



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : DJERIBIA Widade

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

**ANALYSE DES MECANISMES DE L'ADAPTATION A L'ACTIVITE
EOLIENNE DE TROIS PLANTES FOURRAGERES.**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
AMEUR Djamila	MAA	Président
BOUMEDDIENNE Med A Madjid	MAA	Examineur
HOUYOU Zohra	MCA	Rapporteur

Promotion : 2020

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, Avant tout, j'adresse mes vifs remerciements aux membres du jury qui, ont pris le temps d'examiner ce travail et d'avoir accepté de le juger, donnant lieu à une soutenance riche en discussions.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à mon encadreur M^{me} Houyou zohra pour le grand honneur qu'elle m'a fait en acceptant de diriger travail, pour ses recommandations et ses conseils qui ont beaucoup enrichi mon travail. qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail

.À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Mes remerciements mon mari omar de m'avoir soutenu ces derniers mois.

Nous voudrions également exprimer nos gratitudes à tous les ingénieurs de laboratoire et

aussi l'équipe de la bibliothèque.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, prunelles de mes yeux, J'espère leur inspirer joie et fierté.

A mon mariée

Mes sœurs

Mes frères

Ma famille

A toutes les personnes qui m'ont aidé pour l'élaboration de ce travail

Widade.

ملخص:

يمكن للتغيرات المناخية ان تؤثر على سلوك الغطاء النباتي لمناطق السهوب، و من بين هذا الغطاء النباتي نبات الرتم، نبات الدريرن و القتاد المسلح من النبات التي تتطلب العيش في تربية رملية، لهذا فإن اي تغير منتخب ياثر عليها . ولهذا الغرض وخلال موسمي الشتاء والربيع لعامي 2019 و 2020 في مدينة الأغواط ، تم قياس المعلمات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية في الأوراق الخضراء لهذه النباتات الثلاثة. إضافة إلى ذلك ، لقد تم تحليل البيانات المناخية للدورة التدريبية خلال فترات القياس. حيث تم قياس محتوى الماء ، الكلوروفيل الكلي والسكريات القابلة للذوبان ، وكذلك قياس البرولين المتراكم على الأوراق الطازجة للنباتات. كان موسم الشتاء أكثر برودة نسبيا من فصل الربيع. ولهذا أظهرت نتائج المتغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية للنباتات الثلاثة فروق ذات دلالة إحصائية. تكون قيم المحتوى المائي أعلى نسبياً في الربيع ، وتتراوح المتوسطات بين 15 و 76 (%). تختلف محتويات الكلوروفيل والسكريات والبرولين المتراكم وفقاً للتغيرات في المعلمات المناخية.

أظهرت الأنواع الثلاثة ضغوطاً على البرد والجفاف والرطوبة النسبية للهواء ، وأوضحت نتائجنا أيضاً أن نبات الرتم ، الدريرن و القتاد المسلح هي نباتات تقاوم الرياح التآكلية التي يمكن أن إضفاء دور في مكافحة تدهور الأراضي بفعل تآكل الرياح.

الكلمات المفتاحية: تغيرات المناخ ؛ الرتم ، الدريرن ، القتاد المسلح ، البرولين ، السكريات القابلة للذوبان ، الكلوروفيل الكلي ماء.

Memory title :

Name : Widade First name : DJERIBIA Directed by : Zohra HOUYOU

Abstract :

Climatic variations may affect the behavior of the plant cover in steppe areas, among this vegetation *Retama raetam*, *Aristida pungens* and *Astragalus armatus* three psammophilous plants which may be quite concerned. For this during two seasons winter and spring and during two years 2019 and 2020 in a course in Laghouat, physiological and biochemical parameters were measured in the fresh leaves of these three plants. Alongside these, climatic data of the route during the measurement periods were analyzed. Measurements of the water content, total chlorophyll and soluble sugars, as well as that of accumulated proline were measured on the fresh leaves of the plants. Relatively the winter seasons were cooler than the spring. The results of the physiological and biochemical parameters of the three plants revealed highly significant differences. The values of the water content are relatively higher in the spring, the averages are ranged between 15 and 76 (%). The contents of chlorophyll, sugars and accumulated proline are variable according to variations in climatic parameters. The three species showed stress to cold, drought and relative humidity of the air, our results also showed that *Retama raetam*, *Aristida pungens* and *Astragalus armatus* are plants that resist erosive winds which could give a role in the fight against land degradation by wind erosion .

Key words: Climate variations; *Retama raetam*; *Aristida pungens*; *Astragalus armatus*; Proline, Soluble sugars; Total chlorophyll; Water.

Titre du mémoire : Analyse des mécanismes de l'adaptation à l'activité éolienne de trois plantes fourragères

Nom: Widade

Prénom: DJERIBIA

Encadreur: Zohra HOUYOU

Résumé :

Les variations climatiques, risquent d'affecter le comportement de la couverture végétale des zones steppiques, parmi cette végétation *Retama raetam*, *Aristida pungens* et *Astragalus armatus* trois plantes psammophiles qui peuvent être tout à fait concernées. Pour cela durant deux saisons hiver et printemps et durant deux années 2019 et 2020 dans un parcours à Laghouat, des paramètres physiologiques et biochimiques ont été mesurés dans les feuilles fraîches de ces trois plantes. A côté de ceux là, des données climatiques du parcours durant les périodes des mesures ont été analysées. Des mesures de la teneur en eau, de la chlorophylle totale et des sucres solubles, ainsi que celle de la proline accumulée ont été mesurées sur les feuilles fraîches des plantes. Relativement les saisons d'hiver était plus froides que celle du printemps. Les résultats des paramètres physiologiques et biochimiques des trois plantes ont révélé des différences hautement significatives. Les valeurs de la teneur en eau sont relativement plus élevées au printemps, les moyennes sont rangées entre 15 et 76 (%). Les teneurs en chlorophylle, en sucres et en proline accumulée sont variables en fonction des variations des paramètres climatiques. Les trois espèces ont manifesté un stress au froid, à la sécheresse et à l'humidité relative de l'air, nos résultats ont aussi démontré que *Retama raetam*, *Aristida pungens* et *Astragalus armatus* sont des plantes qui résistent aux vents érosifs ce qui pourrait leur conférer un rôle dans la lutte contre la dégradation des terres par érosion éolienne.

Mots clés : Variations climatiques ; *Retama raetam* ; *Aristida pungens* ; *Astragalus armatus* ; Proline, Sucres solubles ; Chlorophylle totale ; Eau.

Remerciements

Dédicaces

ملخص

Abstact

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

	page
Introduction.....	01
Chapitre I Aperçu bibliographique	
I. Présentation des espèces étudiées	03
I.1.Retama raeta	03
I.1.1.Le genreRetama.....	03
I.1.2.Position systématique.....	03
I.1.3.Caractéristiques botaniques.....	04
I.1.4.Répartition géographique.....	04
I.2.Astragalus armatus.....	05
I.2.1. Le genre Astragalus.....	05
I.2.2.Position systématique.....	05
I.2.3.Description botanique.....	06
I.2.4.Répartition géographique.....	06
I.3. Aristida pungens.....	07
I.3.1.Position systématique.....	07
I.3.2.Répartition géographique.....	07
I.3.3. Caractères d'Aristida pungens.....	08
I.3.4. Caractères biologiques	08
I.3.5. Description.....	08

