First edition. Sinauer Associates, Sunderland. 305 p.
- 72. Hassel K. & Gunnarsson U., 2003.** The use of inter simple sequence repeats (ISSR) in bryophytes population studies. *Lindbergia* 28 (3) : 152-157.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

---

- 73. Hatimi S., Boudouma M., Bichichi M., Chaib N. and Guessous Idrissi N., 2001 . B Soc Pathol, 94: 29-31.**
- 74. Hellal N., 2008.** Etude éco-phytochimique et apport nutritionnel de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) du sud Oranais, dans l'aliment du cheptel- *Thèse de doctorat. Univ . Djillali Liabes.* 98 P.
- 75. Hudaib, M. and T. Aburjai ., 2006.** Composition of the essential oil from *Artemisia herba- alba* grown in Jordan. *J. Essent. Oil Res.* 18, 301-304.
- 76 . Hufty A., 2001.** Introduction à la climatologie, presse de l'université de Laval, Canada, 533p.
- 77. Joshi, S.P., Gupta V.S., Aggarwal R.K., Ranjekar P.K. and Brar D.S., 2000.** Genetic diversity and phylogenetic relationship as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism in the genus *Oryza*. *Theor. Appl. Genet.* 100:1311-1320.
- 78. Julio., E.** Développement d'une carte génétique de *Nicotiana tabacum* et identification de QTLs liés à des caractères agronomiques et à la composition de la fumée. Thèse de doctorat, institut national polytechnique, Toulouse, **2005** : 115 p.
- 79. Kaeuffer R ., R Réale D., Pontier D., Chapuis JL. AND Coltman DW., 2008.** Local effects of inbreeding on embryo number and consequences for genetic diversity in Kerguelen mouflon . *Biology letters* 4 (5), 504-507
- 80. Kantety, R.V., X.P. Zeng, J.L. Bennetzen and B.E. Zehr., 1995.** Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Mol. Breed.* 1:365-373.
- 81. Kremer A. 1994.** Diversité génétique et la variabilité des caractères phénotypique chez les arbres forestiers. *Genet. Sel. Evol.*105-123
- 82. Khademi H., et Mermut A.R., 2003 .**micromorphology and classification of argids and associated gypsiferous aridisols from central Iran .science direct catena.pp :1-14
- 83. Konieczny, A. and Ausubel F.M., 1993.** A procedure for mapping *Arabidopsis* mutations using co-dominant ecotype-specific PCR-based markers. *Plant J.* 4(2):403-410.
- 84. Kostia S., Varvio S.L., Vakkari P., Pulkkinen P., 1995.** Microsatellite séquences in a conifsr, *Pinus sylvestris*. *Genome* 38:1244-1248
- 85. Le Floc'h E., A. Schoenenberger, A. Nabli & M.A. Valdeyron, 1989..**Biologie et écologie des principaux taxons. In : Essai de synthèse sur la végétation et la phyloecologie tunisienne - I. Eléments de botanique et de phyloecologie. A. Nabli (ed.), Fac. Sci. Tunis, imprimerie officielle de la République tunisienne, 49193

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

- 86. Le Houerou H.N., 1995.** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Option méditerranéenne. Série B : études et recherches n 10 ; Cheam. Montpellier, 397 p.
- 87. Le Houerou H.N., 1993.** Salt tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatique zone In: H. Leith et Al Massoom (edits): towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol 1. Kluver academ, pp: 403- 422.
- 88. Le Houerou H.N., 1975.** deterioration of the écologia équilibre in the aride zone of North Africa. FAO, Rome, pp: 45- 57
- 89. Lemaire A, 1882.** De la détermination histologique des feuilles médicinales. LIBRARY NEW YORK. p 147
- 90. Losos, J. B. and Glor, R. E., 2003.** Phylogenetic comparative methods and the geography of speciation. *Trends in Ecology and Evolution* 18 (5): 220-227
- 91. Lowe, A.J., J.R. Russell, W. Powell and I.K. Dawson. 1998.** Identification and characterization of nuclear, cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) loci in *Irvingia gabonensis* and *I. wombolu*, indigenous fruit trees of west and central Africa. *Mol. Ecol.* 7(12):1786-1788.
- 92. Lucotte, G., 1983.** Génétique des populations. Initiation théorique et biochimique à l'étude du polymorphisme. InterEditions, Paris, France.
- 93. Maghni B, Adda A, Merah O., 2017.** Evaluating morphological variability of *artemisia herbaalba* asso from western Algeria. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(1), 509-527.
- 94. Maghni B, Bougoutaia Y, Abderrabi K, Adda A, Merah O .,2016.** Optimization of DNA Extraction and PCR Conditions for Genetic Diversity Study in *Artemisia herba-Alba* from Algeria. *Scientific J Genetics Gen Ther* 2(1): 010-012.
- 95. Maghni B.** Etude du polymorphisme, morphologique, structural et moléculaire chez trois populations d'Armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) Dans la région de Tiaret. Mémoire de Magister, Univ.Ibn khldoun, Tiaret, **2013** : pp 72,88.
- 96. Mandoulakani B.A., Gomarian M. et Shahnejat-Bushehri A.A., 2006.** Identification of the parents for bread-making quality improvement in bread wheat based on RAPD and seed storage protein (HMW-GS) markers. *Pakistan-Journal of Biological Sciences*, **9(3)**: 497-502.
- 97. Maquet, A., 1995.** Étude de la diversité génétique de la légumineuse alimentaire *Phaseolus lunatus* L. par l'analyse de caractères morphophysologiques et de marqueurs protéiques. PhD thèses, Fac. Université de Sciences Agronomique, Gembloux, Belgique. 203 pp.

- 98. Marrif, H.I., B.H. Ali and K.M. Hassan., 1995.** Some pharmacological studies on *Artemisia herba-alba* (Asso.) in rabbits and mice. *J. Ethnopharmacol.*, 49: 51-55.
- 99. Marco J.A., 1989.** Sesquiterpene lactones from *Artemisia herba-alba*. *Phytochemistry*, 28: 3121-3126.
- 100. Mark W. C and James L. R., 2009.** Classification APG III
- 101. Mashali A.M., 1996.** Soil management practices for gypsiferous soils. International symposium with gypsum. Leida. Spain, pp: 34-51.
- 102. Mathieu C et Pieltain F., 2003.** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.
- 103. Mohamed H., El-Sayed M.A., Hegazy M.E., Helaly S.E., Esmail A.M. and Mohamed N.S. ., 2010.** Chemical Constituents and Biological Activities of *Artemisia herba-alba* . *Rec Nat Prod*, 4: 1-25.
- 104. Morgante, M. and A.M. Olivieri ., 1993.** PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. *Plant J.* 3(1):175-182.
- 105. Morel R., 1996 .** Les sols cultivés. lavoisier . 2 eme edition. Paris, 378 p.
- 106. Nabli M A., 1989.** Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes, tome I. Ed. MAB (Faculté des sciences de Tunis) ; 186-188 p.
- 107. Nadira A., Benchaben H & Maatoug M.** Dynamique des peuplements d'*Artemisia herba-alba* Asso dans la steppe du Sud oranais (Algérie occidentale). *Sécheresse* 2007; 18: 65-71.
- 108. Najimi, B., EL Jaafari, S., Jlibene, M & Jacquemin, J. M.** application des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2003 volumes 7 (1), 17-35.
- 109. Nedjraoui D., 2004.** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation . In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens* . Zaragoza : CIHEAM, . p. 239-243
- 110. Nedjraoui D., 2003 .** Country pasture , forage resource profiles . ed. FAO. Grassland and pasture crops Algérie, pp: 1-29.
- 111. Negre R., 1962.** Petite flore des régions arides du Maroc occidental .*Tome II*. CNRS. Paris 7<sup>e</sup> . 566 P.
- 112. Nezhadali A, Akbarpour M, Zarrabi Shirvan B and Mousavi M.,2010.** Comparison of volatile organic compounds of *Thymus vulgaris* using hydrodistillation and headspace solid

## REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

---

phace microextraction gas chromatography mass spectrometry, J. Chin. Chem. Soc. Vol 57, 2010, 40-43.

