

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Ecologie

Option : Ecologie végétale et environnement.

Réalisé par :

Allali Mohamed Taha El mehdi

Laala Fatima Zahra

THEME

Contribution à l'étude de l'effet des variations climatiques sur le comportement physiologique et biochimique d'une plante steppique *Astragalus armatus* .

**Année universitaire :
2020/ 2021**

Remerciements

Tout d'abord, louange à DIEU le tout puissant de nous avoir guidé et donné le courage et la volonté le tout puissant de nous. Toute notre gratitude et nos sincères remerciements vont à notre encadreur Mr Boumediene Abdelmadjid pour son encouragement continu et ses conseils afin que nous puissions accomplir notre travail.

Nous tenons aussi à remercier Mme Houyou Zohra en tant que Co-encadreur, pour son orientation, son aide et ses conseils.

Nos sincères reconnaissances vont aux membres du jury Mme Ibtissem Souffi et Mr Benaceur Farouk pour le temps consacré afin d'examiner notre travail et de l'évaluer.

En ce moment précis, toutes nos pensées vont vers nos honorables parents en reconnaissance à leur esprit, de sacrifice et de dévouement ainsi qu'à leur soutien constant moral et matériel.

Ensuite, nous tenons à remercier deux personnes qui nous ont encouragés, qui ont été à notre aide tout le temps les bibliothécaires mr Aissa et mr Ahmed.

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin pendant toute la durée de notre parcours éducatif.

Dédicaces

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, je dédie ce travail
A ma très chère mère Kḥadidja ma force, qui n'a jamais cessé de
prier pour moi.*

*A mon très cher père Mohammed, l'homme d'exception, pour ses
encouragements son soutien, surtout pour son amour.*

A mon cher frère Bachir.

A mes chères sœurs Aicha Amina et Nadjet.

A mes tantes, mes oncles et mes cousines.

A tous mes amis..

Merci à tous...

Fatima Zahraa.

Dédicaces

Quoi que je fasse, quoi que je dise je ne saurai point remercier mes parents comme il se doit, ceux qui ne cessaient jamais de m'encourager et m'aider durant toute ma vie.

Je dédie ce travail à un cher qui n'est plus avec nous mais son esprit est toujours présent avec moi, mon grand-père.

Ainsi à tous mes amis et ma famille qui m'ont soutenu.

Merci à tous

Mehdi

Chapitre I Aperçue bibliographique :

I.1. Historique :	7
I.2. Généralité sur Les Fabacées :	7
I. 3. Le genre <i>Astragalus</i> :	8
I.3.1. Répartition géographique :	8
I.3.2. Position systématique :	9
I.3.3. Description botanique :	10
I.3.4. Mode d'adaptation :	10
I.3.5. Le genre <i>Astragalus</i> en Algérie :	11
I.3.6. Toxicité du genre <i>Astragalus</i> :	11
I.3.7. Intérêt médicinaal de la plante :	11
I.3.8. Importance économique de la plante :	11
I.3.9. Intérêt écologique :	11
II. Description de la zone d'étude :	12
II.1. Délimitation géographique et superficie de la steppe en Algérie :	13
II.2. Problème de dégradation des sols :	14
II.2.1. Les principaux facteurs de dégradation :	15
III.1. Différents types de stress chez les plantes :	19
III.1.1. Stress biotique :	19
III.1.2. Formes biologiques :	19
III.1.2. Le stress abiotique :	19
III.1.2.1. Le stress salin :	20
III.1.2.2. Stress hydrique :	22
III.1.2.3. Stress thermique :	26
III.1.2.4. Le stress de vents :	28
III.2. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress :	29
III.2.1. La teneur en chlorophylles :	29
III.2.2. Accumulation de la proline en condition de stress :	29
III.2.3. L'accumulation des sucres solubles :	30
I.1. Situation géographique et présentation des sites d'étude :	31
I.2. Le choix de la méthode et le choix des sites :	31
I.3. Géologie de la région de Laghouat :	33
I.4. Caractéristiques climatiques de la région de Laghouat :	34
I.4.1. Climagramme d'EMBERGER :	34
I.4.2. Le diagramme Ombrothermique :	35

I.4.3. Les Températures :	37
I.4.4. Les précipitations :	38
I.4.5. L'humidité relative de l'air :	39
I.4.6. Le vent :	40
I.4.7. Végétation de la région de Laghouat :	41
II. Travail expérimental :	42
II.1. Travail de terrain :	42
II.1.1. Collecte des échantillons de feuilles des plantes :	42
II.1.2. Prélèvement du sol :	42
III. Analyses au laboratoire :	42
III.1. Analyses de la matière végétale :	42
III.1.1 Les paramètres physiologiques :	42
III.1.1.1 La teneur en eau (%) :	42
III.1.2. Les paramètres biochimiques :	43
III.1.2.1. Dosage de la proline (mmol/g MF) :	43
III.1.2.2. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) :	44
III.1.2.3. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF) :	45
I. Résultats :	47
I.1. Climatologie dans la zone d'étude dans les trois saisons de notre travail :	47
I.1.1. Températures moyenne mensuelles :	48
I.1.2. Vitesse du vent :	49
I.1.3. Précipitations :	50
I.1.4. Humidité relative de l'air :	51
I.2. Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour l' <i>Astragalus armatus</i> :	52
I.2.1. Paramètres physiologiques de la plante :	52
Teneur relative en eau (%) :	52
I.2.2. Paramètres biochimiques de la plante :	53
Teneur en Chlorophylle totale (mg/ g MF) :	53
Teneur en sucres totaux (mg/ g MF) :	54
Teneur en proline accumulée (mmol/ g MF) :	55
II. Discussion :	56
II.1 La teneur en eau :	57
II.2 Chlorophylle accumulée :	57
II.3 Sucres totaux :	58
II.4 Proline accumulée :	58

Références bibliographiques : **Erreur ! Signet non défini.**

Références électroniques : 68

Résumé 69

N° figures	Titres	Page
1	La répartition géographique de la plante <i>Astragalus armatus</i> .	9
2	Arbuste d' <i>Astragalus armatus</i> . (Cliché originale 2021)	12
3	Délimitation des steppes algériennes. (Nedjraoui, D., et Bédrani, S. 2008)	13
4	Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Hamda) (Cliché originale 2021)	32
5	Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Daya Gueblia) (Cliché originale 2021)	32
6	Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Mokrane)	32
7	Localisation des sites d'étude, image Google Earth avec nos esquisses	33
8	Climagramme d'Emberger de la région Laghouat	35
9	Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnauls de la région de Laghouat (2005-2018)	36
10	Les températures de Laghouat pendant 7 ans (2011-2017)	37
11	Dynamique des précipitations pluviométriques dans la région de Laghouat	38
12	La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat (2011-2017)	39
13	Dynamique du vent à Laghouat (2011–2017)	40
14	Photo illustrant le dosage de la proline au laboratoire (Cliché originale 2021)	44
15	Photo illustrant le dosage des sucres totaux au laboratoire (Cliché originale 2021)	45
16	Photo illustrant le dosage de la chlorophylle au laboratoire (Cliché originale 2021)	46
17	Températures moyenne mensuelles	48
18	Variation de la vitesse du vent à Laghouat	49
19	Les précipitations moyenne mensuelles à Laghouat	50
20	Variation moyenne mensuelles de l'humidité relative de l'air à Laghouat	51
21	Teneur saisonnière Teneur relative en eau (%) chez <i>Astragalus armatus</i>	52
22	Teneur saisonnière en chlorophylle totale (mg/ g MF) chez <i>Astragalus armatus</i>	53
23	Teneur saisonnière en sucres totaux (mg/ g MF) chez <i>Astragalus armatus</i>	54
24	Teneur saisonnière en proline accumulée (mmol/ g MF) chez <i>Astragalus armatus</i>	55

N° tableaux	Titres	Page
1	Effectifs du cheptel en équivalents-ovin (103) et charges pastorales (ha/eq.ovin) (Ministère de l'Aménagement du Territoire et l'Environnement, 2000)	17
2	Représentation des végétaux trouvés dans la région de Laghouat	41
3	Représentation des variations climatiques de la région de Laghouat durant les trois saisons.	47
4	Représentation des Paramètres physiologiques et biochimiques chez <i>Astragalus armatus</i> dans la région de Laghouat durant les trois saisons.	55
5	Représentation des résultats globaux obtenus dans notre travail.	56

Liste des abréviations

(%) : Pourcentage.

C° : Degré Celsius.

H (%) : L'humidité relative de l'air.

Ha : Hectare

Km : kilomètre.

m : Mètre.

m/s : Mètre sur seconde.

Max : Maximal.

MF : Matière Fraiche.

mg/g MF : Milligramme sur gramme de la matière fraiche.

mg: Milligramme.

ml : Milli litre.

mm : Millimètre.

mmol : Milli Mol.

mmol/g MF : Milli Mol sur gramme de la matière fraiche.

mn : Minute.

P : Précipitations.

Pf : Poids frais.

Ps : Poids sec.

PT : Poids de Turgescence.

Q2 : Quotient Pluviothermique.

T : Température.

T M M(°C): Température moyenne mensuelle.

Vv (m/s): La vitesse du vent.

Introduction

Introduction :

Les régions sèches sont les zones arides, semi-arides et subhumides sèches dans lesquelles le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration possible se situe dans une fourchette allant de 0.05 à 0.65 (UNCCD, 1994) ; 10 à 20% de ces zones sont déjà désertifiées (MEA, 2005). En Afrique, ces zones couvrent essentiellement la zone circum-saharienne, avec une légère extension en Afrique australe. Ces régions sont caractérisées ces dernières décennies par une importante variabilité climatique ; en témoignent la baisse de la pluviométrie et la hausse des températures, avec des conséquences négatives sur les écosystèmes et les systèmes de production, faisant de cette partie du monde l'une des zones les plus vulnérables face aux changements climatiques (GIEC, 2007).

En Algérie, les parcours steppiques semi-arides et arides occupent plus de 20 millions d'hectares et abritent plus de 30% de la population du pays dont l'activité principale est l'élevage ovin avec plus de 25 millions de têtes (MADR, 2010). Ils sont caractérisés par une longue sécheresse estivale (4 à 6 mois) et par des conditions édapho-climatiques très contraignantes à la survie spontanée des êtres vivants (Madani, 2008). Considéré comme un grand espace, Nedjraoui et Bedrani, (2008), Nedjimi et Guit, (2012), rapportent que les steppes algériennes constituent une vaste région qui s'étend du l'Atlas Tellien au Nord à l'Atlas Saharien au Sud, couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Sur le plan limite elles forment un ruban de 1000 km de long sur 300 km de large, réduite à moins de 150 km à l'Est. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*). Les 20 millions d'hectares comprennent 15 millions d'hectares de steppe proprement dite, distribués sur plusieurs wilayas et 5 millions d'hectares de terres cultivées, de maquis, de forêts, et de terrains improductifs (Bencherif, 2011).

Les ressources végétales spontanées constituent jusqu'à ce jour une source d'intérêt primordial pour l'homme et ses besoins. Elles représentent aussi un phytomédicament appréciable par la population de certains pays du Monde et surtout les pays en voie de développement (Tabuti et al., 2003). En Afrique, la médecine traditionnelle contribue à la satisfaction des besoins en matière de santé de plus de 80% de la population (Rukangira, 1997). Ces ressources comptent environ 500.000 espèces de plantes sur

Terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicinales (Quyoun 2003 In Benkhnioue et al., 2011).

Le Sahara septentrional, avec sa grande superficie, compte environ 500 espèces de plantes spontanées (Ozenda, 19991), dont une partie reste utilisée par la population comme plantes d'intérêts médicinales (Maiza et al., 1993).

La végétation steppique est une végétation basse et discontinue, composée de plantes herbacées généralement en touffes, laissant apparaître entre elles des plaques de sol nu (MOHAMMEDI et al, 2006). Elle se caractérise par l'importance des espèces vivaces, ligneuses ou graminéennes, couvrant 10 à 80% de la surface du sol avec un développement très variable des espèces annuelles liées aux pluies.

Astragalus L. constitue un genre complexe à grande richesse spécifique (3 000 espèces). Cette complexité vient de la forte différenciation morphologique et de la large répartition géographique du genre (Zarre et Azani, 2013). En Afrique du Nord, on comptabilise près de 105 taxons (Dobignard et Chatelain, 2010-2013); en Algérie, le genre *Astragalus* est représenté par 40-45 espèces annuelles et vivaces appartenant à 18 sections, qui couvrent des aires géographiques très diversifiées comprenant les régions côtières, les hauts plateaux et les régions sahariennes (Quézel et Santa, 1962). Certaines espèces jouent un rôle dans l'alimentation du bétail (Belkassoui et al., 2007) tandis que d'autres sont toxiques, et constituent donc une source potentielle de composés à intérêt pharmaceutique (Abd El-Latif et al., 2003 : Yip et Kwan, 2006).

Selon le Millennium Ecosystem Assessment (2005), la désertification est l'un des plus grands défis environnementaux et un frein majeur à la satisfaction des besoins élémentaires des populations en zones arides. Le plus souvent, elle est associée à un certain nombre de manifestations physiques et socioéconomiques telles que l'ensablement, l'avancée du désert, l'érosion et la dégradation des sols, la déforestation, le déclin de la productivité biologique des terres, la croissance démographique, l'utilisation inappropriée des technologies (Swift, 1996).

Depuis ces dernières décennies, les hautes plaines steppiques subissent des dégradations qui s'accroissent d'une année à une autre, dans l'état initial le milieu physique (climat – sol) et la végétation sont en état d'équilibre qui reste relativement précaire dans les régions arides, au niveau de la steppe algérienne le mouvement de la désertification provient de la steppe en équilibre qui aurait par dégradation permis l'avancée du désert (Akkouche, 2011). Ils sont caractérisés par une longue sécheresse

estivale (5 à 6 mois) et par des conditions édapho-climatique très contraignantes à la survie spontanée des êtres vivants (Madani, 2008).

En général, la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat, alors que les changements climatiques désignent un changement du climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoutent à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables (UNFCCC, 1992).

Ainsi, la notion de variabilités et changements climatiques désigne la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine anthropique (Niasse M., Afouda A. et Amani A., 2004). Une telle définition a pour avantage de simplifier celle donnée par la Convention Climat et aussi de prendre en compte celle du GIEC qui considère le changement climatique comme une variation à long terme du climat, qu'elle soit d'origine anthropique ou naturelle.

Houyou et al. (Houyou Z., Biolders C. L., Benhorma H. A., Dellal A. & Boutemdjet A. 2014). Ont pu démontrer que les tempêtes de sable provoquent (64,32 t/ha / an) de pertes en terres dans la zone de Mokrane à Laghouat, accentuée par les labours et le vent avec une vitesse de (7,3 m/s). Suite à cette situation d'ensablement dans ce site à vocation céréalière et élevages ovins, nous avons visé à réaliser un inventaire des espèces végétales qui colonisent les accumulations sablonneuses et évaluer la valeur pastorale de ces parcours.

La capacité d'adaptation des espèces et des gènes dans les zones arides est importante : les plantes de ces régions sont pour la plupart des graminées, et les graines peuvent attendre le retour de conditions favorables à leur germination pendant plusieurs années. Ces régions sont ainsi des réservoirs de matériel génétique, utilisés notamment pour l'amélioration des plantes cultivées. Dans les écosystèmes arides, il y a moins d'espèces redondantes. Ainsi, dans les régions arides, la disparition d'une espèce aura comparativement plus d'impact sur le milieu naturel, car elle risque d'entraîner la disparition en cascades d'autres espèces auxquelles sa fonction est indispensable. (Al Hamndou, D et al, 2008).

Les plantes en générale exigent des conditions environnementales optimales pour une croissance normale, mais elles sont souvent sujettes à des facteurs extrêmes de potentiels hydrique, température et salinité, engendrant différents types de stress (Hopikins, 1999 ; Bouaouina et al. 2000). En conditions stressantes, certaines espèces sont menacées de disparaître (Chamard, 1993), d'autre peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autre, physiologiques (Kylin et Quatano, . 1975 ; Parida et Das., 2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauterie.,1991) impliquant une activité enzymatique (Stephanopoulos., 1999 ; Chaffei et al., 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle osmo-protecteurs (Rathinasabapathi et al., 2000) ou régulateurs osmotique (Goldhirs et al 1990) en synthétisant des acides aminés comme la proline (Ashraf et Mcneilly, 2004).

La proline est l'une des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rejeb et al., 2012). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (Acevedo et al,1989). Face à un ajustement osmotique les plantes possèdent le glutamate un précurseur commun à des pigments chlorophylliens et par conséquent influence aussi la concentration en sucres solubles dans les organes foliaires de ces végétaux (Khayyat et al, 2014).

La teneur en pigments chlorophylliens est également un bon indicateur de la performance des plantes face au stress abiotique (Shu et al., 2013) au stress ionique (Khan et al., 2019) et au déficit en eau (Zegaoui et al., 2017).