I.3.6. Phénologie	10
I.3.7. Intérêt économique de l'espèce <i>Aristida pungens</i>	10
I.3.8. Usage thérapeutique	10
II. Différents types de stress chez les plantes	11
II.1. Notion de stress	11
II.2. L'importance de l'eau chez la plante	11
II.3. Effet du stress hydrique	12
II.3.1 Le stress hydrique	12
II.3.2 Effet du stress hydrique sur la photosynthèse	13
II.3.3.a. Les hautes températures	13
II.3.3. Le stress thermique	13
II.3.3.b. Les basses températures	14
II.3.3.C. Les basses températures négatives (Gel)	14
II.3.4 Variations de la résistance au gel selon les végétaux	15
II.3.5. Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique	15
II.3.5.a. Adaptation phénologique	16
II.3.5. b. Adaptation morphologique	16
II.3.5.c. Adaptation physiologique	16
II.4. Le vent	17
II.4.1 Effets mécaniques	17
II.4.2 Effets physiologiques	17
II.5. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress	17
II.5.1. Accumulation de la proline en condition de stress	17
II.5.2. L'accumulation des sucres solubles	18
Chapitre II Matériel & Méthodes	
I. Présentation de la zone d'étude	19
I.1. Localisation du site d'étude dans la région de Laghouat	19
I.2. Géologie de la région de Laghouat	20
I.3. Géomorphologie de la région de Laghouat	20
I.3.1. Les surfaces planes	20
I.3.2. Les dayas	20

I.3.3. Les versants.....	21
I.4. Nature du sol dans la région de Laghouat et le site d'étude.....	21
I.5. Synthèse climatique de la région de Laghouat.....	21
I.5.1. Climagramme d'EMBERGER.....	21
I.5.2. Le diagramme Ombrothermique.....	22
I.5.3. Humidité relative de l'air.....	23
I.5.4. Le vent.....	24
II. Travail de terrain et collecte des donnée.....	24
II.1. Collecte du matériel végétal.....	24
II.2. Paramètres Physiologiques des plantes	24
II.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	24
II.2.2. Paramètres biochimiques des plantes.....	25
II.2.2.1. Détermination de la teneur en proline.....	25
II.2.2.2. Détermination de la teneur en sucres solubles.....	26
II.2.2. 3. Détermination de la teneur en chlorophylle totale.....	26
III. Collecte des données météorologiques durant les périodes de notre travail.....	26
IV. Analyses des données.....	26
V. Test statistiques des données.....	27
VI. Données supplémentaires ajoutés aux données que nous avons collecté.....	27
Chapitre III	
Résultats et Discussion	
I. Résultats.....	29
I.1 Climatologie de la zone d'étude.....	29
I.1.1 Climatologie un jour avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes	29
I.1.1.a. Les températures moyennes.....	29
I.1.1.b. La vitesse du vent.....	29
I.1.1.c. Les précipitations.....	29
I.1.1.d. L'humidité relative de l'air.....	29
I.1.1.e. La direction de vent.....	29
I.1.2. Climatologie une semaine avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes..	30
I.1.2.a. Les températures moyennes.....	30

I.1.2.b Précipitations.....	30
I.1.2.c La vitesse de vent.....	30
I.1.2.d. Humidité relative de l'air.....	30
I.1.2.e. Direction de vent.....	30
I.1.3. Climatologie un mois avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes.....	30
I.1.3.a Les températures moyennes.....	30
I.1.3.b Précipitations.....	30
I.1.3.c La vitesse de vent.....	30
I.1.3.d. Humidité relative de l'air.....	31
I.1.3.e Direction de vent.....	31
I .2. Paramètres mesurés sur les plantes.....	33
I .2.1. Paramètre physiologique.....	33
I .2.1.a. Teneur en eau.....	33
I.2.2. Paramètres biochimiques.....	34
I.2.2. a. Teneur en chlorophylle totale.....	36
I.2.2.b. Teneur en sucres totaux.....	38
I.2.2. c. Proline accumulée.....	40
I.3. Analyse des variations des paramètres climatiques saisonniers et de la proline accumulée chez les trois espèces.....	41
I.3.1. Variations des températures moyennes avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.....	41
I.3.2. Variations des cummules des précipitations avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.....	42

I.3.4. Variations de l'humidité relative de l'air avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.....	43
II. Discussion.....	45
Conclusion.....	50
Références bibliographiques.....	52
Annexes.....	53

Liste des figures

Titre de la figure	Page
Figure 1 Arbuste de Retam reatam.....	4
Figure 2 Arbuste Astragalus armatus.....	6
Figure 3 Arbuste de Aristida pungens.....	9
Figure 4 vue satellitaire modifie du site d'etude de Google Earth pro.....	19
Figure 5 photo du site d'etude.....	19
Figure 6 Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la station de laghouat.	22
Figure 7 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNAYLS de la région de laghouat (2005-2018) .	23
Figure 8 photo illustrant le dosage de la proline au laboratoire.....	26
Figure 9 photos illustrant le dosage des sucre au laboratoire	27
Figure 10 Teneur en eau % chez les trois espèces	34
Figure 11 Teneur en chlorophylle totale (mg/g MF) chez les trois espèces ..	37
Figure 12 Teneur en sucre (mg/g MF) chezles trois espèce.....	39
Figure 13 proline accumulée (mmol/gMF)chez les trois espèce.....	40
Figure 14 variation des temperature moyenne avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces	41
Figure 15 variation des cummules des precipitation avant les mesures sur terraine et de la proline accumulée chez les trois espèces.....	42
Figure 16 variation de la vitesse du vent avant les mesure sur terrain et de la proline	43
Figure 17 variation de l'humidité relative de l'air avant les mesures sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces...	44

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Classification botanique de <i>Retama raetam</i>	03
Tableau 2 : Classification botanique de <i>Astragalus armatus</i>	05
Tableau 03 : Classification botanique de <i>Aristida pungens</i>	07
Tablea 04: Vitesse des vents moyennes mensuelles de la région de Laghouat	28
Tableau 05 : Récapitulatif des paramètres climatiques avant les mesures effectuées sur les trois plantes	32
Tableau06 : Variation de quelques paramètres utilisés durant le travail expérimental	45

Liste des abréviations

Abréviation Signification

A Annuelle

Alt Altitude

Caco3 Carbonate de calcium

DO : Densité optique

E : Est

g :Gramme

H : Hauteur

Kg : Kilo gramme

MF : Matière fraîche

Mg : Milligramme

µg : Microgramme

min m : Minute metre

ml Milli litre

mm :Millimètre

µmol : Micro mole

MS :Matière sèche

N : Nord

Pérenne

P : Précipitation annuelle

P : Probabilité

PF : Poids frais

PS :Poids sec

Introduction

Les steppes à psammophyte sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne, elles suivant les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions par les chotts, elles sont plus fréquentes en zone arides et présahariennes, elles forment des steppes à *Aristida pungens* et *Thymella microphylla* ou encore des steppes arbustives de *Retama reatam*, leur unités pastorale varient de 200 à 250 UF/ha (Nedjraoui, 1981). Ces steppes sont soumises à une pression anthropique et est aggravé par des sécheresses périodiques plus moins sévères et prolongée qui emmènent vers une diminution de la superficie de ces steppes au fil du temps. Ces contraintes obligent les plantes vivaces d'acquérir une adaptation physio-anatomique envers les conditions et facteur de ces régions, en leur permettant de résister aux variations du biotopes. Cela pourrait être par le développement des racine longues, des vaisseaux de bois très larges ainsi que des manches de sables autours des racines qui les protègent contre la dessiccation (Ozenda, 1991).

Les plantes en générale exigent des conditions environnement optimales pour une croissance normale, mais elles sont souvent sujette à des facteurs extrêmes de potentiel hydrique température et salinité engendrant différents types de stress (Hopkins, 1999; Bouaouina *et al.*, 2000.).