**113. Nezhadali, A. Akbarpour M, and B. Zarrabi Shirvan., 2008.** *Chemical composition of the essential oil From the aerial parts of Artemisia Herba*, E-J. Chemistry, vol. 5, pp. 557-561

**114. Nikolova M., Gussev C.H. and Nguyen T., 2010 .** Evaluation of the Antioxidant action and flavonoid composition of *Artemisia* species extracts. Biotechnol, 21-23.

**115. Nouar B., 2015.** Contribution à l'étude de la diversité floristique et biogéographique des matorrals selon un gradient altitudinal des monts de TIARET (ALGERIE). Thèse Mag, Univ. Tlemcen. 33p.

**116. Ouyahya A., 1987.**Systematique du genre *Artemisia* au Maroc. Thèse de Doctorat d'Etat, St-Jerome, 373p.

**117. Openheimer H.R. 1961.** L'adaptation à la sécheresse: le xérophytisme. In : Echange hydrique des plantes en milieux arides, pp. 115-153. UNESCO, Paris.

**118. Ozenda p., 1991.** flore et végétation du sahara. 3<sup>eme</sup> édition. cnrs edition. paris. 662 p.

**119. Pradeep Redy M, Sarla N, Siddiq A., 2002.** Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. Euphytica (128):9–17.

**120. Paran, I. and R.W. Michelmore., 1993.** Development of reliable PCR based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. Theor. Appl. Genet. 85:985-993.

**121. Parizeau, M., 1997.** La biodiversité. Tout conserver ou tout exploiter ? Sciences, Ethiques, sociologies. Paris : DeBoeck & larcier s.a. 214p.

**122. Park C., Chang L. S. and Shenk T.,1991.** A polymerase chain reaction mediated by simple primer. Cloning of genomic sequences adjacent to a serotonin receptor protein coding region. *Nucl. Acids Res.* 19:7155-7160.

**123. Pierre-Henri G ., 1998.** Précis de Génétique des populations , , masson. [En ligne]<<http://fr.wikipedia.org> (consulté le 19.07.2015).

**124. Plomion, C., 2003.** Marqueurs génétiques moléculaires. In Tagu D., Moussard C., éd. *Principes des techniques de biologie moléculaire – 2ème édition.* INRA Editions, Paris, France. pp. 14

**125. Pottier-Aiapetite G., 1981.**Flore de la Tunisia ; Angiospermes Dicotylédones, 2 : Gamopétales. Programme Flore et Végétation Tunisiennes, Publications scientifiques tunisiennes, 539p.

**126. Poulizac, J.A. 1999.** La variabilité génétique. Paris : ellipses. 159 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

---

- 127. Qian W., Ge S. and Hong D-Y., 2001.** Genetic variation within and among population of a wild rice *Oriza granulata* from China detected RAPD and ISSR markers. *Theor. Appl. Genet.* 102:440-449.
- 128. Quezel P & Santa S., 1962.** Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Tome I. 565 p.
- 129. Ramade, F., 2008.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Paris : édition DUNOD. 726 P.
- 130. Ramade F., 2003 .** Élément d'écologie. 3 emme édition. Dunod, 690 p.
- 131. Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritche, J.C., 2003.** Effect of soil organic carbon on soil water retentation. *GEODERMA.*, 1 16, 61-76.
- 132. Regagba Z., 2012.** Dynamique des populations végétales halophytes dans la région sud-est de tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques. Thèse Mag, Univ. Tlemcen. 141p
- 133. Rieseberg, L.H. & Ellstrand, N.C., 1993.** What Can Molecular and Morphological Markers Tell Us About Plant Hybridization?. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 12: 213-241.
- 134. Rivas-Martinez s., 1981.** Les étages bioclimatiques de la péninsule Ibérique. *Anal. Gard. Bot. Madrid* 37 (2). Pp: 251-268.
- 135. Rodolphe B., Christophe F., Hélène D and Melissa Richards., 2007.** CRISPR Provides Acquired Resistance Against Viruses in Prokaryotes. *Science* 315, 1709
- 136. Ruellan A., 1976.** Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques, *Ann. Agro. INA. Vol VI. N°1*, pp 11-39.
- 137. Ruellan A., 1971 .** Les sols de la base Moulouya (Maroc oriental). *Cah. ORSTOM. N° 54*, 302 p .
- 138. Saiki, R.K., Scharf, S., Faloona, F., Mullis, K.B., Horn, G.T., Erlich, H.A., Arnheim, N., 1985.** Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Sciences*, 230 : 1350-1354.
- 139. Salah S.M. and Jager A.K., 2005 .** Screening of traditionally used Lebanese herbs for neurological activities. *J Ethnopharmacol*, **97**: 145– 149.
- 140. Saleh N.A.M., El-Negoumy S.I. and Abou-Zaid M.M., 1987.** Flavonoids of *Artemisia judaica*, *A. monosperma* and *Artemisia herba-alba*. *Phytochemistry*, **26**: 3059– 3064.
- 141. Salido, S.; Valenzuela. L.R.; Altarejos. J.; Nogueras. M.; Sanchez, A.; Cano. E., Biochemical Systematics and Ecology, 2004, 32, 265-277.**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

---

- 142. Santoni, S., Faivre -Rampant, P., Prado, E & Prat, D.** Molecular markers for genetic resource analysis and plant breeding. *Cahiers d'études et de recherches francophones/ Agricultures*. **2000** Volume 9. Number 4. 311-327.
- 143. Soltner, D., 1 996.** Les bases de la production végétale. Tome 1 Le sol et son amélioration. 2 1 éditions, Collection Sci. Tech. Agr., 463 pages.
- 144. Stebbins G.L., 1950.** Variation and evolution in Plants. *Colombia Univ. Press*, New-York, 643pp.
- 145. Stewart Ph., 1968.** Quotient pluviométrique et dégradation bio sphérique : quelques réflexions. *Bull. soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. Alger.* 59 (1-4), pp 23- 36.
- 146. Swynghedauw, B., 2000.** Biologie et génétique moléculaire. Aide-mémoire. 2e édition. Dunod, Paris, France. 156 p.
- 147. Tagu, D. & Moussard, C., 2003.** Principes des techniques de biologie moléculaire. 2e édition. INRA, Paris. 176 p.
- 148. Tastekin D., Atasever M., Adigüzel G., Keles M. and Tastekin A., 2006.** Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba-alba* in experimental hyperglycaemic rats. *Bull Vet Inst Pulawy*, **50**: 235-238.
- 149. Tazairt, K.** Etude de la variabilité morphologique, caryologique et électrophorétique de l'Alfa (*Stipa tenacissima L*) dans trois régions de l'Algérie selon un gradient longitudinal. Résultats préliminaires d'un essai de révision e la systématique de l'Alfa. Thèse de magister, université Houari Boumediene, Alger, **1992** : 111 p.
- 150. Tutienpo., 2012.** <http://www.tutienpo.net>  
<http://www.seq.qc.ca/antennae/archives/v9n1p5.htm>
- 151. Tsumura Y., Ohba K ., Strauss S.H ., 1996.** Diversity and inheritance of inter-simple sequence repeat polymorphisms in Douglas-fir ( *Pseudotsuga menziesii*) and sugi (*Cryptomeria japonica*).*Theor.Appl. Genet.* 92:40-45.
- 152. Vekemans, X. & Jacquemart, A.L., 1997.** Perspectives on the use of molecular markers in plant population biology. *Belgian Journal of Botany*, 129: 91-100.
- 153. Ventura F., Darrel N. et looropeza L., 2001.** Soil erosion of an indurate volcanic from the semi-arid area of the Mexico. *Nat. soil . Erosion. Res. Lab. Col* 47. n° 3, pp : 330- 335 .
- 154. Vos P, Hogers R, Bleeker M., 1995.** AFLP. A new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23, 4407-4414.
- 155. Walter, S.J., Christopher, S. C., Elizabeth, A. K., Peter, S. 2002.** Botanique systématique, *une perspective phylogénétique*. Paris : De Boeck Université. 467 p.

