

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة عمار تليجي الأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم

FACULTE DES SCIENCES

قسم البيولوجيا

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

BEN MESSAOUD Fatima Zahra et KHELIFI Naima

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière: Ecologie

Option: Ecologie Végétale et Environnement

Thème

Analyse des paramètres morpho-métriques d'une végétation
steppique en relation avec synthèse de pigments
chlorophylliens

Soutenu le : 28 /06/2022 devant un jury :

Président: M.Med Abdel Madjid BOUMEDDIENE **MAA**

Rapporteur : Dr.Zohra HOUYO **MCB**

Co-Rapporteur: M.Med El Ssedik BENYAHIA **Doctorant**

Examinatrice : Amira ABDESSELAM **MAA**

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, Dieu le Miséricordieux, l'Unique, Le Puissant, pour sa protection afin de Pouvoir accomplir ce modeste travail. Au docteur HOUYOU Zohra, notre encadrante. Vous avez suivi et encadré ce travail avec rigueur scientifique, malgré vos multiples occupations. Le temps passé à vos côtés nous a permis de bénéficier de vos immenses qualités intellectuelles. Veuillez trouver ici, l'expression de notre très grande gratitude et nos remerciements les plus sincères. Au doctorant Benyahia Mohammed elsseddik pour son accompagnement et ces conseils précieux. Au monsieur Boumeddiene mohamed Abdelmadjid Et madame Abdesselam Amira vous nous a faites un grand honneur d'accepter de faire partie de ce jury de mémoire. Soyez rassuré de notre profonde reconnaissance et recevez nos sincères remerciements. Nous tenons aussi à remercier monsieur le chef du département de Biologie à l'Université de Amar Telidji Laghouat, Professeur Chaibi Rachid ainsi que tous les enseignants du département. Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude. A tous les enseignants du département de l'écologie végétale et environnement, Merci pour toutes ces connaissances que nous avons acquis à vos côtés. Que Dieu vous accorde une longue vie. A tout le personnel du laboratoire. A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail.

Dédicace

Louange à Dieu qui nous a fait compléter ce travail

Je dédie ce mémoire à ceux qui ont cru en ma réussite

A Ma Très chère mère. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, et tu le fait toujours malgré la distance.

A la mémoire de Mon défunt Père qui peut trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie, Puissz Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit .Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de lui.

A Mon cher mari je vous dis merci l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.

A mes enfants Imed Maya et Djouri

A mes chères sœurs

A mes chers frères

A mon amie Amel merci pour le soutien permanent que tu m'as offerte gratuitement

A toutes mes amies pour leurs encouragements

A tous ceux qui Nous ont aidés de près ou de loin pour pouvoir réaliser ce Travail.

Naima.

Dédicace

Louange à Mon dieu qu'il m'a offert la santé et le courage à fin de

Réaliser ce modeste travail que je dédie

*Aux personnes les plus chères au monde ma grand-mère ma mère et mon père
mes sœurs et mes frères pour leur présence, leur encouragement et leur soutien*

tout au long de ma vie, que dieu vous garde pour moi,

A tous mes chers amis

Merci du Fond du cœur, je vous adore.

Fatima zahra

SOMMAIRE

| | |
|--|----------|
| Remerciement | |
| Dédicace | |
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Résumé | |
| Introduction | 1 |
| CHAPITRE I Généralité sur le stress | |
| I. Définition de stress | 3 |
| II. Stress biotiques des plantes | 3 |
| II.1. Infection par des microbes et des insectes | 3 |
| II.2. Les maladies cryptogamiques | 3 |
| II.3. Les maladies provoquées par les virus | 4 |
| III. Stress abiotiques des plantes | 4 |
| III.1. Stress salin | 4 |
| III.2. Stress thermique | 4 |
| III.3. Stress hydrique | 5 |
| III.4. Stress oxydatif | 5 |
| III.5. Azote | 5 |
| III.6. la pollution atmosphérique | 6 |
| III.7. Pénurie et excédent de lumière | 6 |
| IV. Les hormones de stress | 6 |
| IV.1. Acide abscissique | 6 |
| IV.2. Ethylène | 7 |
| IV.3. Les auxines | 7 |
| IV.4. La Proline | 8 |
| IV.4.1. La proline et le stress | 8 |
| IV.4.2. Rôle de proline | 8 |
| V. La plante et le stress | 9 |

| | |
|---|----|
| V.1. Réponses d'une plante aux stress abiotiques | 9 |
| V.1.1. Réponse moléculaire | 9 |
| V.1.2. Réponse cellulaire | 9 |
| V.1.3. Réponse au niveau de la plante entière | 10 |
| V.2. Réponses des plantes à la sécheresse | 10 |
| VI. Les modes de réponses | 10 |
| VI.1. Adaptation | 10 |
| VI.2. L'acclimatation | 10 |
| VII. Mécanisme réactionnel des plantes | 10 |
| VII.1. Résistance (rusticité) | 11 |
| VII.2. Tolérance | 11 |
| VII.3. Evitement | 11 |
| VII.4. Phénomène d'échappement | 11 |
| Chapitre II : Matériels et méthode | |
| I. localisation de la zone d'étude | 12 |
| I.1. Situation géographique de la région de Sebtag | 12 |
| I.2. Caractéristique de milieu physique | 13 |
| I.2.1. La géologie | 13 |
| I.2.2. La géomorphologie | 13 |
| I.2.3. Pédologie | 14 |
| I.2.4. Réseaux hydrographique | 15 |
| II. Caractéristiques climatique et bioclimatique | 15 |
| II.1. La pluviosité | 15 |
| II.2. Températures | 16 |
| II.3. Neige | 16 |
| II.4. Sirocco et vent de sable. | 16 |
| II.5. Le vent | 17 |
| II.6. Synthèse climatique | 17 |
| II.6.1. Le diagramme Ombro-thermique de Gaussen | 17 |
| II.6.2. Le Climagramme d'Emberger | 18 |
| III. Méthode d'échantillonnage et collecte des données sur le terrain | 19 |
| III.1. Analyses floristique | 20 |

| | |
|---|----|
| III.1. 2. Méthode d'échantillonnage | 20 |
| III.1.3. Relevé phytocéologique | 20 |
| III.4. Mode opératoire sur le terrain | 20 |
| III.4.1. Matériel utilisé | 20 |
| III.4.2. Emplacement des relevés | 20 |
| III.4.3. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple | 21 |
| IV. Analyses des données du terrain | 21 |
| IV.1. Identification des espèces | 21 |
| IV.2 Analyse du patrimoine biologique | 21 |
| IV.2.1. Richesse totale | 21 |
| IV.2. 2. Recouvrement global de la végétation | 22 |
| IV.2.3. La fréquence spécifique | 22 |
| IV.2.4. La contribution spécifique | 22 |
| IV.2.5. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') | 23 |
| IV.2.6. Equitabilité (EQ) | 23 |
| IV.2.7. Diversité biologique (Le spectre biologique) | 24 |
| IV.2.8. Diversité phytogéographique | 24 |
| IV.2.9. Indice de perturbation du milieu | 25 |
| IV.2.10. Mesure du biovolume (BV) des espèces inventoriées | 25 |
| V. Analyses biochimiques et physiologiques des espèces inventoriées | 25 |
| V.1. Les paramètres physiologiques | 25 |
| V.1.1. La teneur en eau (%) | 25 |
| V.2. Les paramètres biochimiques | 25 |
| V.2.1. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF) | 25 |
| V.2.2. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) | 26 |
| V.2.3. Dosages de la proline (mmol/g MF) | 27 |
| VI. Climatologie de zone d'étude durant la saison de notre travail | 28 |
| VI.1. Sol de la zone d'étude | 28 |
| Chapitre III : Résultats et discussion | |
| I. Analyse climatique de la zone d'étude | 30 |
| I.1. Les températures moyennes mensuelles | 30 |

| | |
|--|-----------|
| I.2. Les précipitations | 30 |
| II. Analyse floristique | 31 |
| II.1. Richesse floristique et contribution au tapis végétale | 31 |
| II.2. Indice de Shannon (H') et Equitabilité (E) | 31 |
| II.3. Type biologique | 32 |
| III. Morphométrie des plantes | 33 |
| IV. Paramètres biochimiques et physiologiques des plantes inventoriées | 33 |
| IV.1. Paramètres physiologiques | 33 |
| IV.1.1. La teneur en eau (%) | 33 |
| IV.2. Paramètres biochimiques | 34 |
| IV.2.1. Teneur en Chlorophylle totale (mg/ g MF) | 34 |
| IV.2.2. Teneur en Sucres totaux (mg/ g MF) | 34 |
| IV.2.3. Teneur en Proline accumulée (mmol/ g MF) | 35 |
| V. Synthèse des paramètres mesurés sur les plantes inventoriée | 36 |
| VI. Discussions | 37 |
| VI.1. La teneur en eau | 37 |
| VI.2. La teneur en chlorophylle | 38 |
| VI.3. La teneur en sucre totaux | 39 |
| VI.4. La teneur en proline | 40 |
| CONCLUSION | 42 |

Liste des abréviations

| | |
|------------------|---|
| BV | Biovolume |
| CAM | Carassulacean acid metabolism |
| C si | La contribution spécifique |
| °C | Degrés Celsius |
| D.P.A.T | Direction de la Planification et de l'aménagement du territoire |
| EQ | L'équitabilité |
| F si | la fréquence spécifique |
| H' | Indice de diversité de Shannon-Weaver |
| Km | Kilomètre |
| MS | Matière sèche |
| MF | Matière fraîche |
| Mm | Millimètre |
| mmol/g MF | Milli mole par gramme de Matière fraîche |
| MI | Millilitre |
| m/s | Mètre par seconde |
| mg/ g MF | Milligramme par gramme de Matière fraîche |
| ONM | Office National de la Météorologie |
| Pf | Poids frais |
| Ps | Poids sec |
| Ph | Potentiel hydrogène |
| % | Pourcent |

Liste des figures

| N° de figures | Titres | Pages |
|---------------|---|-----------|
| 01 | Situation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Laghouat (source D.P.A.T 2011). | 12 |
| 02 | Carte d'occupation des sols et végétation de la région de Sebgag. | 14 |
| 03 | Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station d'Aflou 2001-2022. | 18 |
| 04 | Climagramme d'Emberger de la région d'Aflou. | 19 |
| 05 | Méthode de la ligne pour l'inventaire de la végétation. | 21 |
| 06 | Représentation de Dosage de la chlorophylle des espèces inventoriées. | 26 |
| 07 | Représentation de Dosage de sucres totaux au laboratoire des espèces inventoriées. | 27 |
| 08 | Représentation de dosage de la proline des espèces inventoriées. | 28 |
| 09 | Présentation des températures moyennes mensuelles dans la région d'étude 2022. | 30 |
| 10 | Répartition des précipitations de la région d'étude 2022. | 30 |
| 11 | Spectres biologiques de la zone d'étude. | 32 |
| 12 | Représentation de la teneur en eau des espèces inventoriées. | 33 |
| 13 | la teneur en chlorophylle totale dans les parties foliaires des sept espèces. | 34 |
| 14 | Représentation de sucres totaux chez les sept espèces. | 35 |
| 15 | Représentation de taux de proline chez les sept espèces. | 36 |

Liste des tableaux

| N° de tableaux | Titres | Pages |
|-----------------------|---|--------------|
| 01 | La localisation de la région d'Aflou. | 15 |
| 02 | Répartition des précipitations moyennes annuelles exprimées en millimètre de la région d'Aflou (2001-2021). | 16 |
| 03 | Températures moyennes mensuelle de la région d'Aflou (2001-2021). | 16 |
| 04 | Caractéristiques physico-chimiques du sol de la zone d'étude. | 29 |
| 05 | Répartition des espèces inventoriées et leur contribution spécifique au tapis végétale. | 31 |
| 06 | Indice de diversité spécifique ou indice de Shannon «H'» et l'équitabilité « E» dans le parcours planté. | 32 |
| 07 | Répartition des espèces inventoriées en fonction de leur biovolume (m ³). | 33 |
| 08 | Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour chaque plante. | 37 |

Résumé :

La vulnérabilité du milieu steppique est aggravée de plus en plus intensément durant ces dernières décennies. Cette tendance régressive est caractérisée par une baisse de la productivité fourragère où les espèces pérennes sont les plus touchées. Dans ce travail, nous avons fait l'analyse des paramètres morpho-métrique, d'une végétation steppique en relation avec l'activité chlorophyllienne dans un parcours planté à l'*Atriplex canescens* dans la région de Laghouat précisément dans Sebgag (Aflou). Basé sur des calculs d'indicateurs environnementaux effectués à partir de mesures sur le terrain ainsi que de mesures physiologiques et biochimiques au niveau du laboratoire. Nous avons procédé aux calculs des biovolumes des espèces inventoriées et aux mesures des teneurs en eau, en sucres totaux, en chlorophylle totale et en proline accumulée dans les feuilles fraîches de ces espèces.

Les résultats obtenus rapportent une richesse totale de sept espèces appartenant à six familles. Les types biologiques sont représentés avec un taux élevé 82 % par les Chaméphytes qui serait liée à la plantation d'*Atriplex canescens*. L'espèce plantée a enregistré un biovolume considérable justifiant la superficie qu'elle occupe dans le parcours, cette occupation serait aussi à l'origine d'un indice de Shannon assez bas (1,044) et une faible Equitabilité (37%). Les mesures indiquent aussi une forte corrélation négative entre le biovolume et la teneur en chlorophylle totale. Les paramètres physiologiques et biochimiques révèlent que le mécanisme d'adaptation des plantes inventoriées est basé sur une accumulation de proline avec une teneur élevée de sucres totaux et un abaissement de la teneur en chlorophylle.

Les mots clés: Steppe, variation climatiques, stress, proline, sucres totaux, chlorophylle, teneur en eau.

Abstract:

The vulnerability of the steppe environment has become increasingly acute in recent decades. This regressive trend is characterized by a decrease in forage productivity and perennial species are the most affected. In this work we have done an analysis of the morphometric parameters of steppe vegetation in relation to the chlorophyllian activity in a course planted at the canescens Atriplex in the region of Laghouat precisely in Sebgag (Aflou). Based on calculations of environmental indicators conducted from measurements in the field as well as physiological and biochemical measurements at the laboratory level. We performed biovolume calculations of the inventoried species and measurements of water, total sugars, total chlorophyll and accumulated proline in the fresh leaves of these species.

The results obtained shown a total wealth of seven species belonging to six families. The biological types are represented with a high rate 82% by the Chamephytes which would be related to the plantation of Atriplex canescens. The planted species is the largest justifying the area it occupies in the range, this occupation would also be at the origin of a fairly low index of Shannon (1.044) and a low Equitability (37%). The measurements also indicate a strong negative correlation between biovolume and total chlorophyll content. Physiological and biochemical parameters reveal that the adaptation mechanism of the inventoried plants is based on an accumulation of proline with high total sugar content and a lowering of the chlorophyll content.

Keywords: Steppe, climatic variation, stress, proline, total sugars, chlorophyll, water content.

المخلص:

أصبح ضعف بيئة السهوب حادا بشكل متزايد في العقود الأخيرة. يتسم هذا الاتجاه التراجعي بانخفاض إنتاجية الأعلاف حيث أن الأنواع المعمرة هي الأكثر تضرراً. في هذا العمل، قمنا بتحليل العوامل المورفومترية للغطاء النباتي السهبي وعلاقتها بنشاط الصناعات الخضراء في مسار تشجير خاص بنوع القطف الأمريكي في منطقة الأغواط بالضبط في سبفاق (أفلو) استناداً إلى حسابات المؤشرات البيئية التي أجريت انطلاقاً من قياسات في الميدان وأيضاً على القياسات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية على مستوى المختبر. أجرينا حسابات الأحجام الحيوية للأنواع المدرجة وقياسات محتويات المياه والسكريات الإجمالية واليخضور الكلي والبرولين المتراكم في الأوراق لهذه الأنواع.