De nombreuses recherches ont montré que les sucres solubles jouent un rôle central dans le contrôle du métabolisme de tolérance des plantes sous diverses contraintes environnementale (Abdel-Latif et El Demerdesh, 2017). Wyn Jones et Storey (1978) ont signalé une accumulation de sucres solubles avec celle de la proline dans les feuilles des cultivars d'orge en réponse au stress ionique. Les teneurs en proline, en chlorophylle et en sucres solubles constituent donc de bons indicateurs pour détecter les réactions des plantes soumises a diverses contraintes environnementales. La steppe algérienne est donc concernée par ces variations climatiques et la couverture végétale qui la couvre en serait affectée.

Dans ce contexte notre travail de mémoire a été entrepris dans trois sites de parcours steppique de la région de Laghouat et dont l'objectif est d'analyser l'effet de variations climatique saisonnière sur le comportement physiologique et biochimique chez *Astragalus Armatus* dans la région de Laghouat.

Notre mémoire s'organise de la manière suivante :

Un premier chapitre qui présente des revues bibliographiques traitant le travail.

Un deuxième chapitre qui présente le matériel utilisé et les méthodes suivis avec une description de la région choisie.

Un troisième chapitre qui expose les résultats obtenus avec leurs discussions. Et enfin, une conclusion.

Chapitre I

Aperçue bibliographique

I.1. Historique :

Le mot Astragale est d'origine grec, il désigne l'os de la cheville ou plus exactement l'un des os de l'articulation tibiotarsienne. La dénomination d'astragale vient de la Ressemblance du bruit des graines séchées de la plante avec celui de l'os, quand ils tombent sur surface solide (James et al,1981).

Ce genre de légumineuses compte quelque deux milles espèces d'annuelles, de vivace et d'arbustes rencontrés dans une grande partie de la zone tempérée de L'hémisphère nord. (Burnie et al., 2006). La croissance des espèces de genre *Astragalus* se produit de l'automne au printemps elles demeurent vertes pendant l'hiver quand l'herbe est peu disponible (Colegate et al., 1985).

Selon Chaib (1997), *Astragalus armatus* est considérée comme espèce marquant la dégradation, elle peut contribuer, de façons partielles au processus de restaurations de l'équilibre écologique dans ces milieux dégradés.

I.2. Généralité sur Les Fabacées :

L'espèce retenue pour notre travail *Astragalus armatus*, est une espèce appartenant à la famille des fabacées.

Les Fabacées sont une des plus importantes familles parmi les dicotylédones (Bonnier, 1905). C'est un groupe représenté par plus de 20 000 espèces cosmopolites des régions froides à tropicales (Gepts et al.,2005 ; Cronk et al.,2006). La classification phylogénétique APG III (2009) divise ce groupe en 3 sous familles : Papilionoideae, Caesalpinioideae et Mimosoideae.

La sous famille des Papilionoideae est monophylétique, cosmopolite et compte près de 11 300 espèces réparties en 440 genres (Labat, 1996) et munies le plus souvent de nodosités racinaires (Raven et al., 2000). Leurs fleurs sont irrégulières et la corolle se présente sous forme de « papillon » (Baillon, 1867) avec un pétale supérieur (étendard) situé à l'extérieur de deux pétales latéraux (ailes) et deux pétales inférieurs soudés (carène) renfermant le style et des étamines soudées. Le fruit est une gousse formée d'un seul carpelle possédant deux zones de suture opposées qui, chez les espèces spontanées, s'ouvrent à maturité pour expulser les graines (Caratini, 1984 ; Polhill, 1994).

I. 3. Le genre *Astragalus* :

Ce genre a trois synonymes ; *Acacia armata* (Willd.) Batt, *Acanthyllis tragacanthoides* (Desf.) Pomelet *Anthyllis tragacanthoides* Desf. (Greuter et col 1989). Ce genre est présent en Afrique du Nord.

Le genre *Astragalus*, qui fait partie de la famille des Fabacées, est un ensemble de plus de 3 000 espèces (Scherson et al., 2008) à fort taux de diversification, de spéciation et d'endémisme (Sanderson et Wojciechowski, 1996) et dont l'origine probable est l'Eurasie, régions situées entre les montagnes du sud-ouest asiatique et le plateau de l'Himalaya (Podlech, 1986 ; Lock et Simpson, 1991). Deux centres de diversification qui sont l'Eurasie et l'Amérique du Nord ont été identifiés par Wojciechowski et al., (1999).

Le genre *Astragalus*, le plus important de la famille des Fabacées, comprend environ 2500 espèces avec plus de 250 section taxonomique dans le monde (Yuan et al.,2012).

I.3.1. Répartition géographique :

Le genre *Astragalus*. Est le plus abondant de la famille des Fabacées avec environ 2500 espèces et avec plus de 250 sections taxonomiques dans le monde (Yuan et al, 2012) et (Fogg, 2004). Ce genre est largement distribué partout dans les régions tempérées et arides du monde et principalement localisé en Asie (1500 espèces), l'Amérique du Nord (500 espèces) et l'Amérique du Sud (150 espèces) et l'Europe (120 espèces) (Sahli et al, 2013), dans les pays du bassin Méditerranéen 500 espèces ont été décrites dont une cinquantaine en Afrique du Nord (Crotti et al, 2014), méditerranéennes ou arabes. Ils sont représentés par plus de 50 espèce délimitée dans plusieurs sections et dont 15 sont trouvées au Sahara de l'Algérie. Dans la flore de l'Afrique du Nord, 10 espèces d'*Astragalus* sont endémique en Algérie, le Maroc et la Tunisie (Anastas et Warner, 1998) et (Bahn, 2011).

En Algérie, le genre *Astragalus* est distribué dans la zone de présaharienne et associée à la désertification dans les zones arides en raison du surpâturage (Braun et al, 1990) et (Yuan et al, 2012) Cependant, le centre d'origine et la biodiversité du genre *Astragalus* est l'Eurasie, particulièrement les parties montagneuses de l'Asie du Sud-Ouest et du Sud-Centrale (Choi, 2007) et (Van Gompel et Schuster, 1987).

I.3.3. Description botanique :

C'est une chaméphyte, très rameux, pouvant atteindre 1 mètre de hauteur. Cette espèce est très épineuse, le rachis des feuilles se transforme en épine acérée après la chute des folioles. Les pétioles deviennent durs et aigus. Les folioles petites très caduques ; rameaux écaillés et glabres. La floraison a lieu à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la fin du printemps. On souligne chez cette espèce l'importance de la reproduction : Un individu adulte peut former jusqu'à 1500 fleurs. (**Sahara Nature**)

I.3.4. Mode d'adaptation :

Les plantes vivaces s'adaptent au climat et au sol par la diminution du nombre de feuilles, de leur grandeur en épine ou sorte d'écaillés ; l'épaississement par une cuticule d'épiderme des stomates. Pour lutter contre le réchauffement, les plantes grasses ou Cactacées réservent une quantité importante de l'eau au niveau des feuilles, tiges et racines (Quezel, 1978 ; Ozenda, 1983). Pour absorber le maximum d'eau, les racines superficielles s'étendent sur une vaste surface à l'horizontale pour recueillir les pluies les plus faibles sur le sable, tandis que les racines très longues et verticales s'enfoncent pour atteindre des couches profondes. Chez certaines espèces, ces racines présentent un manchon de sable agglutiné qui empêche l'évaporation (Benchelah et *al.*, 2011).

Astragalus armatus est une plante à feuilles composées pennées et dont les folioles tombent et le rachis devient épineux : dans ce cas, il ne s'agit pas d'une modification saisonnière mais définitive. En plus en été, on observe un arrêt de la végétation avec une chute totale des folioles. Ces deux modes permettent à la plante de réduire la surface foliaire et donc diminuer les pertes d'eau par transpiration. Ce taxon présente quelques particularités éco physiologiques qui favorisent prolifération rapide sur la steppe :

- bonnes aptitudes germinatives en milieu naturel, notamment par comparaison avec *Rhanterium suaveolens*.
- puissance de son enracinement apte à valoriser les faibles réserves hydriques du sol,
- et importance de la phytomasse peu palatable produite.

Toutefois, bien qu'*Astragalus armatus* soit considérée comme étant une espèce marquant la dégradation, elle peut contribuer, ne serait-ce que de façon partielle, au processus de restauration de l'équilibre écologique dans ces milieux dégradés. Le piégeage du sable et la reconstitution du voile éolien par les touffes très développées entraînent une amélioration du bilan hydrique du sol et favorisent la germination

d'espèces jusqu'alors raréfiées. Enfin, son aptitude à fixer de l'azote atmosphérique contribue à améliorer la fertilité du sol. (Chaieb, 1997).

I.3.5. Le genre *Astragalus* en Algérie :

Le genre *Astragalus* est assez bien représenté en Algérie (Quézel et Santa, 1962). En effet, la flore algérienne comporte 40 espèces d'astragales (45 taxons en comptant les sous espèces). Ces espèces se divisent en espèces annuelles et vivaces qui colonisent plusieurs types d'habitat et appartiennent à différentes aires de répartition.

I.3.6. Toxicité du genre *Astragalus* :

Le genre *Astragalus* regroupe les espèces toxiques ainsi que les non toxiques.

➤ Astragales non toxiques : La plupart des Astragales ne sont pas toxique. Certaines sont utilisées comme des espèces de pâturages, comme *Astragalus nuttalianus* et *Astragalus cicer* rencontrées respectivement dans le sud-Ouest et à l'ouest des Etats Unis sont très appréciées par le bétail (Sutharsan, 2010) de même pour les espèces *Astragalus Gyznsis Bunge* et *Astragalus Gombo Bunge* sont localisés de Nord du Sahara Algérien (Vedelek et Protiv,1990).

➤ *Astragalus* toxiques : les espèces toxiques de ce genre sont classées selon la nature de la toxine dominant et le type d'intoxication qu'elles provoquent, et se divisent en trois catégories (Barbero et al, 2012).

- Les *Astragalus* accumulatrices de Sélénium (Abilinger, 2013).
- Les *Astragalus* synthétisant des produit nitrés (Nagasaka et al, 1997).
- Les *Astragalus* contenant des alcaloïdes indolizidiques (kutyrev et kappe,1997).

I.3.7. Intérêt médicinal de la plante :

Les espèces du genre *Astragalus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle dans le monde entier comme des herbes médicinales contre l'ulcère de l'estomac, la toux, la bronchite chronique, l'hypertension, les troubles gynécologiques, le diabète et les piqûres venimeuses de scorpion (Bellakhdar, J. 1997).

I.3.8. Importance économique de la plante :

D'après (Moussaoui et al, 2011), les études confirment que par caractéristiques physiologiques l'*Astragalus armatus* il est présentée comme une bonne matière primaire pour la fabrication des papiers.

I.3.9. Intérêt écologique :

A travers cette étude, nous avons pu démontrer l'action conjugué de deux facteurs ; l'ensablement et l'agriculture (labours et surpâturage) sur la diversité floristique des

milieux steppiques fragiles, malgré la faible diversité des espèces palatables, la prolifération et l'adaptation des espèces rejetées par les ovins et des espèces liées à la présence de sable, le milieu a connu une amélioration de point de vue fixation de sable et lutte contre l'érosion éolienne. (MALLEM et al).



Figure 02 : Arbuste d'*Astragalus armatus*. (Cliché originale 2021).

II. Description de la zone d'étude :

La steppe est « une formation végétale, primaire ou secondaire ; basse et ouverte dans sa physionomie typique et inféodée surtout aux étages bioclimatiques, arides et désertiques dont elle est l'expression naturelle ». (Pouget 1980 et Bourbouze et Donadieu 1987). Le terme steppe, comme le définit Le houérou (1995) évoque d'immenses étendues plus ou moins arides, à relief peu accusé, couvertes d'une végétation basse et clairsemée. Par contre plusieurs auteurs tels que Senoussi et *al.* (2011), considèrent que la steppe comme un espace qui constitue une zone tampon entre le désert du Sahara et la " ceinture verte " du nord du pays. Pays des grands espaces plats et élevés où l'arbre est rare ou absent, l'alfa et l'armoise sont les espèces caractéristiques. C'est un écosystème caractérisé par une formation végétale hétérogène discontinue plus ou moins dense, composée de plantes herbacées et arbustives xérophiles de hauteur limitée, et par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique (Kadi et Achour 2004). On désigne généralement par parcours, des pâturages formés par une végétation spontanée et exploitée de manière extensive en vue de l'alimentation d'un cheptel (Benrebiha et Bouabdellah, 1992 in Nedjimi et Homida, 2006). Ainsi définie, la steppe couvre environ 20 millions d'hectares, dont 15 millions utilisables par le troupeau ovin principalement.

Aujourd'hui elle connaît une forte régression marquée par une dégradation et une désertification de plus en plus intense (Bencherif,2011).

II.1. Délimitation géographique et superficie de la steppe en Algérie :

Selon MOHAMMEDI et al (2006), les steppes Algériennes constitue une vaste région qui s'étend du sud de l'Atlas Saharien, formant un ruban de 1000 Km de long sur 300 Km de large, réduite à moins de 150 Km à l'Est. Elle s'étend sur une superficie de 36 millions d'hectares mais compte 20 millions d'hectares de parcours et sa limite Nord commence avec le tracé de la limite des précipitations moyennes annuelles de 400 mm, pour se limiter au Sud de l'Atlas Saharien à 100 mm de précipitation.

D'après HALEM (1997), la steppe présente un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à altitude élevée supérieure à 600 m, parcourus par des faids (lit d'oueds), parsemés plus ou moins vastes et de quelques îlots de chainons montagneux isolés.

Sur le plan écologique, les régions steppiennes constituent un tampon entre l'Algérie côtière et l'Algérie saharienne dont elles limitent les influences climatiques négatives sur la première. (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

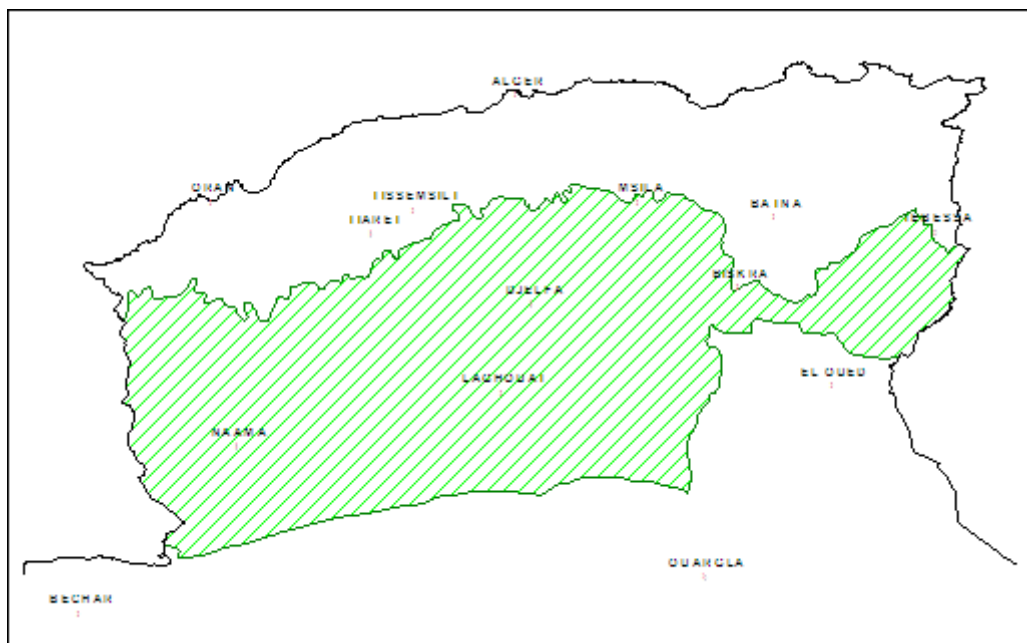


Figure 03 : Délimitation des steppes algériennes. (Nedjraoui, D., et Bédrani, S. 2008)

II.2. Problème de dégradation des sols :

La dégradation des sols est définie comme un changement dans l'état de santé du sol qui entraîne une diminution de la capacité de l'écosystème à fournir des biens et services pour ses bénéficiaires. Les sols dégradés sont dans un état de santé tel qu'ils ne fournissent pas les biens et services habituels du sol dans son écosystème.

Les effets conjugués du feu incontrôlé, des défrichements et de coupes illicites réduisent annuellement la biomasse végétale CRSTRA, (2003). Il existe une liaison étroite entre la composition floristique, les conditions du milieu et les actions anthropiques. (Ozenda, 1958).

L'érosion des sols est un terme commun qui est souvent confondu avec la dégradation des sols dans son ensemble, mais, qui en fait ne concerne que les pertes absolues de sol en termes de couche arable et d'éléments nutritifs. C'est l'effet le plus visible de la dégradation des sols, mais cela ne couvre pas l'ensemble de ses aspects. L'érosion des sols est un processus naturel dans les zones montagneuses, mais elle est souvent amplifiée par de mauvaises pratiques de gestion. (FAO,2021).