## REFERENCES BIOBLIOGRAPHYQUES

---

- 156. Welsh, J. & McClelland, M., 1990.** Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic acid Research*, 18: 7213-7218.
- 157. Williams, J.G.K., Rubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A., Tingey, S.V., 1990.** DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research*, 18: 6531- 6535.
- 158. White, T.J., Arnheim, N., Erlich, H., 1989.** The polymerase chain reaction. *Trends in Genetics*, 5: 185-188.
- 159. Wu K.S., R. Jones, L. Dannebergerand and P.A. Scolnik., 1994.** Detection of microsatellite polymorphisms without cloning. *Nucleic Acids Research*, 22(15), 3257-3258.
- 160. Ye Y.M., J.W. Zhang, G.G. Ning and M.Z. Bao, 2008.** - A comparative analysis of the genetic diversity between inbred lines of *Zinnia elegans* using morphological traits and RAPD and ISSR markers. *Scientia Horticulturae*, 118, 1-7.
- 161. Yin Y., Gong F.Y., XinWu X., Sun Y., Li Y., Chen T. and Xu Q., 2008.** Anti-inflammatory and immunosuppressive effect of flavones isolated from *Artemisia vestita*. *J Ethnopharmacol*, 120 : 1– 6.
- 162. Zabeau M, Vos P., 1993.** Selective restriction fragment amplification: a general method for DNA fingerprinting. EP534858A1, European Patent Application.
- 163. Zahow m. f et amerhein c ., 1992.** Reclamation of saline soil using synthetic polymers and gypsum soil .science.society of America journal.56.4,pp:1257- 1260 .
- 164. Zietkiewicz, E., A. Rafalski and D. Labuda., 1994.** Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20:176-183.

# Annexes

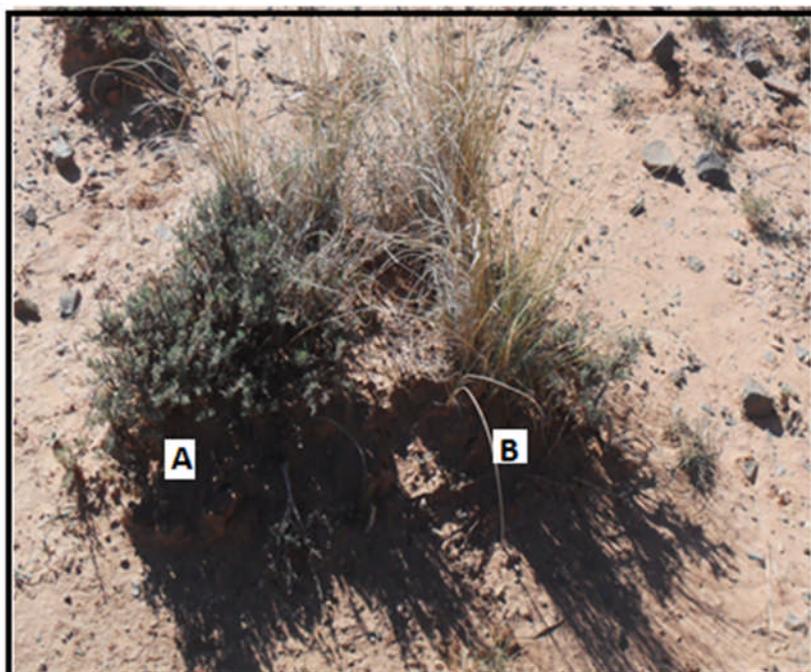
**Annexe 1 : Photos d'armoise blanche**



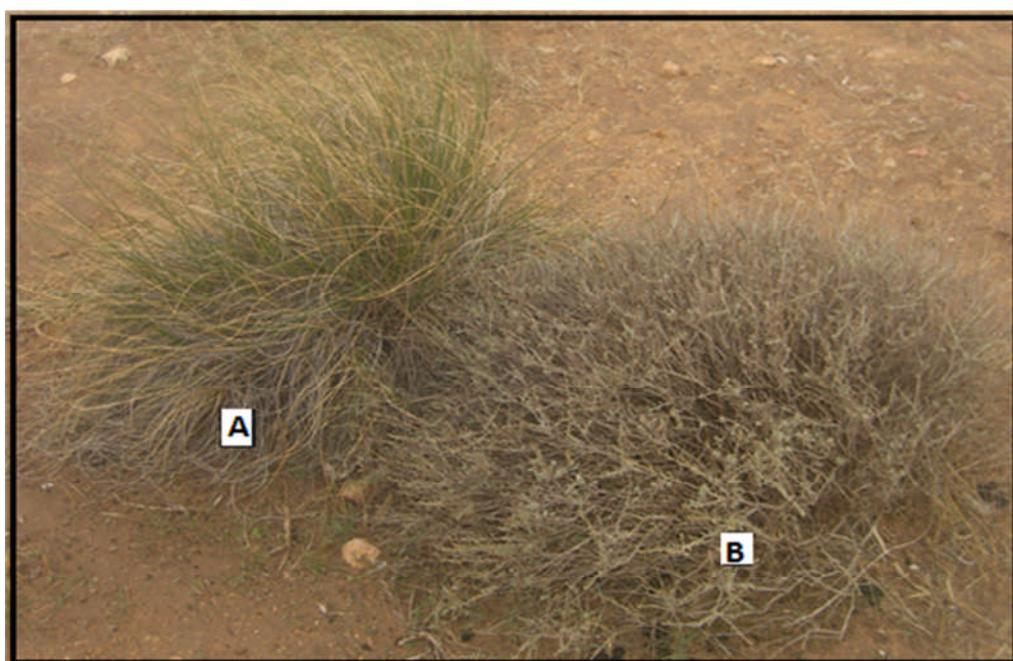
**Figure 1.** Touffe d'Armoise blanche (Population3 – site Oued Morra )



**Figure 2.** Touffe d'Armoise blanche( Population1–site Oued Morra)



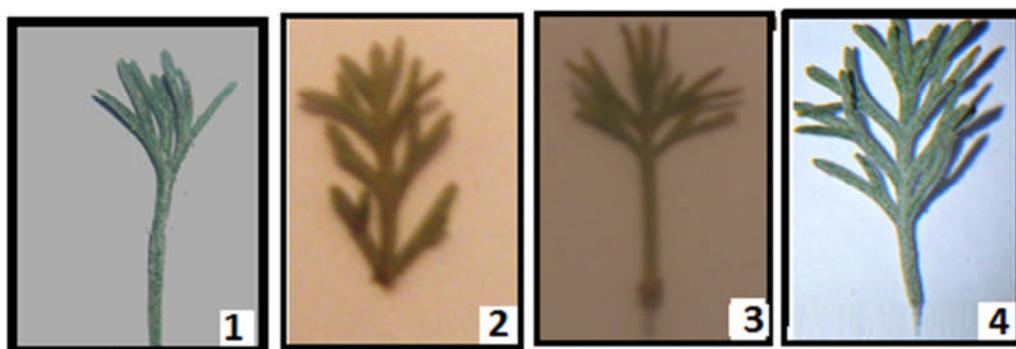
**Figure 3.** Population1 - site Oued Morra ; (A) : Touffe de *Artemisia herba-alba* Asso ; (B) Touffe de *Stipa tenacissima*



**Figure 4.** Population1 - site El Faidja- Tiaret; (A) : Touffe de Touffe de *Stipa tenacissima*; (B) *Artemisia herba-alba* Asso