تظهر النتائج المتحصل عليها ثروة إجمالية من سبعة أنواع تنتمي إلى ست عائلات. يتم تمثيل الأنواع البيولوجية بمعدل مرتفع 82% بواسطة Chaméphytes والتي من شأنها أن ترتبط بزراعة نباتات القطف الأمريكي.

الأنواع المزروعة هي الأكبر حجماً وهذا ما يبرر المساحة التي تحتلها في مسار التشجير، وسيكون هذا الاحتلال أيضاً سبباً لانخفاض مؤشر شانون (1.044) و انخفاض الإنصاف (37%). تشير القياسات أيضاً إلى وجود علاقة سلبية قوية بين الحجم الحيوي ومحتوى اليخضور الكلي. تكشف العوامل الفسيولوجية والكيميائية الحيوية أن آلية التكيف للنباتات التي تم جردها تستند إلى تراكم البرولين مع محتوى إجمالي مرتفع من السكر وخفض محتوى اليخضور.

الكلمات المفتاحية: سهوب، تباين مناخي، توتر، برولين، سكريات إجمالية، يخضور، محتوى مائي.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les parcours steppiques jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays, ils sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : (surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures...). Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999).

La steppe algérienne a intéressé nombreux scientifiques qui ont doté la littérature de données sur la biologie, l'écologie et la phytosociologie des communautés végétales qui le colonisent (Djebaili, 1988) ainsi que leur relations avec les sols qui les supportent (Pouget; 1980). Mais les mécanismes physiologiques ou biochimiques réactionnels de ces végétaux aux diverses contraintes auxquelles elles peuvent être sujettes restent jusqu'à actuellement mal connues malgré qu'ils peuvent bien contribuer à l'interprétation du comportement adaptatif de ces plantes au milieu dans lequel elles se développent et leur compréhension peut servir à la réhabilitation et à la gestion durable de la steppe algérienne. En générale, les plantes exigent des conditions environnementales optimales pour un développement normal, mais dans leur milieu naturel ou agronomique elles peuvent être sujettes à des facteurs extrêmes engendrant différents types de stress (Hopkins, 1999 ; Ahuja et al, 2010). En conditions stressantes, certaines espèces végétales sont menacées de disparaître (Chamard, 1993) et pour survivre, d'autres, mettent en œuvre des mécanismes pouvant être morphologiques, anatomique, physiologiques ou biochimiques (Bowers ,1982 ; Danin, 1991; Hesp, 1991 ; Bendali et *al.*, 1990; Liu et al, 2014; Zhu et al., 2007). Pour se protéger contre les stress quelques plantes synthétisent des métabolites et des composés organiques. Rathinasabapathi et al (2000) ont observé l'accumulation de β -Alanine Betaine un osmoprotecteur chez *Limonium latifolium* en réponse à un stress salin et une hypoxie. Dans les feuilles du Cotton *Gossypium*, du Tournesol *Helianthus annuus* et de Cacahuète *Arachis hypogaea*, soumises à un stress salin (Goldhirs et al.,1990) ont signalé une accumulation croissante de la proline et de l'hydroxyproline. La proline est l'un des solutés compatible le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes variées, elle intervient comme protecteur et régulateur physiologique (Ashraf et McNeilly, 2004), sa synthèse est une

stratégie adaptative fréquemment observée sur des cellules (Nabors et al, 1980) ou dans des plantes entières (Jain et al., 1991) pour limiter les effets du stress ou manifester des tolérances à diverses contraintes (Acevedo et al, 1989 ; Ben Rejeb et al., 2012). Aussi, des réactions photosynthétiques à travers les teneurs en chlorophylles a et b chez d'autres végétaux ont renseigné sur des stratégies de leur adaptation et de leur tolérance aux rayonnements (Bowers, 1982 ; Piri, 1991 ; Hakam, 2000 ; Poorter et al., 2005; Walters, 2005). Dans les feuilles de *Haloxylon ammodendron*, les résultats de (John Nyongesah & Quan, 2015) ont montré que les rapport Chl a/b peuvent être appliqués pour la détection rapide des stress des plantes dans les écosystèmes arides. D'autres part, (Fernandez-Ballester et al. 1998) ont observé une forte teneur en Carbohydrates totaux et en sucres solubles chez le bigaradier qui serait liée à une augmentation de la teneur de ses feuilles en ions chlorures. Dans les feuilles des végétaux les teneurs en sucres constituent de bon indicateurs de combinaison de stress (Rizhsky et al., 2004). Wyn Jones et Storey (1978), ont signalé une accumulation de sucres solubles et de proline dans des feuilles de cultivars d'orge en réponse à des stress ioniques. Ainsi, la teneur en proline, en chlorophylle et en sucres constituent des paramètres efficaces de détection de la réaction des plantes soumises à diverses contraintes. Pour cela, ces paramètres sont retenus dans cette étude pour vérifier leur variation dans les feuilles fraîches d'une végétation steppique d'un parcours planté à l'*Atriplex canescens*.

L'objectif de ce travail est d'analyser la relation entre le biovolume et la synthèse des pigments chlorophylliens chez les espèces végétales dans un parcours steppique planté à l'*Atriplex canescens*.

Pour ce faire, le travail s'articulera autour des trois chapitres suivants : Le premier chapitre aborde des Généralités sur le sujet traité, Le deuxième chapitre s'intéresse à la présentation de la zone d'étude qui porte, sur les caractères géologiques, géomorphologiques et présente le matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail. Le troisième chapitre présente des résultats commentés et des discussions. En fin, nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

Généralité sur le stress

I. Définition de stress

Le concept de stress, développé à l'origine par Hans Selye en 1936, a également été appliqué à la description des contraintes défavorables et environnementales dans les usines. Toute condition ou substance défavorable qui affecte ou bloque le métabolisme, la croissance ou le développement d'une plante est considérée comme un stress. J. Levitt a défini le stress comme : "Tout facteur environnemental potentiellement défavorable aux organismes vivants".

Sur la base de diverses observations sur les plantes, et également en tenant compte du concept original de résistance à la sécheresse, Larcher a décrit le stress des plantes comme « un état dans lequel les demandes croissantes faites à une plante conduisent à une déstabilisation initiale ». Selon Jones et al., (1989) un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et al., 2006).

Le stress de la végétation peut être induit par divers facteurs de stress naturels et anthropiques. Il faut différencier les effets de stress à court terme et à long terme ainsi qu'entre les événements de faible stress qui peuvent être partiellement compensés par des mécanismes d'acclimatation, d'adaptation et de réparation, d'une part, et les événements de stress fort ou de stress chronique provoquant d'autre part, des dommages considérables pouvant éventuellement entraîner la mort des cellules et des plantes.

II. Stress biotiques des plantes

Le stress causé par des facteurs externes vivants tels que les animaux, les humains, les bactéries, d'autres plantes (mauvaises herbes), etc. Ces facteurs de stress jouent un rôle direct dans la diminution de l'absorption des nutriments et affectent la saison de récolte.

II.1. Infection par des microbes et des insectes : Les microbes et les insectes peuvent se nourrir des feuilles et des tiges d'une plante. L'alimentation est dangereuse car ils mangent des parties essentielles contribuant à la croissance des plantes (par exemple, les thrips, les pucerons, etc.). En effet, provoquant des déséquilibres nutritionnels et physiologiques.

II.2. Les maladies cryptogamiques : Parmi les maladies cryptogamiques les plus fréquemment rencontrées, on cite régulièrement les mildious, les chancres, les charbons et les

rouilles. Par exemple le "charbon" du maïs (*Ustilago maydis*) se manifeste par l'apparition de grosses masses noirâtres prenant la place de certain grain dans les épis de maïs mûr. Cette masse libère une "poudre noire" qui représente, en fait d'énormes quantités de spores (Tourte et al. 2005).

II.3. Les maladies provoquées par les virus : Chez les plantes, les viroses sont des maladies relativement fréquentes mais dont la gravité peut être très variable selon la nature du virus et l'espèce végétale considérée. Les symptômes correspondent très souvent à des modifications localisées de la pigmentation qui dans bon nombre de cas s'expriment par une décoloration tachetée d'où le terme de « mosaïque » donné à ces viroses (Tourte et al, 2005).

III. Stress abiotiques des plantes

Provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité. Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue : les inondations, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de lumière qui stimule la photo inhibition, le cas de faible éclaircissement, les radiations UV, les composés phytotoxiques comme l'ozone qui est un haut réacteur oxydant, la pollution de l'air, les produits oxydés formés à partir des réactions de pesticides. La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante (Shilpi et Narendra., 2005).

III.1. Stress salin : Les plantes poussent lorsqu'elles sont exposées à un mélange bien équilibré de terre et d'engrais. Cependant, la proximité de la plage ou des systèmes d'eau d'irrigation mal gérés pourraient entraîner des concentrations élevées de sodium dans le sol. Des concentrations élevées de sels laisseront les plantes dans une situation désavantageuse de croissance. De plus, le sodium rend de plus en plus difficile l'absorption de minéraux essentiels tels que le potassium et le calcium. La raison étant que le sel empêche le bon mécanisme de mobilité des nutriments par le transport de l'eau.

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (Tremblin., 2000).

III.2. Stress thermique :

- **Basse température :** les plantes poussent dans leurs plages de température respectives. Si la température baisse considérablement, les plantes arrêtent de pousser car la fonction cellulaire de la plante et l'absorption des nutriments ralentissent. Si les plantes ne reçoivent pas suffisamment de nutriments, elles deviennent lentement mal nourries et meurent. Certaines plantes ont pu s'acclimater, mais elles ne produisent pas le rendement le plus important.
- **Température élevée :** Le réchauffement climatique est un sujet brûlant, et pour une bonne raison. Alors que la température mondiale augmente, il devient de plus en plus difficile de gérer la productivité des cultures. À mesure que les températures augmentent, les plantes produisent moins en raison de la réduction des réserves alimentaires et de la perte d'eau.

III.3. Stress hydrique : Le stress hydrique peut survenir de deux manières. L'un est la sécheresse et l'autre l'engorgement. Lorsqu'il y a sécheresse, le sol n'a pas assez d'humidité pour déplacer les nutriments des racines vers les feuilles. Les racines sont un atout essentiel pour les plantes car elles influencent le développement. Par conséquent, les plantes cessent de pousser verticalement et développent plutôt leurs racines pour absorber les nutriments. En revanche, lorsqu'il y a trop d'eau, autrement dit l'engorgement, il est difficile d'absorber l'oxygène.

III.4. Stress oxydatif : Tous les êtres vivants subissent des interactions chimiques avec l'oxygène. Surtout les plantes ! Le stress oxydatif est considéré à la fois comme un facteur de stress abiotique et biotique. Ce stress provient de la surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ROS). Une augmentation des radicaux libres (électrons non appariés, c'est-à-dire hautement réactifs) mélangés aux plantes peut endommager les particules fondamentales qui contribuent à la croissance.

III.5. Azote : Un excès d'azote dans l'agriculture moderne peut être une arme à double tranchant. L'azote peut aider à augmenter le rendement, mais une trop grande quantité de composé dénature le sol (augmentant la demande en calcium). En effet, il perturbe la plante au point qu'elle pourrit ses graines enfermées. Une solution rapide à un excès d'azote consiste à ajouter du calcium ou du bore aux racines et aux branches.

III.6. la pollution atmosphérique : Comme le nombre de polluants atmosphériques est très élevé, avec pour chacun d'eux des réponses spécifiques des plantes. La réponse des plantes à la pollution atmosphérique va dépendre des deux parties qui sont en jeu: d'une part la plante, et d'autre part la nature de la pollution présente

III.7. Pénurie et excédent de lumière : l'eau, la lumière et le sol sont l'une des principales parties de la croissance des plantes. Lorsqu'il y a un manque de lumière, les plantes ne peuvent pas faire de photosynthèse et ne peuvent donc pas pousser. Les plantes feront de leur mieux pour allonger leurs tiges et leurs branches afin d'atteindre la lumière du soleil pour pousser. Lorsqu'il y a un excès de lumière, cela peut se transformer en stress oxydatif. Le stress oxydatif conduit à beaucoup de radicaux libres qui peuvent endommager la croissance de la plante.

IV. Les hormones de stress

L'acide abscissique et l'éthylène et proline sont couramment qualifiés d'hormones de stress de par leur implication dans les réponses de la plante aux perturbations de son environnement. Si de nombreux composés ont une action physiologique au niveau cellulaire ou tissulaire, une catégorie de molécules, les hormones végétales présentes en très faible quantité ont un effet plus global et peuvent circuler au sein de la plante pour modifier l'état physiologique de celle-ci.

Elles vont : propager une information du lieu de perception d'un stimulus extérieur vers les zones de réponse de la plante à ce signal, réguler la physiologie des cellules cibles et déclencher des voies métaboliques entières. (Chaves *et al.*, 2003) structurent ces voies en trois groupes : celles à médiation éthylène contrôlant l'osmorégulation, les ABA dépendantes à l'origine de macromolécules de protection/stabilisation et les ABA indépendantes impliquées dans le signalement du stress Nous passerons en revue dans les paragraphes suivants les caractéristiques et les rôles des différentes hormones végétales.

IV.1. Acide abscissique

Nous avons déjà évoqué l'implication de l'acide abscissique (ABA) dans la dormance des graines, l'hydrotropisme et l'inhibition du développement des racines latérales. Cette hormone a pour rôle physiologique principal communément admis l'inhibition de la croissance et du développement des parties aériennes sur des plants bien alimentés en eau, elle agit comme une anti-gibbérelline. Mais de récentes études sur le maïs en condition de stress

hydrique indiquerait que ces caractères seraient en fait sous le contrôle d'une balance entre l'ABA et l'éthylène (Sharp and LeNoble 2002). Elle a également un rôle important en cas de déficit hydrique en agissant sur la fermeture des stomates. L'ABA est synthétisée dans les racines et dans les feuilles. (Sauter *et al.*, 2001)

IV.2. Ethylène

Cette hormone a tout d'abord une action sur les graines en étant capable de lever la dormance. Elle favorise également la maturation des fruits et déclenche l'abscission des feuilles qui est contrôlée par une balance Auxine/Ethylène (Heller *et al.* 1993). La migration de l'auxine dans les tissus serait ralentie par l'éthylène. Son action sur la croissance se traduit par une inhibition de l'élongation racinaire au profit de la croissance radiale (Crozier *et al.* 2000). Sur les racines, l'application d'éthylène induit la formation d'un chevelu racinaire.

Des expériences de transformation génétique permettant de diminuer la teneur en éthylène des plants ont permis de mettre en évidence d'autres propriétés de cette hormone. La diminution de la teneur a pu être réalisée en dégradant le précurseur direct à l'aide de l'ACC désaminase.

Ainsi, une tolérance au nickel a été observée chez des plants d'*Arabidopsis* transformés par ce gène ce qui souligne ses implications dans la réponse aux stress (Stearns *et al.* 2005).

IV.3. Les auxines

Synthétisées dans les apex des tiges (ou dans les tiges chez certains ligneux comme le Frêne), elles migrent dans la plante jusque dans les racines. Leur action principale est de favoriser la croissance cellulaire en stimulant l'élongation des cellules. Cependant, au niveau racinaire l'action est opposée, avec une inhibition de la croissance. L'action mitogène est particulièrement marquée dans les zones génératrices libéro-ligneuses c'est-à-dire les cellules cambiales. Elles ont également un pouvoir rhizogène fort dans le cas d'une action limitée dans le temps car l'effet inhibiteur sur la croissance racinaire gêne le développement des jeunes ébauches. Elles interviennent également sur le développement des bourgeons et sont responsables du phénomène de dominance apicale.