La dégradation des terres a une portée plus large que l'érosion des sols et la dégradation des sols ensemble parce qu'elle recouvre tous les changements négatifs dans la capacité de l'écosystème à fournir des biens et services (y compris les biens et services biologiques et l'eau et, - dans la vision de LADA - également les biens et services sociaux et économiques liés à la terre). (FAO,2021).

La désertification est un autre terme couramment utilisé pour (a) la dégradation des terres dans les zones arides et / ou (b) le changement irréversible de la terre jusqu'à un point tel qu'elle ne peut plus être récupérée pour son usage originel. (FAO,2021).

La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi arides qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays 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).

II.2.1. Les principaux facteurs de dégradation :

Le patrimoine végétal est actuellement menacé de dégradation suite à la conjugaison de plusieurs facteurs naturels (surtout les sécheresses récurrentes et l'aridité climatique) et anthropiques, dont notamment le surpâturage.

➤ **Les facteurs naturels :**

Nombreux sont les facteurs naturels qui sont responsables de la dégradation des parcours steppiques. La sécheresse est d'une grande influence sur la productivité dans les écosystèmes steppiques selon Djaballah (2008). La durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 ans entre 1913 – 1938 et 1987-1990. Situation qui a engendrée de très grandes mutations dans ces zones. Parmi ses facteurs déterminant l'érosion reste le principal élément de dégradation dans les zones steppiques. Elle est la cause directe de la baisse de fertilité des sols, elle peut aller jusqu'à les stériliser on distingue essentiellement :

➤ **L'érosion hydrique :**

A pour origine le ruissellement des eaux pluviales qui n'ont pu s'infiltrer. Elle est responsable de transport des matériaux et d'éléments fertilisants avec dépôt dans les parties basses ou entraînement dans les rivières. Le phénomène est d'autant plus redoutable que le climat représenté par des précipitations violentes quand le relief est plus accidenté.

➤ **L'érosion éolienne :**

Dans un milieu où la végétation a un recouvrement inférieur à 30 %, l'action du vent engendre des sols grossiers et caillouteux peu propice à la recolonisation par la végétation. Elle se manifeste lorsque le climat est sec. Les particules les plus fines sont entraînées dans l'atmosphère, ce qui appauvrit le sol et réduit la transparence de l'air. Celles qui sont plus lourdes sont déplacées au ras du sol et se déposent au niveau d'obstacles ou d'aspérités du relief. La conséquence de l'érosion est l'amenuisement ou la disparition des horizons superficiels fertiles. C'est en éclaircissant la végétation herbacée et en découvrant le sol que les animaux facilitent directement l'érosion. Les pistes de cheminement des animaux sont des points de départ d'érosion (Mouhous 2005).

- **Le phénomène de salinisation :**

En plus de la dégradation causée par différent type d'érosion déjà évoquer le phénomène de la salinisation contribue fortement à rendre le sol peu rentable où dans certaines zones ce phénomène accentue la remontée des sels vers la surface du sol. Ce phénomène qui débute en saison humide, les eaux des nappes remontent vers la surface du sol, ces eaux sous l'effet des hautes températures, qui sévissent pendant une période de l'année (saison sèche), subissent une forte évaporation entraînant l'accumulation des sels à la surface du sol (Halitim, 1988 ; Djaballah, 2008).

- **Les facteurs socio-économiques**

- **Evolution de la population steppique :**

La croissance démographique a concerné aussi bien la population sédentaire que la population éparse. Cependant, on note une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique (Khaldoun, 1995 ; Djaballah, 2008).

Cette régression est due au fait que la transhumance diminue au profit de déplacement de très courte durée (augmentation du pâturage). Les pasteurs ont modifié leur système de production en association la culture céréalière et l'élevage.

- **Le surpâturage ou la surcharge :**

Le surpâturage est défini comme étant un prélèvement d'une quantité de végétal supérieure à la production annuelle des parcours. Il est défini aussi comme la conséquence directe des surfaces de plus en plus réduites étant utilisées par des troupeaux de plus en plus nombreux, le tout étant couronné, dans certaines zones arides, par les effets insidieux du climat (Le Houerou 1995). C'est la cause principale de dégradation il ramène les pérennes au niveau du sol et empêche la floraison et la fructification des annuelles palatables. Celles-ci, sont progressivement remplacées par des commensales sans grande valeur nutritive. Il restreint les surfaces couvertes par les meilleures espèces pastorales qui se trouvent cantonnées dans des sites refuges à l'état de reliques (Boussaidetal., 2004). Actuellement il est constaté qu'à côté de l'élevage traditionnel, les éleveurs se sont reconvertis en agriculteur en plus de l'activité de l'élevage d'où la domination d'Agropasteurs. Aujourd'hui on constate un élevage plus intense se préoccupant essentiellement de la commercialisation effective de la production animale. L'un et l'autre ne se soucient guère, dans leurs logiques économiques propres, de la conservation des paysages steppiques

Années	1968	1998
Equivalents- ovin	7,890	19,170
Production UF/ha	1600 10 ⁶	533 10 ⁶
Charge potentielle	1 eq.ov/ 4 ha	1eq.ov/ 8 ha
Charge effective	1 eq.ov/1.9 ha	1 eq.ov/ 0.78 ha

Tableau 1 Effectifs du cheptel en équivalents-ovin (103) et charges pastorales (ha/eq.ovin) (Ministère de l'Aménagement du Territoire et l'Environnement, 2000).

• **Extension des surfaces cultivées par le défrichement :**

Au cours des années soixante-dix l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation des tracteurs à disques pour le labour des sols à texture grossières fragiles. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle entraînant la destruction quasi-totalité des espèces pérennes transformant ainsi la physionomie des parcours et expose les sols à l'érosion hydrique et éolienne (Boussaid et al., 2004). La céréaliculture avait toujours été pratiquée dans la steppe, mais elle se limitait, bien souvent, aux bas-fonds inondables produisant des rendements honnêtes, sans grands dommages pour les parcours. Mais quand elle est devenue une pratique nécessaire à la survie du pasteur, celui-ci s'est mis à emblaver plus de terres en faisant accroître, chaque année, les superficies défrichées. Les défrichements touchent généralement les terroirs les plus pauvres, les terrains propices étant depuis longtemps exploités, ceux où la pluviométrie est suffisante et le relief permettant de recueillir les eaux de pluie, de ruissellement ou de crue. Ailleurs, la céréaliculture devient aléatoire et empiète sur les terres de parcours. Le résultat est patent : les emblavures suivent les défrichements et l'érosion la maigre récolte (Bouchemal, 2001).

• **La collecte de combustible :**

Actuellement on vit de moins en moins cette situation surtout en milieu steppique sachant qu'aujourd'hui la collecte du combustible est remplacée par la disponibilité de la bouteille de gaz (Bourbouze 2001). Par contre Sur parcours arbustifs et le prélèvement de bois en forêts, le pire étant la coupe des buissons en zones arides et semi-désertiques ainsi que les mauvais contrôles de l'exploitation du bois.

L'exploitation et la commercialisation du bois par des étrangers à la zone sont aussi des causes de dégradation du milieu.

- **Les feux pastoraux :**

Dans la littérature se rapportant à la connaissance des phénomènes de dégradation, le feu constitue l'un des facteurs le plus recensé dans la détérioration de l'écosystème. En effet les feux fréquents détruisent la biomasse. Ils peuvent être préjudiciables aux végétaux pérennes, qui ont des fonctions écologiques et pastorales importantes (Bourbouze et al., 2001).

Cette situation de dynamique régressive de la végétation naturelle a poussée plusieurs auteurs à tirer la sonnette d'alarme sur le risque, de plus en plus élevé, de déperdition floristique (Acherkouk et al., 2011). D'où, la nécessité de protéger le couvert végétal naturel, surtout en zones arides, et de la végétation dans les terrains de pâturage doit être effectuée dans le cadre d'une approche systémique et globale en évaluer l'impact environnemental, d'ailleurs, cette protection ou réhabilitation.

III. Le stress chez les plantes :

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente le (s) facteur (s) responsables (s) des perturbations, et des changements, plus moins brusque par pour aux conditions normales de la plante subie au cours de son développement (Bouchoukh, 2010).

Selon (Hopkins, 2003) on appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normaux de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'ensuit modifie la croissance et le développement, influence les capacités reproductives de la plante causant ainsi des dommages aux plantes. (Benkoli et bouzeghaia, 2016).

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).

III.1. Différents types de stress chez les plantes :

III.1.1. Stress biotique :

Ce terme représente la totalité des paramètres physico-chimiques ou biologiques qui découlent de l'existence de l'action des êtres vivants. Les facteurs biotiques caractérisent donc l'ensemble des influences qu'exercent les êtres vivants entre eux et sur leur milieu (Ramade,2003).

Djebaili, (1978) et Coulibaly, (1979) montrent l'importance des facteurs biotiques, tant au Sahara septentrional que méridional, comme intégrateurs de l'ensemble des conditions du milieu. Ils retiennent, en particulier, les facteurs suivants première espèce vivace, seconde espèce vivace et type de végétation (formation végétale). Emberger, (1939) souligne que l'écologie de l'espèce au sein du groupement se réduit pratiquement à son autoécologie ... en raison de peu de rapports mutuels entre les espèces.

III.1.2. Formes biologiques :

Les types biologiques ou formes de vie des espèces ont été distinguées en fonction de leur adaptation à la saison défavorable et dont généralement le facteur limitant est la température ou l'eau, ils constituent un élément de référence qui interviennent dans la définition et la typologie des parcours. Le premier à avoir proposé une classification des espèces selon les types biologiques est Raunkiaer (1934) en se basant essentiellement sur la localisation des bourgeons de rénovation par rapport à la surface du sol durant l'hiver. Avant même l'apparition de la classification de (Raunkiaer, Shantz, 1927) In (Floret et Pontanier ,1982) avait déjà proposé une classification plus adaptée aux zones arides en distinguant des catégories de plantes en fonction de leur résistance à la sécheresse, (Ozenda1982) distingue deux groupes de végétaux qui sont les végétaux temporaires et les végétaux permanents. (Aidoud 1983) s'inspirant des travaux de (Noy Meir 1973) classe les espèces végétales en pérennes et éphémères ; Au sein de cette seconde catégorie, il distingue les éphémères vivaces et les thérophytes. Ces classifications récentes se basent avant tout sur l'activité photosynthétique (B ouguani, 1995).

III.1.2. Le stress abiotique :

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les Températures extrêmes, excès d'eau et la salinité (Hopkins, 2003).

III.1.2.1. Le stress salin :

La salinité est définie comme étant le processus suivant lequel le sol s'enrichit excessivement en sels minéraux (EILERS et al., 1995) notamment en NaCl (LEGOUPIL,1977). En effet, on appelle sols salés ceux qui sont caractérisés par la présence d'un excès de l'ion sodium dans le profil (SCHUT, 1996). Ce dernier peut exister sous deux formes ; la forme saline neutre, généralement maquée par les chlorures de sodium, et la forme échangeable liée au complexe argilo-humique (Complexe adsorbant) qui à l'opposé alcalinise la solution du sol (DUCHAUFOR, 1983).

Dans les régions arides et semi arides, près de 25% des terres sont confrontées au problème du sel (LEVIGNERON et al., 1995). En région méditerranéenne, la superficie des sols salés est estimée à 16 millions d'hectares dont 3.2 millions en Algérie (HAMDY,1999).

La salinité des sols et des eaux demeure pour ces régions, un obstacle majeur à la croissance des végétaux (LAUCHLI et EPSTEIN, 1990 ; HIGAZY et al., 1995).

En effet, les sels accumulés dans le sol, peuvent limiter ou arrêter complètement la croissance du végétal suite à une élévation du potentiel osmotique du sol (GOUNY et CORNILLON, 1973)

III.1.2.1.a. Origine de la salinité des sols :

Origine primaire (naturelle) :

Les sels minéraux responsables de la salinité du sol proviennent de l'altération de la roche mère saline. Cette altération est favorisée par des facteurs physico-chimiques (vent, gel, dégel et pluies souvent acides, chargées de H₂CO₃) (DUCHAUFOR et al.,1979 ; AUBERT et BOULAIN, 1980).

La salinisation primaire se remarque aussi au niveau des sols se trouvant au-dessus d'une nappe phréatique saumâtre. En conditions sèches, les eaux saumâtres remontent par capillarité à la surface, sous l'effet conjugué de l'évapotranspiration et du vent, l'eau s'évapore aboutissant à l'accumulation des sels en surfaces (VAN-HOORN,1995).

Origine secondaire (anthropique) :

Cette salinisation est due à une mauvaise conduite de l'irrigation. En effet, les eaux peuvent être chargées en sels qui s'accumulent dans le sol. Une fertilisation chimique excessive contribue aussi à une accumulation des sels dans la rhizosphère (MOUHOUCHE et BOULASSEL, 1999).

III.1.2.1.b. Les perturbations physiologiques :

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des perturbations dans la balance ionique que bien étendue des perturbations des enzymes, membranes et autres macromolécules. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote perturbée et un dérèglement de nombreuses voies Métaboliques. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de photosynthèse, par effet du sel dans les stromas de chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. Mais aussi les échanges gazeux et l'activité photochimique réduisent (M'rahs, Havaux et al. 2005). La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. L'acquisition des nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduit. L'excès de sodium Na^+ provoque des lésions membranaires par le remplacement excessif des ions bivalents Ca^{++} (Cramer et al. 1993).

III.1.2.1.c Les mécanismes d'adaptation au stress salin :

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes : limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles (Berthomieu et al., 2003). La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant une forte concentration de sel soluble. Les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin.

➤ La régulation ionique et compartimentation :

• La compartimentation vacuolaire :

Consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na^+ en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques (Flowers et al., 1977). Ce mécanisme de compartimentation vacuolaire est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na^+/H^+) dont l'énergie est fournie par les pompes à proton ATPases. Mais en réalité, du fait de l'existence des autres cations dans la cellule, l'accumulation de sodium dans la vacuole est réalisable contre son gradient de concentration seulement 4 à 5fois plus élevé (Hanana et al., 2009). Ainsi, grâce à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique, et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de

sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Glenn et al., 1999 ; Apse et Blumwald, 2007).

- **Exclusion des ions toxiques :**

L'autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique (Blumwald et al., 2004 ; Munns 2005). La régulation qualitative et quantitative du transport des ions permet de maintenir la concentration ionique dans une gamme de valeurs compatibles avec un métabolisme cellulaire normal. L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire, ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés (Apse et Blumwald, 2007).

III.1.2.2. Stress hydrique :

L'eau composant majeur des cellules qui maintient leur turgescence est un solvant des matières minérales et organique ; à un pouvoir tampon très important et est également une source d'hydrogène, pour les réactions biochimiques de la photosynthèse (Fourneau ; 2000). La grande

Quantité d'hydrogène et d'oxygène des constituants de matière sèche provient de l'eau, il reste donc une source alimentaire directe (Gate, 1995). Les différents organes de la plante renferment entre 80 % à 90 % d'eau (Bethenod, 1980). Au niveau de l'organisme elle sert à véhiculer les substrats nutritifs, déchets et hormones (Heller et al., 1998). Selon (Acevedo, 1991) le fonctionnement de la plante nécessite que l'eau qui s'évapore par la transpiration, soit remplacée par l'eau absorbée par les racines au niveau du sol.

III.1.2.2. a. Les effets du déficit hydrique sur la plante :

L'organe qui subit l'effet du déficit hydrique en premier est le limbe (chez le blé). Il cesse sa croissance, s'enroule et après l'anthèse, accélère sa sénescence si le stress dure. Il réduit la taille des feuilles, leur surface verte, la durée du cycle et par conséquent la capacité photosynthétique se déprime (Turner et al., 1986). En général, l'essentiel de la diminution de la photosynthèse due au stress hydrique est attribué à la fermeture des stomates. Chez la fève, le taux de photosynthèse décroît quand le stress hydrique est de plus en plus important (Boyer, 1970). L'acide abscissique (ABA)

qualifié « hormone de stress » est synthétisée rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles. Le déficit hydrique peut également diminuer la pression de la turgescence de la plante et par conséquent provoquer une perte d'eau du contenu cellulaire. Cette perte peut engendrer des effets physiologiques très importants (Gate, 1995). Ces réactions au déficit hydrique ont un rôle effectif dans l'acquisition de la tolérance. La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates (Passiourra, 1996), de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (Blum et Ebercon, 1981).

III.1.2.2.b. Adaptation des plantes au stress hydrique :

Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de plante.

➤ **Adaptation physiologique :**

Le maintien d'une forte pression osmotique des fluides cellulaires, se réalise par le potassium début de croissance et par les osmolytes dans l'autre phase de vie végétal. Les protéines de sécheresse, analogue aux protéines de choc de fortes température (heatshock proteins (HSP)) et des polyamines (putrescine, spermidine), participent également dans des processus d'adaptation. L'acide abscissique (ABA) induit la fermeture des stomates, ce qui a pour effet la réduction de la photosynthèse et donc la transpiration qui résulte de cette opération décroît (Mazlaik, 2000).