**Figure 5 :** Touffe dégradé d'Armoise blanche (population 1 – Site de Hassi Er'mel)



**Figure 6 .** Nombre de folioles par feuille ; 1 : 03 folioles ; 2 : 07 folioles ; 3: 05 folioles ; 4: 09 folioles

## ANNEXES

### Annexe 2 : Données climatiques utilisées de trois régions étudiées.

**Tableau.1:** Valeurs des précipitations moyennes mensuelles du site Oued Morra- Laghouat(1985- 2014) .

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aut	Sep	Oct	Nov	Des	total
P(mm)	17	12.75	17.15	14.75	12.85	6.85	3.6	7.5	11.4	12.75	13.6	16.4	<b>146.6</b>

**Tableau.2:** Valeurs des précipitations moyennes mensuelles du site Hassi Er'mel- Laghouat(1999- 2015)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aut	Sep	Oct	Nov	Des	total
P(mm)	11	4.53	1.90	2.5	1.2	2.98	3.79	3.1	6.62	7	6.65	5.1	<b>56.37</b>

**Tableau 3:** Températures moyennes mensuelles et annuelles du site Elfeidja-Tiaret sur 32 ans (1983- 2012)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aut	Sep	Oct	Nov	Des
Min	1.05	1.45	3.26	5.27	9.81	13.59	17.74	17.77	14.29	10.11	5.35	2.48
Max	11.0 7	12.5 9	15.87	18.96	23.40	30.01	34.98	34.16	28.71	23.73	15.90	12
Moy	6.06	7.02	9.56	12.11	16.60	21.8	26.36	25.96	21.5	16.92	10.62	7.24

**Tableau 4 :** Températures moyennes mensuelles et annuelles du site Oued Morra Laghouat(1985- 2014) .

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aut	Sep	Oct	Nov	Des
Min	- 2.83	-2.71	2.16	4.5	15.00	19.4	20.1	18.4	16.07	13.00	4.62	2.83
Max	15.7 5	15.67	15.02	23.90	28.35	33.4	37.3	36.00	29.6	23.2	16.5	10.35
Moy	6.46	6.48	10.81	14.2	21.67	26.4	28.00	27.2	22.83	18.1	10.56	6.62

## ANNEXES

**Tableau 05 :** Températures moyennes mensuelles et annuelles du site Hassi Er'mel- Laghouat(1999- 2015)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aut	Sep	Oct	Nov	Des
<b>Min</b>	2.25	3.05	8.47	13.01	17.50	22.53	26.09	24.70	20.34	14.86	7.76	3.32
<b>Max</b>	16.55	19.49	21.23	24.00	31.48	35.37	39.75	38.46	30.60	26.78	17.8 8	15.02
<b>Moy</b>	7.15	8.22	14.85	18.50	24.49	28.95	32.92	31.58	26.47	20.82	12.8 2	9.12

### Annexe 3 : Fréquences d'apparition des caractères morphologiques chez les trois sites étudiés.

**Tableau 1 :** Fréquences d'apparition de la couleur de la feuille au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Couleur des feuilles</b>	Vert Foncé	28	50	13	00	35	00	00	00	00
	Vert clair	34	18	67	65	65	10	10	00	00
	Blanche	38	32	20	35	00	90	90	100	100

**Tableau 2 :** Fréquences d'apparition de la Présence de poiles et couleur des feuilles après élimination des poils au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Présence de poiles sur les feuilles</b>	Forte présence	37	37.5	30	60	00	90	90	100	100
	Présence moyenne	36	15	43	30	80	10	10	00	00
	Faible présence	27	47.5	27	10	20	00	00	00	00

## ANNEXES

**Tableau 3 :** Fréquences d'apparition du mode de répartition des folioles sur la feuille au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Répartition des folioles sur la feuille</b>	Le long de la feuille	24	60	20	00	00	00	20	30	40
	Extrémité de la feuille	76	40	80	100	100	100	80	70	60

**Tableau 4 :** Fréquences d'apparition de nombre de fleurs par capitule au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Nombre de fleurs par capitule</b>	05	100	100	100	100	100	100	100	30	15
	08	00	00	00	00	00	00	00	70	85

**Tableau 5 :** Fréquences d'apparition de la couleur des pétales au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>La couleur des pétales</b>	Rouge	60	32	00	35	45	70	100	00	60
	Orange	28	68	47	00	00	00	00	00	00
	Jaune	12	00	53	75	55	30	00	100	40

**Tableau 6 :** Fréquences d'apparition du mode d'insertion de la corolle sur l'ovaire au niveau des trois sites étudiés.

Caractère	Variante	Site1(%)			Site2(%)			Site3(%)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Insertion de la corolle sur l'ovaire</b>	Vertical (V)	28	37	27	40	25	50	30	15	20
	Oblique (O)	72	63	73	60	75	50	70	85	80

## ANNEXES

### Annexe 4 : Paramètres morphologiques foliaires

**Tableau 1** : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 1- site1

Pop 01-sptel	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
1	1	3	5	3	1	1	2	1
1	2	2	5	3	2	1	1	3
1	3	3	5	3	1	1	2	1
1	4	2	7	2	2	1	2	3
1	5	3	5	2	2	1	1	1
1	6	2	3	2	1	1	1	2
1	7	1	5	3	1	1	2	2
1	8	1	5	3	2	1	1	3
1	9	2	7	2	2	1	1	2
1	10	3	7	3	2	1	2	1
1	11	3	3	2	1	1	2	1
1	12	2	5	3	2	1	2	1
1	13	3	5	3	2	1	1	2
1	14	1	5	3	1	1	2	1
1	15	1	3	3	1	1	1	3
1	16	3	5	2	2	1	2	1
1	17	1	5	2	1	1	2	3
1	18	1	5	3	1	2	2	1
1	19	3	5	2	1	2	2	2
1	20	2	5	3	1	2	2	2
1	21	2	5	2	1	1	2	3
1	22	3	5	3	1	2	2	3
1	23	2	5	3	1	2	2	1
1	24	2	7	3	2	1	2	1
1	25	2	3	3	2	2	2	2
1	26	1	7	3	2	1	2	2
1	27	1	5	3	2	2	2	3
1	28	3	5	3	2	1	2	2
1	29	3	3	3	1	2	2	2
1	30	3	5	3	2	1	2	3

## ANNEXES

**Tableau 2 :** Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 2- site1

Pop 02- site1	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
2	1	3	5	3	1	1	1	1
2	2	2	5	3	2	2	1	3
2	3	3	5	3	1	1	2	3
2	4	2	7	2	2	2	2	3
2	5	3	5	3	1	1	1	1
2	6	2	3	2	1	2	1	2
2	7	1	5	3	1	2	2	2
2	8	1	5	3	2	2	1	3
2	9	2	7	2	1	1	1	1
2	10	3	7	3	2	2	2	1
2	11	3	7	3	1	2	1	1
2	12	2	5	3	2	2	1	1
2	13	3	5	2	1	1	1	2
2	14	2	5	2	1	2	2	1
2	15	3	3	3	1	2	1	3
2	16	3	7	2	2	1	2	1
2	17	3	5	2	1	2	1	3
2	18	3	7	3	1	2	2	1
2	19	3	5	2	1	2	1	1
2	20	3	5	3	1	2	1	1
2	21	3	5	2	1	1	2	3
2	22	3	5	2	1	2	2	3
2	23	3	5	3	1	2	2	1
2	24	3	7	3	1	1	1	1
2	25	3	3	3	1	2	1	3
2	26	3	7	3	1	1	2	1
2	27	3	5	3	1	2	1	3
2	28	3	7	3	1	2	1	1
2	29	3	5	3	1	2	2	3
2	30	3	7	3	1	1	1	3