L'auxine joue également un rôle de stimulation de la production d'éthylène qui lui-même réduit la migration de l'auxine. L'importance de cette balance Auxine/Ethylène se retrouve au niveau de la zone d'abscission des feuilles des espèces caduques. La chute des feuilles est une des stratégies de réponse au déficit hydrique prononcé. La réduction de la surface foliaire permet de limiter les pertes par évapotranspiration et de réduire les risques de cavitation. La biosynthèse de l'AIA (acide indole-3-acétique) s'effectue à partir du Tryptophane et plusieurs

voies sont possibles. La principale passe par la synthèse d'acide indole-pyruvique et d'indole acétaldéhyde. Dans une revue, (Bartel , 1997) reprend en détail la biosynthèse de l'auxine.

IV.4. La Proline

C'est un acide aminé dont les propriétés biochimiques sont assez voisines de celle des autres aminés, la proline (acide pyrrolidine 2 carboxylique (C₅H₉O₂N₂)), dont la liaison, C-N (Unay, 1988, in Chaib, 1997) fait de la proline un acide aminé rigide, son poids moléculaire est de 115.13 g/mol.

La proline est un acide aminé non polaire caractérisé par un cycle pyrodique, il est à noter que la proline contient dans sa molécule une fonction amide, ce qui en fait un aminoacide. Sa fréquence moyenne dans les protéines est de 5.2%.

IV.4.1. La proline et le stress

L'accumulation des polyamides aliphatiques, dans les plantes supérieures résulte de nombreux stress biotiques et abiotiques, l'augmentation de leur concentration peut donc représenter un marqueur (Bagni, 1994).

- Le taux de proline s'accroît dans les feuilles lorsque la température s'élève (Knu et Chen, 1986 in Bounouar, 2001).
- La proline est un acide aminé particulièrement sensible au stress (Hopkins, 2003).
- La proline est un acide aminé dont la présence est souvent associée à des situations de stress (Richard et al, 2006).

IV.4.2. Rôle de proline

La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress.

La proline semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes, particulièrement chez l'orge (Lewin et al,1978) chez l'Eucalyptus (Chunyang, 2003), chez les blés tendres (Tan, 1982 ; Riazi, 1985 ;Monneveux et Nemmar, 1986).

- Elle joue un rôle consistant dans l'osmoprotection et la régulation du pH cytoplasmique (Delaney and Verna, 1993).
- Elle fournit une réserve d'azote pouvant être utilisée en condition de stress comme moyen de réduction de l'acidité ou l'élimination de résidu (Schwakec et al, 1999).

V. La plante et le stress

L'étude des plantes placées dans ces conditions, appelée physiologie des stress, est un aspect important de l'écophysiologie végétale pour trois raisons. D'abord, les plantes répondent souvent aux stress en modifiant leur physiologie et leurs métabolismes normaux; ensuite, l'étude de la physiologie des stress contribue à la compréhension des facteurs qui limitent la répartition des végétaux; enfin, en agriculture, la capacité des cultures à résister aux stress est un facteur important de la détermination du rendement.

Le mécanisme général grâce auquel les plantes réagissent aux stress environnementaux comprend la réception et l'identification du signal, la transmission du signal dans l'ensemble de la plante, puis la modification de l'expression de gènes et du fonctionnement du métabolisme (Nabors, 2008).

V.1. Réponses d'une plante aux stress abiotiques

La réponse au stress consiste en un renforcement du transport actif par lequel les ions sont à nouveau pompés vers l'extérieur. Simultanément, les ions sont remplacés par des substances organiques de faible poids moléculaire qui sont inoffensives pour la cellule, mais qui maintiennent le potentiel osmotique. (Nultsch, 1998)

On connaît 20 à 30 de ces substances, comme les sucres (saccharose), des alditols (mannitol), des acides aminés (proline), etc. aucune activation de gènes n'est nécessaire pour l'induction de la biosynthèse de ces substances (Nultsch, 1998)

La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante.

V.1.1. Réponse moléculaire

Au niveau moléculaire on note une altération de l'expression des gènes, cas des dommages d'oxydation des bio molécules ou encore le cas de la réponse typique à des températures élevées qui se manifeste par une réduction dans la synthèse des protéines normales accompagnée d'une accélération de la transcription de nouvelles protéines appelées protéines de choc de fortes températures (HSPs, Heat Shock Proteins) ;(Zid et Grignon, 1989).

V.1.2. Réponse cellulaire

Au niveau cellulaire, le stress peut causer une modification dans le métabolisme, une perturbation des transports ioniques, une augmentation de la perméabilité membranaire, une inhibition de l'activité de la pompe H⁺, une chute dans le potentiel membranaire et une augmentation de l'absorption du calcium à partir de l'apoplasme (McLaughlin, 1997).

V.1.3. Réponse au niveau de la plante entière

La réponse au stress se manifeste au niveau de la plante entière par une baisse de la vitesse de la photosynthèse, des dégâts foliaires, une accélération de la senescence et par une réduction de la croissance et une baisse dans la productivité (Monneveux, 1989).

V.2. Réponses des plantes à la sécheresse

Les réponses au déficit hydrique dépendent de l'échelle du temps et de l'objet d'étude: un tissu, un organe, une plante entière (Maseda et Fernandez 2006). Les réponses au déficit hydrique appliqué sont fonction du stade de développement des plantes qui subissent cette contrainte, de la durée du déficit et de son intensité (Bray, 1997).

Diverses classifications des mécanismes de résistances à la sécheresse ont été élaborées et trois grands types ont été décrits par (Turner et al., 1987).

VI. Les modes de réponses

Selon la réponse des plantes à la sécheresse peuvent être divisées en deux catégories

VI.1. Adaptation

L'adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héritables, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. Les modifications morphologiques et physiologiques associées au métabolisme acide des crassulacées (CAM) sont des exemples d'adaptation (HOPKINS, 2003).

VI.2. L'acclimatation

L'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non héritables, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. Ces modifications se produisent lors d'une exposition graduée au stress, elles permettent à l'individu de vivre et de se reproduire dans un environnement stressant. La capacité de s'acclimater est bien sûr un caractère génétique, mais les modifications produites en réponse au stress ne sont pas transmises à la génération suivante. Le processus d'acclimatation à un stress est appelé résistance et les plantes qui se sont acclimatées sont dites résistantes (HOPKINS, 2003).

VII. Mécanisme réactionnel des plantes

Divers termes sont utilisés pour caractériser le comportement (réponse) des plantes en fonction des mécanismes et stratégies déclenchées chez celles-ci pour survivre dans des conditions environnementales extrêmes.

VII.1. Résistance (rusticité): La résistance au stress est définie comme étant « la capacité à endurer un stress appliqué à l'extérieur ». Exemple, la capacité de survivre à un faible potentiel hydrique externe)

VII.2. Tolérance : La tolérance cependant est « la capacité à supporter une contrainte interne engendrée par un stress appliqué à l'extérieur».

Autrement dit, elle correspond aux changements physiologique et biochimique qui réduisent l'impact de la contrainte sur le protoplasme ou réparent les dommages causés par le stress. Exemple, la capacité de survivre à une faible teneur en eau dans les cellules.

VII.3. Evitement : L'évitement est « la capacité de prévenir un stress appliqué à l'extérieur de produire une contrainte interne équivalente». Exemple, la capacité à maintenir une forte teneur en eau cellulaire, même lorsque le potentiel hydrique externe est faible.

Les plantes peuvent s'adapter à leur environnement par une résistance permanente, une résistance temporaire ou éviter complètement le stress.

VII.4. Phénomène d'échappement

Les plantes qui fonctionnent ainsi "échappent" à la sécheresse, selon la terminologie d'Oppenheimer (1960).

Concerne les espèces capables d'accomplir leur cycle de vie avant que le déficit physiologique en eau n'intervienne. C'est le cas des plantes des régions arides effectuant leur cycle reproductif après une pluie et dont les graines supportent de longues périodes de sécheresse.

Les plus typiques de ces plantes sont les Thérophytes (Godron, 1984).

Selon (Godron ,1984) les Thérophytes sont des plantes qui consistent à effectuer le cycle biologique pendant la période humide, laissant seulement les graines subsister pendant la saison sèche.

Cette stratégie ne s'applique pas aux plantes longévives comme les arbres.

Chapitre II

Matériel et méthodes

I. localisation de la zone d'étude

I.1. Situation géographique de la région de Sebgag :

Selon le découpage en zone homogène effectué pour la wilaya de Laghouat, la commune de Sebgag est située dans la zone homogène des hautes plaines semi-arides à topologie agropastorale. La commune est située à l'extrême nord-est de la wilaya de Laghouat.

La région de Sebgag est située à environ 20 km au sud-ouest de la ville d'Aflou sur les bordures sud-ouest de Djebel sidi Okba. Elle est limitée au nord par la commune d'Aflou. A l'est par la commune El Ghicha et Taouiala. A l'ouest par la commune de Gueltet Sidi Saad. Au Sud la commune de Brida. Elle est caractérisée par des altitudes moyennes qui ne dépassent pas 1500 m.

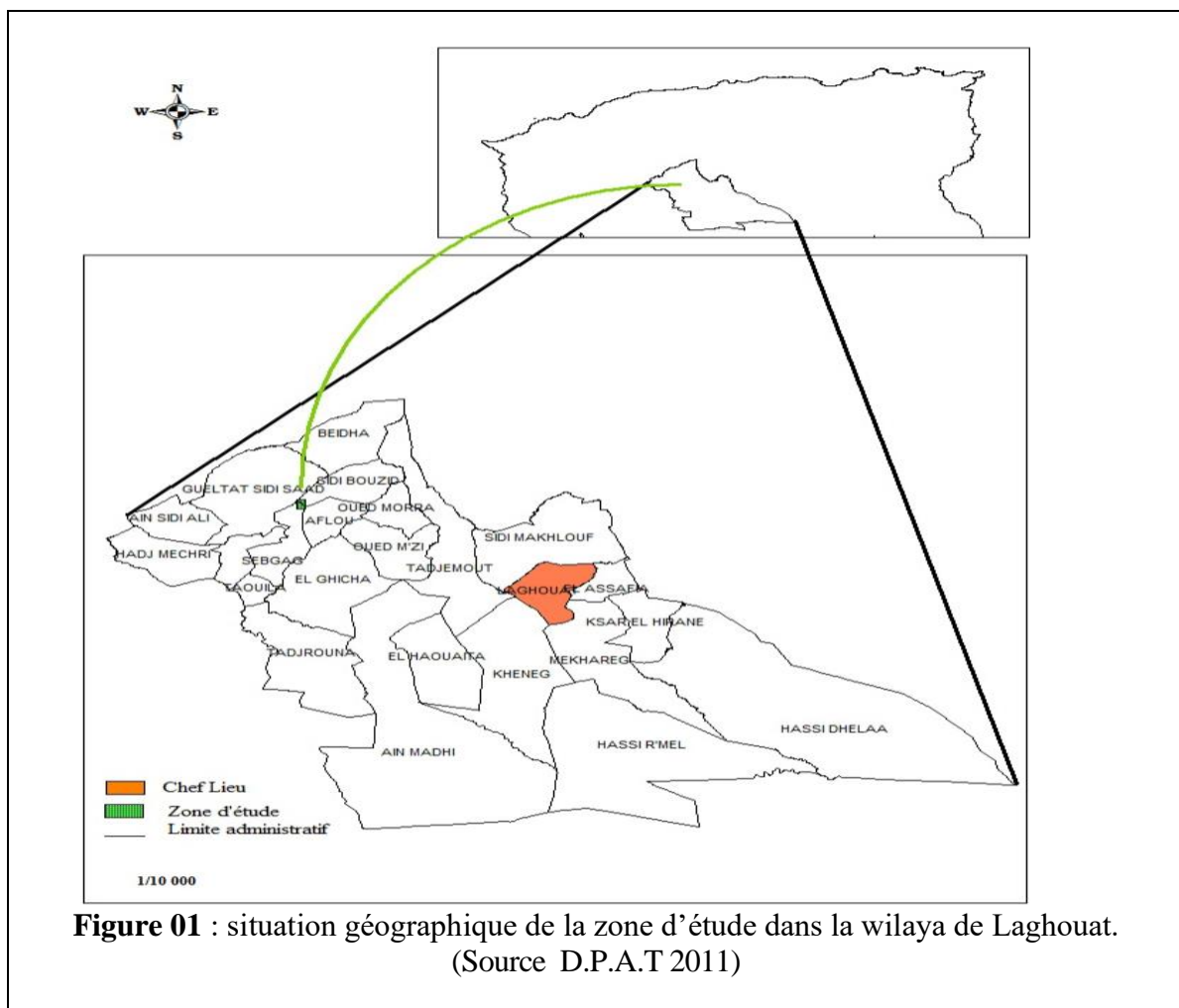


Figure 01 : situation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Laghouat.
(Source D.P.A.T 2011)

Tableau 01 : La localisation de la région d'Aflou

| | Latitude | Longitude | Altitude |
|--------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Aflou | 34°07'N | 02°06E | 1425m |

I.2. Caractéristique de milieu physique :

I.2.1. La géologie :

Le territoire de la wilaya de Laghouat s'étend sur deux domaines géologiques nettement différents, notamment sur le plan de la structure et de l'évolution géologique, ce sont l'Atlas Saharien au Nord et la plate-forme Saharienne au Sud.

I.2.2. La géomorphologie :

Les zones arides manifeste une ressemblance géomorphologique qui peut être considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologique (Aidoud., 1984) c'est le cas des steppes Sud Algéroise qui comptent ma zone d'étude.

Les formes géomorphologiques rencontrées sont les suivantes :

a) Les reliefs :

C'est l'ensemble des inégalités de la structure terrestre, liées à la tectonique et sculptées par l'action combinée de l'eau, du gel et du vent (Aidoud, 1984).

b) Les surfaces plus au moins planes :

- **Les glacis :** surface d'érosion en pente douce, développées dans les régions semi-aride au pied des reliefs.
- **Les Terraces :** ce sont des formes alluviales, localisées dans les bas-fonds et constituent des terrains agricoles, elles peuvent être aménagées vu la profondeur du sol et les eaux qu'elles reçoivent par ruissellement (Pouget, 1980).

c) Les dayas :

Ce sont des dépressions fermées aux bords faiblement inclinés, de formes grossièrement circulaires, parfois elliptique mais toujours globuleuses et arrondies de diamètre très variables (Poujet, 1980), localisés généralement dans le sud de Laghouat.

d) Les formations éoliennes :

- **Les voiles sableux** : recouvrement généralement discontinu peu épais quelques centimètres plus ou moins fixé par des psamophytes vivaces ou annuelles (Pouget, 1980).

I.2.3. Pédologie :

Selon (Pouget, 1980) Laghouat est considérée parmi les wilayat les plus riches sur le plan pédologique, en effet pratiquement tous les sols du Sud algérois cité par cet auteur sont rencontrés.