La résistance au stress peut aussi se manifester par des mécanismes physiologiques ou biochimiques par synthèse de métabolites et de composés organiques qui permettent aux plantes de survivre (Zhuo *et al.*, 2007). Comme la proline, qui est l'un des solutés compatibles les plus fréquemment accumulés dans les plantes en réponse à divers stress environnementaux, et joue un rôle clé dans les tolérances des végétaux (Garg *et al.*, 2018; Guo *et al.*, 2018). La synthèse de proline est une stratégie adaptative fréquemment observée sur les cellules (Hasegawa *et al.*, 1994) et sur les plantes entières pour limiter les

Son accumulation a été observée par (Naeem *et al.*, 2017) dans *Zea* mais en réponse au stress hydrique et également signalée par (Xiong *et al.*, 2018) dans *Brassica napus* sous stress ionique. 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.*, 2009) 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 environnementales (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 à diverses contraintes environnementales. Le type bioclimatique des steppes d'Afrique du Nord, y compris celles d'Algérie, va du semi-aride à l'aride avec toutes les variantes intermédiaires (Le Houérou 1990). Avec les variations climatiques dont est siège la biosphère, certaines régions risquent de devenir beaucoup plus sèches, les précipitations annuelles sont en diminution continue (Goulden *et al.*, 2009). Par conséquent les parcours semi-arides et arides de l'Afrique du Nord pourraient être affectés par ces tendances. La steppe algérienne est donc tout à fait concernée par ces variations climatiques et la couverture végétale qui la couvre en serait affectée.

Pour autant parmi cette végétation qu'en est-il pour *Retama raetam*, *Aristida pungens* et *Astragalus armatus* ? Ces trois espèces vivaces dominantes dans les parcours ensablés, qui seraient aussi bonnes fixatrices de sable et qui sont proposées pour la réhabilitation des espaces menacés (Mallem, 2017).

Pour répondre à cette question, dans ce travail les concentrations en proline, en chlorophylle et en sucres solubles sont analysées dans les feuilles fraîches de ces trois plantes (*Retama raetam*, *Aristida pungens* et *Astragalus armatus*) et pendant deux saisons de l'année : Hiver et Printemps dans la région de Laghouat, située dans les plateaux steppiques centraux de l'Algérie.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Chapitre I Aperçue bibliographique

Chapitre II Matériel et méthodes

Chapitre III Résultats et discussion.

Et enfin une conclusion et des perspectives

Chapitre I Revue bibliographique

I. Présentation des espèces étudiées

I.1. *Retama raetam*

I.1.1. Le genre *Retama*

Retama (Figure 01), est une plante du bassin méditerranéen. Son aire d'extension va du Maroc jusqu'en Syrie. Cette espèce est rencontrée particulièrement en Algérie, en Libye, en Tunisie, en Egypte (Thomas, 1968). En Algérie selon Quezel et Santa (1962), elle est rencontrée au Sahara septentrional et atteint au sud le Tademaït et le Hamada de Tinghert.

I.1.2. Position systématique

Tableau 1 : Classification botanique de *Retama raetam*. Source : (Quezel et Santa, 1962).

Règne	Plantes (Végétal)
Embranchement	Spermatophyte
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionaceae
Genre	<i>Retama</i>
Espèce	<i>Retam</i>

Revue bibliographique

I.1.3. Caractéristiques botaniques

Retama raetam, Arbuste saharien de 1 à 3,5 m de hauteur à rameaux veloutés, les fleurs blanches, grandes (8 -10 mm), en grappes pauciflores de 5 à 10 fleurs; gousses ovoïdes, aiguës, terminées en bec. Les rameaux fortement sillonnés en long. Elle se trouve dans les dunes et lits des oueds (Ozenda, 1991), les feuilles sont très caduques, les inférieurs sont trifoliolés, les supérieurs simples et unifoliées (De Witt 1963). Le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2 cm, acuminées, avec une extrémité aigüe, portant une à deux graines (Quezel et Santa, 1962).

I.1.4. Répartition géographique

Les Fabacées du genre *Retama* sont rencontrés dans les régions méditerranéennes du nord de l'Afrique, du sud de l'Espagne et du Portugal (Boulila *et al.*, 2009). Cette espèce est rencontrée particulièrement en Algérie, en Libye, en Tunisie, en Egypte (Thomas, 1968). En Algérie selon Quezel et Santa (1962), elle est rencontrée au Sahara septentrional et atteint au sud le Tademaït et le Hamada de Tinghert. Et poussent sur de vastes étendues allant des dunes de sable du littoral humide jusqu'à celles des zones sèches et arides (Boulila *et al.*, 2009).



Figure 01 : Arbuste de *Retama raetam* (originale 2020)

Revue bibliographique

I.2. *Astragalus armatus*

Selon Chaieb (1997), *Astragalus armatus* (Figure 02), est considérée comme espèce marquant la dégradation, elle peut contribuer, de façon partielle au processus de restauration de l'équilibre écologique dans ces milieux dégradés.

I.2.1. Le genre *Astragalus*

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

I.2.2. Position systématique

Tableau 2: Classification botanique d'*Astragalus armatus* Source : (Quezel et Santa,1962).

Règne	Plantes (Végétal)
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionaceae
Genre	<i>Astragalus</i>
Espèce	<i>Armatus</i>

I.2.3. Description botanique

Le genre *Astragalus* est défini : Calice tubuleux en cloche, à dents subégales ou très inégales. Pétales généralement longuement onguiculés, étendards dressés, carêmes égalant environ les ailes, étamines didelphes à gaine fendue au sommet ovaire pluri ovule sur deux rangs gousse de forme variée rarement uniloculaire généralement à deux loges plus ou moins complètes par introflexion de l'une des structures déhiscente ou indéhiscente. Feuilles imparipennées en générale stipulées (Quezel et Santa., 1962).

I.2.4. Répartition géographique

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) (Sahil *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). 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 (Yuan *et al.*, 2012).



Figure 02 : *Astragalus armatus* (originale2020)

Revue bibliographique

I.3. *Aristida pungens*

Aristida pungens (Figur 03), est une plante vivace de la famille des poaceae , sa classification est représentée dans le tableau 3 :

I.3.1.Position systématique

Tableau 3 :Classification botanique de *Aristida pungens* source : (Quezel et Santa, 1962).

Règne	Plantes (Végétal)
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Monocotylédones
Sous classe	Dialypétales
Famille	Poaceae
Genre	<i>Aristida</i>
Espèce	<i>Pungens</i>

I.3.2.Répartition géographique

Selon Poilicot (1999), *Aristida pungens* est une espèce caractéristique des sables dunaires désertiques , elle réponde en Afrique du Nord, Mauritanie ,Egypte , Soudan ,Arabie Saoudite .

D'après Ozenda , (1958) ,le cordon dunaire qui borde au Nord l'Atlas saharien algérien renferme des espèces ; *Aristida pungens* , *Retama raetam*, *Astragalus armatus* ...etc. Le même auteur ajoute que ,l'empire floral paléo-tropical ou palae-otropis ,une grande zone botanique comprenant les régions chaudes de l'Afrique et de l'Asie s'étend sur une vaste région désertique , commençant de la côte Atlantique de Sahara occidental traversant toute l'Afrique puis le Proche et Moyen Orient et s'étendant jusque 'à l'Inde de

Revue bibliographique

nord ouest dans la région de la vallée inférieure de l'Indus appelé le Sind. C'est la région nommée « région saharo-sindienne », terme qui a été conservé par tous les auteurs depuis.

Une partie des espèces du genre *Aristida*, caractérisée par des arêtes à branches plumeuses (au moins en partie), ont en générale une aire qui comprend le Sahara septentrional et central, et se poursuit à et travers le Sahara oriental et l'Arabie saoudite : elles appartiennent à l'Ellement Sahro-sindien. Et c'est sur ce territoire saharo-sindien comprenant un empire florale palé-tropical que pousse l'espèce : *Aristida pungens* (Ozenda, 1958).

I.3.3. Caractères d'*Aristida pungens*

Aristida pungens, est la plante la plus fréquente des massifs dunaires et souvent la seule sur de grandes étendues dans les ergs. Compte tenu de sa grande fréquence et de sa disponibilité permanente, c'est l'une des plantes les plus intéressantes. Elle constitue un aliment extrêmement précieux du fait de sa longue résistance à la sécheresse et son appétibilité pendant la longue période de l'année. Elle peut résister à 4-5 ans de sécheresse. Elle constitue ainsi, le pâturage de base pour le dromadaire qui consomme presque toute la plante, à part 20-30 cm de chaumes (la hauteur des touffes varie entre 1 m et 1.70) (Ozenda, 1958).