## ANNEXES

**Tableau 3 : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 3- site1**

Pop 03-site1	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Fol/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
3	1	2	5	3	2	2	1	1
3	2	2	5	3	2	2	1	2
3	3	3	5	2	1	1	2	1
3	4	1	3	3	2	2	1	2
3	5	3	5	3	1	1	1	1
3	6	2	7	2	2	2	1	2
3	7	1	5	3	1	1	2	2
3	8	2	5	3	2	2	1	1
3	9	2	3	2	1	2	2	1
3	10	3	3	3	2	2	2	2
3	11	2	7	2	2	2	1	2
3	12	2	5	3	2	2	1	1
3	13	2	5	2	1	1	1	2
3	14	2	5	2	1	1	2	1
3	15	2	5	3	1	2	1	2
3	16	2	7	2	2	2	2	1
3	17	2	5	3	2	2	1	3
3	18	3	7	3	1	2	2	1
3	19	3	5	2	1	2	1	3
3	20	2	5	3	1	2	1	3
3	21	2	5	3	1	2	1	2
3	22	2	5	3	1	2	1	2
3	23	3	5	3	1	2	1	3
3	24	1	7	3	1	1	1	3
3	25	1	5	3	1	2	1	2
3	26	2	7	3	2	2	1	2
3	27	2	5	3	1	2	1	3
3	28	2	5	3	1	2	1	2
3	29	2	5	3	1	2	1	3
3	30	2	7	3	1	2	1	3

## ANNEXES

**Tableau 4 : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 1- site2**

Pop 01-site2	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
1	1	3	5	3	1	2	2	1
1	2	2	5	3	1	2	2	2
1	3	3	5	3	1	2	2	1
1	4	2	7	3	1	2	2	1
1	5	3	5	2	1	2	2	1
1	6	2	7	3	1	2	2	2
1	7	2	5	3	1	2	2	2
1	8	2	5	3	1	2	2	3
1	9	2	7	2	1	2	2	2
1	10	3	7	3	1	2	2	1
1	11	3	7	2	1	2	2	2
1	12	2	5	3	1	2	2	1
1	13	3	5	2	1	2	2	1
1	14	2	5	3	1	2	2	1
1	15	2	5	3	1	2	2	3
1	16	3	5	2	1	2	2	1
1	17	2	5	2	1	2	2	3
1	18	2	5	3	1	2	2	1
1	19	3	5	3	1	2	2	2
1	20	2	5	3	1	2	2	2
1	21	2	5	2	1	2	2	1
1	22	3	5	2	1	2	2	1
1	23	2	5	2	1	2	2	1
1	24	2	7	2	1	2	2	1
1	25	2	5	2	1	2	2	2
1	26	3	7	3	1	2	2	2
1	27	3	5	2	1	2	2	1
1	28	2	5	2	1	2	2	1
1	29	3	7	2	1	2	2	3
1	30	2	5	3	1	2	2	1

## ANNEXES

**Tableau 5 : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 2- site2**

Pop 02-site3	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
2	1	1	5	2	1	2	2	3
2	2	2	7	2	1	2	2	2
2	3	1	5	2	1	2	2	2
2	4	2	7	2	1	2	2	2
2	5	1	5	3	1	2	2	2
2	6	2	7	3	1	2	2	2
2	7	1	5	2	1	2	2	2
2	8	2	7	2	1	2	2	2
2	9	2	5	3	1	2	2	2
2	10	1	7	2	1	2	2	2
2	11	2	5	2	1	2	2	2
2	12	2	7	3	1	2	2	2
2	13	2	7	2	1	2	2	2
2	14	1	5	2	1	2	2	2
2	15	2	7	2	1	2	2	3
2	16	2	5	2	1	2	2	2
2	17	1	5	3	1	2	2	2
2	18	2	5	2	1	2	2	3
2	19	2	5	3	1	2	2	2
2	20	1	7	3	1	2	2	2
2	21	2	7	2	1	2	2	3
2	22	1	5	2	1	2	2	2
2	23	2	7	2	1	2	2	2
2	24	2	5	2	1	2	2	3
2	25	2	5	2	1	2	2	2
2	26	2	7	3	1	2	2	2
2	27	2	5	2	1	2	2	2
2	28	1	7	2	1	2	2	2
2	29	1	5	2	1	2	2	3
2	30	2	7	3	1	2	2	2

## ANNEXES

**Tableau 6 : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 3- site2**

Pop 03-site2	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
3	1	3	5	3	1	2	2	1
3	2	3	5	3	1	2	2	1
3	3	3	5	2	1	2	2	1
3	4	3	5	2	1	2	2	1
3	5	3	5	3	1	2	2	2
3	6	3	5	3	1	2	2	1
3	7	3	5	3	1	2	2	1
3	8	3	5	3	1	2	2	2
3	9	3	5	3	1	2	2	1
3	10	3	5	3	1	2	2	1
3	11	3	5	2	1	2	2	1
3	12	3	5	3	1	2	2	1
3	13	3	7	2	1	2	2	1
3	14	3	5	3	1	2	2	1
3	15	3	7	2	1	2	2	2
3	16	2	5	3	1	2	2	1
3	17	3	5	3	1	2	2	1
3	18	3	5	2	1	2	2	1
3	19	3	5	3	1	2	2	1
3	20	3	5	3	1	2	2	1
3	21	3	5	3	1	2	2	1
3	22	3	5	3	1	2	2	1
3	23	3	7	2	1	2	2	1
3	24	2	7	3	1	2	2	1
3	25	3	5	3	1	2	2	1
3	26	3	7	3	1	2	2	1
3	27	2	5	3	1	2	2	1
3	28	3	7	2	1	2	2	1
3	29	3	5	3	1	2	2	1
3	30	3	5	3	1	2	2	1

## ANNEXES

**Tableau 7** : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 1- site3

Pop 01-site3	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
1	1	3	5	3	1	2	2	1
1	2	3	7	3	1	2	2	2
1	3	3	5	3	1	2	2	1
1	4	2	7	3	1	2	2	1
1	5	3	7	3	1	2	2	1
1	6	2	7	3	1	2	1	2
1	7	3	5	3	1	2	2	2
1	8	3	5	3	1	2	2	1
1	9	3	7	2	1	2	1	1
1	10	3	7	3	1	2	2	1
1	11	3	7	2	1	2	2	1
1	12	2	9	3	1	2	2	1
1	13	3	9	2	1	2	2	1
1	14	3	9	3	1	2	2	1
1	15	3	7	3	1	2	2	1
1	16	3	7	2	1	2	2	1
1	17	3	9	2	1	2	2	1
1	18	3	7	3	1	2	2	1
1	19	3	7	3	1	2	2	1
1	20	3	7	3	1	2	1	1
1	21	3	9	3	1	2	1	1
1	22	3	9	3	1	2	1	1
1	23	3	9	3	1	2	2	1
1	24	3	7	3	1	2	2	1
1	25	3	7	2	1	2	2	1
1	26	3	7	3	1	2	2	1
1	27	3	7	2	1	2	1	1
1	28	3	7	3	1	2	2	1
1	29	3	7	3	1	2	2	1
1	30	3	7	3	1	2	2	1

## ANNEXES

**Tableau 8 :** Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 2- site3

Pop 02-site3	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
2	1	3	5	3	1	2	2	1
2	2	3	7	3	1	2	2	1
2	3	3	7	3	1	2	2	1
2	4	3	9	3	1	2	2	1
2	5	3	9	3	2	2	2	1
2	6	3	7	2	2	2	1	1
2	7	3	5	3	1	2	2	1
2	8	3	9	2	1	2	2	1
2	9	3	7	2	2	2	1	1
2	10	3	9	3	1	2	2	1
2	11	3	7	2	1	2	2	1
2	12	3	9	3	2	2	1	1
2	13	3	9	2	2	2	2	1
2	14	3	9	3	2	2	1	1
2	15	3	7	3	1	2	2	1
2	16	3	7	2	1	2	1	1
2	17	3	9	3	2	2	2	1
2	18	3	7	3	1	2	2	1
2	19	3	7	3	1	2	2	1
2	20	3	7	3	2	2	1	1
2	21	3	9	3	1	2	1	1
2	22	3	9	3	1	2	1	1
2	23	3	7	3	1	2	2	1
2	24	3	7	3	1	2	2	1
2	25	3	7	3	1	2	2	1
2	26	3	9	3	2	2	2	1
2	27	3	7	3	1	2	1	1
2	28	3	5	3	2	2	2	1
2	29	3	7	3	1	2	2	1
2	30	3	7	3	1	2	2	1