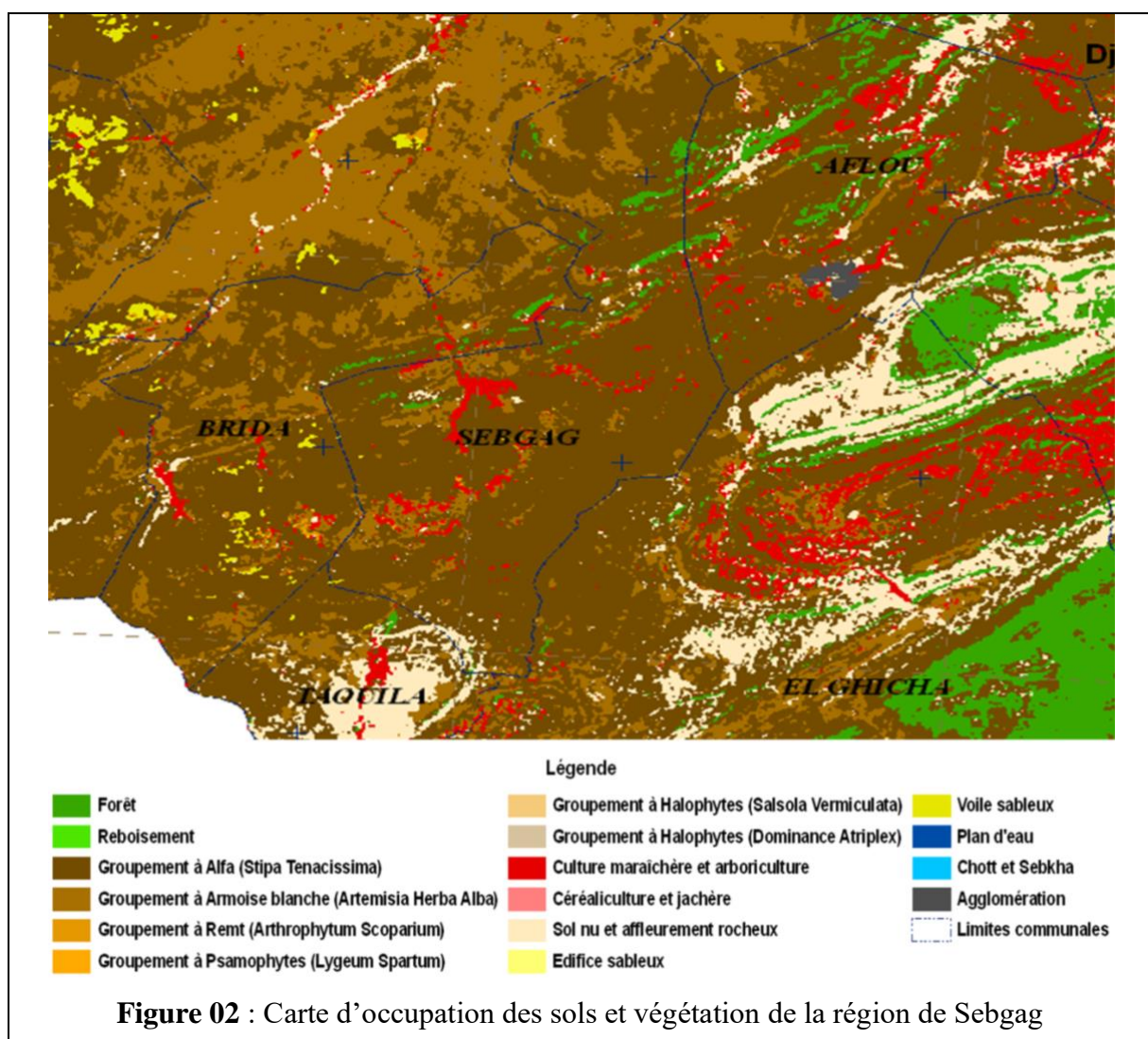


Figure 02 : Carte d'occupation des sols et végétation de la région de Sebgag

I.2.4. Réseaux hydrographique :**a) L'Oued Sebgag :**

À 20 km à l'ouest d'Aflou, il existe un certain nombre de source pérennes donnant naissance à l'Oued Sebgag qui reçoit en aval plusieurs affluents pour former l'Oued Touil, puis l'Oued Cheliff. Son parcours est de 10 km et son bassin versant recouvre une superficie 1265km².

b) L'Oued Seklafa :

Situé au sud-est d'Aflou, il constitue l'affluent le plus important de l'Oued M'Zi (d'une longueur de 40 km, il draine un bassin de 775.6 km².c'est un niveau des grés du Barrémien-aptien-albien et des calcaires du jurassique que jaillissent a débit très faible et variable les sources de l'Oued Morra dont la plus importante est l'Ain Arar (environ 4 l/s).

c) L'Oued Sidi Naceur :

L'Oued Sidi Naceur prend naissance au niveau de la terminaison Nord occidentale du Djebel Amour (dans la région d'El-Bayad).Plusieurs émergences contribuent à son alimentation, en particulier les sources d'Hadj Mecheri et sidi Naceur. L'écoulement s'effectue du Sud-ouest vers le nord-est avec un parcours de 120 km. Le bassin versant limité au Nord par celui du chott chergui couvre une superficie de 1972km².

II. Caractéristiques climatique et bioclimatique

Le climat est l'un des facteurs les plus déterminants du milieu naturel, notamment dans le développement du couvert végétal. Pour la caractérisation climatique de la zone d'étude nous avons considéré les données (2001-2021), de la station météo la plus proche à savoir Aflou.

II.1. La pluviosité :

Pour le végétal, l'eau utile est celle disponible durant son cycle de développement. Autrement dit la répartition des pluies est plus importante que la qualité annuelle des précipitations (Djebaili., 1984).

Les mois les plus pluvieux sont : novembre (34.91 mm) et septembre (31.61 mm).Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 286.32 mm (tableau 02)

Tableau 02 : Répartition des précipitations moyennes annuelles exprimées en millimètre de la région d’Aflou (2001-2021).

| Mois | J | F | M | A | M | J | JT | A | S | O | N | D |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| P (mm) | 29.54 | 28.94 | 26.25 | 31.42 | 24.49 | 12.05 | 12.18 | 8.37 | 31.61 | 22.99 | 34.91 | 23.59 |

(ONM : 2022)

II.2. Températures :

La température est un facteur limitant d’une grande importance car elle conditionne l’ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés dans la biosphère (Ramade., 1984).

La température moyenne annuelle est de 12.42 °C avec un maximum en juillet (24.15°C) et un minimum en janvier (2.63°C) pour notre région (tableau03).

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelle de la région d’Aflou (2001-2021)

| Mois | J | F | M | A | M | J | JT | A | S | O | N | D |
|--------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| T (°C) | 2.63 | 3.55 | 6.81 | 10.42 | 14.66 | 20.25 | 24.15 | 23.52 | 19.03 | 13.73 | 6.93 | 3.38 |

(ONM : 2022)

II.3. Neige :

La neige joue un rôle important dans la constitution des réserves hydriques souterraines (infiltration lente). (Seltzer., 1946).

Elle est caractéristique des zones nord de la wilaya, en particulier les hauteurs des monts de djebel Amour, le nombre de jours de neige dans la région d’Aflou est de 10 à 15 jours /année, il est variable et diminue naturellement du Nord vers le sud.

II.4.Sirocco et vent de sable :

Le Sirocco est un vent chaud et sec, d’origine saharien et se dirige vers le sud-ouest ; il crée une atmosphère lourde et sèche qui peut provoquer de nombreux dégâts aux cultures (B.N.E.D.E.R ; 2014), les vents de sable qui impliquent une érosion éolienne, sont fréquents dans la région et soufflent pratiquement tout le long de l’année, ils sont beaucoup plus fréquents au mois de mai et au mois de Septembre. Donc les vents des sables au printemps et

le sirocco en été constituent une contrainte et peuvent causer des dégâts aux cultures (B.N.E.D.E.R ; 2014). Le vent est l'un des aspects climatiques les plus importants dans l'étude des régions arides par son action d'érosion et de déplacement de sable.

II.5. Le vent :

Les vents dominants en période hivernale sont de secteur Ouest à Nord-ouest ce qui favorise le déplacement des nuages venant du nord, en période estivale ce sont les vents chauds et desséchants d'Est et Sud-est qui sont dominants. La vitesse des vents est en moyenne annuelle de 4.93/s à Aflou (Seltzer., 1936).

II.6. Synthèse climatique :

Le climat varie de semi-aride inférieur frais au Nord à l'aride inférieur tempéré au Sud (Nedjimi., 2006).

Les différents facteurs climatique n'agissent pas indépendamment les uns des autres pour tenir compte de divers indices ont été proposé, les indices employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus.

II.6.1. Le diagramme Ombro-thermique de Gaussen :

Ils permettent de comparer l'évolution des valeurs des températures et précipitation.

Ce diagramme permet de visualiser la durée du déficit pluviométrique.

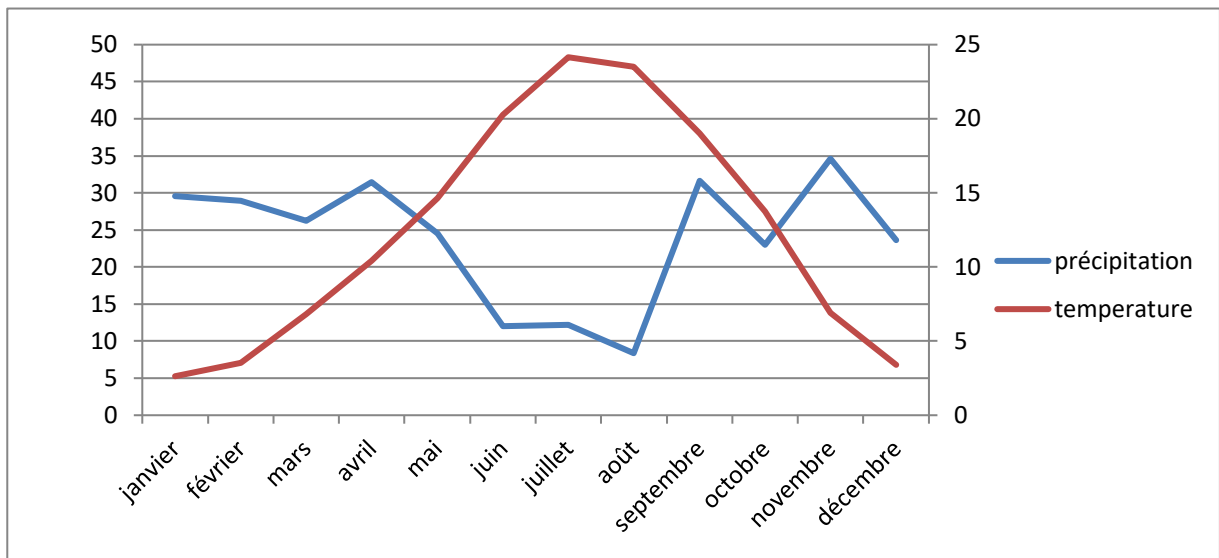
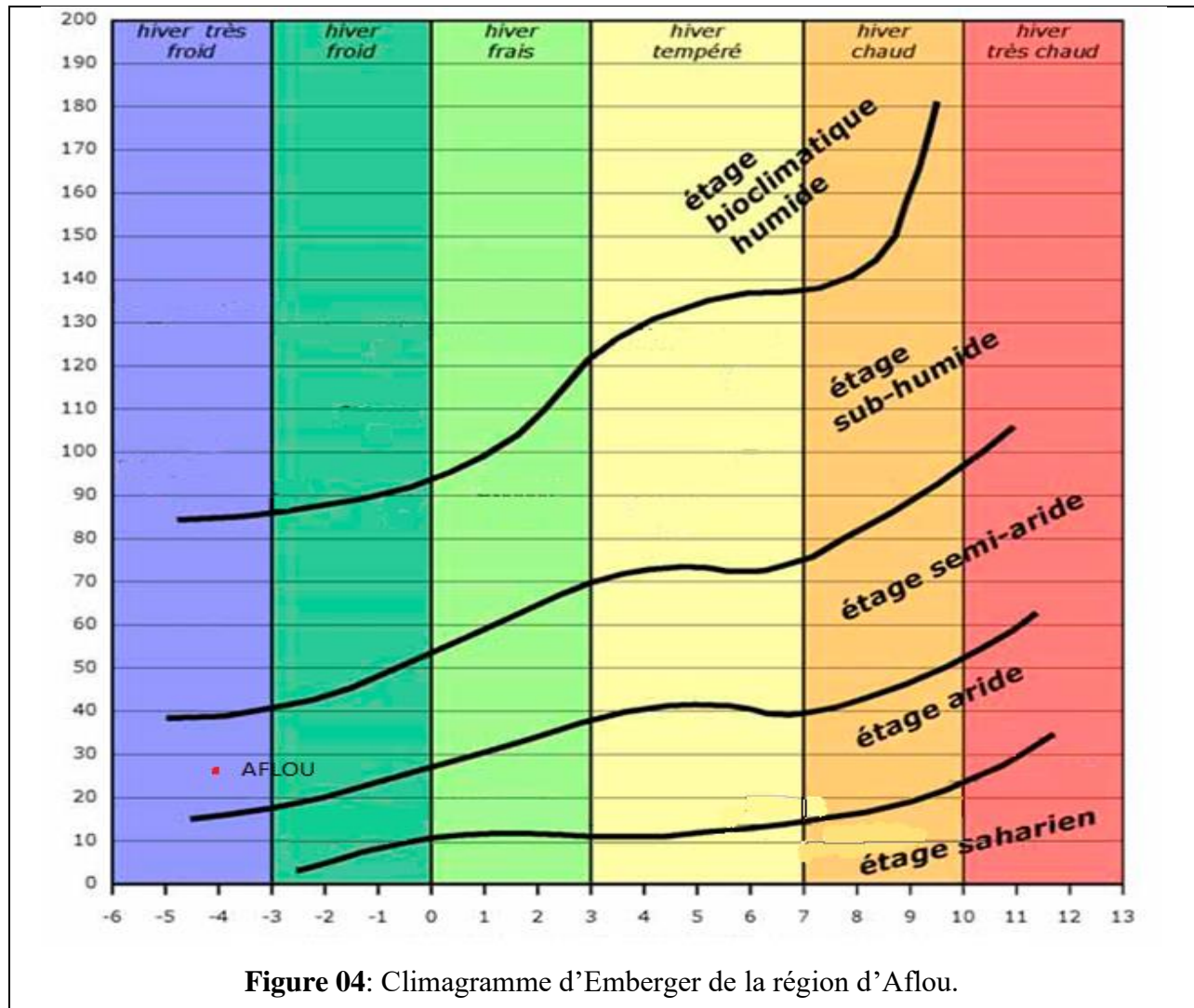


Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station d'Aflou 2001-2022.

II.6.2. Le climagramme d'Emberger :

Cet indice se fonde sur le critère liés à la précipitation annuelle moyenne (P en mm), a la moyenne des minima des températures du mois le plus froid de l'année (m) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M), selon la formule suivante :

$$Q=3,43.P/M-m$$



La valeur quotient pluviométrique d'Emberger de la région d'Aflou $Q=25.61$ et une variante thermiques (m) de $-4.24^{\circ}C$. Donc on peut classer Aflou dans l'étage semi-aride inférieur avec un hiver très froid.

III. Méthode d'échantillonnage et collecte des données sur le terrain :

Nous avons veillé à respecter l'homogénéité dans le lieu lors du choix du site qui va nous permettre d'effectuer notre travail

Un site est une surface où les conditions écologiques sont considérées comme étant homogènes et/ou la végétation est uniforme (Le Foch, 2008).

En écologie, un « site » est un paysage végétal homogène : ‘c’est un espace dans lequel les principaux facteurs écologiques, roche mère et sol, microclimat et exposition, végétation ligneuse et herbacée ; sont homogène’ (Du chaufour, 1977).

III.1. Analyses floristique:

Pour faire un inventaire des ressources végétales du milieu, et de l’occupation du sol par des diverses ressources floristiques, nous avons réalisé 17 relevés phytoécologiques durant la saison optimale de la végétation, c’est-à-dire le mois de mars. Dans la zone échantillonnée. Chaque milieu homogène a bénéficié de trois relevés phytoécologiques à fin de les caractériser.