I.3.4. Caractères biologiques

Selon Poilicot (1999), le synonyme de *Aristida pungens* Desf. et *Stipagrostis pungens* (Desf) Quezel et al. (1969), notent que le nom arabe attribué à *Aristida pungens* Desf. est le « drinn » ; « Rachig » ou le « sbott ».

I.3.5. Description

Aristida pungens, est une graminée à rhizome traçant à longues feuilles enroulées sur elles-mêmes et pointues à l'extrémité, bien reconnaissable en outre aux arêtes de ses glumelles qui comportent trois branches plumeuses (Ozenda, 1958).

Poilicote (1999), décrit la plante comme étant une herbe pérenne, à rhizomes obliques, haute de 100 cm ou plus.

-Chaumes dressés, robustes, ramifiés, lisses, glabres.

-Graines glabres, lisses.

Revue bibliographique

-Ligule auriculée, réduite à une frange de poils.

- Feuilles rigides , dressées ou plus ou moins étalées , longue de 10-30 cm (parfois beaucoup moins)

-Epillets solitaire , lancéolés de 13 -15 mm de long sans les arêtes , jaune.

Quezel et Santa (1962), ont noté que *Aristida pungens* est caractérisée par les points suivants :

-Inflorescence en panicule lâche (très compact).-Epillets ne comportant , strictement , qu'une fleur et dont la rachéole ne se continue pas après insertion de la fleur .

-Epillets non insérés dans des excavation du rachis .

-Une ou deux glumes

-Fleur à lemme aristés

-Lemme convolutive autour de la paléo le très caractéristique : portant un calus plus ou moins barbu à la base et surmonté par une arête à trois branches une médiane et deux latérales .



Figure 03 : *Aristida pungens*. (originale 2020).

I.3.6. Phénologie

L'espèce *Aristida pungens*, peut à 4-5 ans résister de sécheresse. La vie végétale de 'drinn' dure toute l'année et la plante est toujours verte. Elle est caractérisée par deux périodes de vie : une vie ralentie (Aout à Mars) et une vie active (avril à juillet), la germination de 'Drinn' se fait à 25°C, considérée comme température optimale (Bouhadjera, 2005).

I.3.7. Intérêt économique de l'espèce *Aristida pungens*

Aristida pungens est utilisée comme brise-vent à immobiliser les dunes de sable ses semences sont comestibles (Bouhadjera, 2005). Le même auteur ajoute qu'une étude quantitative et qualitative des parcours à base d'*Aristida pungens* L. à Ouargla portant sur la détermination de la valeur nutritive de ces parcours a été réalisée. En effet, *Aristida pungens* L. est la plante la plus fréquente des massifs dunaires et souvent la seule sur de grandes étendues dans les ergs. Compte tenu de sa grande fréquence et de sa disponibilité permanente, c'est l'une des plantes les plus intéressantes. Elle constitue un aliment extrêmement précieux du fait de sa longue résistance à la sécheresse et son appétibilité pendant la longue période de l'année. Elle constitue ainsi, le pâturage de base pour le dromadaire qui consomme presque toute la plante, à part 20-30cm chaumes (la hauteur des touffes varie entre 1 m et 1.70 m).

En Algérie, dans les zones sahariennes, les éleveurs distribuent le 'Drinn' comme aliment grossier à toutes les catégories d'animaux d'élevage (ovins, caprins et même bovins). D'ailleurs, le 'Drinn' est commercialisé clandestinement à des prix équivalents à ceux du foin. Cette étude a donné des valeurs plus élevées et entièrement significatives que celles trouvées dans les travaux antérieurs : (Bouhadjera, 2005).

I.3.8. Usage thérapeutique

La partie aérienne d'*Aristida pungens* est utilisée par macération et tisane contre la constipation, les maux d'estomac et les indigestions. Sa décoction est bue contre la constipation, les maux d'estomac et indigestions. Sa décoction est bue contre les douleurs rhumatismales. Les nomades utilisent les tiges d'*Aristida pungens* pour la cicatrisation des plaies et dans le tissage des cordes, alors que les pêcheurs des régions du Sahara occidental en fabriquent les filets de pêche (Bouhadjera, 2005).

Revue bibliographique

Les graines d'*Aristida pungens* sont mures au mois de Mai , elle sont utilisées pour faire une farine (appelée Lul au Sahara Algérien) à gallettes .Au Maroc les tiges broyées d'*Aristida pungens* sont utilisées pour la cicatrisation des blessures , cataplasme , arthrite rhumatoïde mélangées avec l'huile , les tige broyées sont utilisées pour les douleurs musculaires pour l'arthrite rhumatoïde (Bouhadjra, 2005).

II. Différents types de stress chez les plantes

II.1. Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1982). Tsimilli-Michael et al., (1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte. Selon Jones et al., (1989), un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et al., 2006).

II.2. L'importance de l'eau chez la plante

L'eau composant majeur des cellules qui maintient leur turgescence est un solvant des matières minérales et organiques ; a 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.

II.3.Effet du stress hydrique

II.3.1 Le stress hydrique

a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (Lamaze *et al.*, 1994). L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatoire (Poormohammad Kiani, 2007). La sécheresse est une des causes principales des pertes de rendement du blé dur, l'impact de la contrainte hydrique varie de 10 à 80% selon les années (Chennafi *et al.*, 2006). Turk (1978) parle de déficit hydrique lorsque l'humidité du sol est inférieure à la capacité du champ. Levitt, (1982) utilise le terme de stress ou contrainte pour définir l'effet de la sécheresse climatique ou du déficit hydrique du sol subi par la plante. Les risques du manque d'eau sont et deviendront de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre (Witcombe *et al.*, 2009). En effet, selon Trinchant *et al.*, (2004), Chaque année, les surfaces .

II.3.2 Effet du stress hydrique sur la photosynthèse

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO₂, limitée par une fermeture des stomates.

II.3.3.Le stress thermique

II.3.3.a. Les hautes températures

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même en début du cycle. Karou *et al.*, (1998) observent une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface, suite aux effets des hautes températures automnales. Ces effets s'amenuisent à mesure que le semis est fait tardivement (Fischer, 1985). L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur du

Revue bibliographique

coléoptile (Hazmoune, 2000). Rawson (1988) réussit à montrer que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique. Hauchinal *et al.*, (1993) remarquent une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures. Ils notent aussi que l'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. Wardlaw *et al.* (1989) montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m². L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zone semi-aride (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'effet des hautes températures se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (Dakheel *et al.*, 1993). Wardlaw *et al.*, (1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain, varie de 12 à 15 °C pour de nombreux géotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base des 12 à 15 °C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (Wardlaw *et al.*, 1989).

II.3.3.b. Les basses températures

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chenaffi *et al.*, 2006). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les géotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (Mekhlouf *et al.*, 2006). L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute

Revue bibliographique

fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (Levitt, 1982). La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles (Blouet *et al.*, 1984). La déshydratation des cellules s'accompagne d'une augmentation de la concentration en substances organiques, et en sels minéraux. D'après Passioura (1996), si le froid persiste, il y a dessèchement foliaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période.

II.3.3.C. Les basses températures négatives (Gel)

Le gel s'accompagne en général de la formation de cristaux de glace dans les tissus de la plante. En période hivernale, les effets du gel dépendent de son intensité plus que sa durée. Il peut agir directement sur le végétal et produire une nécrose des bourgeons, le noircissement du xylème, l'éclatement des troncs et la mort des feuilles pour les plantes à feuillage persistant. La résistance des plantes au gel ne reste pas toujours constante pendant toute la période hivernale. Ainsi, des gelées moyennes mais brutales, survenant après une période prolongée de redoux, sont parfois plus dangereuses que des gelées plus intenses, mais plus progressives. Le gel peut aussi agir indirectement, en déchaussant les jeunes semis ou bien encore, au printemps, en s'opposant à l'absorption racinaire lorsque le sol reste gelé sur une grande profondeur. Les dégâts provoqués par le gel peuvent souvent apparaître dans des circonstances variées. Ainsi, des gelées de printemps même peu importantes, sont susceptibles de détruire des bourgeons végétatifs ou floraux au début de la reprise de la croissance (débourrement).