## ANNEXES

**Tableau 9** : Paramètres morphologiques de la feuille des individus de la population 3- site3

Pop 03-site3	Ind	Couleur de feuilles	Nbr . Fol/Feuil	Nbr .Foll/Fol	Dis. Feuil/Ram	Dis .Fol/Feuil	Rep .Fol/Feuil	Prese .Poil
3	1	3	5	3	2	2	2	1
3	2	3	7	3	2	2	2	1
3	3	3	5	3	2	2	1	1
3	4	3	7	2	2	2	1	1
3	5	3	7	2	1	2	2	1
3	6	3	7	3	2	2	1	1
3	7	3	5	3	2	2	1	1
3	8	3	7	2	1	2	2	1
3	9	3	7	2	2	2	1	1
3	10	3	7	3	2	2	1	1
3	11	3	7	2	1	2	2	1
3	12	3	5	3	1	2	2	1
3	13	3	5	2	2	2	1	1
3	14	3	5	3	2	2	2	1
3	15	3	7	3	2	2	2	1
3	16	3	7	2	2	2	2	1
3	17	3	5	2	1	2	2	1
3	18	3	7	3	2	2	2	1
3	19	3	7	2	2	2	2	1
3	20	3	7	3	2	2	1	1
3	21	3	5	3	2	2	1	1
3	22	3	5	3	1	2	1	1
3	23	3	5	3	2	2	2	1
3	24	3	7	2	2	2	2	1
3	25	3	7	2	1	2	2	1
3	26	3	7	3	1	2	2	1
3	27	3	5	2	2	2	1	1
3	28	3	5	3	1	2	2	1
3	29	3	7	3	2		1	1
3	30	3	7	3	2	2	2	1

## ANNEXES

### Annexe 5 : Paramètres morphologiques floraux.

**Tableau 1** : Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 1- site1

Pop1-site1	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
1	1	1	2	2	2	2	2	5
1	2	2	1	2	1	1	2	5
1	3	1	1	2	1	1	2	5
1	4	1	2	2	1	2	2	5
1	5	1	1	2	1	2	2	5
1	6	1	1	2	1	2	2	5
1	7	2	1	2	1	1	1	5
1	8	2	2	2	1	2	2	5
1	9	1	1	2	1	1	2	5
1	10	2	2	2	1	2	2	5
1	11	2	2	2	2	2	2	5
1	12	1	1	2	2	1	1	5
1	13	1	2	2	1	2	2	5
1	14	1	1	2	1	1	2	5
1	15	1	1	2	2	1	2	5
1	16	2	1	2	2	1	1	5
1	17	2	1	2	2	2	2	5
1	18	2	1	2	2	1	4	5
1	19	2	2	2	2	2	2	5
1	20	2	1	2	2	2	2	5
1	21	2	2	2	2	2	2	5
1	22	2	1	2	2	2	2	5
1	23	2	2	2	2	2	2	5
1	24	2	1	2	2	1	2	5
1	25	2	1	2	2	1	2	5
1	26	2	1	2	2	1	2	5
1	27	2	1	2	2	2	2	5
1	28	2	1	2	2	2	3	5
1	29	2	2	2	2	2	3	5
1	30	2	1	2	2	2	3	5

## ANNEXES

**Tableau 2:** Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 2- site1

Pop2-site1	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
2	1	1	2	2	2	2	2	5
2	2	2	1	2	1	1	2	5
2	3	1	1	2	1	1	2	5
2	4	1	2	2	1	2	2	5
2	5	1	1	2	1	2	2	5
2	6	1	1	2	1	2	2	5
2	7	2	1	2	1	1	1	5
2	8	2	2	2	1	2	2	5
2	9	1	1	2	1	1	2	5
2	10	2	2	2	1	2	2	5
2	11	2	2	2	2	2	2	5
2	12	1	1	2	2	1	1	5
2	13	1	2	2	1	2	2	5
2	14	1	1	2	1	1	2	5
2	15	1	1	2	2	1	2	5
2	16	2	1	2	2	1	1	5
2	17	2	1	2	2	2	2	5
2	18	2	1	2	2	1	4	5
2	19	2	2	2	2	2	2	5
2	20	2	1	2	2	2	2	5
2	21	2	2	2	2	2	2	5
2	22	2	1	2	2	2	2	5
2	23	2	2	2	2	2	2	5
2	24	2	1	2	2	1	2	5
2	25	2	1	2	2	1	2	5
2	26	2	1	2	2	1	2	5
2	27	2	1	2	2	2	2	5
2	28	2	1	2	2	2	3	5
2	29	2	2	2	2	2	3	5
2	30	2	1	2	2	2	3	5

## ANNEXES

**Tableau 3 :** Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 3- site1

Pop3-site1	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
3	1	2	2	1	2	2	2	5
3	2	3	1	2	1	1	2	5
3	3	3	1	2	1	1	1	5
3	4	2	2	2	2	2	2	5
3	5	3	1	1	2	2	2	5
3	6	3	1	1	1	2	2	5
3	7	2	1	2	1	2	1	5
3	8	2	1	1	1	2	2	5
3	9	3	1	2	1	1	4	5
3	10	2	2	1	1	2	2	5
3	11	2	2	2	2	2	2	5
3	12	3	1	1	2	2	1	5
3	13	3	2	2	1	2	2	5
3	14	3	1	1	1	2	2	5
3	15	3	1	2	1	2	1	5
3	16	3	1	1	1	2	1	5
3	17	2	1	2	2	2	2	5
3	18	2	1	1	1	2	1	5
3	19	2	2	2	2	2	2	5
3	20	3	1	1	1	2	2	5
3	21	3	2	1	1	2	2	5
3	22	2	1	1	2	2	2	5
3	23	2	2	1	2	2	2	5
3	24	3	1	2	1	2	1	5
3	25	3	1	1	1	2	1	5
3	26	2	1	2	1	2	3	5
3	27	2	1	1	1	2	1	5
3	28	2	1	1	1	2	3	5
3	29	3	1	1	2	2	3	5
3	30	3	1	1	2	2	3	5

## ANNEXES

**Tableau 4** : Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 1- site2

Pop1-site2	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
1	1	1	2	2	2	2	2	5
1	2	3	1	2	1	1	2	5
1	3	1	1	2	1	1	1	5
1	4	1	2	2	2	2	2	5
1	5	1	1	1	2	2	3	5
1	6	1	1	1	1	2	2	5
1	7	3	1	1	2	1	1	5
1	8	3	1	2	1	2	2	5
1	9	1	1	1	2	1	4	5
1	10	3	2	2	2	1	3	5
1	11	3	2	2	2	2	2	5
1	12	1	1	2	2	1	1	5
1	13	1	2	2	2	2	2	5
1	14	1	1	1	2	2	2	5
1	15	1	2	1	2	1	4	5
1	16	3	2	1	2	1	4	5
1	17	3	2	1	2	2	2	5
1	18	3	2	1	2	2	4	5
1	19	3	2	1	2	2	2	5
1	20	3	2	1	2	2	3	5
1	21	3	2	1	2	2	3	5
1	22	3	2	1	2	2	3	5
1	23	3	2	1	2	2	4	5
1	24	3	2	1	2	2	2	5
1	25	3	2	1	2	2	2	5
1	26	3	2	1	2	2	4	5
1	27	3	2	1	2	2	3	5
1	28	3	2	1	2	2	3	5
1	29	3	2	1	2	2	3	5
1	30	3	2	1	2	2	3	5