III.1. 2. Méthode d’échantillonnage :

Nous avons utilisé dans notre travail la méthode d’échantillonnage subjectif qui est défini par Le Floche (2008) comme étant « L’échantillonnage le plus utilisé en phytosociologie, car le plus simple à mettre en œuvre ». Il consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d’une précision mesurable sur l’ensemble de ces éléments (Gounot, 1969).

III.1.3. Relevé phytoécologique :

Le relevé phytoécologique est réalisé dans notre cas, il est considéré généralement comme un échantillon, il est en réalité un ensemble de mesures, chacune correspondant à une variable (Aidoud, 1984). Notre objectif est d’étudier la végétation présente dans le lieu, pour cela nous avons procédé dans notre étude à des relevés linéaires par la méthode de la ligne simple.

L’ensemble des relevés ont été réalisés au mois de mars de cette année (05 Mars 2022) Nous avons effectué 5 relevés phytoécologiques pour l’ensemble de la plantation.

III.4. Mode opératoire sur le terrain :

III.4.1. Matériel utilisé :

- Un ruban mètre ;
- Un sécateur ;
- Des sacs en plastique ;
- Des piquets.

III.4.2. Emplacement des relevés :

Le choix de l’emplacement du relevé est un élément essentiel dans l’observation d’un milieu du fait de la nécessité de sa représentativité (Prévoist, 1999). L’emplacement des relevés dans la zone d’étude, a été choisi en fonction de l’homogénéité, physiologique et géomorphologique dans les sites (Le Floche, 2008).

III.4.3. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple:

Le relevé linéaire (Figure05) est considéré comme un moyen efficace pour étudier l'évolution de la couverture végétale lorsqu'il s'agit d'une ligne permanente (Long, 1958 ; Gounot, 1969 ; Aidoud, 1983). La technique de la ligne consiste à placer entre deux piquets un ruban gradué d'un multiple de 30 cm tendu au-dessus de la végétation (Gounot, 1969, Lacoste et Salanon, 1999), les lectures s'effectuent à l'aide d'une règle en bois tous les 30 cm le long de la ligne ; un total de 100 lectures par ligne est réalisé. Les lignes sont orientées par rapport au nord de façon aléatoire les directions ne sont pas mesurées.



Figure 05 : Méthode de la ligne pour l'inventaire de la végétation.
(photo originale 2022)

C'est une méthode fréquemment utilisée pour l'évaluation du couvert végétal des zones steppiques en Australie et en Afrique du Sud (Daget et Poissonnet, 1971).

IV. Analyses des données du terrain:**IV.1. Identification des espèces :**

Un herbier a été préparé et l'identification des espèces é été effectuée selon des guides spécialisés tels que la flore : Quezel et Santa(1954) et Ozenda (1954-1994).

IV.2 Analyse du patrimoine biologique:**IV.2.1. Richesse totale:**

Elle représente en définitif un des paramètres fondamentaux caractéristique d'un peuplement et représente la mesure la plus fréquemment utilisée de sa biodiversité. La

richesse totale S, est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003).

Pour classer notre richesse totale, nous avons utilisé l'échelle de Daget et Poissonet (1991) :

- Raréfiée : < de 5 espèces.
- Très pauvre : de 6 à 10 espèces.
- Pauvre : de 11 à 20 espèces.
- Moyenne : de 21 à 30 espèces.
- Assez riche : de 31 à 40 espèces.
- Riche : de 41 à 60 espèces.
- Très riches : de 61 à 75 espèces.

IV.2.2. Recouvrement global de la végétation :

Le recouvrement total de la végétation est défini théoriquement comme le pourcentage de la surface du sol qui serait recouverte par les végétaux (Gounot, 1969).

$$RG(\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

n : Le nombre de point de végétation ;

N : Le nombre total de points de contacts ou de lecture

IV.2.3. La fréquence spécifique F_{Si} :

Selon Le Floch, (2008), la fréquence spécifique (F_{Si}) est le nombre de points de lecture ou un taxon donné, i est relevé « présent » lors d'un comptage sur les lignes de lecture.

La fréquence d'une espèce i (F_{Si}), est égale au nombre de points ou cette espèce a été observée le long d'une ligne disposée dans la végétation (Nedjraoui, 1981).

$$F_{Si}(\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

IV.2.4. La contribution spécifique C_{Si} :

La contribution spécifique (C_{Si}) d'une espèce i définit sa participation au tapis végétale. Elle est égale au quotient de la fréquence spécifique centésimale de ce taxon (F_{Si}) par la somme des fréquences spécifique de tous les taxons rencontrés dans le relevé (Daget et Poissonet, 1971 in le Floc'h, 2008).

$$C_{Si}(\%) = \frac{F_{Si}}{\sum F_{Si}} \times 100$$

IV.2.5. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H'):

Selon Lacoste (2001) dans l'évaluation de la diversité spécifique ou indice de Shannon, interviennent en principe les abondances (traduisant le nombre d'individus ou effectif) des espèces constitutives de la biocénose (ou de la communauté). Parmi les nombreux indices de diversité proposés, l'indice de Shannon sans doute le plus connu, et se formule ainsi :

$$H' = -\sum P_i \times \log_2 P_i$$

Où :

P_i : Abondance relative de l'espèce de rang i ;

$P_i = n_i/N$, c'est à dire l'abondance relative de l'espèce i (effectif i / effectif global). Elle rend compte indirectement de la probabilité de « voisinage » autrement dit la compétition des individus de l'espèce i avec ceux des autres espèces ;

N : Abondance du peuplement, ni Abondance de l'espèce i ;

(Les logarithmes utilisés étant de base 2, H' s'exprime en bit : binary digit).

L'indice de Shannon est pratiquement indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de l'abondance de chaque espèce (Dajoz, 1982).

Cet indice varie toujours de 0 à $\log_2 (s)$ dans une fourchette approximative de 0,5 à 5 dans le même sens que la richesse spécifique et en fonction des mêmes paramètres dynamiques environnementaux.

IV.2.6. Equitabilité (E_Q):

L'équitable (E_Q) exprime la régularité de la répartition équitable des individus au sein de la communauté végétale (espèces) .Elle permet de comparer la structure des peuplements, elle constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité du peuplement étant donné qu'elle rend compte de la distribution du nombre d'individus par espèce.

C'est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon et du nombre N d'espèces présentes dans le lieu. Il est calculé à partir la formule suivante :

$$E_Q = \frac{H'}{\log_2 (N)}$$

Où

H' : Diversité spécifique

N : Abondance du peuplement (Nombre d'espèces présentes)

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à une seule espèce. Par contre elle se rapproche de 1 lorsque chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, 1984).

IV.2.7. Diversité biologique (Le spectre biologique):

Les types biologiques ou formes biologiques désignent le comportement adaptatif de l'espèce. Elle renseigne sur la formation végétale, son origine et ses transformations. Ces types ont été établis par Raunkiaer pour les végétaux des régions tempérées où la saison défavorable est la saison froide. Mais ils peuvent être appliqués aux végétaux des régions où la saison défavorable est la saison sèche.

- Phanérophytes (Ph) : végétaux supérieurs dont les bourgeons de rénovation sont situés à plus de 50 cm du sol qui ne sont pas protégés ; ce sont des arbres, des arbustes ou de ligneuses.
- Chaméphytes (Ch) : Espèces ligneuses ou suffrutescentes pérennes dont les bourgeons de rénovation sont situés à 50 cm du sol au maximum.
- Hémicryptophytes (H) : plantes pérennes dont les bourgeons de rénovation affleurent à la surface du sol.
- Géophytes : plantes dont les bourgeons de rénovation sont enfouis dans le sol.
- Thérophytes (T) : Ce sont des plantes annuelles qui forment leurs spores ou graines au cours d'une seule période de vie.

Les différents types biologiques renseignent ainsi sur les formes de croissance et donc sur la réponse des végétaux aux conditions locales de milieu et de perturbation (Aidoud, 1983).

IV.2.8. Diversité phytogéographique :

La phytogéographie est l'étude de la répartition des espèces végétales à la surface du globe. Le fait qu'une espèce ne dépasse pas les limites de son aire de répartition dépend de plusieurs facteurs dont le climat, le sol, l'histoire ou l'isolement par des obstacles naturels (Lacoste et *al.*, 1969 in Mahamane, 2005).

La détermination des affinités chorologiques des différentes espèces a été faite à l'aide des subdivisions chorologiques proposées par (Maire, 1926 ; Monod, 1957 ; Quezel, 1965). Les

types phytogéographiques retenus sont :

- ❖ AAlTu: Américo-Algéro- Tunisien
- ❖ SS: Saharo- Sindien
- ❖ IMa: Ibéro-Mauritanien

- ❖ M: Méditerranéen
- ❖ MAt: Méditerranéen- Atlantique
- ❖ MS: Méditerranéen-Saharien

IV.2.9. Indice de perturbation du milieu:

L'indice de perturbation (I P) est déterminé par la relation suivante:

$$IP = (\text{Chaméphytes} + \text{Thérophytes}) / (\text{Nombre total des espèces})$$

IV.2.10. Mesure du biovolume (BV) des espèces inventoriées:

Au cours de notre travail nous avons considéré la forme d'une plante cylindrique, pour cela le biovolume (B V) d'une plante est cylindrique il est déterminé par :

Mesure du diamètre maximal (m) de chaque espèce et sa hauteur maximal (H (m)); nous calculons par la suite la surface (S) et le Biovolume (BV) de la manière suivante:

$$\text{Surface (m}^2\text{)} = (3,14 * (\text{diamètre})^2) / 4$$

$$\text{Biovolume (B V)} = \text{Surface} * \text{Hauteur (m}^3\text{)}$$

V. Analyses biochimiques et physiologiques des espèces inventoriées :**V.1. Les paramètres physiologiques :****V.1.1. La teneur en eau (%) :**

Les échantillons frais de chaque plante sont pesés immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF), après la pesée les échantillons sont séchés à l'aide d'une étuve à 105°C pendant 24 heures.

La teneur en eau est donnée par la formule suivante : La teneur en eau= MF-MS

V.2. Les paramètres biochimiques :**V.2.1. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF):**

La méthode utilisée est celle de Mc Kinney (1941). Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100mg d'échantillon frais, Copé en petits fragments, 5 ml d'acétone à 80% qui dilue à 20ml d'eau distille, pendant 24 heures, les concentrations de la chlorophylle a, la chlorophylle b sont déterminer à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663 et 645 nm.



Figure 06: Représentation de Dosage de la chlorophylle des espèces inventoriées.

V.2.2. Dosage des sucres totaux (mg/g MF)

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de **Dubois et al. (1956)**. Elle consiste à prendre 100mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 5ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres et on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Au moment du dosage on les place les tubes au bain-marie pendant 30mn à 70°C pour faire évaporer l'alcool.

Dans des tubes à essais propre, on met 1ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% sous haute tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 640nm. enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimes en glucose).

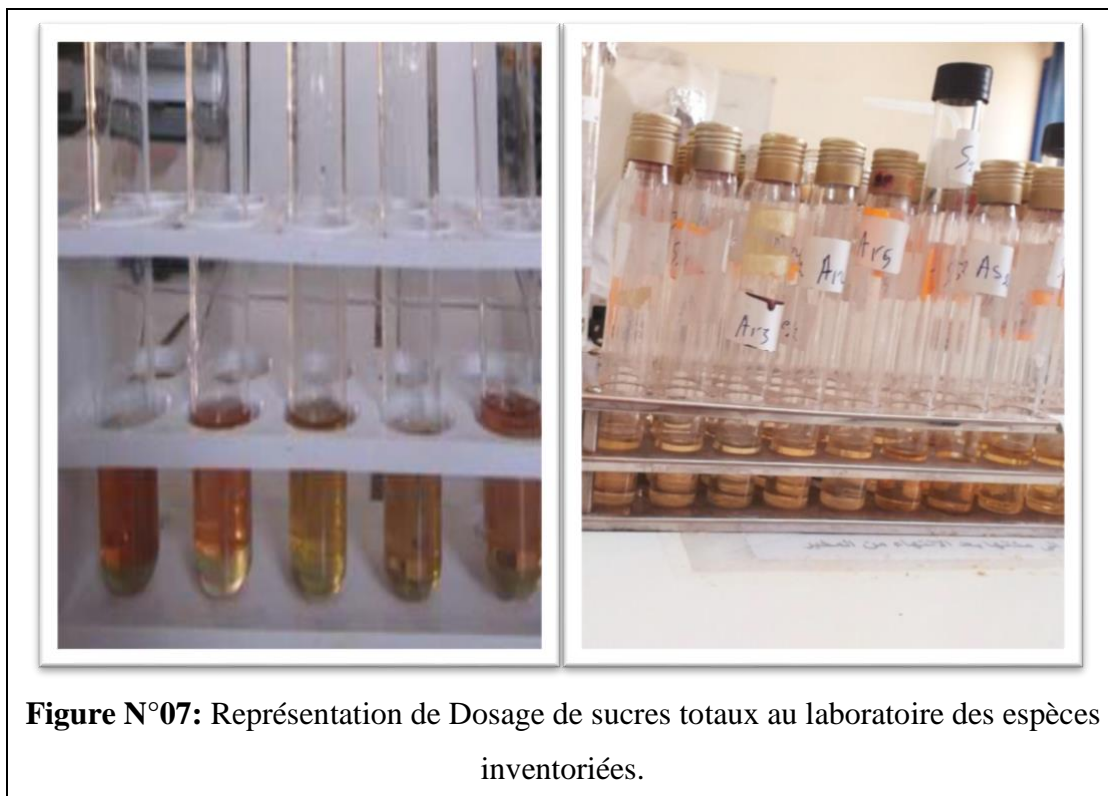


Figure N°07: Représentation de Dosage de sucres totaux au laboratoire des espèces inventoriées.

V.2.3. Dosages de la proline (mmol/g MF) :

La proline, acide pyrimidine 2-carboxylique, est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tri-cétohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (**El Jaafari, 1993**). La méthode suivie est celle de **trolls et Lindsley, (1955)**, simplifiée et mise au point par (**Rasio et al, 1987**).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans bain-marie pendant 60 mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool). Après refroidissement ; on prélève 1 ml d'extrait auquel il faut ajouter :

1 ml d'acide acétique (CH_3COOH); 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ; 1 ml de mélange contenant : 120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique ; 80 ml d'acide ortho-phosphorique (H_3PO_4 . $d=1.7$). La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5ml de toluène sont ajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de sulfate de sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient).

Nous déterminons la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe d'étalonnage préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

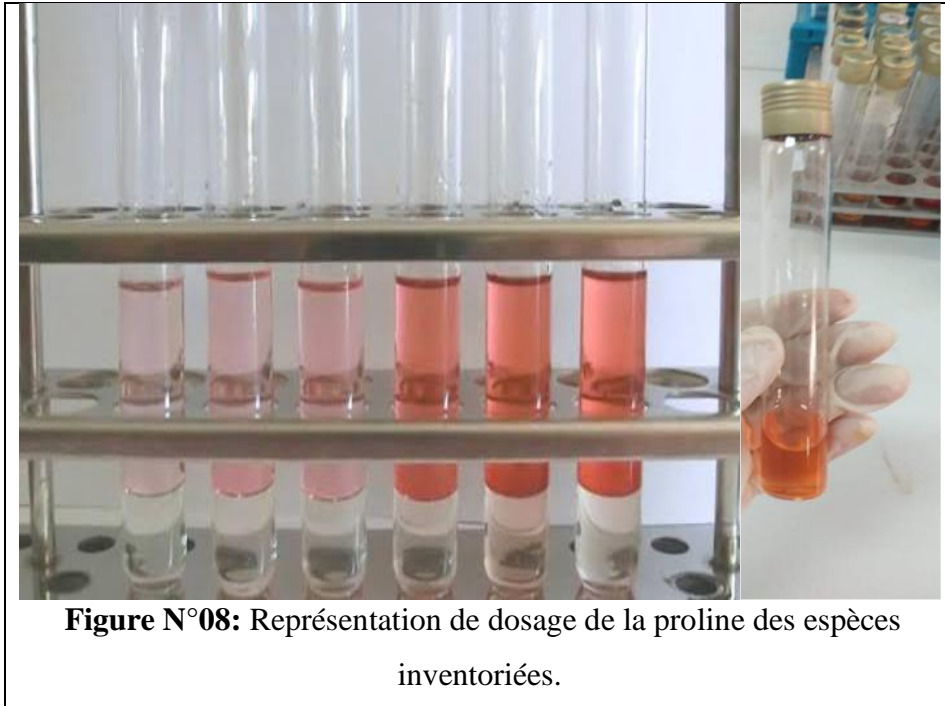


Figure N°08: Représentation de dosage de la proline des espèces inventoriées.