Lors d'un épisode de sécheresse, si la transpiration n'était pas contrôlée par les stomates de la feuille, la tension dans les vaisseaux du xylème augmenterait fortement jusqu'à l'embolie. En effet, les parois des vaisseaux présentent à intervalles réguliers des membranes poreuses, et lorsque les vaisseaux du xylème atteignent une tension critique, des bulles d'air pénètrent via les pores dans l'élément conducteur, rompant ainsi la colonne d'eau. Les vaisseaux ainsi embolisés ne peuvent plus transporter d'eau jusqu'aux feuilles et autres tissus, entraînant la dessiccation de ces tissus. Cette embolie peut conduire à la mort de la plante (Sperry et Turee 1988 ; Vilagorosa et al. 2012).

➤ **Adaptation morphologique :**

Les plantes adaptent leur architecture pour tolérer le stress hydrique, cela se réalise par un ralentissement de la croissance des feuilles ou bien par une réduction de la

surface foliaire. Il s'est avéré que ces deux mécanismes sont plus importants que la réduction de la photosynthèse (Hervieu et Guilou., 2001).

III.1.2.2.c. Les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique :

En réponse au déficit hydrique, les végétaux développent plusieurs stratégies qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. L'adaptation à la sécheresse d'une plante cultivée, se définit comme la capacité de cette dernière à survivre et s'accroître du point de vue physiologique et du point de vue agronomique par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Turner, 1979). La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques et biochimiques interagissant pour permettre le maintien de la croissance, le développement et de la production (Araus et al., 1993 ; Hsissou, 1994)

➤ L'esquive

La stratégie la plus utilisée par les sélectionneurs pour identifier les variétés plus tolérantes aux stress est l'esquive par raccourcissement de la durée du cycle (Acevedo et al., 1995). La précocité est la plus souvent associée à une amélioration du rendement et de l'adaptation aux stress conduisant à la régularité de la production (Pfeiffer, 1993). Elle permet à la plante d'accomplir leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. Grâce à la précocité, le rendement a été amélioré chez les espèces annuelles (Turner, 2001), les légumineuses (Subbarao, 1995) et chez les céréales (Fukai, 1995, 1999). Elle est plus marquée par l'installation d'un déficit hydrique fréquent en fin de cycle. Cependant les sélections de variétés à cycle court ne permettent pas toujours d'améliorer le rendement dans le cas où le déficit hydrique se déclare en cours du cycle de développement (Khalfaoui, 1985). Turner et al., en 2000 montrent que la réduction de la variabilité entraînant une réduction de la plasticité phénologique, elle est constituée comme une stratégie risquée dans le cas des légumineuses.

➤ L'évitement

L'évitement est défini comme la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant une déshydratation des tissus. Donc le maintien du potentiel hydrique interne satisfaisant en présence de contrainte hydrique (Levitt, 1985 ; Turner, 1986). Ce mécanisme se fait selon deux réponses :

- La première réponse est l'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous stress (Hsiao et Acevedo, 1974 ; Passiourra, 1988 ; Adda et al., 2005).

- La seconde réponse est constituée par la réduction de surface foliaire, la régulation de l'ouverture et fermeture des stomates (Turner, 1977 ; Ludlow et al., 1990), la présence de cire à la surface des feuilles et l'enroulement foliaire (Clarck, 1986).

➤ **Capacité d'extraction de l'eau par le système racinaire :**

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est un facteur essentiel de résistance à la sécheresse. Cette caractéristique est un facteur de variabilité inter et intraspécifique et considérée comme un paramètre d'adaptation dans des milieux caractérisés par le déficit hydrique (Richards et Passiourra, 1981 ; Benlaribi et al., 1990 ; Monneveux, 1991 ; Oyangi et al., 1995 ; Doussan et al., 1998).

Un bon développement de l'axe principal racinaire permet au blé d'exploiter l'eau des horizons profonds du sol (Hurd, 1974 ; Monneveux, 1991). Les mêmes résultats sont observés dans les travaux de Tazi et al., 2003 chez les plantes d'arganier. Selon Tahri et Shad (1983).

➤ **Régulation stomatique :**

Lorsqu'un déficit hydrique survient, la réduction de l'ouverture stomatique permet de préserver rapidement l'état hydrique de la plante. Une faible conductance stomatique est généralement proposée comme un trait favorable à l'adaptation à la sécheresse (Jones, 1979, 1980, 1987 ; Turner, 1979, 1982, 1986, cités dans Ludlow (1990). Néanmoins, la fermeture stomatique réduit l'assimilation du CO₂ et conduit à une réduction de l'activité photosynthétique. Bennet, 1984 ; montre qu'il existe des différences inter variétales chez les légumineuses, notamment chez le niébé et l'arachide. La fermeture des stomates est contrôlée par un signal hormonal, l'acide abscissique ou ABA en réponse à l'assèchement du sol (Tardieu, 1996). Chez les légumineuses, les travaux sur l'intervention de l'ABA ne concernent que le lupin (Turner ; Gallardo, 1994). Sur l'arachide il semble que le potentiel hydrique et la fermeture des stomates soient en liaison directe (Bennet, 1984 ; Clave L et al., 2005). Par ailleurs, d'autres auteurs attribuent le mécanisme de fermeture des stomates au control hormonal (acide abscissique, cytokinine) (Tardieu et al., 1996).

➤ **Réduction de la surface transpirante :**

Le ralentissement de la croissance tissulaire, la sénescence et la chute des feuilles âgées sont souvent observés chez les espèces soumises à la sécheresse. Dans le sens où ils réduisent la surface transpirante, ces phénomènes sont des mécanismes d'évitement (Kramer, 1983). Ils ont été observés chez le maïs, le sorgho, l'olivier et chez plusieurs autres espèces des régions arides. O'tool et Cruze (1980).

III.1.2.3. Stress thermique :

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, Lorsque la température avoisine se limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (Haichour, 2009). bien particulière de températures. Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température. (Oukarroum, 2007)

III.1.2.3.a. Effets du stress thermique :

➤ **Le froid**

L'ensemble des métabolismes est affecté par le froid notamment la photosynthèse (Hopkins, 2003). Selon Hurry et al., 2002, les basses températures semblent inhiber plus fortement les réactions sombres de la photosynthèse et le transport des électrons. Les basses températures diminuent la vitesse des réactions enzymatiques et modifient la conformation des lipides membranaires et d'autres macromolécules ce qui entraîne des conséquences sur la plupart des processus biologiques (Stitt et Hurry, 2002). En effet, chez les plantes pérennes en zones tempérées, les basses températures se traduisent par une forte augmentation en sucres solubles et une diminution de la teneur en amidon dans les tissus sont observés en automne et en hiver (Guy et al., 2003). (Stitt et al., en 2002) dans leur étude sur le pois, montrent que la teneur en sucres solubles augmente rapidement pendant les 7 premiers jours de froid et diminue légèrement durant les 7 jours qui suivent. Le stockage des sucres chez le pois d'hiver peut avoir un rôle nutritionnel pendant l'acclimatation au froid. Des jeunes plantules

présentent typiquement des signes de réduction de la croissance des feuilles, un brunissement et des nécroses. Chez certaines plantes, le développement de l'appareil reproducteur est particulièrement sensible aux basses températures. Une exposition de plants de riz au froid au moment de l'anthèse (ouverture des fleurs) entraîne la stérilité des fleurs (Hopkins, 2003). Par ailleurs, il peut avoir un rôle important dans le développement car il assure la vernalisation et l'allongement des entre nœuds de la tige (Gate, 1995 ; Heller et *al.*, 2000 ; Dubois, 2007).

➤ **Le gel :**

Quand la température est inférieure à zéro (gel), la glace se forme dans les espaces intercellulaires. Cette formation de glace provoque la perte d'eau des cellules d'où la déshydratation de la plante. Le gel a une action sur certaines protéines en les dénaturants (Hannah et *al.*, 2006). La tolérance au gel par exemple se traduit par un stockage des sucres et elle est considérée comme moyen d'assurer la cryo protection des tissus de la plante surtout au niveau des feuilles qui sont nécessaires pour le développement de la plante. Le seigle peut survivre à des températures -5°C (Guy, 2003).

➤ **Les hautes températures**

A partir de 40°C les processus liés à la photosynthèse sont dégradés. Ainsi, les températures élevées inhibent la synthèse des chlorophylles chez le concombre exposé à la lumière dans une chambre de culture à 42°C (Tripathy, 1998). Les processus qui se déroulent au niveau des membranes thylacoidiennes des chloroplastes sont endommagés par les températures élevées affectant ainsi la photosynthèse (Havaux, 1993 ; et Hopkins, 2003).

III.1.2.3.b. Mécanisme d'adaptation au stress thermique :

La réponse des plantes aux basses et hautes températures dépend des caractéristiques du stress et de la plante. Un stress se caractérise par son intensité, sa durée, le nombre d'exposition ainsi que par son association à d'autres stress. Les espèces sont divisées en trois catégories selon leur tolérance au gel (Pearce, 1999 in Touchard, 2006).

➤ **Adaptation morphologique :**

Généralement la fourchette des températures compatibles avec la croissance des plantes est comprise entre 0°C et 45°C ; dans ces limites la tolérance à la température dépend fortement de l'espèce. De nombreuses plantes évitent la surchauffe, en faisant adopter une position plus verticale aux feuilles, ou en provoquant leurs enroulements

le long de leur axe ou, par la production de poils foliaires et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière (Hopkins,2003).

Les végétaux ne peuvent pas se mettre à l'abri lorsque les températures diminuent, elles vont ainsi se modifier à l'approche de l'hiver. Selon la classification de Raunkiaer on distingue :

- Les phanérophytes : leurs bourgeons sont au-dessus de la neige l'hiver. Ce sont les arbres et arbustes.
- Les chamérophytes : leurs parties aériennes sont enfouies dans la neige. Ce sont les petits buissons.
- Les hémicryptophytes : la plus grande partie de leur appareil végétatifs aérien disparaît l'hiver, seuls persistent une rosette de feuilles ou des bourgeons à la surface du sol. Ce sont la plupart des herbacées pérennes.
- Les géophytes : seule la partie souterraine persiste (bulbe, tubercule, rhizome).
- Les thérophytes : elles disparaissent totalement, et ne laissent que des graines dans le sol. Ce sont les annuelles (Thebault,2001).

➤ **Adaptation physiologique :**

Les plantes soumises temporairement à des températures élevées, présentent souvent une respiration accélérée et donc un épuisement rapide de leurs réserves (Mazliak,2000). Dans ces conditions critiques, la plante inhibe la synthèse de la plupart des protéines en induit la synthèse d'une famille de protéines de faible poids moléculaire, appelées les protéines de chocs thermiques (Hopkins,2003). Les plantes « sensibles au froid », réagissent négativement entre 0°C et 12°C ; cela se manifeste par : Arrêt de croissance, chlorose, nécrose et parfois la mort (Mazliak,2000).

Alors qu'il s'agit de phénomènes très différents. Un génotype est adapté dans la mesure où il peut survivre, l'environnement thermique joue alors un rôle de filtre sélectif ne laissant passer que les génotypes capables de supporter la pression exercée (ce sont des modifications de structure ou de fonction héréditaires)

III.1.2.4. Le stress de vents :

L'action du vent sur la végétation est à la fois mécanique et physiologique :

➤ **Effets mécaniques :**

Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force entraînant l'abrasion de leurs tissus. Dans les zones où les particules sont prélevées, les racines

se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée. Dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement ensevelie.

➤ **Effets physiologiques :**

Le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche. Le pouvoir évaporant de l'air est proportionnel à la racine carrée de la vitesse du vent. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduite à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toutes les humidités et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui le modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère (FAO,2010).

III.2. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress :

III.2.1. La teneur en chlorophylles :

Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle (Slayter,1974 in Mouellef,2010). Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (Guettouche, 1990 in Mouellef, 2010). Tahri et al., (1997) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Les résultats de Tahri et al. (1997) révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en proline accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdues. Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs pigments chlorophylliens et vice versa (Tahri et al., 1997 in Mouellef, 2010).

III.2.2. Accumulation de la proline en condition de stress :

L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance au stress (Slama et al,2004). L'accumulation de la proline induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse ; inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines (Tahri et al.1998). Les hydrates de carbone peuvent être des facteurs essentiels dans l'accumulation de la proline, car la synthèse des protéines est liée automatiquement au métabolisme des glucides et à la respiration (dans le cycle de Krebs) par l'intermédiaire l' α

cétoglutarate qui forme le statut carbonique pour la synthèse de la proline (Chaib,1998).

L'addition de l'ornithine dans le milieu de culture augmente la source de la proline par l'intermédiaire de l'enzyme ornithine amino-transferase (Chaib,1998). Selon (Savouré et al.1955) montrent chez *Arabidopsis* que l'augmentation de transcrits de la P5CR (Δ 1-pyrroline-5-carboxylate synthétase) est corrélée à une augmentation de proline. De plus, cet auteur a montré que cette augmentation était directement reliée à l'application du stress. En effet, lors de la phase de récupération juste après l'application du stress, le contenu en proline diminue en même temps que la quantité de transcrits correspondant à la P5CR (Δ 1-pyrroline-5-carboxylate synthétase). L'induction de ce gène est directement reliée à la régulation du taux de proline dans les cellules en fonction du stress.

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses mono- ou dicotylédones soumises à un stress salin (Yoshibaet al., 1999 ; Rhodes et al., 2002 ; Silva-Ortega et al., 2007). Cette augmentation de la concentration de proline cytoplasmique est consécutive à la stimulation de sa synthèse, résultant d'une élévation des quantités des messagers codant pour l'enzyme qui convertit le glutamate semi-aldéhyde en proline. Il existe deux voies de biosynthèse de la proline chez les plantes, celle de l'ornithine et celle du glutamate. Cette dernière semble être prédominante sous conditions de stress (Silva-Ortega et al., 2008).

La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey et al., 1982 ; Silva-Ortega et al., 2007). En plus du rôle osmotique attribué à la proline, celle-ci intervient dans la détoxification des formes actives d'oxygène (Hong et al.,2000 ; Kocsy et al., 2005) et la stabilisation des protéines (Ashraf et Foolad, 2007 ; Majumder et al., 2010), protégerait l'intégrité de la membrane plasmique (Mansour, 1998) et constituerait une source de carbone et d'azote (Ahmad et Hellebust, 1988 ; Peng et al.,1996 ; Sairam et Tyagi, 2004).

III.2.3. L'accumulation des sucres solubles :

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Bajji et al.1995) les sucres jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique, lequel est considéré comme une réponse adaptative des plantes aux conditions de déficit hydrique (Zhang et al.1999) et stress

salin (Ait Haddou.2002 ; Abdul.2004). Ils peuvent protéger les membranes et les protéines contre la déshydratation en incitant la formation d'une sorte de verre aux températures physiologiques (David et al.1998). Les sucres accumulés pendant le stress vont probablement être utilisés dans la croissance après la levée de cette contrainte (Kameliet Losel.1995).

Chapitre II

Matériel et méthodes

I.1. Situation géographique et présentation des sites d'étude :

Notre travail a lieu dans trois sites, localisés dans la région de Laghouat qui est éloignée de la capitale Alger de 400km vers le sud la latitude Nord 33°48' et la longitude de 02°35'Est, sur une altitude moyenne de 752m (D.P.S.B, 2013). Le premier site (Mokrane), est situé à environ 4 km à l'ouest de la ville de Laghouat sur une altitude de 784 m, dans un périmètre agricole nommé Mokrane. Ce périmètre est localisé sur une formation sableuse, appelée bled el Hirane. Celle-ci est délimitée au Nord par l'Oued Mzi, au sud par le Bled el Anngad, à l'Ouest par le Djebel Deloua et à l'Est par Djebel Lahmar. Le périmètre de Mokrane se trouve dans une zone à niveau moins élevé que les montagnes qui l'entourent, cette zone est nommée Theniete Er'ml c'est-à-dire la zone du passage et d'accumulation du sable. Le deuxième site (Dhaya Gueblya), situé à 9 kilomètres au sud de la ville de Laghouat sur une altitude 737 m, dans un périmètre agricole non entièrement exploité nommé Dhaya Gueblya la latitude 33°76'Nord et la longitude de 02°96'Est. Le dernier site (Hamda), situé à 8kilomètre au nord-est de la ville de Laghouat sur une altitude de 794 m, dans un endroit agro-pastoral près d'un cours d'eau de latitude 33°84' Nord et la longitude de 02°79' Est.

I.2. Le choix de la méthode et le choix des sites :

Le choix de trois différents sites éloignés de la région de Laghouat est pour réaliser un travail représentatif de la plante et couvrir la quasi-totalité de l'écosystème de la région de Laghouat pour des résultats plus fiable. Nous avons utilisé une méthode écologique de prélèvement en prélevant seulement un tiers ou moins de la plante sans la détruire pour qu'elle se reproduit.

Selon Colin (1970), un échantillon est un fragment d'un ensemble prélevé pour juger de cet ensemble. De nombreuses méthodes d'observations et de mesures appliquées à de tels fragments peuvent être proposées, adaptés à chaque cas particulier en vue d'obtenir une représentation satisfaisante de l'objet étudié. Il faut exprimer explicitement de quelle propriété on veut juger avant de pouvoir concevoir un plan d'échantillonnage. L'échantillonnage doit être adapté à tester l'hypothèse que l'on a fait, à une échelle spatiale et temporelle donnée, sur la structure ou la dynamique du système biologique étudiée. Il est impératif de prendre le temps de planifier son échantillonnage.