## ANNEXES

**Tableau 5** : Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 2- site2

Pop2-site2	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
2	1	1	2	2	2	2	2	5
2	2	3	2	2	1	2	1	5
2	3	1	2	2	1	1	1	5
2	4	1	2	2	2	2	1	5
2	5	1	2	1	2	2	1	5
2	6	1	2	1	1	2	2	5
2	7	3	2	1	2	1	1	5
2	8	3	2	2	1	2	2	5
2	9	1	2	1	2	1	4	5
2	10	3	2	2	2	1	3	5
2	11	3	2	2	2	2	2	5
2	12	1	2	2	1	1	1	5
2	13	1	2	2	1	2	1	5
2	14	1	2	1	1	2	2	5
2	15	1	2	1	2	2	4	5
2	16	3	2	1	2	1	4	5
2	17	3	2	1	2	2	2	5
2	18	3	2	1	2	2	4	5
2	19	3	2	1	2	2	3	5
2	20	3	2	1	1	2	2	5
2	21	3	2	1	2	2	3	5
2	22	3	2	1	1	2	3	5
2	23	3	2	2	2	2	4	5
2	24	3	2	2	2	2	4	5
2	25	3	2	2	2	2	2	5
2	26	1	2	2	2	2	2	5
2	27	1	2	2	2	2	4	5
2	28	3	2	1	2	1	3	5
2	29	1	2	1	1	2	3	5
2	30	3	2	2	2	1	3	5

## ANNEXES

**Tableau 6 :** Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 3- site2

Pop3-site2	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
3	1	1	2	2	2	2	2	5
3	2	3	2	2	1	2	1	5
3	3	1	1	2	1	1	1	5
3	4	1	2	2	2	2	1	5
3	5	1	2	2	2	2	3	5
3	6	1	1	1	1	2	2	5
3	7	3	1	2	1	1	1	5
3	8	3	2	2	1	2	3	5
3	9	1	1	2	2	1	4	5
3	10	3	1	2	2	1	3	5
3	11	3	1	2	2	2	2	5
3	12	1	2	2	1	1	1	5
3	13	1	2	2	1	2	1	5
3	14	1	2	1	1	2	3	5
3	15	1	2	1	2	2	4	5
3	16	3	2	1	2	1	4	5
3	17	3	2	2	1	1	3	5
3	18	3	2	1	1	1	4	5
3	19	3	2	2	1	1	3	5
3	20	1	2	1	1	1	2	5
3	21	1	2	1	1	1	3	5
3	22	1	2	1	1	1	3	5
3	23	1	2	2	1	1	4	5
3	24	1	2	2	1	1	4	5
3	25	1	2	2	1	1	2	5
3	26	1	2	2	1	1	2	5
3	27	1	2	2	1	1	2	5
3	28	1	2	2	1	1	3	5
3	29	1	2	2	1	1	3	5
3	30	1	2	2	1	1	3	5

## ANNEXES

**Tableau 7** : Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 1- site3

Pop1-site3	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
1	1	1	2	2	2	2	2	5
1	2	1	2	2	1	2	1	5
1	3	1	2	2	1	1	1	5
1	4	1	2	2	2	2	1	5
1	5	1	2	2	2	2	1	5
1	6	1	2	2	1	2	2	5
1	7	1	2	2	2	1	2	5
1	8	1	2	2	1	2	2	5
1	9	1	2	2	2	1	3	5
1	10	1	2	2	2	1	3	5
1	11	1	2	2	2	2	2	5
1	12	1	2	2	1	2	2	5
1	13	1	2	2	1	2	1	5
1	14	1	2	2	2	2	2	5
1	15	1	2	2	2	2	2	5
1	16	1	2	2	1	1	3	5
1	17	1	2	2	2	2	2	5
1	18	1	2	2	1	2	4	5
1	19	1	2	2	2	2	3	5
1	20	1	2	2	1	2	2	5
1	21	1	2	2	2	2	3	5
1	22	1	2	2	1	2	2	5
1	23	1	2	2	2	2	4	5
1	24	1	2	2	2	2	4	5
1	25	1	2	2	2	2	2	5
1	26	1	2	2	2	2	2	5
1	27	1	2	2	2	2	4	5
1	28	1	2	2	2	2	2	5
1	29	1	2	2	2	2	2	5
1	30	1	2	2	2	2	2	5

## ANNEXES

**Tableau 8 :** Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 2- site3

Pop2-site3	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
2	1	3	2	1	2	2	2	8
2	2	3	2	1	1	2	1	8
2	3	3	2	1	1	1	2	8
2	4	3	2	1	2	2	2	8
2	5	3	2	1	2	2	1	8
2	6	3	2	1	1	2	2	8
2	7	3	2	1	2	1	2	8
2	8	3	2	1	1	2	2	5
2	9	3	2	1	2	1	3	8
2	10	3	2	1	1	1	1	8
2	11	3	2	1	1	2	2	5
2	12	3	2	1	1	2	2	5
2	13	3	2	1	1	2	2	8
2	14	3	2	1	2	2	2	8
2	15	3	2	1	2	2	2	5
2	16	3	1	1	1	2	3	5
2	17	3	1	1	2	2	2	8
2	18	3	2	1	1	2	4	8
2	19	3	2	1	2	2	3	8
2	20	3	2	1	1	2	1	5
2	21	3	1	1	2	2	3	8
2	22	3	2	1	1	2	2	8
2	23	3	1	1	2	2	4	8
2	24	3	2	1	2	2	4	8
2	25	3	2	1	2	2	2	5
2	26	3	2	1	2	2	2	5
2	27	3	2	1	2	2	4	8
2	28	3	2	1	2	2	2	8
2	29	3	2	1	2	2	2	8
2	30	3	2	1	2	2	2	8

## ANNEXES

**Tableau 9 :** Paramètres morphologiques de la fleur des individus de la population 3- site3

Pop3-site3	Ind	Couleur Pétales	Couleur Etamines	Couleur Carpelle	Niveau d'insertion Des Etamines	Mode d'insertion, corolle sur l'ovaire	Le Niveau entre corolle/ovaire	Nombre fleurs /capitule
3	1	1	2	1	2	2	2	8
3	2	1	2	1	1	2	1	8
3	3	1	2	2	1	1	2	8
3	4	1	2	2	2	2	2	8
3	5	1	2	2	2	2	4	8
3	6	3	2	2	1	2	2	8
3	7	3	2	2	2	1	3	8
3	8	3	2	2	1	2	4	5
3	9	3	2	1	2	1	3	8
3	10	3	2	2	1	1	1	8
3	11	3	2	2	1	2	2	5
3	12	3	2	2	1	1	4	8
3	13	1	2	2	1	2	2	8
3	14	1	2	2	2	2	4	8
3	15	3	2	1	2	2	2	5
3	16	3	2	2	1	1	3	5
3	17	1	2	2	2	2	2	8
3	18	1	2	2	1	2	4	8
3	19	1	2	2	2	1	4	8
3	20	1	2	2	1	2	1	8
3	21	1	2	2	2	2	1	8
3	22	1	2	2	1	2	2	8
3	23	1	2	2	1	2	4	8
3	24	3	2	2	2	2	4	8
3	25	3	2	2	2	2	2	8
3	26	1	2	2	2	2	4	8
3	27	1	2	2	2	2	4	8
3	28	1	2	2	2	2	2	8
3	29	1	2	2	2	2	1	8
3	30	3	2	2	2	2	2	8