II.3.4 Variations de la résistance au gel selon les végétaux

Selon le comportement, on distingue plusieurs catégories de plantes

o Plantes sensibles au gel Elles ne résistent pas à la formation de glace dans leurs tissus et sont incapables de s'endurcir, peuvent résister aux gelées de moyenne importance.

Revue bibliographique

o Plantes moyennement résistantes au gel Ces végétaux supportent la formation de glace dans leurs tissus.

o Plante très résistantes au gel Chez les plantes qui résistent au gel, il se forme, de façon générale, des cristaux de glace dans l'apoplasme (et non dans le cytoplasme), à proximité ou même au contact des parois cellulaires. C'est le cas des céréales d'hiver, des choux, de la grande Fétuque, qui peuvent survivre à des températures de -25 °C. C'est le cas aussi de beaucoup d'espèces ligneuses (Cornic ,2007).

Chez les plantes qui résistent au gel, il se forme, de façon générale, des cristaux de glace dans l'apoplasme (et non dans le cytoplasme), à proximité ou même au contact des parois cellulaires. C'est le cas des céréales d'hiver, des choux, de la grande Fétuque, qui peuvent survivre à des températures de -25 °C. C'est le cas aussi de beaucoup d'espèces ligneuses (Cornic, 2007).

II.3.5.Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (esquive, évitement et tolérance) (Turner ,1986). La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Madhava Rao *et al.*, 2006).

La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (Hsissou , 1994).

II.3.5.a. Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (Ben Naceur *et al.*, 1999). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques

Revue bibliographique

d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (Ben Naceur *et al.*, 1999). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Bajji, 1999). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (Gonzalez *et al.*, 1999). En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (Poorter, 1989). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (Ben Salem *et al.*, 1997).

II.3.5. b. Adaptation morphologique

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (Bajji, 1999).

II.3.5.c. Adaptation physiologique

La stratégie de la tolérance est mise en œuvre par les plantes grâce à l'abaissement du potentiel hydrique qui maintient la turgescence (Sorrells *et al.*, 2000). Les mécanismes intervenant dans la tolérance assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire. La réduction des pertes en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration engendre une réduction de la photosynthèse. Les génotypes qui ont la capacité photosynthétique.

II.4. Le vent

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

Revue bibliographique

II.4.1 Effets mécaniques

Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec une 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.

II.4.2 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 conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère (FAO , 2010).

II.5. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress

II.5.1. 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-transférase (Chaib, 1998). Savouré *et al.* (1995) montrent chez *Arabidopsis* que l'augmentation de transcrits de la P5CR (α -pyrroline-5- carboxylate synthétase) est corrélée à une augmentation de proline. De plus, 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 (α - 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.

II.5.2. 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.*, 1998). 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 (Kameli et Losel, 1995).

I.1. Localisation du site d'étude dans la région de Laghouat

Notre travail a été réalisé au niveau d'un site nommé Dhaya Gueblya (Figure 04), qui est située à environ 9 Km au Sud-Est de la ville de Laghouat à une altitude de 737m, sa latitude est de 33°46'22.31"N et sa longitude est de 2°57'15.60"E.

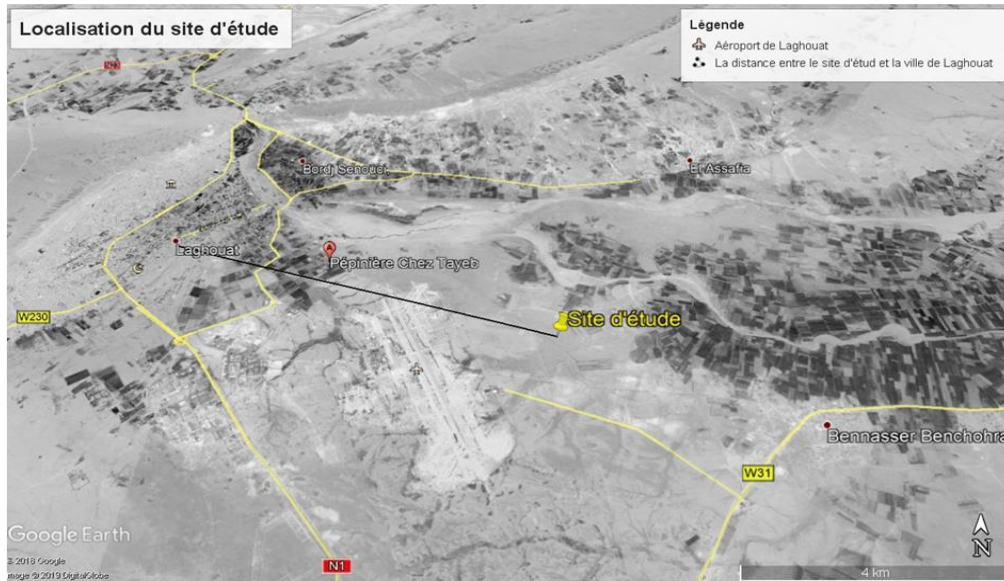


Figure 04: Vue satellitaire modifiée du site d'étude de Google Earth pro (24/05/2020).



Figure 0 5 : Photo du site d'étude (Photo originale).

I.2. 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 représentée par le jurassique qui affleure au niveau des djebels et des kefs de la partie Nord de la wilaya, il est visible sous forme de chaînons 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 à anciens, ils occupent quelques dépressions, les terrasses d'oueds ainsi que les dayas. Concernant notre zone d'étude: il existe des terrains du tertiaire représenté par des reliefs et par le quaternaire le long d'oued M'zi surtout (IAP ,1972).

I.3. Géomorphologie de la région de Laghouat

Les zones arides manifestent une ressemblance géomorphologique qui peut être considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologique (Aidoud , 1984) c'est le cas des steppes Sud Algéroises qui comptent notre zone d'étude. Les formes géomorphologiques rencontrées sont les suivantes

I.3.1. Les surfaces planes

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

I.3.2. Les dayas

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

I.3.3. Les versants

Ce sont des surfaces topographiques inclinée, située entre des points hauts (pics, crêtes, rebord de plateau, sommet d'un relief) et des points bas (pied de versant, talweg).

I.4. Nature du sol dans la région de Laghouat et le site d'étude

Selon (BNEDER, 2014), d'un point de vue classes de sols la région de Laghouat se présente sous l'aspect d'une mosaïque dont les principaux sont :

- Sols peu évolués d'apport alluvial typique ;
- Sols peu évolués d'apport alluvion-colluvial typique ;
- Sols de Dayas ;
- Sols Calcimagnésiques.

D'un point de vu textural, le sol de notre site d'étude (Dhaya Gueblya) est un sol sableux qui contient 2% d'argiles et limons et 98% de sables (Khatoui et Kouidri, 2018).

I.5. Synthèse climatique de la région de Laghouat

I.5.1. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique Q2 est calculé pour une moyenne allant de 2005 jusqu'à 2018, En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit: (STEWART, 1968).

$$Q2 = 3.43 (P/M-m)$$

P : précipitation annuelle (mm);

M : la température moyenne maximale du mois le plus chaud en °C

m : la température moyenne minimale du mois le plus froid en °C

L'application de cette formule dans la région de Laghouat nous donne :

$$Q2=3,43 \times 166,32 / (33,5 - 5,10) = 20,08$$

D'après la (Figure4) la station de Laghouat est classée dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré.