Figure 04 : Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Hamda) (Cliché originale 2021)



Figure 05 : Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Daya Gueblya) (Cliché originale 2021)



Figure 06 : Photo prise lors d'une sortie sur terrain (Mokrane) (Cliché originale 2021)

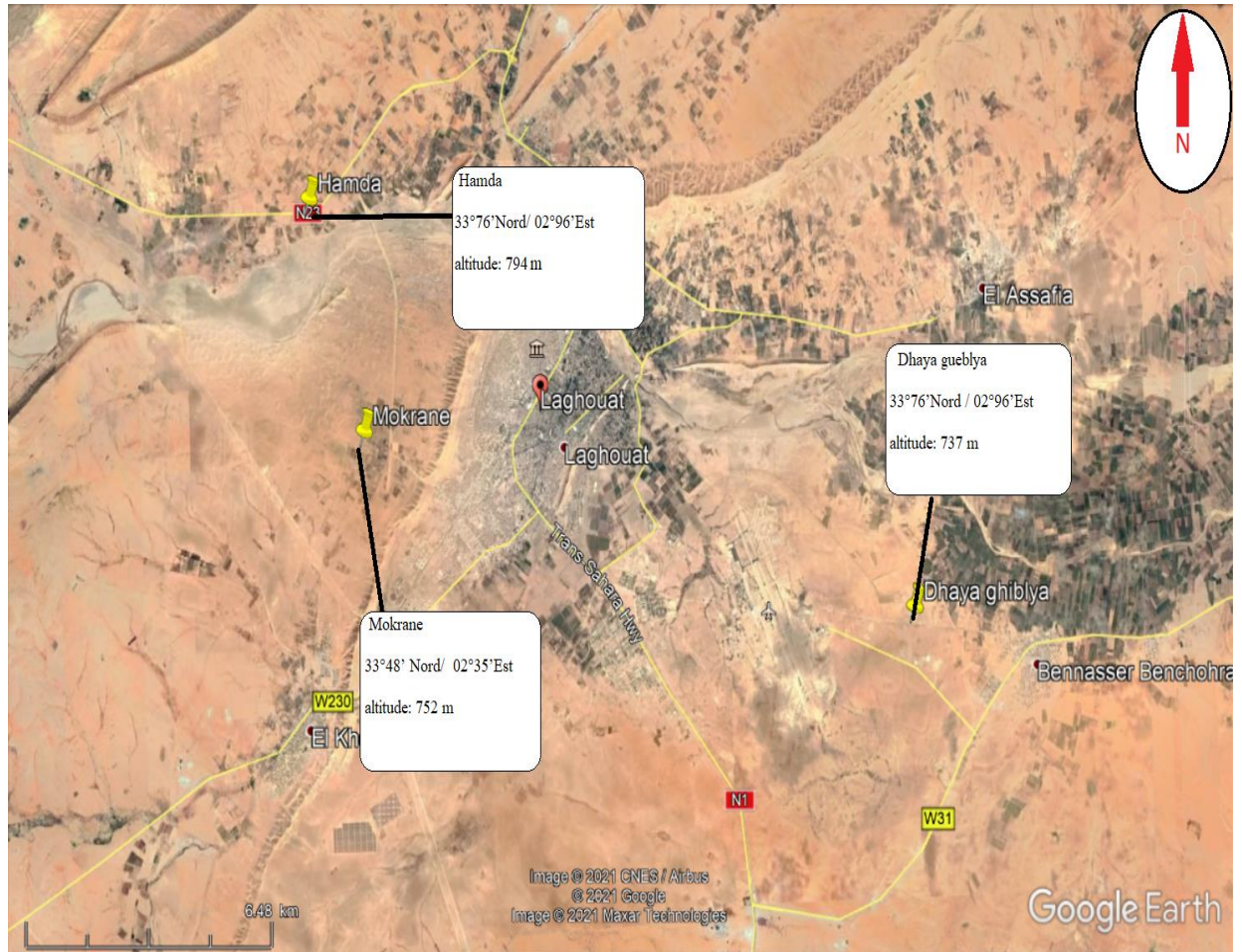


Figure 07 : Localisation des sites d'étude, image Google Earth avec nos esquisses

I.3. Géologie de la région de Laghouat :

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 plateforme Saharienne au Sud, la wilaya a un soubassement de roches sédimentaires datant du secondaire et du tertiaire et quaternaire.

L'ère secondaire : est représenté par le jurassique qui affleure au niveau des djebels et des kefs (montagnes) de la partie Nord de la wilaya, il est visible sous forme de chainons d'orientation Sud-Ouest-Nord-Est.

L'ère tertiaire : formée surtout par le Crétacé qui couvre la majeure partie de la wilaya.

L'ère quaternaire : elle est constituée par des dépôts alluviaux et colluviaux récents a anciens, ils occupent quelques dépressions, les terrasses d'oueds ainsi que les dayas.

I.4. Caractéristiques climatiques de la région de Laghouat :

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants, il dépend de nombreuses facteurs : température, précipitation, humidité, vent, lumière, etc. (Faurie et al, 2003). Pour caractériser l'état climatique de la région et mettre en évidence les impacts probables de ses facteurs sur les êtres vivants. La présente étude est faite sur une période de 7 ans de 2011 jusqu'à 2017 de données ramenées de l'Office National de Météorologie (O.N.M, 2018) station de Laghouat. La synthèse climatique de la zone d'étude a été effectuée sur la base d'un diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et d'un Climagramme d'EMBERGER.

I.4.1. Climagramme d'EMBERGER :

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient Pluviothermique Q2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minima du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) : $Q2 = 3,43P / (M - m)$
P : pluviométrie annuelle en mm ; M : température moyenne des maxima de mois le plus chaud en °C. m : température moyenne des minima du mois le plus froid en °C. Afin de déterminer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude et le situer dans le Climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluviothermique pour la station, Q2 avec les données climatiques calculées sur une période de 7 ans Q2 (2011-2017). La (Figure N°8)

$$Q2 = 3.43 * (156.41 / (26.24 - 0.94))$$

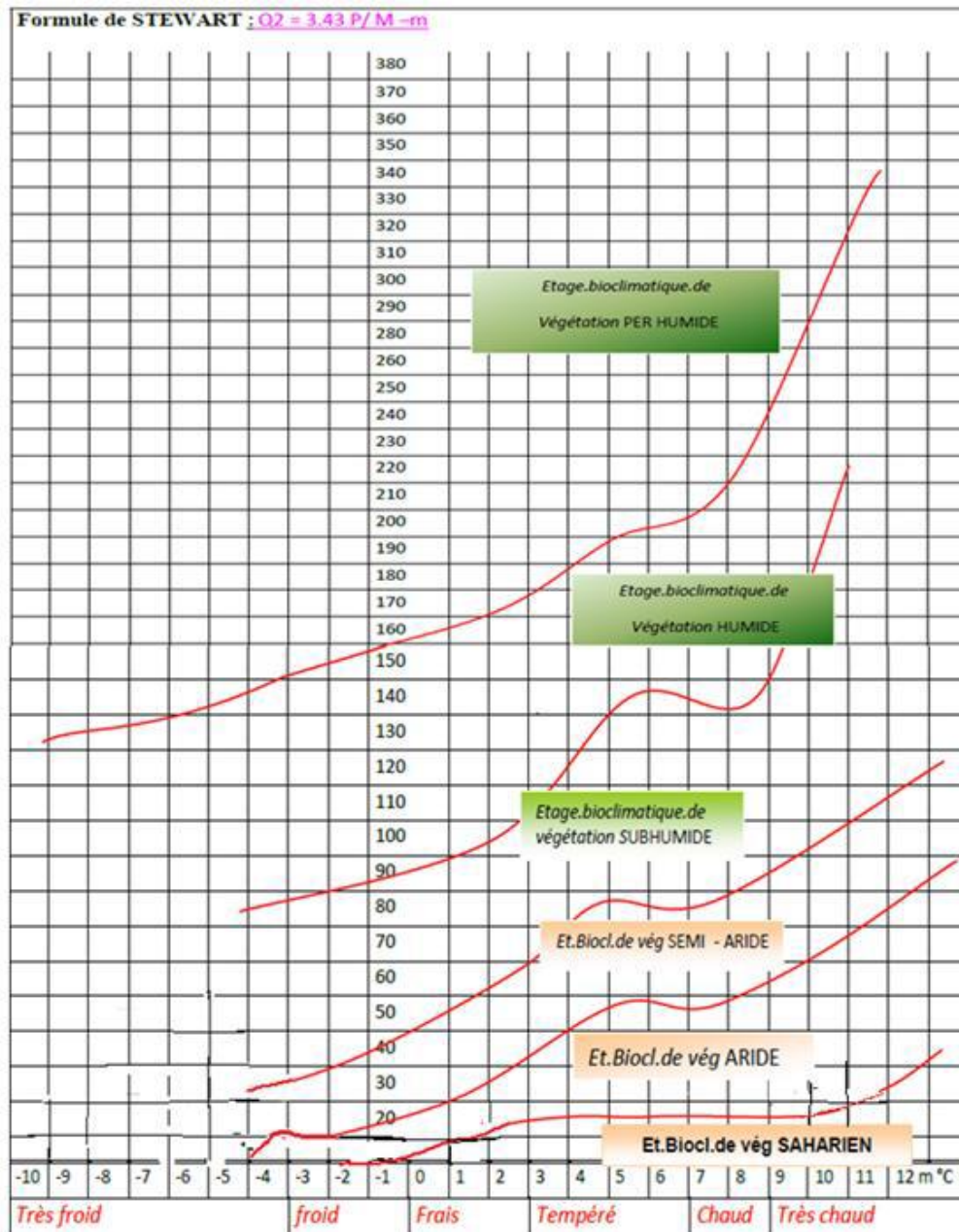


Figure 08 : Climagramme d'Emberger de la région Laghouat.

La station de Laghouat présente un Q2 de 21.20, elle se situe dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais.

I.4.2. Le diagramme Ombrothermique :

L'analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence la durée des périodes pluvieuses et des périodes sèches par la courbe ombrothermique de Gaussen. Pour Gaussen, un mois est sec si le rapport entre les précipitations mensuelles P exprimées en millimètre et la température moyenne T°C exprimée en Celsius est inférieur ou égal à 2.

Un diagramme Ombrothermique des périodes allant de 2005-2018 est tracé pour la station de Laghouat.

Le diagramme Ombrothermique de région d'étude (figure 09), fait apparaître une seule période sèche qui s'étale sur les 12 mois de l'année.

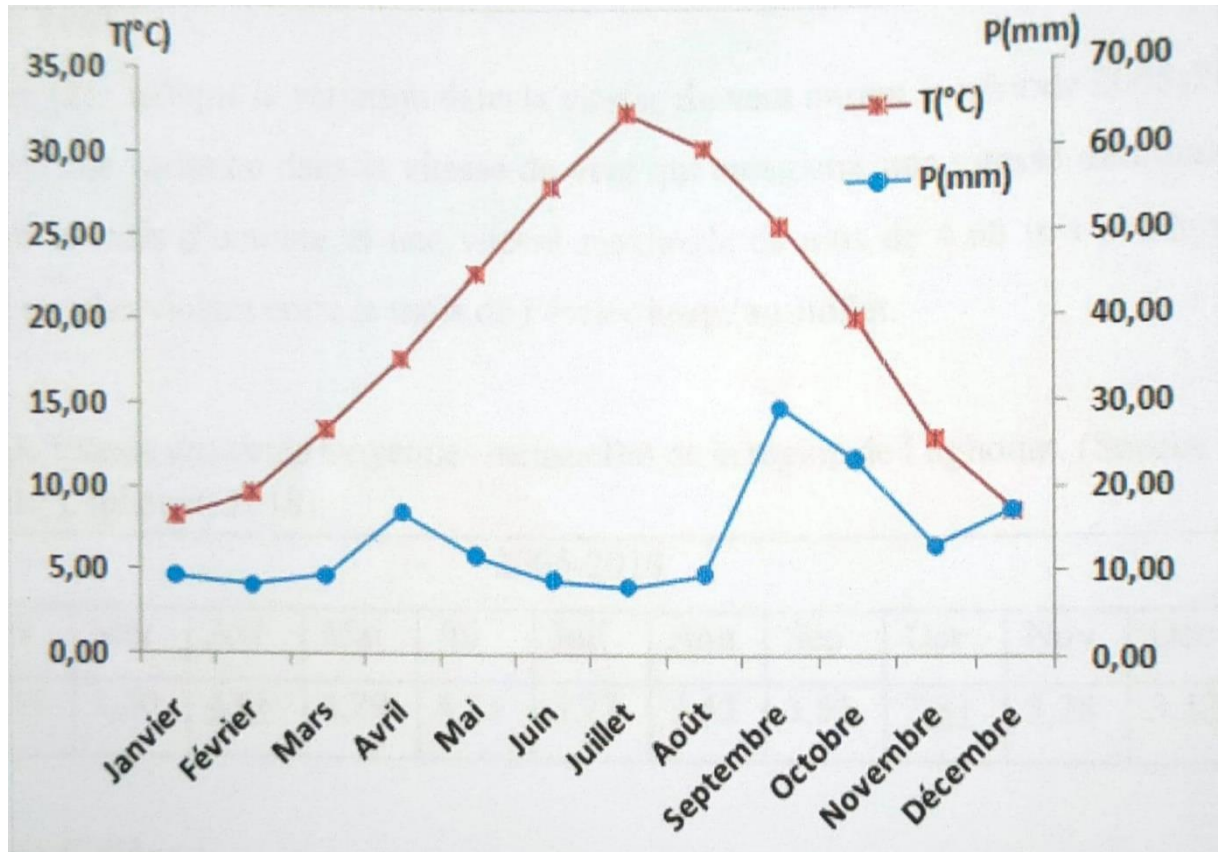


Figure 09 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnauls de la région de Laghouat (2005-2018).

I.4.3. Les Températures :

La température influence considérablement la végétation, elle est l'élément climatique le plus important dans l'aire de répartition des végétaux sur le globe (Prévo., 1999).

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). Elle dépend de la nébulosité, de la latitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau. Elle dépend aussi des courants marins, du sol et des formations végétales (Faurie et al. 2003). Nous remarquons pour la station de Laghouat (Figure N°10). En générale nous observons une saisonnalité des températures durant de là cette 7 ans étudiées et dans cette saisonnalité nous remarquons les mois les plus chauds durant la période de l'été, le mois de juillet a température maximale (T max= 41 °C). Les températures minimales sont marquées généralement en hiver au mois de Janvier, le minimum est observé en 2012 (≈ -1.5 (°C)) a janvier de chacun année

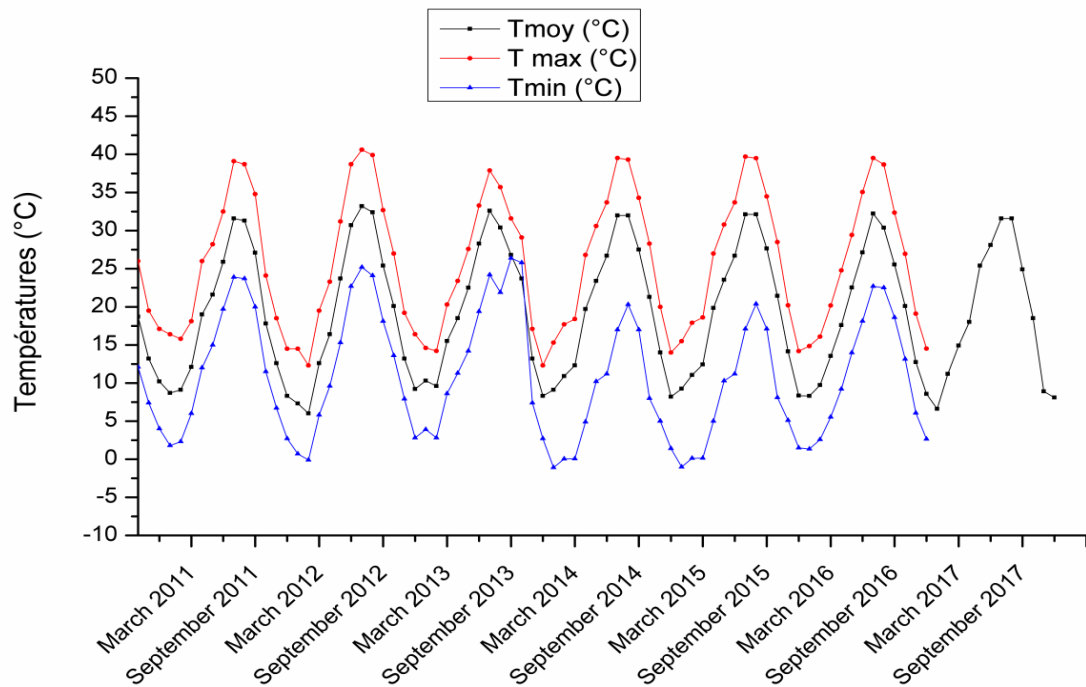


Figure 10 : Les températures de Laghouat pendant 7 ans (2011-2017).