## ANNEXES

### Annexe 6 : Différentes mesures des Paramètres Anatomiques étudiés

**Tableau 1** : Paramètres anatomiques étudiés du site1

P o p	Ind	Epaisseur de la paroi	Cellules épidermiques		Cellules chlorophylliennes		cellules de parenchyme de réserves hydriques		Cellules de conduction	
			Longue ur	Largeur	Longueur	Largeur	Diamètre	Nombre de couches	Diamè tre	Nombre des faisceaux
1	1	2,73	18,07	10,27	34,32	8,45	26,65	5	1.5	3
1	2	2,99	18,72	11,7	33,54	10,4	29,9	4	2.50	3
1	3	3,25	17,42	7,8	26,91	10,01	19,89	3	2.00	3
1	4	2,535	14,17	11,96	13,26	11,57	15,08	2	1.75	3
1	5	2,34	11,37	5,33	13,74	8,84	16,25	1	2.20	3
1	6	2,73	15,34	9,1	46,8	10,79	33,8	4	3.00	3
1	7	2,47	15,6	13,78	35,1	9,75	24,05	2	3.20	3
1	8	3,9	13	11,7	20,8	8,19	28,6	5	3.00	3
1	9	1,95	14,3	6,5	41,6	9,75	25,35	1	2.50	3
1	10	1,95	12,09	8,84	27,82	6,5	20,8	4	2.70	3
2	11	6,5	18,5	13,13	20,93	10,92	9,16	4	1.9	3
2	12	3,51	13	9,1	35,1	9,75	30,29	3	3.00	3
2	13	3,31	15,73	10,14	25,61	10,4	22,1	1	2.10	3
2	14	1,84	11,31	6,89	14,06	7,85	22,36	3	2.00	3
2	15	6,5	18,33	13,91	34,45	11,31	29,9	3	1.50	3
2	16	2.00	14.00	9.5	15.50	8.5	30.00	3	1.30	3
2	17	2.6	18.00	12.5	30.00	13	29.00	4	1.6	3
2	18	3.50	14.50	11	34.00	12.10	26.50	4	2.5	3
2	19	5.5	15.50	10	25.00	10.5	20.00	1	1.9	3
2	20	6.6	12	8.5	32.5	12	21.00	1	2.00	3
3	21	6,9	11,60	7,5	27,00	11,2	22,5	3	1.50	3
3	22	7	18,07	13,13	20,9	11	9,16	1	1.85	3
3	23	3,3	13,00	9,1	41	9	30,30	4	2.00	3
3	24	1,8	15,73	10,15	25,61	10,4	22	4	2.10	3
3	25	6	14,3	7	14,10	7	00	00	2.60	3
3	26	5,5	18,33	14	34,45	14,5	10,9	3	2.50	3
3	27	5,8	13,60	7,5	40,5	15,5	00	00	2.2	3
3	28	3,00	13,00	8,00	40,2	14,9	25	4	1,9	3
3	29	3,5	15,20	10	18,00	9,5	27,5	3	2,50	3
3	30	3,9	18,22	11,5	25,00	9,5	24	5	2,30	3

## ANNEXES

**Tableau 2 : Paramètres anatomiques étudiés du site 02**

P o p	Ind	Epaisseur de la paroi	Cellules épidermiques		Cellules chlorophylliennes		cellules de parenchyme de réserves hydriques		Cellules de conduction	
			Longue ur	Largeur	Longueur	Largeur	Diamètre	Nombre de couches	Diamè tre	Nombre des faisceaux
1	1	7.12	14.25	11.11	37.5	7.95	41	1	6	3
1	2	4.30	14.30	11.50	42.50	12.95	35	3	5.6	3
1	3	3.50	14.00	11.7	25.35	9.00	31	3	8.8	3
1	4	5.95	14.30	10.65	24.30	8.00	92	1	8.5	3
1	5	4.90	16.00	11.95	35.50	9.00	65	1	14.5	1
1	6	3.45	16.10	12.05	48.60	9.9	55	3	8.5	3
1	7	4.46	15.10	12.30	35.20	8.90	95.5	1	12	1
1	8	3.85	14.45	12.00	48.00	9.00	84	1	5.5	3
1	9	3.50	14.00	11.55	32.50	11.50	70	1	7.00	3
1	10	4.05	13.00	11.00	37.7	11.00	37	3	8.00	3
2	11	5.90	12.45	11.00	47.20	13	55	1	6.00	3
2	12	8.0	14.00	12.50	25.60	8.00	35	1	7.5	3
2	13	4.35	13.90	11.30	30.50	7.95	32	1	5	3
2	14	5.80	16.10	13.15	25.80	8.20	00	00	5.5	3
2	15	7.90	15.00	13.05	16.90	5.50	29	1	7	3
2	16	8.15	14.30	11.20	18.90	6.60	41	1	5.5	3
2	17	3.26	14.90	11.62	37	10.20	35	3	8.13	3
2	18	4.90	14.30	10.95	15.50	7.90	00	00	6	3
2	19	5.75	15.00	13.54	43	13.90	52	1	5.5	3
2	20	7.70	16.50	13.00	39.60	8.50	55	1	5.00	3
3	21	4.70	16.90	12.95	29.95	9.50	61	1	8.7	3
3	22	6.30	13.75	11.50	36	11.20	49	1	7.7	3
3	23	5.0	12.95	11.23	37.7	8.5	26	1	4	3
3	24	4.10	13.00	11.00	40.50	13	101	1	12	1
3	25	3.60	15.45	13.30	35.50	9.00	45	3	5	3
3	26	4.70	15.00	13.35	18.50	4.50	59	1	7	3
3	27	6.00	14.65	12.00	17.55	5.85	64	1	6.25	3
3	28	8.30	14.00	11.7	27.5	5.2	96.30	1	13.7	1
3	29	2.30	13.95	11.50	23.90	5.50	49	3	6.5	3
3	30	2.50	12.95	11.20	29.90	5.56	45	3	8	3

## ANNEXES

**Tableau 3 : Paramètres anatomiques étudiés su site 03**

P o p	Ind	Epais seur de la paroi	Cellules épidermiques		Cellules chlorophylliennes		cellules de parenchyme de réserves hydriques		Cellules de conduction	
			Longueur	Largeur	Longueur	Largeur	Diamètre	Nombre de couches	Diamètre	Nombre des faisceaux
1	1	4.15	14	10	27	9.5	20	4	5.6	3
1	2	3.90	14	9	25	10	21	4	6.00	3
1	3	3.30	15	10.9	45	11	26	2	6.2	3
1	4	4.5	13	10	22	13	22	4	7.2	3
1	5	4.90	12	9	21.20	11	00	00	14.2	1
1	6	3.25	11	9	18.50	10.40	24	2	9.00	3
1	7	3.00	14	11	24	14.5	20	4	6.5	3
1	8	2.85	13	9.5	35	12	19	4	5.5	3
1	9	5.50	14.5	10.5	29	10.5	00	00	2.5	3T
1	10	3.05	15.5	12	28.60	14.5	25.6	4	6.5	3
2	11	4.90	12	9.5	35.5	12	00	00	3	3T
2	12	5.0	12.9	10	40	15	00	00	3.5	3T
2	13	4.75	11	8	20.00	9.00	00	00	13.5	1
2	14	5.80	13	10	22	12	00	00	15	1
2	15	5.20	13.5	7.7	35	15	00	00	2	3T
2	16	3.3	12.7	8.5	31.00	10.00	23	4	4.3	3
2	17	3.2	12	8.5	30	12	26.6	2	4.2	3
2	18	2.80	15	12	32	14	24	3	6.5	3
2	19	5.75	13	10	24.7	10.3	00	00	11.5	1
2	20	2.60	12	9.5	41	13	21.5	4	7	3
3	21	3.80	11	10	45	15	18	4	5	3
3	22	5.30	15	12	22	9	00	00	14.65	1
3	23	3.5	14	11	30	10	22	4	6.6	3
3	24	4.10	12	10.5	29	12	24	4	9.5	3
3	25	4.70	14	10.5	23.4	8.30	00	00	13	1
3	26	2.70	17	11	32.5	8.71	19	4	5.5	3
3	27	6.2	12	8	41	9.5	00	00	3.0	3T
3	28	5.30	12	7.5	30	11	00	00	2.5	3T
3	29	3.0	14	9	25	14	27	3	6.6	3
3	30	4.0	13.9	9	29	13	27	3	6	3