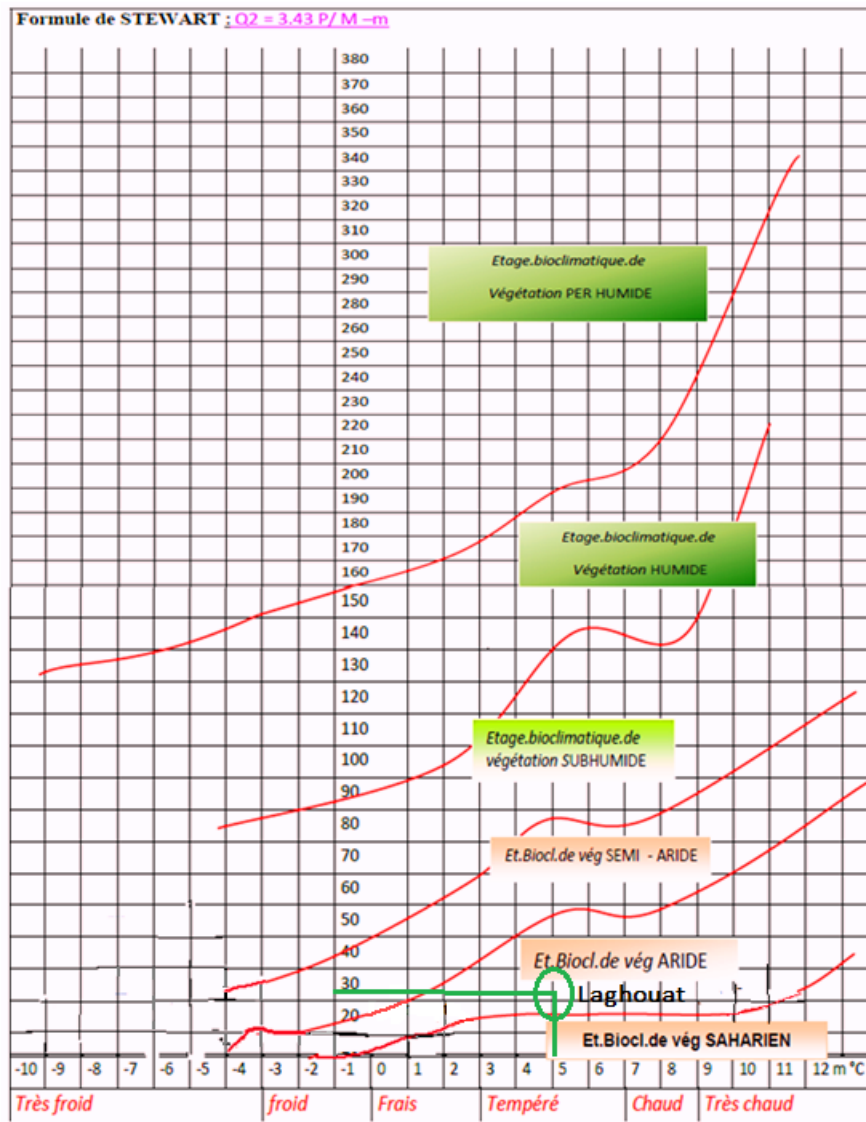


Figure 06 : Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la station de Laghouat (2005-2018).

I.5.2. 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 Ombro-thermique de Gaussen. Pour Gaussen, un mois est sec si le rapport entre les précipitations mensuelles P exprimées en millimètre et la température moyenne $T^{\circ}\text{C}$ exprimée en Celsius est inférieur ou égal à 2.

Matériel et Méthodes

Nous avons tracé un diagramme Ombrothermique des périodes allant de 2005-2018 pour la station de Laghouat.

Le diagramme Ombrothermique de la région d'étude (Figure.07), fait apparaître une seule période sèche qui s'étale sur les 12 mois de l'année.

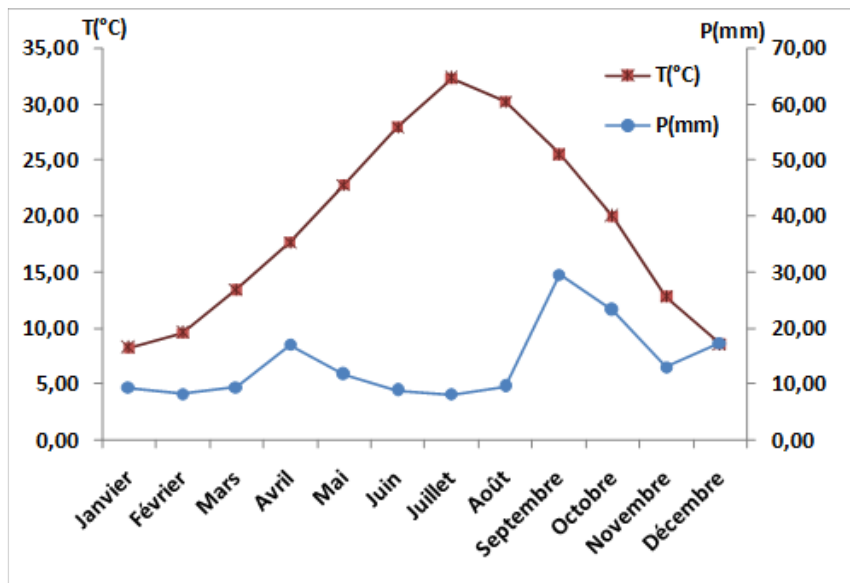


Figure 07 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNAULS de la région de Laghouat (2005-2018).

I.5.3. Humidité relative de l'air

La Figure 08 montre la variation de l'humidité de la région de Laghouat entre 2005 et 2018. Elle oscille entre 27,58% et 67,40% durant cette dernière décennie avec une variation entre ces deux valeurs.

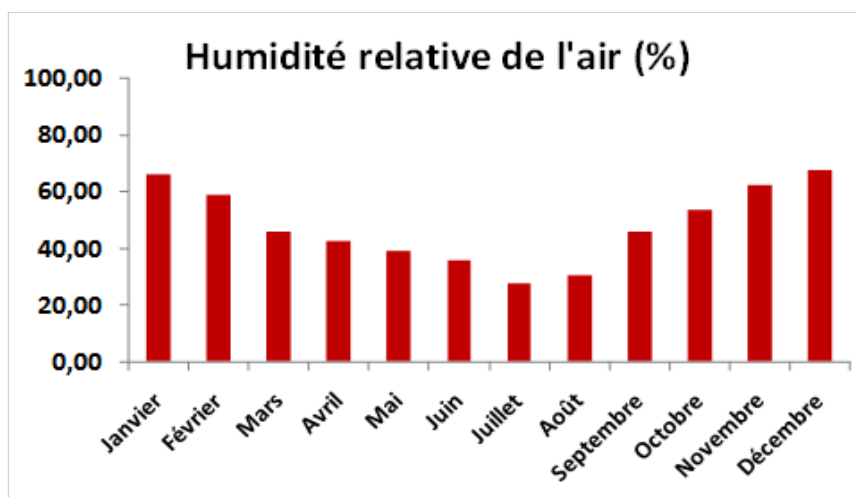


Figure 08 : Variation de l'Humidité de la région de Laghouat (2005-2018).

I.5.4. Le vent

Le Tableau (04) : indique la variation dans la vitesse du vent durant la période 2005-2018. Nous remarquons une variation dans la vitesse du vent qui enregistre une vitesse minimale de 2,81 m/s durant le mois d'octobre et une vitesse maximale de plus de 4,68 m/s pendant le mois d'avril, il est plus violent entre le mois de Février jusqu'au Juillet.

Tableau :04 Vitesse des vents moyennes mensuelles de la région de Laghouat.

(Source : ONM et nos calculs; Laghouat, 2018).

Période	2005-2018											
Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
V V (m/s)	3,34	4,34	4,60	4,68	4,29	4,23	3,77	3,42	3,51	2,81	3,28	3,13

V V : Vitesse du vent.