I.4.4. Les précipitations :

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat. La quantité d'eau dont dispose la végétation dépend des pluies, de la neige, de la grêle, de la rosée, de la gelée blanche, des brouillards et des brumes, mais aussi de l'évaporation et de la porosité du sol (Faurie et al. 2003).

La (Figure N°11) représente la dynamique des précipitations pluviométriques dans la région de Laghouat (2011-2017). On observe une certaine saisonnalité durant les saisons automnale et d'hiver il y a des chutes, généralement une précipitation est faible aussi irrégularité de précipitation.

PMax = 55.1 (2011) octobre

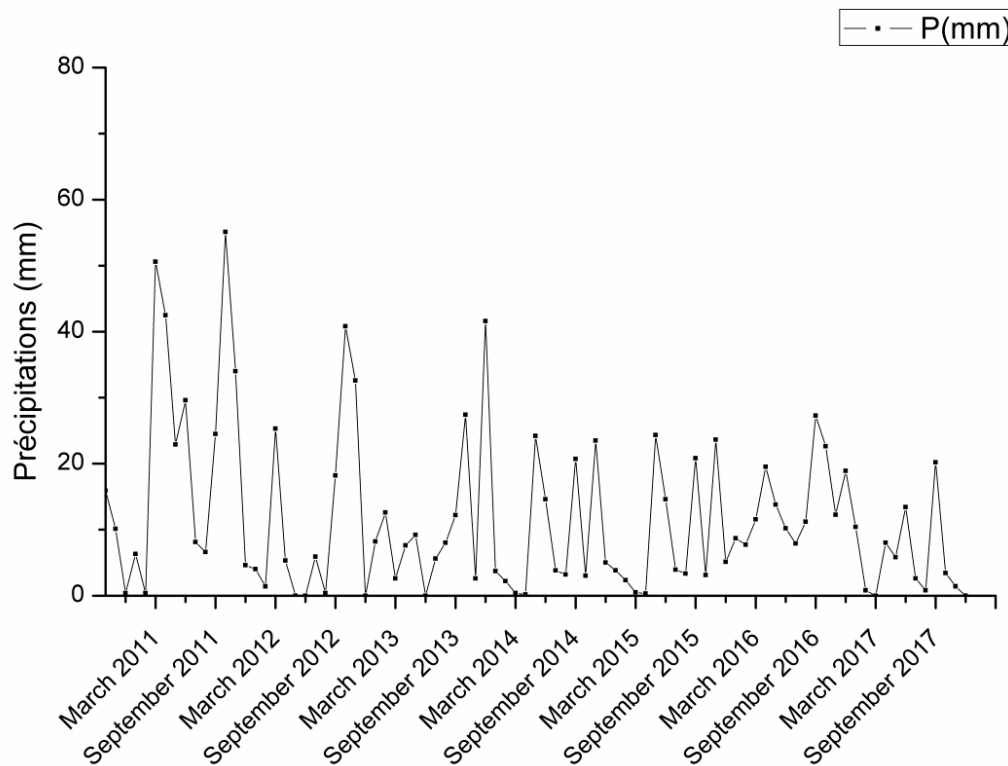


Figure 11 : Dynamique des précipitations pluviométriques dans la région de Laghouat

I.4.5. L'humidité relative de l'air :

Selon Dreux (1980), l'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (Faurie et al, 1980). D'après la (figure N°12), nous observons que le mois de décembre de l'année 2011 est le plus humide avec 75, 8%. Le mois de Juillet 2017 est le plus sec avec une humidité relative de 22%. Sur les 84 mois on a 12 mois où l'humidité de l'air est inférieure à 35%.

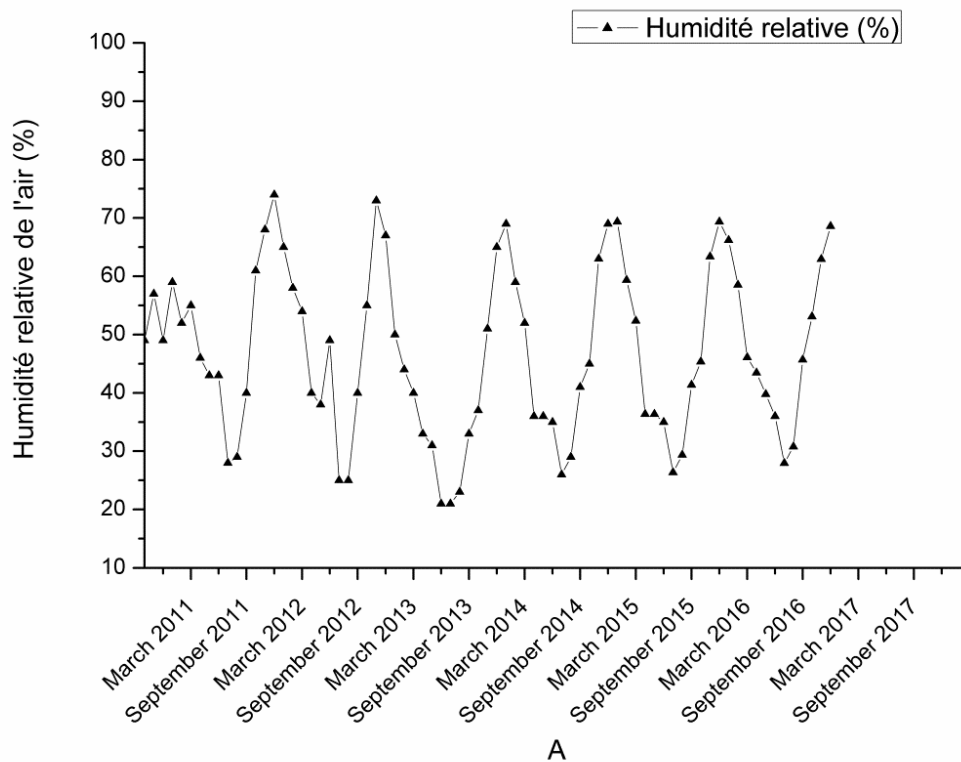


Figure 12 : La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat (2011-2017).

I.4.6. Le vent :

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Il a une action très marquée sur la répartition de certaines espèces et sur leurs activités qui peuvent être gênées (Ramade, 1984). La (Figure N°13) représente la vitesse de la violence de vent pendant 7 ans (2011-2017). On observe l'existence pas des régularités saisonnières. Alors la vitesse la plus forte remarquée à juillet 2013 de vitesse est égale 6.5 m/s

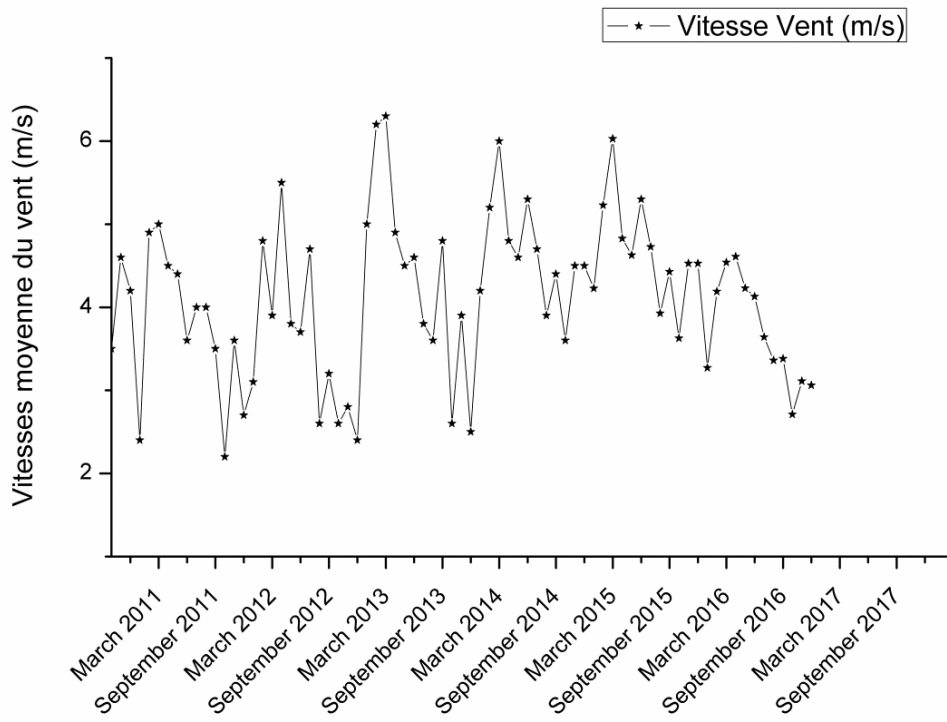


Figure 13 : Dynamique du vent à Laghouat (2011–2017).

I.4.7. Végétation de la région de Laghouat :

La végétation de la région de Laghouat est composée de la végétation herbacée spasmophile inventoriée dans la région de Laghouat, le (Tableaux 02) représente la végétation recensée dans la région de Laghouat, elle est constituée de 12 familles, 26 genres et 28 espèces (Mallem et al, 2017)

Famille	Genre	Espèces
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia.L</i>	<i>Euphorbia guyoniana</i>
		<i>Euphorbia helioscopia</i>
Caryophyllaceae	<i>Silene.L</i>	<i>Silene arenarioides</i>
Fabaceae	<i>Astragalus lam</i>	<i>Astragalus armatus</i>
	<i>Retama.L</i>	<i>Retama retam</i>
	<i>Argyrolobium</i>	<i>Argyrolobium uniflorum</i>
	<i>Genista</i>	<i>Genista uniflora</i>
Thymélacées	<i>Thymelaea scop.</i>	<i>Thymelaea microphyla</i>
		<i>Thymelaea hirsuta</i>
Poaceae	<i>Stipa L.</i>	<i>Stipa tenacissinn</i>
	<i>Aristide L</i>	<i>Aristida pungens desf</i>
Crucifères	<i>Eruca (semna)</i>	<i>Eruca vestcaria. Mell</i>
	<i>Oudneya R</i>	<i>Oudneya africana</i>
Aster	<i>Evax.L</i>	<i>Evax desertorum</i>
	<i>Echinops.L</i>	<i>Echinops spinosus</i>
	<i>Aractylis L.</i>	<i>Atractylis serratuloides</i>
	<i>Ifloga.cass</i>	<i>Ifloga spicata</i>
Chenopodiaceae	<i>Salsola</i>	<i>Salsola vermiculata</i>
Cynareaes	<i>Picris.L</i>	<i>Picris coronopifolia</i>
Brassicaceae	<i>Eruca</i>	<i>Eruca sp.</i>
	<i>Oudneya</i>	<i>Oudneya africana</i>
	<i>Malcomia RBr.</i>	<i>Malcomia aegyptiaca (hama), (merchdet)</i>
Capparidaceae	<i>Cleome</i>	<i>Cleome arabica</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	<i>Helianthemum getalum</i>
Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium triangulare</i>
	<i>Erodium L 'Her</i>	<i>Erodium moschatum (Ebra errai)</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago albicans</i>
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>Tamarix sp.</i>
Zygophyllaceae	<i>Peganum L</i>	<i>Peganum harmala L</i>

Tableau 02 : représentation des végétaux trouvé dans la région de Laghouat

II. Travail expérimental :

Tout le travail relatif au laboratoire a été effectué au laboratoire de département de biologie de l'université Amar Telidji Laghouat.

Ce travail est composé de deux parties expérimentales, une première partie effectuée sur le terrain qui consiste à effectuer des prélèvements de sol et de la matière végétale de trois sites. En trois saisons : l'automne, l'hiver et le printemps. Une deuxième partie est réalisée au laboratoire et dans laquelle les paramètres physiques, biochimiques et physiologiques des plantes. Le matériel végétal utilisé est *Astragalus armatus* choisie sur la base de sa pérennité.

II.1. Travail de terrain :

II.1.1. Collecte des échantillons de feuilles des plantes :

La collection des échantillons consiste à prélever des feuilles verte (fraiche), de l'espèce : *Astragalus armatus*, choisie pour sa pérennité. La collecte des feuilles de l'espèce est faite le 30 novembre 2020, la deuxième collecte avait lieu le 23 mai de l'année 2021, la troisième collecte est faite le 23 mai 2021. À l'aide d'un sécateur nous avons pris quelques feuilles fraîches de la touffe de notre espèce. Les feuilles ont été mises dans des sacs en plastique étiquetés selon un code donné à chaque plante qui nous permettra une identification facile au laboratoire.

II.1. 2. Prélèvement du sol :

Dans les trois sites, sur un ensemble de trois points nous avons pris dans la couche 0-30cm, échantillonnés aléatoirement les prélèvements ont été effectués. A l'aide d'une pelle, les prélèvements ont été mises dans des sacs étiquetés selon leurs codes.

III. Analyses au laboratoire :

III.1. Analyses de la matière végétale :

III.1.1 Les paramètres physiologiques :

III.1.1.1 La teneur en eau (%) :

La teneur en eau est mesurée, pour chaque échantillon de matière fraîche (MF) des feuilles des plantes immédiatement après la récolte.

Un échantillon de la plante est pesé immédiatement pour obtenir leur poids frais (pf) et est mis dans de l'eau distillée pendant 24 heures après on mesure son poids de turgescence (pt), on le place ensuite dans une étuve à 1053 °C pendant 24 heures. Après dessiccation ; l'échantillon est pesé jusqu' à avoir un poids sec (ps) constant.

La teneur en eau est donnée par la formule :

$$W(\%) = \frac{(pt)-(pf)}{(pt)-(ps)} * 100$$

(Pf): Poids frais de l'échantillon.

(Ps) : Poids de l'échantillon après dessiccation.

(Pt) : Poids turgescent.

III.1.2. Les paramètres biochimiques :

III.1.2.1. Dosage de la proline (mmol/g MF) :

La proline ou acide pyrrolidine 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 tricetohydrindène. 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 un 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 1ml d'extrait auquel il faut ajouter : 1ml d'acide acétique (CH₃COOH) ; 25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) ; 1ml de mélange contenant : 120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique ; 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄.d=1.7).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés 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 Na₂SO₄ anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe étalon 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.

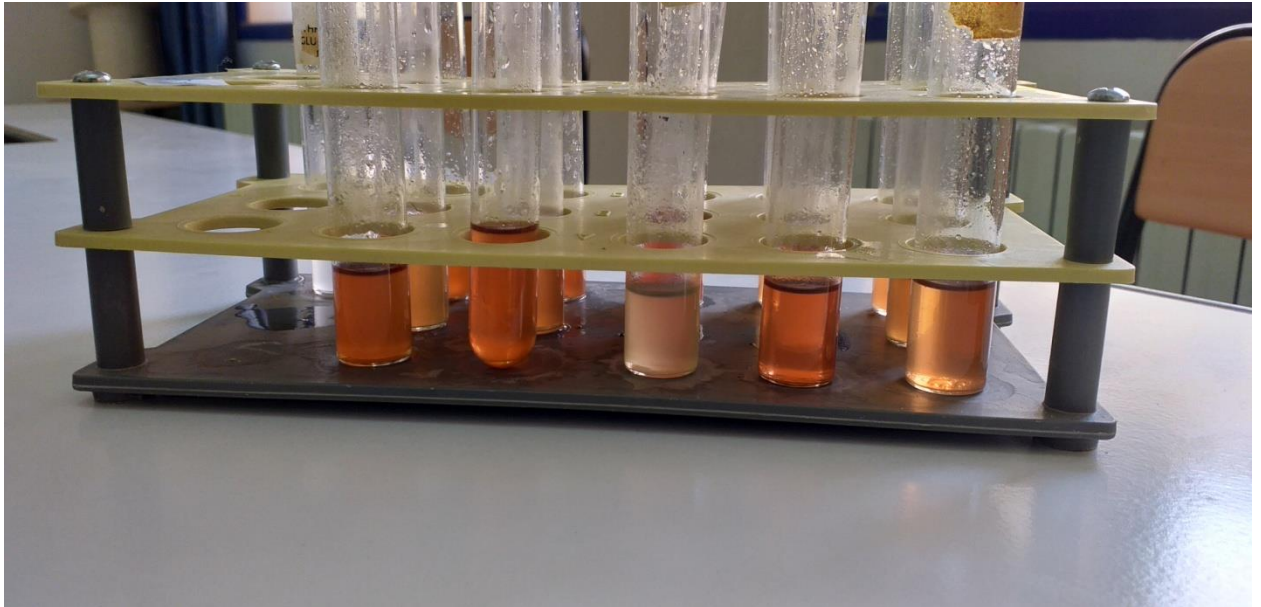


Figure 14. Photo illustrant le dosage de la proline au laboratoire (Cliché originale 2021).

III.1.2.2. 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 100 mg 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 propres, 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 640 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose).



Figure 15. Photo illustrant le dosage des sucres totaux au laboratoire
(Cliché originale 2021).