VI. Climatologie de la zone d'étude durant la saison de notre travail

Les données du climat de notre région d'étude ont été téléchargées à partir du Web (site 1). Elles concernent celles liées aux températures moyennes mensuelles et les précipitations mensuelles; pour les mois de Janvier Février, Avril et Mars de l'année 2022. Ces données concernent les précipitations et les températures mensuelles moyennes.

VI.1. Sol de la zone d'étude:

Les caractéristiques physico chimiques du sol de la zone d'étude sont celles d'Ould Ali et Kouidri (2017). Le sol de la plantation à Sebgag est caractérisé par (Tableau 04), une texture légère à dominance de sables, un pH légèrement basique. La plantation est caractérisée aussi par un sol non salin à faible teneur en calcaire, les nutriments sont moyennement présents.

Tableau N°04: Caractéristiques physico-chimiques du sol de la zone d'étude.

| Elément (unité) | Teneur |
|-----------------------|--|
| C (%) | (0,020 ± 0,004) |
| N (%) | (0,023 ± 0,005) |
| pH | (7,87 ± 0,29) |
| CE (mms/cm) | (0,22 ± 0,09) |
| N (g/kg) | (2,08 ± 0,92) |
| P (g/kg) | (2,64.10 ⁻⁵ ± 6 .10 ⁻⁶) |
| K (g/kg) | (0,64 ± 0,27) |
| CaCO ₃ (%) | (2,60 ± 0,005) |
| Sables (%) | (96,84 ± 1,18) |
| Argile et Limons (%) | (3,13± 1,2) |

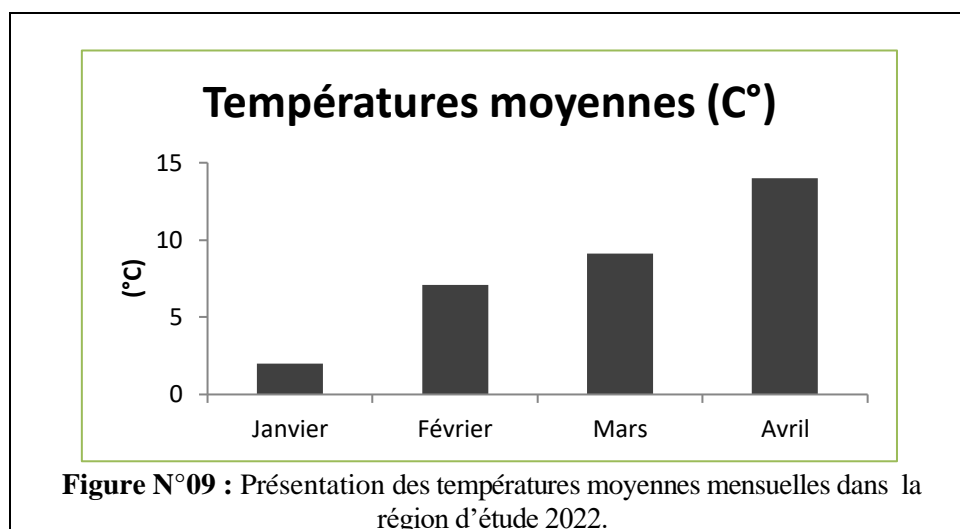
Chapitre III

Résultats et duscussion

I. Analyse climatique de la zone d'étude

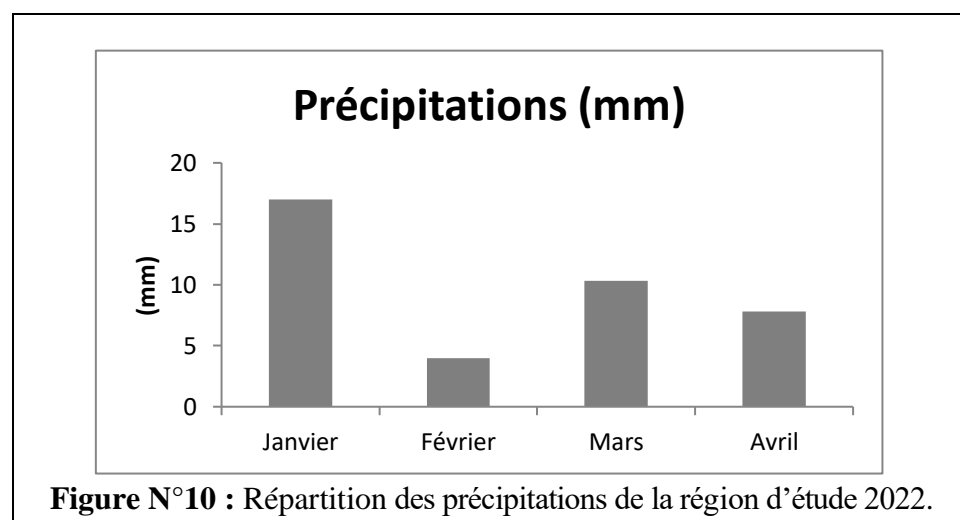
Le climat est l'un des facteurs les plus déterminants du milieu naturel, notamment dans le développement du couvert végétal.

I.1 Les températures moyennes mensuelles : Au cours de la saison de notre travail, dans la région de Sebgag, les températures moyennes mensuelles maximale est de **14°C** enregistrées en Avril 2022, les températures moyennes mensuelles minimales sont observées en janvier avec une valeur de **2°C** (Fig09).



I.2 Les précipitations :

Les précipitations pour la période de 2022 de la région d'Aflou est 39.1 mm. On observe (Figure10), que le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec une valeur de **17mm**.



II. Analyse floristique :

II.1. Richesse floristique et contribution au tapis végétale :

Dans la station plantée, nous avons enregistré 7 espèces appartenant à 6 familles (Tableau 05), Avec la dominance de la famille des Amaranthaceae qui occupe (80.91 %) du peuplement avec 1 espèce *Atriplex canescens* (Due à plantation de l'*Atriplex canescens*), suivi par les Poaceae (11.45%), les Fabaceae (2.79%), les Amaryllidaceae (2.54%), les Asteraceae (2.03 %) et les Lamiaceae (0.25). La richesse floristique en zone aride dépend essentiellement des espèces annuelles, des conditions du milieu et de la corrélation de l'ensemble de ces variables (climat – édaphisme – exploitation) **Aidoud., 1989.**

Tableau N°05 : Répartition des espèces inventoriées et leur contribution spécifique au tapis végétale.

| Nom de l'espèce | Genre | Famille | Csi (%) |
|-----------------------------|-----------|----------------|------------|
| <i>Atriplex canescens</i> | Atriplex | Amaranthaceae | 80.9160305 |
| <i>Retama raetam</i> | Retama | Fabaceae | 2.79898219 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | Stipa | Poaceae | 11.4503817 |
| <i>Artemisia alba turra</i> | Artemisia | Asteraceae | 1.27226463 |
| <i>Salvia verbenaca</i> | Salvia | Lamiaceae | 0.25445293 |
| <i>Echinops spinosus</i> | Echinops | Asteraceae | 0.76335878 |
| <i>Allium vineale</i> | Allium | Amaryllidaceae | 2.54452926 |

II.2. Indice de Shannon (H') et Equitabilité (E)

L'indice de Shannon est l'indice de diversité le plus couramment employé, cet indice de Shannon s'accompagne souvent de l'indice d'équitabilité ces deux indices permettent notamment de suivre les changements temporels d'un peuplement.

Pour la période de notre étude, nous avons calculé ces deux indices et les résultats sont présentés dans le Tableau N°06 on trouve que la valeur de l'indice de diversité de Shannon est

1,04 peuplement homogène due à la dominance d'*Atriplex canescens* par rapport aux autres espèces.

La valeur de l'Équitabilité est de 37%, indique alors que nous sommes en présence d'un déséquilibre ou une seule espèce domine tout le peuplement. Dans notre site d'étude on a remarqué la dominance de l'espèce *Atriplex canescens* par rapport l'autre espèce et qui présente aussi une contribution spécifique de plus de 80%.

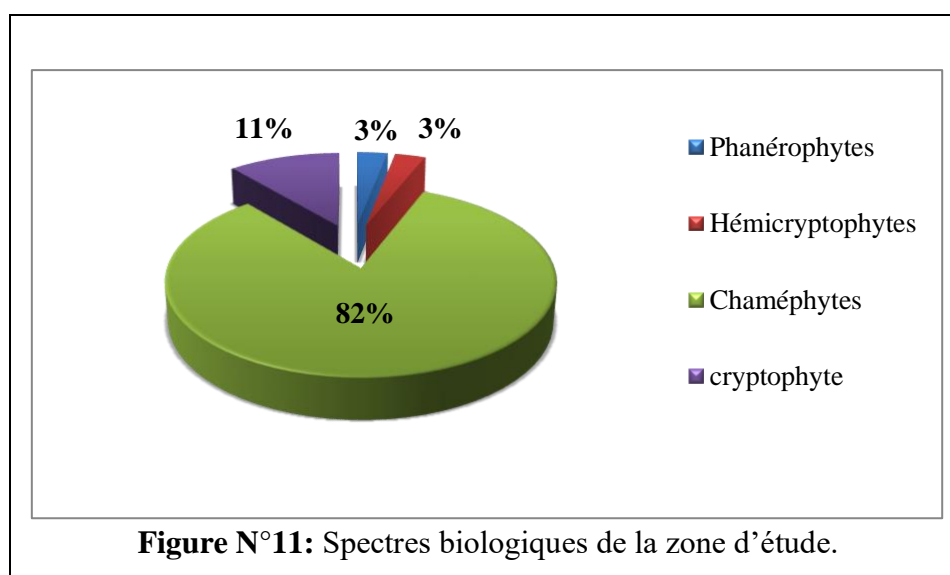
Tableau N°06 : Indice de diversité spécifique ou indice de Shannon « H' » et l'équitabilité « E » dans le parcours planté.

| (H') | (E) |
|-------|-------|
| 1,044 | 0,372 |

II.3. Type biologique :

D'après l'analyse de type biologique des plantes inventoriées dans le site d'étude on observe que les Chaméphytes dominent dans le site de plantation par un pourcentage de 82 %, cette dominance est liée à la plantation d'*Atriplex canescens* et aussi au pâturage qui favorise de manière globale les Chaméphytes refusés par les troupeaux.

Les cryptophytes sont présents avec un pourcentage de 11 % dans la plantation Les hémicryptophytes apparaissent par un faible pourcentage dans le site avec 3%, nous avons enregistré aussi la présence des Phanérophytes avec un faible pourcentage 3%, représentée par *Retama raetam*.



III. Morphométrie des plantes

Tableau N°07 : Répartition des espèces inventoriées en fonction de leur biovolume (m³)

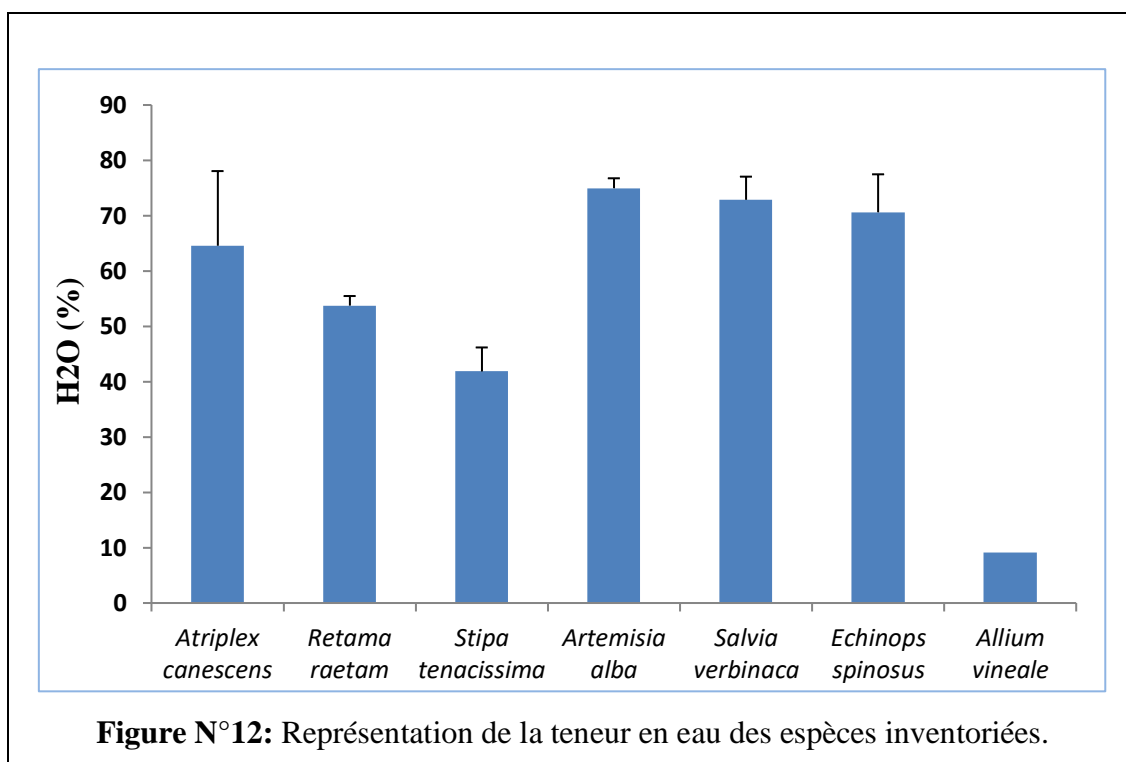
| Plante | Biovolume (m3) |
|-----------------------------|--------------------|
| <i>Atriplex canescens</i> | 0,114348333 |
| <i>Retama raetam</i> | 0,009288889 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 0,010152667 |
| <i>Artemisia alba turra</i> | 0,010152667 |
| <i>Salvia verbenaca</i> | 4,77542E-06 |
| <i>Echinops spinosus</i> | 8,50417E-05 |
| <i>Allium vineale</i> | 5,05017E-05 |

IV. Paramètres biochimiques et physiologiques des plantes inventoriées:

IV.1. Paramètres physiologiques:

IV.1.1 La teneur en eau (%) :

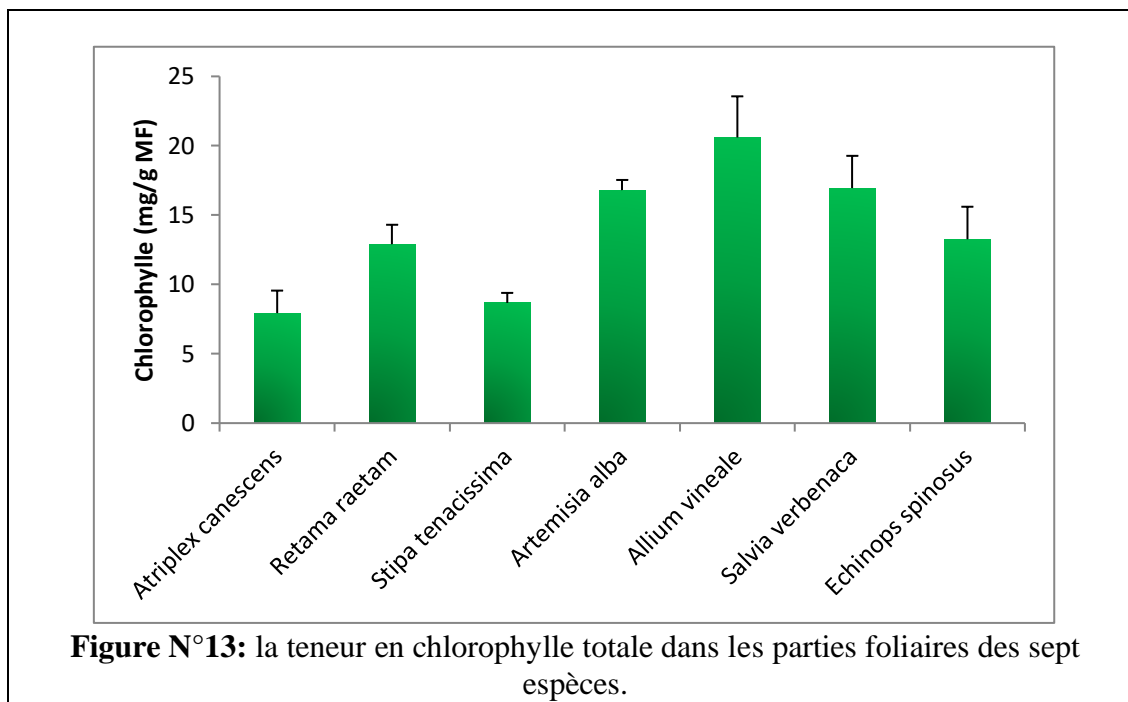
La figure N°12: représente la teneur en eau dans les parties foliaires des espèces inventoriées dans la plantation. Chez *Artemisia alba*, *Salvia verbenaca*, *Echinops spinosus* et *Atriplex canescens*, nous observons les teneurs en eau les plus élevées respectivement de 74.69%, 72.86% 70.61% et 64.56%, l'espèce *Stipa tenacissima* contient 41.85 %, d'eau. L'espèce *Allium vineale* représente la valeur la plus faible avec 9,09%.