II. Travail de terrain et collecte des donnée

Un parcours a été délimité pour mener le travail du terrain qui a été réalisé durant deux périodes : Hiver (02 Février 2020) et Printemps (02 Mars 2020).

Matériel et Méthodes

Pour la réalisation de cette étude, trois espèces ont été retenues (*Astragalus armatus*, *Retama reatam* et *Aristida pungens*), ce choix est basé sur leur vivacité et leur dominance dans les parcours de la région de Laghouat (Mallem *et al*, 2017 et Mallem, 2018).

Pour rappel, le choix de ces trois espèces vient pour déterminer comment arrivent-elles à s'adapter, et quelle est la meilleure période climatique pour leur confort dans la région de Laghouat.

II.1. Collecte du matériel végétal

Sur un échantillon de cinq (5) plantes de chacune des trois espèces (*Astragalus armatus*, *Retama reatam* et *Aristida pungens*), des feuilles fraîches ont été prélevées à l'aide d'un sécateur selon une méthode semi-déstructive (National Academy of Sciences Research Council, 1962.), cela permet de respecter l'intégrité du végétal et de le maintenir en bon état dans son milieu naturel. Les feuilles prélevées ont été soigneusement conservées dans des sacs en plastique étiquetés et ramenées pour analyses aux laboratoires.

II.2. Paramètres Physiologiques des plantes

II.2.1. Détermination de la teneur en eau

La méthode utilisée est celle de (Laurent, 1994), elle consiste à mesurer pour chaque plante dont les feuille ont été prélevé, le poids frais (PF) d'un échantillon de feuilles et après étuvage à 105°C pendant 24 h leur poids sec respectif (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante :

$$W (\%) = ((PF - PS) / PF) \times 100$$

Avec : (PF) : Poids frais de la plante ; (PS) : Poids sec de la plante.

II.2.2. Paramètres biochimiques des plantes

II.2.2.1. Détermination de la teneur en proline (Figure 09)

L'extraction et le dosage de la proline sont réalisé selon la méthode de (Troll et Lindsley ; 1955) améliorée par (Lahrer et Magne cité par Leport ; 1992).

On prend 100 mg de matériel végétal et on ajoute 2 ml de méthanol à 40% puis on chauffe, au bain marie à 85°C, pendant 1 heure. Puis, à 1 ml d'extrait est ajouté 1ml d'un soluté composé

Matériel et Méthodes

[d'eau distillée, d'acide acétique et d'acide Ortho phosphorique], 2ml d'acide acétique et 25 mg ninhydrine, puis on chauffe de nouveau au bain marie à une température 100°C, pendant 30 mn. On laisse refroidir puis on ajoute 5 ml de toluène et on mélange à l'aide d'un vortex, on laisse reposer. On ajoute à la phase supérieure une petite cuillère de (Na₂SO₄). La densité optique est lue à 528 nm. Les concentrations sont par la suite déduite sur une courbe d'étalonnage en proline.

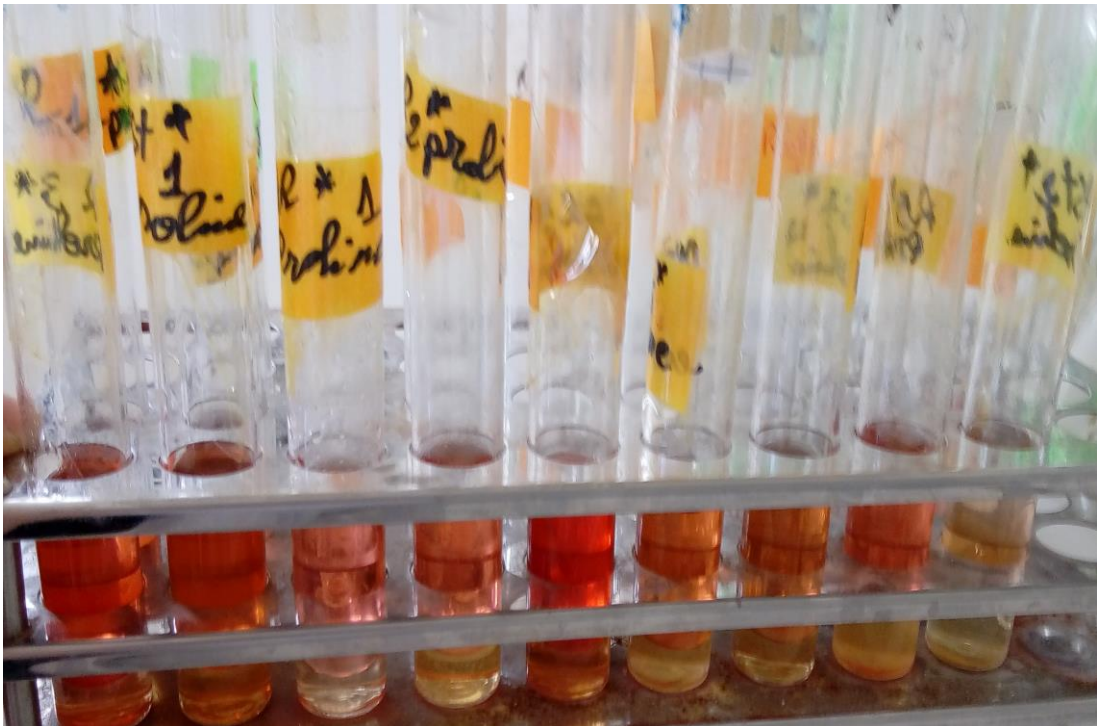


Figure09 : Photos illustrant le dosage de la proline au laboratoire (Originale).

II.2.2.2. Détermination de la teneur en sucres solubles (Figure10)

La méthode au phénol de Dubois et al. (1956) est utilisée pour l'extraction et le dosage des sucres après un traitement au méthanol à 80% et une solubilisation à l'eau distillée. Le dosage s'est fait par addition respective de solutions de phénol 5% et d'acide sulfurique à 96%. Les lectures de l'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 640 nm. Les concentrations sont par la suite déduite sur une courbe d'étalonnage en glucose.

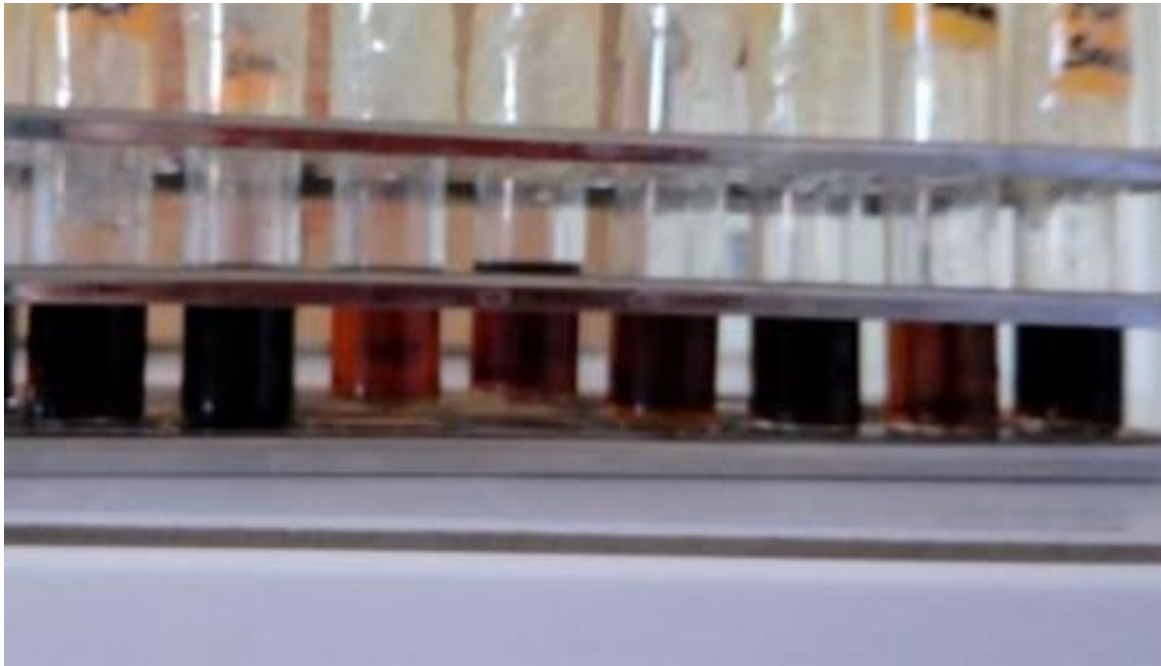


Figure 10 : Photos illustrant le dosage des sucres solubles au laboratoire (Originale).