III.1.2.3. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF) :

La méthode utilisée est celle de McKinney (1941). Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 5ml d'acétone à 80% qui diluée à 20ml d'eau distillé, pendant 24 heures. Les concentrations de la chlorophylle a, la chlorophylle b sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663et 645 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80%, les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b, et les chlorophylles totales sont calculées à l'aide des formules suivante :

Chlorophylle a: $\text{Chl a} = (12,7 \times \text{OD}_{663}) - (2,69 \times \text{OD}_{645})$.

Chlorophylle b: $\text{Chl b} = (22,9 \times \text{OD}_{645}) - (4,68 \times \text{OD}_{663})$.

Chlorophylle totale: $\text{Chl T} = (20,2 \times \text{OD}_{645}) + (8,02 \times \text{OD}_{663})$.

OD663 observation spectrophotométrique a Lecture de 663°

OD645 observation spectrophotométrique a Lecture 645°

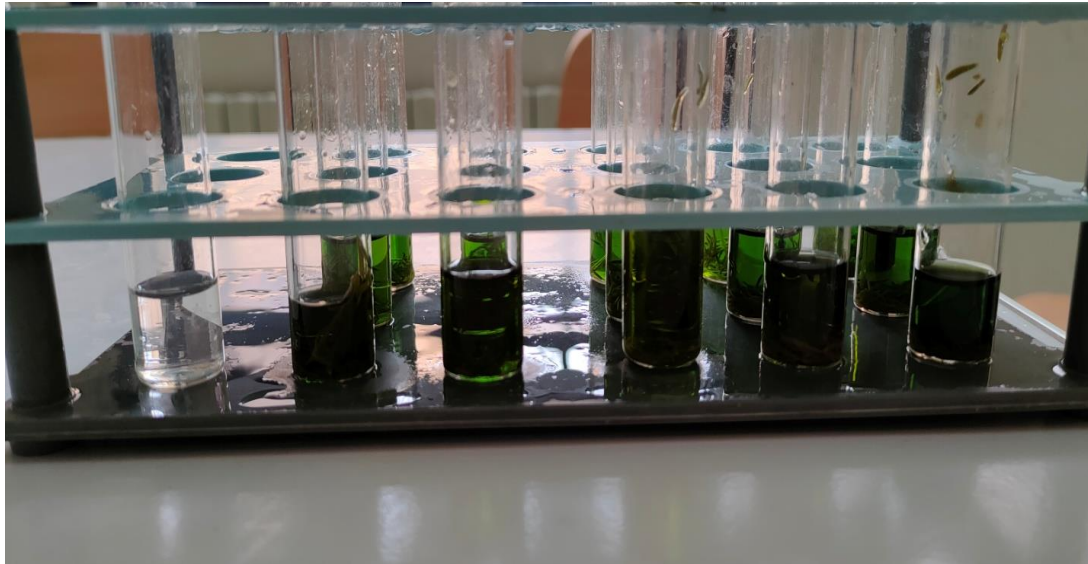


Figure 16. Photo illustrant le dosage de la chlorophylle au laboratoire (Cliché originale 2021).

Traitements et analyses statistiques des données :

Les traitements statistiques des données collectées ont été réalisés à l'aide de logiciel MINITAB, version 19 et Excel 2021.

Chapitre III
Résultats et discussion

I. Résultats :

I.1. Climatologie dans la zone d'étude dans les trois saisons de notre travail :

Nous avons collecté les données climatologiques de notre zone d'étude suivants :

Température moyenne mensuelle $T_{M M}$ (°C), vitesse du vent V_v (m/s), précipitation P (mm) et l'humidité relative de l'air H (%) durant les trois saisons d'étude (automne, hiver, printemps).

	Les saisons	Automne	Hiver	Printemps
Variations climatiques	Températures moyenne mensuelles (°C)	12,78	9,8	13,6
	Précipitations (mm)	0,29	0,16	1,79
	Humidité relative de l'air (%)	54,06	53,22	29,28
	Vitesse du vent (m/s)	4,33	4,92	3,17

Tableau 03 : représentation des variations climatiques de la région de Laghouat durant les trois saisons.

I.1.1. Températures moyenne mensuelles :

La figure N°17 représente les températures moyennes mensuelles de la région de Laghouat, pendant les périodes de notre étude les températures mensuelles varient entre 22°C et 7°C, le mois le plus froid est janvier 7,43°C, le mois le plus chaud est mai 22,27°C, nous observons une variation importante de ce paramètre par rapport aux autres paramètres.

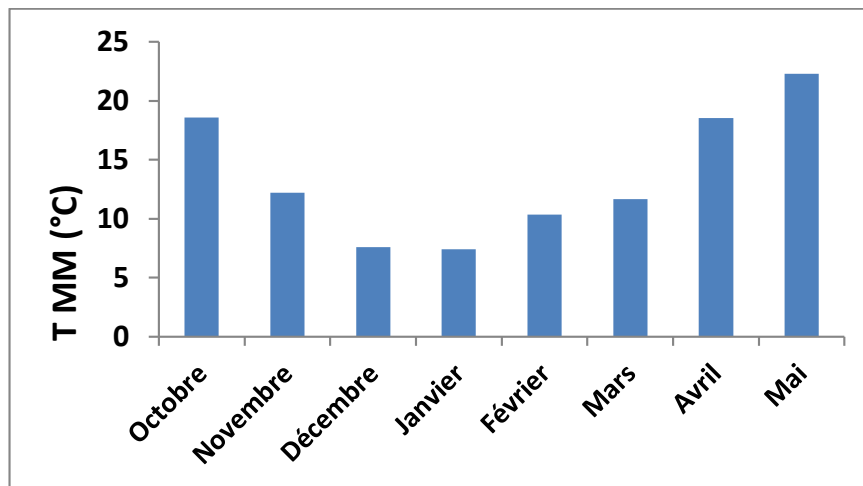


Figure 17 : Températures moyenne mensuelles (Octobre 2020- Mai 2021).

I.1.2. Vitesse du vent :

La vitesse du vent à Laghouat connaît une variation. Selon les données climatiques la saison la plus venteuse durant notre travail est pendant la saison de l'hiver (janvier, février, mars), le mois le plus venteux est février avec une vitesse qui a atteint 5,43 (m/s). La saison la moins ventée est le printemps avec une vitesse de 3,17 (m/s).

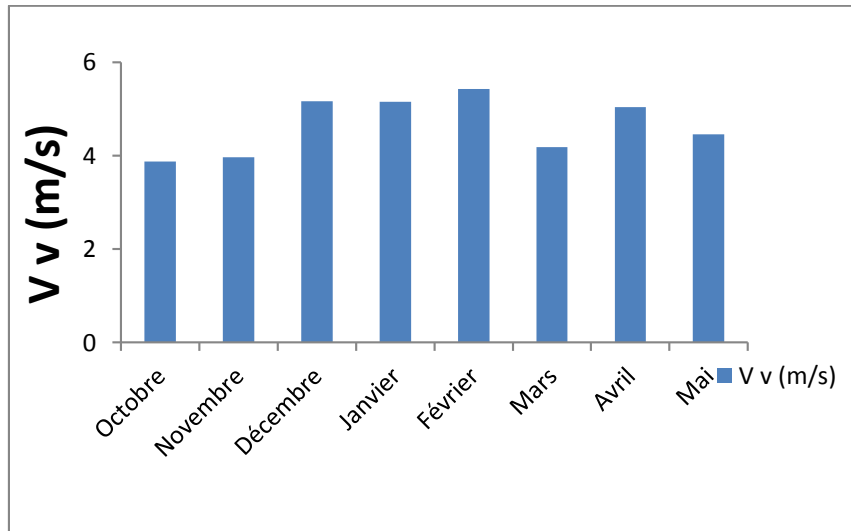


Figure 18 : Variation de la vitesse du vent à Laghouat (Octobre 2020- Mai 2021).

I.1.3. Précipitations :

Pendant la période d'étude nous avons observé que mai 2021 est le mois qui a marqué le taux de précipitation le plus élevé avec 5.23 mm, tandis que le mois le plus sec est le mois d'octobre 2020 avec un taux de précipitation 0.014 mm.

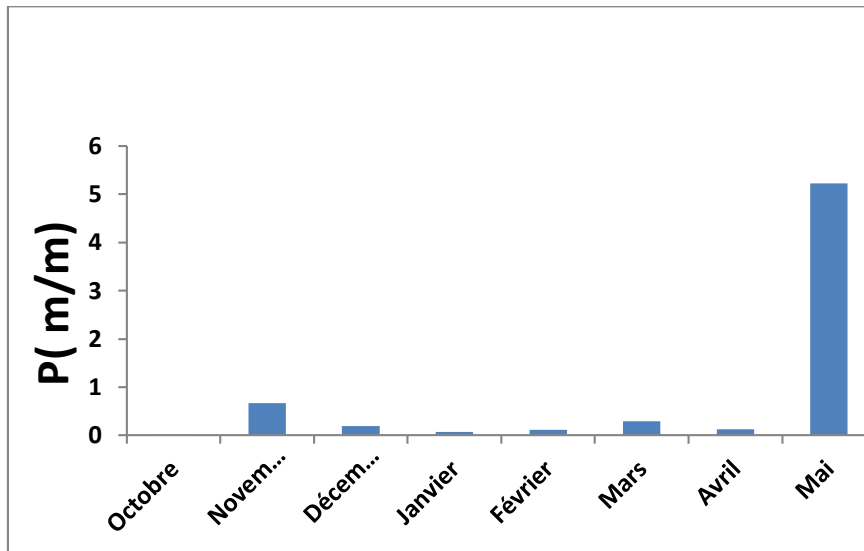


Figure 19 : Les précipitations moyenne mensuelles à Laghouat (Octobre 2020- Mai 2021).

I.1.4. Humidité relative de l'air :

Durant la période de notre étude le taux d'humidité relative de l'air le plus important est observé pendant la saison de l'automne avec environ 54.06%, et la valeur la moins élevée est marqué dans la saison du printemps avec 29.28%.

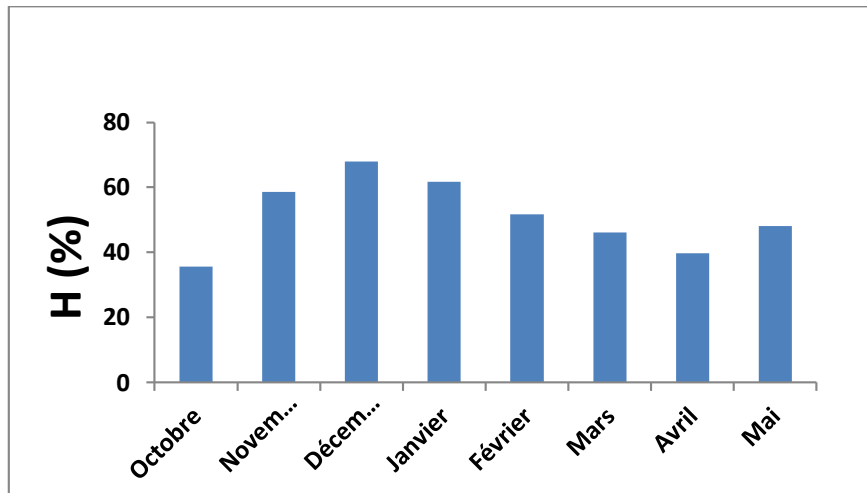


Figure 20 : Variation moyenne mensuelles de l'humidité relative de l'air à Laghouat (Octobre 2020- Mai 2021).

I.2. Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour l'*Astragalus armatus* :

I.2.1. Paramètres physiologiques de la plante :

Teneur relative en eau (%) :

La figure 21 représente la teneur en eau de la partie foliaire chez l'*Astragalus armatus*, au printemps la teneur en eau est de 0.26% c'est la valeur la plus élevée enregistrée durant les trois saisons, nous avons montré qu'il n'y a pas une différence significative ($p=0.131$).

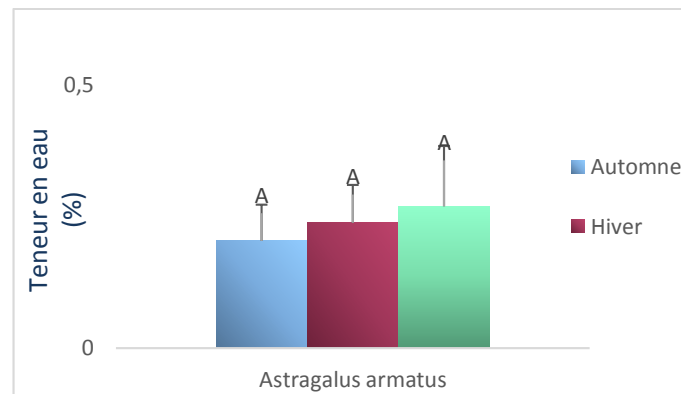


Figure 21. Teneur saisonnière relative en eau (%) chez *Astragalus armatus*.

I.2.2. Paramètres biochimiques de la plante :

Teneur en Chlorophylle totale (mg/ g MF) :

La figure N°22 montre que l'hiver a enregistré le taux le plus élevé de chlorophylle chez l'astragale, l'ANOVA a montré qu'il y a une différence significative chez l'astragale ($p=0.004$), les résultats de mesure sont classés dans deux groupes statistiques *Astragalus armatus* en hiver constitue le groupe A, l'automne et le printemps constituent le groupe B.

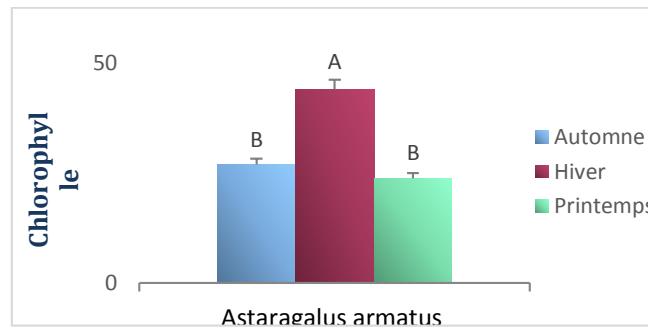


Figure 22. Teneur saisonnière en chlorophylle totale (mg/g MF) chez *Astragalus armatus*.

Teneur en sucres totaux (mg/ g MF) :

La figure N° 23 montre la teneur en sucre totaux chez *Astragalus armatus* dans les trois saisons l'automne, l'hiver et le printemps. D'après cette figure, la teneur en sucre est en diminution durant l'hiver 4.135 (mg/ g MF) (l'automne 8.512mg/ g MF), et pour le printemps nous observons une augmentation 87.7 (mg/ g MF). L'ANOVA a montré que les sucres totaux ont enregistré une différence hautement significative ($p=0.000$). Formant deux groupes, le printemps en groupe A, l'automne et l'hiver groupe B.

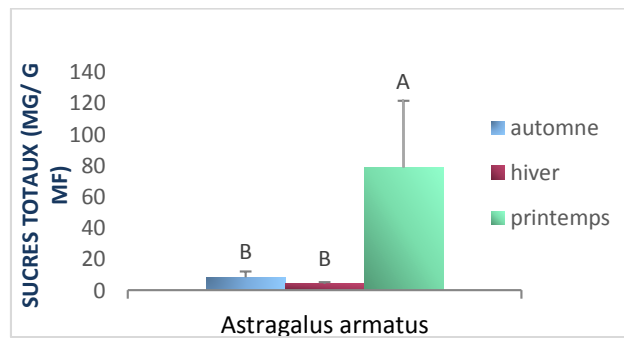


Figure 23. Teneur saisonnière en sucres totaux (mg/ g MF) chez *Astragalus armatus*.

Teneur en proline accumulée (mmol/ g MF) :

D'après les résultats obtenus (figure N°24), nous observons une diminution de la teneur en proline chez la plante, la teneur la plus forte est observée en automne (3.605 mmol/ g MF) suivie par l'hiver (2.902 mmol/ g MF), puis le printemps (1.683 mmol/ g MF). L'ANOVA a révélé que le taux de proline présente une différence hautement significative ($p=0.005$). Formant deux groupes l'automne et l'hiver en groupe AB, le printemps en groupe B.

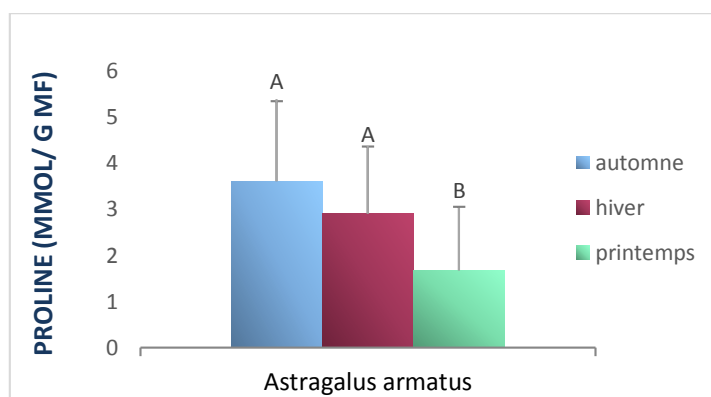


Figure 24. Teneur saisonnière en proline accumulée (mmol/ g MF) chez *Astragalus armatus*.