IV.2. Paramètres Biochimique :

IV.2.1. Teneur en Chlorophylle totale (mg/ g MF) :

La figure N°13 montre que la teneur en chlorophylle est la plus élevée chez *Allium vineale* (20,6 mg/g MF), suivi par *Salvia verbenaca* (16,95 mg/g MF) et par *Artemisia alba* (16,8 mg/g MF), les plus faibles valeurs sont observées chez *Atriplex canescens* (7,93 mg/g MF) ; *Stipa tenacissima* (8,66 mg/g MF) ; des valeurs intermédiaires sont observées chez *Echinops spinosus* (13,26 mg/g MF) et *Retama raetam* (12,9 mg/g MF).



IV.2.2. Teneur en Sucres totaux (mg/ g MF)

La figure N°14 montre que la teneur en sucres totaux dans les parties foliaires des sept espèces est variée, La majorité des espèces ont des valeurs moyennes de sucre totaux qui se situe entre 21,13 (mg/ g MF) et 11,13(mg/ g MF). Deux espèces *stipa tenacissima* et *Salvia verbenaca* enregistrent des valeurs plus importantes 38,22 (mg/ g MF) et 31,05(mg/ g MF) par rapport aux autres valeurs.

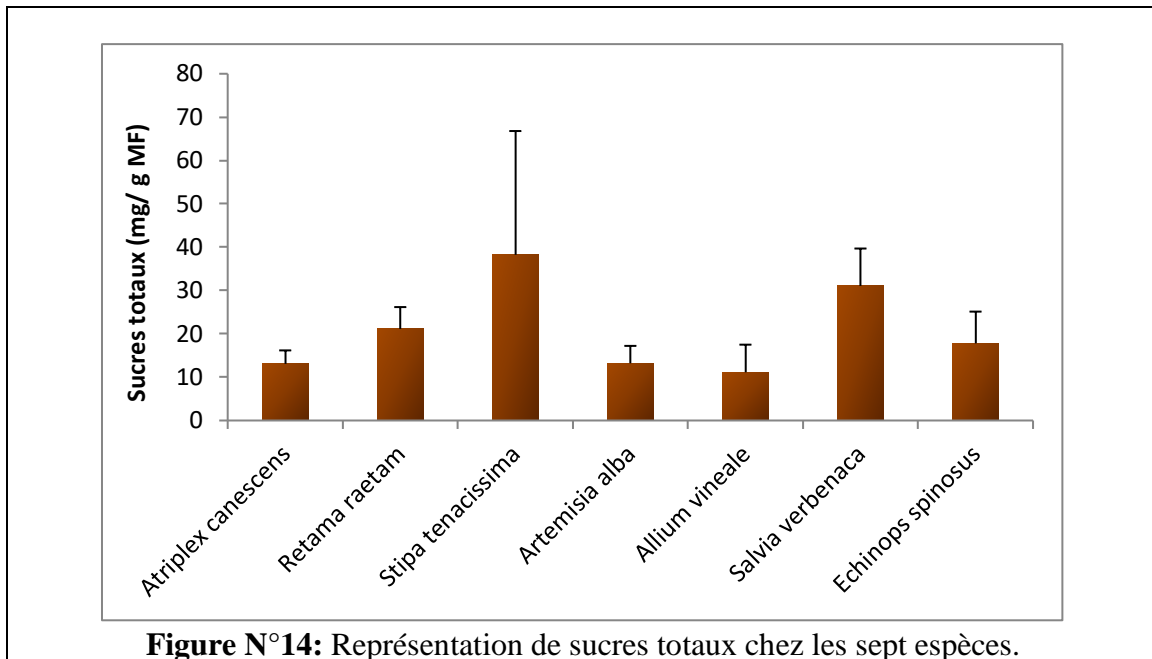
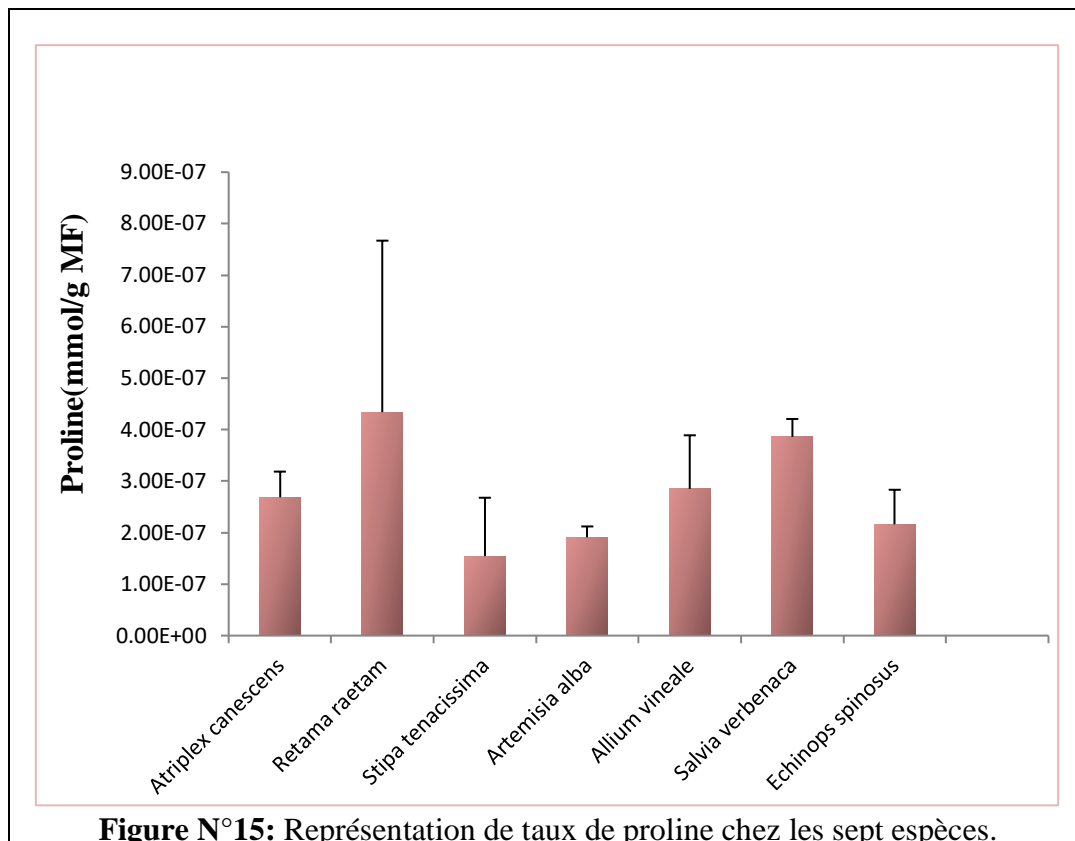


Figure N°14: Représentation de sucres totaux chez les sept espèces.

IV.2.3. Teneur en Proline accumulée (mmol/ g MF) :

La figure N°15 représente la teneur en proline totale dans les parties foliaires des sept espèces inventoriées, la valeur la plus élevée est observée chez les espèces *Retama raetam* ($4,34E-07$) et *Salvia verbenaca* $3,86E-07$ (mg/ g MF) suivi par *Allium vineale* et *Atriplex canescens*, leur valeurs est de $2,85E-07$ (mg/ g MF), est de $2,69E-07$ (mg/ g MF), respectivement, la valeur de proline la plus basse est enregistré chez les espèces *Artemisia alba* $1,91E-07$ (mg/ g MF) et *stipa tenacissima* $1,55E-07$ (mg/ g MF).



V. Synthèse des paramètres mesurés sur les plantes inventoriées

L'étude des résultats (tableau 09) indique que le biovolume de *Atriplex canescens* est très élevé, avec un teneur en eau moyennement élevée, faible teneur en sucre, très faible teneur en chlorophylle et une contribution spécifique très élevée ce qui signifie une dominance de cette espèce sur le parcours étudié.

Chez *Retama raetam* le biovolume est élevé, la teneur en eau et en chlorophylle sont faibles et la teneur en proline est très élevée, avec une contribution spécifique élevée.

Pour *Stipa tenacissima* on remarque une très faible teneur en proline avec une faible teneur en eau et en chlorophylle, une teneur en sucre élevée et une contribution spécifique très élevée.

La contribution spécifique de *Artemisia alba turra* est faible, la teneur en eau est très élevée et la teneur en chlorophylle est aussi élevée avec une faible teneur en sucre totaux et une très faible teneur en proline.

L'espèce *Salvia verbenaca* montre une très faible contribution spécifique dans ce parcours par rapport aux espèces étudiées, et une très faible biovolume, avec des teneurs en chlorophylle, H₂O, sucre et proline très élevées.

Pour *Echinops spinosus* on observe un faible biovolume et une faible teneur en chlorophylle, sucre totaux et en proline, une faible contribution spécifique aussi avec une teneur en eau élevée.

Chez *Allium vineale* le biovolume est faible, la teneur en eau et en sucre totaux est très faible, teneur en chlorophylle très élevé avec une contribution spécifique moyennement élevé.

Tableau N°08 : Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour chaque plante.

| Espèce et paramètre | Biovolume | H2O | Chlorophylle | Sucres totaux (mg/gMF) | Proline (mmol/gMF) | Csi |
|-----------------------------|-----------|-------|--------------|------------------------|--------------------|-------|
| <i>Atriplex canescens</i> | ***** | **** | * | ** | ***** | ***** |
| <i>Retama raetam</i> | ***** | *** | *** | ***** | ***** | ***** |
| <i>Stipa tenacissima</i> | ***** | ** | ** | ***** | * | ***** |
| <i>Artemisia alba turra</i> | **** | ***** | ***** | *** | * | *** |
| <i>Salvia verbenaca</i> | * | ***** | ***** | ***** | ***** | * |
| <i>Echinops spinosus</i> | *** | ***** | *** | **** | *** | ** |
| <i>Allium vineale</i> | ** | * | ***** | * | **** | **** |

***** < très élevé < ***** ; ***** < élevé < **** ; **** < moyennement élevée < *** ; *** < faible < ** ; * : très faible.

VI. Discussions

VI.1. La teneur en eau:

Il apparait selon nos résultats qu'*Artemisia alba*, *Salvia verbenaca*, *Echinops spinosus* et *Atriplex canescens* sont des espèces qui possèdent la plus grande teneur en eau. D'après Hernandez, (1997) et Slimani. (2008) on peut dire que ces espèces accumulent l'eau dans les feuilles. Le maintien d'un niveau élevé de teneur relative en eau dans les feuilles peut être associé à une bonne capacité à modifier l'osmose, permettant la préservation de la structure et de la fonction des tissus (Blum 1988).

Selon (Hagain, 2009) la teneur en eau varie cependant considérablement d'une espèce végétale à une autre et d'une saison à une autre.

Dans cette partie de notre travail nous avons étudiés les variations de la teneur en eau des espèces étudiés, il apparait selon nos résultats qu'il y'a une augmentation de la teneur en eau chez presque toute les espèces sauf pour *l'Allium vineale*.

La succulence (richesse en eau) de ces espèces peut être considérée comme un mécanisme compensatoire pour réguler la concentration interne en sel par dilution (Brady., 2002).

Levitt., (1972) fait remarqué que les plantes qui subissent le stress perdent une petite quantité d'eau dans l'unité de surface de feuille. Il augmente également le contenu de ses feuilles d'eau par rapport à celles sensibles. Ce qui peut expliquer l'augmentation de l'eau chez *Salvia verbenaca*.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes particulièrement en région arides et semi arides. il induit chez les plantes stressés une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000). Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées (Clark et Mac-caig, 1982).qui peut expliquer la diminution de la teneur en eau chez *l'allium vineale* qui est une espèces qui pousse naturellement dans les zones sablonneuse et qui ne tolère pas la salinité du sol. Selon (JoAnn perry, 2017) si l'air est très humide, la plante n'absorbe pas beaucoup d'eau du substrat, ce qui signifie la diminution de la teneur en eau. L'humidité de 'air est un autre facteur qui peut expliquer la diminution en eau chez *Stipa tenacissima* et *l'allium vineale*.

VI.2. La teneur en chlorophylle :

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (**Hikosaka et al ., 2006**).

D'après nos résultats, nous avons noté qu'il y a une augmentation de la teneur en chlorophylles chez *l'Allium vineale*, *Salvia verbenaca* et *Artemisia alba turra* .Selon (**Siakhène, 1984**) l'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration. Selon (Hopkins, 2003), Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique, la chlorophylle constituant la base des systèmes photosynthétiques par le captage de l'énergie solaire. De plus, elle contient par le biais des chloroplastes des enzymes qui sont des catalyseurs et qui rendent ainsi possible les réactions chimiques des différentes étapes de la photosynthèse. Cela est due au fait que ces plantes paraissent mieux équipées pour résister à la sécheresse et maintenir une activité photosynthétique dans des conditions de chaleur excessive.

Par contre chez les espèces *Atriplex canescens* *stipa tenacissima* et *Retama raetam* nous avons noté qu'il y a une diminution de la teneur en chlorophylle cette diminution explique par (Bousba et al., 2009) que, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse.

Selon Netendo et al.,(2004) et Chavez et al (2009) , l'accumulation des ions Na⁺et Cl⁻ affectent la teneur en chlorophylle totale par l'inhibition de sa synthèse ou par l'accélération de sa dégradation Grattan et Grieve (1994) ont rapporté que le NaCl a un effet antagoniste sur l'absorption de l'azote ,composant essentiel des chlorophylles .il affecte négativement aussi d'autres éléments minéraux; principalement le magnésium plusieurs auteurs ont rapporté que la réduction du Mg ⁺² nécessaire pour la biosynthèse de la chlorophylle affecte négativement la biosynthèse de la chlorophylle totale et de la photosynthèse (Feigin et al., 1991 ;Giori et Mukerji ,2004 ;Murkute et al.,2006 ;Sheng et al.,2008; Evelin et al.,2009).