	Les saisons	Automne	Hiver	Printemps
Paramètres physiologiques et biochimiques	Teneur en eau (%)	0,2034	0,2384	0,2694
	Teneur en Proline (mmol/g MF)	3,605	2,902	1,683
	Teneur en Sucres totaux (mg/g MF)	8,512	4,135	78,7
	Teneur en Chlorophylle (mg/g MF)	26,83	43,99	23,69

Tableau 04 : représentation des Paramètres physiologiques et biochimiques chez *Astragalus armatus* dans la région de Laghouat durant les trois saisons.

II. Discussion :

Une analyse globale de notre travail peut se résumer dans le (tableau 05).

	Les saisons	Automne	Hiver	Printemps
Variations climatiques	Température moyenne mensuelles (°C)	→ -	↘	↗
	Précipitation (mm)	→ -	↘	↗
	Humidité (%)	↗	↘	→ -
	Vitesse du vent (m/s)	→ +	↗	↘
Paramètres physiques et biochimiques	Teneur en eau (%)	↘	→ +	↗
	Proline (mmol/g MF)	↗	→ -	↘
	Sucres totaux (mg/g MF)	→ -	↘	↗
	Chlorophylle (mg/g MF)	+ →	↗	↘

Tableau 05 : Représentation des résultats globaux obtenues dans notre travail.

Les résultats enregistrés durant notre travail montrent que l'espèce étudiée a une grande capacité de résister dans les conditions difficiles telles que les changements de température.

Nos résultats sont en accord avec les résultats obtenus par des études précédentes (*Dohsi 2019 ; El-Iklil et al. 2000 ; Mallem et al. 2017 ; Goug et Maazouzi 2020 ; Khatoui et Kouidri 2018*) dans la région de Laghouat.

Les teneurs en chlorophylle a, b et totale ont été réduites sous l'effet d'un stress salin, alors que la concentration en proline au niveau des limbes, des feuilles et des pétioles a augmenté substantiellement en fonction des génotypes. Le rapport de sélectivité K⁺/Na⁺ a diminué avec le stress salin. (*El-Iklil et al. 2000*).

En ce qui concerne précipitation P (mm), vitesse du vent Vv (m/s), et l'humidité relative de l'air H (%), il n'y a pas de différence significative entre les trois saisons. Dans ce cas-là, seul le paramètre température T° sera pris en considération lors de cette discussion.

II.1 La teneur en eau :

La teneur en eau est considérée comme un excellent indicateur de l'état hydrique de la plante. Elle constitue un paramètre grandement influençable par toute variation des potentialités absorbantes des plantes. Cependant toutes les conditions contribuant aux variations du potentiel du substrat telles les stress, salin et hydrique se trouvent largement prononcées à travers l'estimation de cette caractéristique hydrique. (S. Soualem, 2014).

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 stressées 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).

D'après les résultats de notre travail, la teneur en eau est à son maximum au printemps, l'augmentation et la diminution de la teneur en eau est en relation indirecte avec l'humidité, ce qui explique que la teneur en eau est une stratégie de résister le stress hydrique.

II.2 Chlorophylle accumulée :

Nos résultats ont montré que la chlorophylle s'accumule en hiver et se diminue notamment au printemps, cette variance est liée principalement avec la température moyenne, ainsi que la précipitation mensuelle.

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires (stomates réduites) sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhene, 1984). Par contre, 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 (Bousba et al., 2009). 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).

II.3 Sucres totaux :

D'après les résultats obtenus, nous avons noté qu'il y a diminution de la concentration du sucre totaux dans les feuilles chez *Astragalus armatus* en hiver et en automne, par contre le printemps a marqué une forte augmentation de sucres totaux, les résultats sont en corrélation positive avec la température, cette augmentation sérieuse des sucres totaux et une façon de réservation d'eau pour diminuer l'évapotranspiration et toute sorte de perte d'eau afin de résister le stress hydrique ainsi que le stress thermique, des études antérieures ont démontré que la teneur en sucre augmente suite au stress salin ou hydrique. Selon (Zerrad et al,2006) qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles et 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.

Lors de notre expérimentation, nous avons noté qu'il y a une augmentation progressive de la teneur en sucres solubles avec l'accentuation de la sévérité du stress hydrique (Nouri, 2002). L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Loretti et al., 2001). Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress (Zerrad et al., 2006).

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 de sucre solubles des quantités de sucre solubles au niveau de leurs cellules (Hirech,2006). Dans notre cas le vent n'est pas indicateur de stress.

II.4 Proline accumulée :

La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress, semble jouer le rôle le plus 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. En comparant les teneurs en proline obtenu de l'espèce étudiée dans les trois saisons, il en résulte que cet acide aminé s'accumule

beaucoup plus dans les feuilles chez l'*Astragalus armatus* dans la saison d'automne, au contraire moins accumulée dans les feuilles chez l'espèce dans la saison du printemps. Des valeurs intermédiaires sont marquées pendant la saison d'hiver.

D'une manière générale, l'accumulation de la proline se manifeste chez les feuilles et les racines, ce qui présume que cet acide aminé est synthétisé dans les feuilles et migre vers les racines, et aussi constitue un véritable mécanisme de tolérance au stress hydrique (Slama et al,2004).

Nos résultats indiquent que l'accumulation de la proline se produit au niveau des organes foliaires de l'espèce *Astragalus armatus*. Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement au stress hydrique (Cechin et al,2006). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum,1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savoure et al, 1995).

Les résultats de notre travail montrent que l'augmentation de la proline est en corrélation positive avec la teneur en eau, le degré de stress hydrique provoque directement l'augmentation de la proline accumulée Ce résultat est en conformité avec les recherches de plusieurs auteurs dont Cechin et al (2006), Monneveux et Nemmar (1986), Bellingeretal (1991) et Gorham (1993).

Conclusion

Notre travail consiste à étudier le comportement d'une espèce psammophile dominante dans la région de Laghouat : Dhaya Gueblya, Kef Mokrane et Hamda (*Astragalus armatus*) pendant trois saisons de l'année (Automne, Hiver, Printemps), aux variations climatiques. En se basant sur des analyses physiologiques et biochimiques au niveau du laboratoire de l'université.

Des analyses aux laboratoires ont été réalisées pour les paramètres physiologiques et biochimiques dans les feuilles fraîches de la plante à savoir : la teneur en eau, les pigments chlorophylliens, les sucres totaux et la proline.

Les données climatiques ont montré que :

- Dans la saison d'hiver, des températures relativement basses, un faible cumul de précipitations et de fortes vitesses de vent.
- Des températures plus élevées, un cumul de pluies plus importants et accompagné d'une vitesse du vent plus faible dans la saison du printemps.
- Des valeurs intermédiaires ont été marquées pendant la saison d'automne.

Les mesures physiologiques et biochimiques effectuées sur l'espèce (*Astragalus armatus*) ont été marquées par :

- Des teneurs en eau plus importantes au printemps.
- Une activité photosynthétique plus élevée en hiver.
- Des teneurs en sucres solubles plus élevées au printemps.
- Des teneurs en proline plus élevées pendant la saison d'automne.

Le comportement de l'espèce est caractérisé par une grande accumulation en proline pendant la saison de l'automne conduite par un abaissement de température et une forte activité éolienne.

A travers ça nous concluons que la plante est plus stressée pendant la saison d'automne

Les résultats de notre travail montrent que l'*Astragalus armatus* est plus à l'aise pendant la saison du printemps. Pour cela il semble que la principale contrainte qui peut être responsable est le froid qui aurait été à l'origine d'un stress thermique.

En perspectives ces résultats doivent être suivis par d'autres analyses tout au long de l'année pour confirmer notre travail, nous espérons que cette étude sera généralisée et approfondie sur toutes les plantes steppiques afin de trouver des solutions contre la dégradation des sols.

*Références
bibliographiques*

AEK, M. A. (2008). Contribution à l'étude des comportements morpho-physiologiques de l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) sous contraintes hydrique et saline (Doctoral dissertation, Université d'Oran).

Akkouche S., 2011 : Incidence des facteurs climatiques sur la croissance spatio-temporelle des principales espèces fixatrices des dunes du reboisement de Djelfa : essai de proposition d'un modèle de lutte contre la désertification. Mémoire de Magister : université des sciences et de la technologie Houari Boumediene d'Alger. 75 p.

Al Hamndou, D., & Requier-Desjardins, M. (2008). Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique: s'adapter, une approche intégrée. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(1).

AZZOUZ, F. (2009). *Les Réponses morpho physiologiques et biochimiques chez l'haricot (Phaseolus vulgaris L.): soumis à un stress hydrique* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).

Baziz, K. (2017). Organisation du génome et étude palynologique de quelques espèces algériennes du genre *Astragalus* L.

Bonnier G., 1905. Cours de Botanique: Phanérogames. Eds Librairie Générale de l'enseignement.

BOUBEKEUR, M. (2008). Contribution à l'étude des comportements morpho-physiologiques de l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) sous contraintes hydrique et saline (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).

BOULIFA, M., & CHARF, K. (2019). Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée dans la partie occidentale de la région d'El-Oued cas de S'Till et Hamraia.

BRADAI, B. M. (2014). Diversité et utilisation des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien dans la pharmacopée saharienne. Cas de la région du Souf. *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes* Vol.7n°2 (2014) : 16 – 24

CALATAYUD, Paul-André, GARREC, Jean-Pierre, et NICOLE, Michel. Adaptation des plantes aux stress environnementaux. *N. Sauvion, P.-A. Calatayud, D. Thiéry, & F. Marion-Poll (Vol. Eds.), Interactions insectese plantes*, 2013, p. 229e245.

- Colin J.P.** (1970). Nouveau dictionnaire des difficultés du français. Hachette- Tchou, 857p.
- Dajoz, R.**, 2003. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- Djebbar, R. (2012).** *Effet du stress hydrique sur le métabolisme cellulaire de plantes de tabac sauvage (Nicotiana sylvestris) et d'un mutant mitochondrial (CMSII)* (Doctoral dissertation).
- Dreux P.**, 1980 : Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires France, Paris, 231 p.
- El-Iktil, Y., Karrou, M., Mrabet, R., & Benichou, M. (2002).** Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon sheesmanii*. *Canadian journal of plant science*, 82(1), 177-183.
- FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J.**, 1980–Écologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 407 p.
- Faurie, C., Ferra, C., Medori, P., Devaux, J., Hemptinne, J.L.** (2012). Écologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 180-284p.
- Gepts P., Beavi W.D., Brummer E.C., Shoemaker R.C., Stalker H.T., Weede N.F., Young N.D., 2005.** Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiol*, 137 : 1228-1235.
- GUEHILIZ, N.** (2016). *Contribution à l'étude des plantes spontanées dans l'Oued de Biskra* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- Halima, M., Abderrahmane, L., & Khéloufi, B. (2006).** Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*.
- Halima, M., Abderrahmane, L., & Khéloufi, B. (2006).** Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne.
- HAMOUM., Fatma ; HAMDI., Haizia .(2016).** Etude de l'effet du stress salin sur la croissance et le potentiel de production de quelques activités liées à la PGP par des Rhizobactéries . Mémoire de master . Univ Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Hanana, M., Hamrouni, L., Cagnac, O., & Blumwald, E. (2011). Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Environmental Reviews*, 19(NA), 121-140

KABOUCHE, Ahmed, et al. Investigation phytochimique et biologique de l'espèce *Astragalus armatus* ssp. *numidicus* (Coss. et Dur.) Maire. et Synthèse catalytique de nouveaux dérivés julolidines. 2017.

Mallem H, Houyou Z, Benrima A., 2017. Floristic study of the steppe rangelands in arid regions: effect of sand accumulations, overgrazing, and plowings (case of Mokrane area in Laghouat City). *AgroBiologia*, 7(1), 334-345.

Mouellef A, 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère. Univ Mentouri constantine.

MOUFFAK, A. A. (2009). *Etude analytique de la variabilité de la proline, des sucres solubles totaux et des protéines totales solubles, sous stress salin chez Vigna radiata. L Wilczek* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).

Nedjraoui, D., & Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *VertigO*, 8(1), 15.

NEHILA, A. (2016). *Symbiose rhizobienne et mycorhizienne : rôle et mécanisme de tolérance aux stress abiotique* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).

OKREFI, Z., & BOUREZG, N. E. H. (2020). *Caractérisation biochimique in vitro au stade tallage chez quelques variétés de blé tendre (Triticum aestivum L.) sous stress salin* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

Prévost, P. (1999). "Les bases de l'agriculture", Paris, Tech. & Doc243p.

RAMADE, F. (1984). *Eléments d'écologie- écologie fondamentale.* Edition Marc Graw-Hill, Paris.

Rekik, F. (2015). Contribution à l'évaluation des ressources fourragères des parcours steppiques de l'Est Algérien (cas de la région de Tébessa). *Thèse de doctorat en Sciences agronomiques*, 110.

Stewart, P (1969): Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. Bull. soc. Hist. Nat. Afr du Nord; Alger, 59; 14 p.

Swift, J., 1996, Desertification: narratives, winners and losers. In the lie of the land challenging received wisdom on the African environment, ed. M Leach and R. Mearns, 73-9

Références électroniques :

1. <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/HWGB>
2. <https://www.who.int/fr>
3. <https://agronomie.info/fr/>
4. <http://www.fao.org/home/fr/>
5. <https://link-springer-com.snd1.arn.dz/>
6. <https://www.sciencedirect-com.snd1.arn.dz/>
7. <https://www.afrik.com/carte-d-afrique/>

Résumé

Les variations climatiques, la rareté en eau, l'augmentation des températures et la violence du vent risquent d'affecter la couverture végétale des zones steppiques. Il est donc important de pouvoir anticiper les effets des contraintes environnementales sur le développement des plantes. Les plus importantes de ces contraintes, suite aux rôles majeurs qu'elles jouent dans les fonctions essentielles de la plante, sont la variation de la précipitation, de la température, de l'humidité du sol et du vent, ces stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, Physiologiques, et moléculaires qui affectent leur mode de vie. Parmi ces mécanismes physiologiques et biochimiques on distingue : la teneur en eau, la teneur en chlorophylle, la teneur en sucres solubles et la teneur en proline.

Cette étude a donc pour objectif d'étudier le comportement d'une plante steppique (*Astragalus Armatus*) sur trois sites, Kef Mokrane Dhaya Guebliya et Hamda à Laghouat, pendant trois saisons l'automne, l'hiver et le printemps. Afin d'attendre l'objectif de notre recherche nous avons effectué, des analyses physiologiques et biochimique au laboratoire pour déterminer les teneurs en prolines, en chlorophylle total, en sucre solubles et en eau.

Mots clés : Variations climatiques, *Astragalus Armatus*, Chlorophylle, Sucres totaux, Proline.

Abstract

Climate variation, water scarcity, rising temperatures and strong winds are likely to affect the vegetation cover of steppe areas. It is therefore important to be able to anticipate the effects of environmental constraints on plant development. The most important of these constraints, following the major roles they play in the essential function of the plant. Are the variation in precipitation, temperature, soil moisture and wind, these stresses result in morphological, physiological and molecular changes in plants that affect their way of life. These physiological and biochemical mechanisms include water content, soluble sugars content and proline content.

The objective of this study is therefore to study the behavior of a steppe plant (*Astragalus Armatus*) at three sites, Kef Mokrane, Dhaya Guebliya and Hamda in Laghouat, for three seasons, autumn, winter and spring. In order to achieve the objective of our research, we performed biochemical analyses in the laboratory to determine proline, total chlorophyll, total sugars and water contents.

Key words: Climatic variation, *Astragalus Armatus*, Chlorophyll, Total sugars, Water, Proline.

ملخص

يمكن للتغيرات المناخية، ندرة المياه، ارتفاع درجات الحرارة وشدة الرياح ان تؤثر سلبا على الغطاء النباتي لمناطق السهوب. لذا يجب علينا توقع اثار العوائق البيئية على تطور النبات. أهم هذه العوائق وفق الدور الأساسي الذي تلعبه وضائف النبتة هي تباين هطول الامطار، درجة الحرارة، رطوبة التربة والرياح، تنعكس هذه الضغوطات في النباتات عن طريق التغيرات المورفولوجية والكيميائية نبين منها: محتوى الماء، محتوى الكلوروفيل، محتوى السكريات و محتوى البرولين. الهدف من هذه الدراسة هو دراسة سلوك نبتة سهبية (*Astragalus Armatus*)، في ثلاث مناطق، كاف مقران، الضاية القبلية، حمدة في الأغواط خلال ثلاث فصول، الخريف، الشتاء و الربيع. من اجل تحقيق هدف بحثنا، أجرينا تحاليل فيزيولوجية وكيميائية في المختبر لتحديد محتوى البرولين المتراكم، الكلوروفيل، السكريات الذائبة والماء. **الكلمات المفتاحية:** التغيرات المناخية، *Astragalus Armatus*، الماء، الكلوروفيل، السكريات الذائبة، البرولين .