VI.3. La teneur en sucre totaux :

Selon nos résultats obtenus, *Stipa tenacissima* et *Salvia verbenaca* représente une teneur en sucre très importante par contre les espèces *Atriplex canescens* *Artemisia alba* et *Allium vineale* sont marquées par une diminution de teneur en sucre, Selon Dib et al., (1992), l'accumulation des glucides dans les feuilles varie d'une espèce à une autre et d'une variété à une autre, selon le niveau de tolérance et l'intensité du stress. .d'après (Achraf, 2004) l'accumulation des sucres totaux chez les plantes a été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse, Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez les espèces. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités des sucres solubles au niveau de leurs cellules (Hirech, 2006). Cette matière vivante est représentée essentiellement par les glucides solubles principalement le glucose, le fructose et le saccharose mais aussi les sucres alcools et les acides organiques qui semblent jouer un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante (Hasegawa et all., 2000 ; Rodriguez-Rosales et all.,1999), ces composés peuvent jouer plusieurs autres fonctions régulatrices importantes chez les plantes stressées. Les sucres non seulement soutiennent la croissance des tissus, mais affectent aussi les systèmes de détection du sucre qui régulent

l'expression, positive ou négative, de divers gènes impliqués dans la photosynthèse, la respiration et la synthèse et la dégradation de l'amidon et du saccharose (Hare et al., 1998)

Selon (Loretti et al., 2001), L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu. Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress.

On note que l'espèce *Salvia verbenaca* contient une forte teneur en sucre, selon Couvreur et al. (1979), l'augmentation de la quantité des sucres solubles se trouvant dans les cellules peut accroître la résistance au froid.

L'augmentation de la teneur en sucre dans les feuilles joue un rôle important pour aider les plantes à s'adapter aux conditions difficiles de la région (la sécheresse et la Salinité), Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des Chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (Zerrad et al. 2006). Les sucres non seulement soutiennent la croissance des tissus, mais affectent aussi les systèmes de détection du sucre qui régulent l'expression, positive ou négative, de divers gènes impliqués dans la photosynthèse, la respiration et la synthèse et la dégradation de l'amidon et du saccharose (Hare et al. 1998).

VI.4. La teneur en proline :

L'accumulation de la proline est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement (Belkhodja et Benkabilia, 2000).

Selon nos résultats obtenus qui montre que la teneur en proline la plus élevée Chez *Retama raetam*, *Salvia verbenaca* et *Atriplex canescens*. Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savoure et al., 1995). De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables (Sivaramakrishnan et al., 1988) c'est le cas des plantes exogènes *Atriplex canescens* et *Retama raetam*

D'après (Guillaume, 2006), La proline fonctionnerait comme stabilisateur de membranes par interaction avec les phospholipides car, si la concentration en sels excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons; la glycolyse et le cycle de Krebs sont eux aussi affectés.

L'espèce *Stipa tenacissima* montre un faible taux de proline, la faible synthèse de la proline pourrait être attribuée à une faible activité du nitrate réductase foliaire due à la

présence de NaCl dans le milieu, Aslam et al. (1984) ont montré que le chlorure de sodium affecte l'activité nitrate réductase *in vitro* et *in vivo* et sa diminution pourrait être aussi expliquée par une forte synthèse glucidique, la proline étant un acide aminé gluconéoformateur selon Zerrad et al. (2008) et, parallèlement, le catabolisme des glucides dans les feuilles fournit à la plante les composés cétoniques essentiels à la synthèse des composés azotés (Laouar, 1977; Schaffer et al, 1999).

L'accumulation foliaire de la proline est observée chez les plantules de tomate cultivées sous stress hydrique ou salin (Hernandez et al. 2000) et chez *Nicotiana sylvestris* (Dix & Pearce, 1981). Selon Belkhodja & Bidai (2007), l'accumulation de proline augmente significativement avec l'augmentation de la concentration de la salinité chez *Atriplex halimus*, espèce halophile par excellence, et varie en fonction de l'organe, de la nature et de l'intensité du stress (Djerroudi Zidane et al. 2010). Aussi, il a été montré chez *Arabidopsis thaliana* que l'accumulation de la proline observée à la suite d'un traitement salin est la conséquence d'une régulation fine de son métabolisme (Pare et al. 2007).

Conclusion

Conclusion

Dans ce travail nous avons fait une analyse de l'activité chlorophyllienne d'un groupement de végétation dans un parcours planté à l'*Atriplex canescens* en relation avec le biovolume et les paramètres de stress dans la région de Laghouat précisément dans Sebgag (Aflou).

En nous basant sur les calculs des indices écologiques et morpho-métriques effectuées à partir des mesures effectuées sur le terrain et aussi sur les mesures physiologiques et biochimiques au niveau du laboratoire.

- A travers cette étude nous concluons que :
 - ❖ Selon la richesse totale le parcours présente une richesse relativement faible,
 - ❖ La contribution spécifique au tapis végétal est dominée par l'espèce planté *Atriplex canescens*;
 - ❖ L'indice de diversité spécifique et l'Equitabilité reflètent nettement la faible affinité des espèces inventoriées en matière d'espace, et de fonctions physiologiques ;
 - ❖ Les types biogéographiques sont dominés par les chaméphytes dont fait partie l'espèce introduite justifiant bien les valeurs des indices écologiques calculés ;
 - ❖ L'espèce planté est la plus volumineuse justifiant la superficie qu'elle occupe dans le parcours ;
- Les mesures des paramètres morpho-métriques physiologiques et biochimiques permettent de conclure que :
 - ❖ une forte corrélation négative entre le biovolume et la teneur en chlorophylle totale ;
 - ❖ le mécanisme d'adaptation des plantes inventoriées est basé sur une accumulation de proline avec une teneur élevée de sucres totaux et un abaissement de la teneur en chlorophylle ;
 - ❖ *Retama raetam* accumule le plus de proline, elle semble être mal à l'aise dans le parcours de Sebgag ;
 - ❖ *Artemisia alba turra*, semble aussi bien se porter en raison de son mécanisme qui lui a permis de garder la quantité d'eau qui lui est nécessaire et suffisante dans le milieu où elle évolue.

Perspectives :

Les résultats obtenus laissent entrevoir de nombreuses perspectives qui nécessitent des études plus approfondies, à savoir :

Nous espérons que d'autres études seront réalisées qui approfondissent cet axe dans d'autres régions de la wilaya de Laghouat notamment la région nord et sud de la wilaya de Laghouat, afin de confirmer et généraliser ces résultats dans toute la wilaya de Laghouat en particulier et la steppe algérienne en générale.

Références bibliographiques

- ❖ **Aidoud A., 1983.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppique sud Oranais : phytomasse, productivité énergétique, productivité primaire et application pastorale. Thèse de Doctorat 3ème cycle : USTHB, Alger. 255 p.
- ❖ **Ashref M., 2004:** Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plant. *Flora*. 199: 361-376.
- ❖ **Aberlin J-P. Daget P.** Etablir et comparer les spectres biologiques de plusieurs groupements végétaux. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* 2003 ; 56 (1-2) : 57-61.
- ❖ **Amrani O. 2021.** *Etude floristique et nutritive, spatiotemporelles, des principales plantes vivaces des parcours steppiques, naturels et aménagés, de la région de Laghouat.* Mém de D.E.S.S : Sciences Agronomiques : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- ❖ **Aidoud., A.,(1984).** Contribution a l'étude des écosystèmes steppique des Sud Oranais. Thèse doctorat : 3 ème cycle université Houari Boumediene Alger. 260 p.
- ❖ **Atallah M, Fridjat Z.** Etude de quelques paramètres d'adaptation physiologique et anatomique de quelques espèces spontanées du Sahara (région Elhamraya- d'El Oued) Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED 2018 ; P 69-72-74.
- ❖ **Azzouz f.** Les réponses morpho physiologiques et biochimiques chez l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) Soumis à un stress hydrique université Oran .2009 ; p 60-61-64.
- ❖ **Aouissi M, Merizgui R. 2017.** Etude de la capacité de résistance aux conditions du milieu chez plantation d'*Atriplex canescens* de la région de Sebgag wilaya de Laghouat : écologie végétale et environnement steppes et Oasis : Université Amar Telidji Laghouat.
- ❖ **Benchouk K, Salemkour N, Farhi Y, Belhamra M. 2012.** *Formations Végétales Psammophiles Dans La région de ziban.* Journal Algérien des Régions Arides. n°9 :10-11
- ❖ **Bouchemal K, Bouldjadj R, Belbekri M, Ykhlef N, Djekoun A.** Pigments photosynthétiques, enzymes antioxydantes et potentiel osmotique foliaire de dix génotypes de blé dur (*Triticum durum*) : effet du stress hydrique Photosynthetic pigments, antioxydant enzymes and leaf osmotic potential of ten durum wheat (*Triticum durum*) genotypes: impact of water stress. Société de protection des plantes du Québec (SPPQ). 2018[cité le 03 juin 2022] ; Volume 98, numéro 1, 13-24. <https://id.erudit.org/iderudit/1055352ar>.
- ❖ **Berrached I, Meddour Z.** Dosage des sucres totaux chez une espèce xérophYTE dans deux biotopes différents. 2013/2014 p 15-16.
- ❖ **Benyahia M, Sebkhauoui M. 2021.** Contribution à l'étude des Effets de variations climatiques sur le comportement physiologique de deux espèces steppiques *Retama raetam* et *Aristida pungens* : Ecologie Végétale et Environnement : Université Amar Telidji Laghouat.

Références bibliographiques

- ❖ **Brinis A et Belkhodja M.** Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques et biochimiques chez *Atriplex halimus* L. Salinity effect on physiological and biochemical parameters of *Atriplex halimus* L. 2015; p 49.
- ❖ **Bray, E.A.** plant responses to water deficit trends in plant science. 1997; 2, 48-54.
- ❖ **COUDE-GAUSSEN G, ROGNO P.** Désertification et aménagement au Maghreb. Editions L'Harmattan 1995. 313 pages.
- ❖ **Dahane A, Zoubeidi M, Louacini BK.** Le développement durable du pastoralisme et la gestion des conflits en Algérie: Cas de la région de Tiaret Sustainable development of pastoralism and conflict management in Algeria: Case of the Tiaret region. *Journal of Contemporary Business and Economic Studies.* 2021[cité le 09/01/2022] ; Vol.(05) No.(1): 668-680.
- ❖ **Daoudi A, Terranti S, Hammouda RF, Bédrani S,** 2013. Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas des stratégies productives des agropasteurs de Hadj Mechri. *Cah Agric* 22: 303-10. Doi: [10.1684/agr.2013.0629](https://doi.org/10.1684/agr.2013.0629).
- ❖ **Daget P. Et Poissonet J., 1991.** Prairies et pâturages, méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique. 354 p.
- ❖ **Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie. Ed. Gautier- Villars, Paris, 503 p.
- ❖ **DAGET PH. , POISSONET J.,(1971).**une bonne méthode d'analyse phytologique des parairies.critères d'application.*Ann.Agoron.,22(1)pp.5-41.*
- ❖ **Duchaufour Ph., 1977.** Pédologie, Pédogenèse et classification. Tome I, Edition: Masson, Paris, 477p.
- ❖ **Faycel S, kara N.** Le Rôle des Antioxydants dans la Résistance aux stress Biotiques et Abiotiques Chez les Grandes Cultures. Université de Jijel. 2008 ; p 13-14-15-18.
- ❖ **GOLDHIRS A.G., HANKAMER B And LIRS S.H., 1990** –Hydroxy-proline and praline content and cell wall of Sunflower, Peanut and cotton growth under salt stress *Plant. Sci.*, 69, p27 32.
- ❖ **Gounot M., 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Editeur Masson et Cie, Paris.314p.
- ❖ **GOUNOT M.,(1969).** Méthode d'étude quantitative de la végétation .Masson, paris,314p.
- ❖ **Hopkins W.G., 1999** – Introduction to plant physiology. Second Edition. The University of Westem Ontario. Edit. John Wilay and Sons., Ins, 512p.
- ❖ **Hopkins WG.** Plant Physiological Ecology. *Physiologie Végétale.* De Boeck Supérieur. 2003; 532 pages.
- ❖ **Kasraoui M F, Braham M, Denden M, Mehri H, Garcia M, Lamaze TH, Attia F.** Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier. 2005 ; p104.

Références bibliographiques

- ❖ **LE FLOC'H (2008)**. Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation. *Collection Roselt/OSS*, C.T N° 1, Tunis. 175p.
- ❖ **Merabta S, Zerafa Ch, Benlaribi M.** Y A-T-II Une Relation Entre Teneur En Chlorophylle Et Accumulation De La Proline Chez Les Céréales À Paille Sous Déficit Hydrique. *European Scientific Journal*. May 2018 ; v14n15p234.
[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p234](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p234).
- ❖ **Marcel Pouget.** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud algéroises. *TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S. T. O.M – PARIS*. 1980 ; p 134.
- ❖ **Mehani M, Bissati S, Djeroudi O.** Effet d'eau de mer sur deux paramètres hydriques (turgescence et transpiration) de jeunes plants d'*Atriplex canescens* (Effect of seawater on two water parameters (turgescence and transpiration) of young plants of *Atriplex canescens*) 2012 ; p844.
- ❖ **Mouri Ch , Benhassaini H , Bendimered FZ, Belkhodja M.** Variation saisonnière de la teneur en proline et en sucres solubles chez l'oyat (*Ammophila Arenaria* (L.) Link) provenant du milieu naturel de la côte ouest de l'Algérie, *Acta Botanica Gallica*. (2012), 159:1, 127-135. DOI: 10.1080/12538078.2012.673822.
- ❖ **NEDJRAOUi D, BÉDRANI S.** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 8 Numéro 1, avril 2008.
- ❖ **NEDJIMI B, GUIT B.** LES STEPPES ALGÉRIENNES: CAUSES DE DÉSÉQUILIBRE. *Algerian journal of arid environment*. 2012 [cité en Décembre 2012] ; vol. 2, n° 2: 50-61.
- ❖ **Nedjraoui D., 1981.** Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse 3eme cycle. USTHB, Alger. 156p.
- ❖ **Nedjimi B., 2006.** Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue du chercheur*, 4 :13-19p.
- ❖ **Ozenda P., 1954.** Observation sur la végétation d'une région semi-aride, les hauts plateaux du sud algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 45 : 189-224 pp.
- ❖ **Pouget M.(1980).** Les relations sol-vegetation dans les steppes sud-Algéroises. doc.
- ❖ **Prévost, P. 1999.** *Les bases de l'agriculture*. Paris : Technique et documentation. 243 p. *Plant cell and environment*. 21: 535 - 553 p.
- ❖ **Ramade, F. 2003.** *Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale)*. Paris : DUNOD. 690p.
- ❖ **Stambouli-Meziane H , Bouazza M, Thinson M.** La diversité floristique de la végétation psammophile de la région de Tlemcen (nord-ouest Algérie). *C. R. Biologies*. 2007 [cité le 9 juin 2009] ; volume 332, 711–719. Doi:10.1016/j.crv.2009.03.007.

Références bibliographiques

- ❖ **Shamsul H, Qaiser H, Alyemeni MN, Wani A, Pichtel J, Aqil A.** Role of proline under changing environments. *Plant Signaling & Behavior* 2012 [cité novembre 2012]; 7:11, 1456–1466. www.landesbioscience.com.