II.2.2. 3. Détermination de la teneur en chlorophylle totale

L'extraction de la chlorophylle s'est faite selon la méthode de Mckinney, (1941).

A 100 mg de matière fraîche on ajoute 5ml d'acétone 80% et conservé en obscurité pendant 48 heures . Les densités optiques sont ensuite mesurées à 663 nm et à 645 nm. La teneur en chlorophylle totale est déduite selon la relation qui suit :

$$\text{Chlorophylle totale} = 20.2 \times \text{DO645} + 8.02 \times \text{DO663} \text{ (Kayyat et al, 2014)}$$

III. Collecte des données météorologiques durant les périodes de notre travail

Pour les deux périodes durant lesquelles nous avons travaillé les données climatiques ont été ramenées de la station de l'Université de Laghouat (Laboratoire de mécanique) installée depuis Mars 2008 au niveau du périmètre agricole de Mokrane.

Les données collectées concernent une période globale qui va du 01 Janvier 2020 au 30 Mars 2020.

IV. Analyses des données

Les données climatiques sont traitées par Excel 2016. Afin de déterminer quels sont les moments probables qui auraient de l'influence sur le comportement des espèces dans leur milieu de croissance ? Nous avons calculé les moyennes arithmétiques pour l'ensemble des données climatiques et cela quelques moments avant les mesures effectuées sur les plantes ceux la ont concerné : Températures moyennes, Précipitations , Vitesse de vent, Humidité relative de l'air et Direction du vent. Toutes ces moyennes des paramètres climatiques ont été calculées pour les périodes suivantes

- 1) Un jour avant les mesures effectuées sur les plantes (**1 JAM**);
- 2) Sept jours (Une semaine) avant les mesures effectuées sur les plantes (**7 JAM**) ;
- 3) Trente jours (Un mois) avant les mesures effectuées sur les plantes (**1 MAM**).

V. Test statistiques des données

Pour l'ensemble des mesures effectuées sur les trois plantes, une analyse de la variance est effectuée par le test de Tukey à 5% à l'aide de Minitab 2018, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. La normalité de la distribution des trois espèces dans la région de Laghouat a été initialement testé par les travaux de (Mallem *et al*, 2017 ; et Mallem, 2018).

VI. Données supplémentaires ajoutés aux données que nous avons collecté :

Vu les circonstances (COVID-19) que le globe en entier fait face cette année 2020, nous n'avons pas pu réalisé la suite de nos travaux de terrain et de laboratoires prévus pour la réalisation de ce mémoire et afin de pouvoir effectuer des analyses correctes, nous avons été contraints d'utiliser des données supplémentaires tirés à partir des travaux des PFE qui travaillé dans la même zone d'étude et sur les même espèces Dohssi (2019) *et* Laalmi (2019) respectivement encadré et Co-encadré par Mme Z HOUYOU. Ces données sont celles qui concernent les saisons de l'hiver et de printemps de l'année 2019 pour l'ensemble des paramètres climatiques et ceux mesurés sur les trois plantes. Ces données supplémentaires ont subit les mêmes traitements que ceux que nous avons nous même collecté dans la même zone d'étude.

Chapitre III : Résultats & Discussion

I. Résultats

I.1 Climatologie de la zone d'étude

I.1.1 Climatologie un jour avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes

I.1.1.a. Les températures moyennes

Le tableau N° 05 montre que un jour avant les périodes de chaque mesure effectuée sur les plantes, la température moyenne maximale journalière est de 15°C, enregistrée au printemps 2020. La température moyenne minimale journalière est de 10 °C enregistrée en hiver 2020. Les valeurs des température moyennes enregistrées durant les deux saisons en 2019 fluctuent entre celles enregistrées en 2020.

I.1.1.b. La vitesse du vent

La vitesse du vent à Laghouat connaît une variation. Selon les données climatiques, on observe que la journée la plus ventée avant notre travail sur les plantes est enregistrée au printemps durant les deux années de mesures, la vitesse du vent a atteint les 7 m/s. Durant les deux hivers un jour avant les mesures effectuées sur les plantes la vitesse du vent n'a pas dépassé les 5 (m/s).

I.1.1.c. Les précipitations

Laghouat est un ville qui a reçu de faibles précipitations une journée avant les mesures effectuées sur les plantes un maximum de 0,02 mm est enregistré au printemps 2020.

I.1.1.d. L'humidité relative de l'air

Un jour avant les mesures effectuées sur le végétal le, que le taux d'humidité relative de l'air est le plus élevé durant les saisons de hiver et printemps 2020 respectivement 60,62 % et 48,11% si nous les comparons a celles de l'année 2019 qui sont 35,18 % et 50,32%.

Résultats et Discussion

1.1.1.e. La direction de vent

montre Le tableau N° 05 qu'il y a une grande variation ou niveau de la direction de vent à Laghouat un jour avant les mesures effectuées sur les plantes on observe durant les saisons hiver et printemps 2020 respectivement $241,64^\circ$ et $6,97^\circ$ et pour les saisons hiver et printemps 2019 on observe respectivement $50,32^\circ$ et $35,18^\circ$.

1.1.2. Climatologie une semaine avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes

1.1.2.a. Les températures moyennes

montre que pendant les périodes de notre étude la température maximales journalières hebdomadaire est de 18°C au printemps 2019. La température moyenne minimale journalière hebdomadaire 7°C en hiver 2019 .

1.1.2.b Précipitations

montre que Laghouat c'est un ville sèche on observe un déclin dans la variation de la précipitation entre les saisons de hiver et printemps 2019 avec $0-0,011\text{mm}$ en hiver et printemps avec respectivement 2019 $0,012-0,28\text{ mm}$.

1.1.2.c La vitesse de vent

La vitesse du vent à Laghouat connaît une variation. Selon les données climatiques du tableau 05, on observe la semaine la plus venteuse avant notre travail au printemps durant les deux années 2019 et 2020 avec des vitesses respectives de $4,91$ et de $4,46\text{ (m/s)}$. Une relative baisse hebdomadaire de vitesse de vent est enregistrée en hiver pour les deux années avec respectivement $3,26$ et $3,74\text{ (m/s)}$.

1.1.2.d. Humidité relative de l'air

Le tableau N° 05 montre durant la période de notre étude le taux d'humidité relative de l'air et plus élevé durant le printemps et l'hiver 2020 respectivement $50,27\%$ et $36,22\%$, si nous le comparons à l'année 2019 on observe $44,37\%$ et $33,74\%$.

Résultats et Discussion

I.1.2.e. Direction de vent

on observe tableau N ° 05 , qui il y a une grande variation ou niveau de la direction de vent pendant la saison de l'hiver 2020 avec 296,25° et pour la saison de printemps 2019 on observe 113 ,07°.

I.1.3. Climatologie un mois avant les périodes des mesures effectuées sur les plantes

I.1.3.a Les températures moyennes

montre une température moyennes maximales mensuelles de 13,57°C trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes au printemps 2019 . La température minimale moyenne mensuelles est de 7,79°C trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes en hiver 2020.

I.1.3.b Précipitations

La lecture du révèle que Laghouat reçoit de faibles précipitations le cumule mensuel le plus élevé 1,3 mm est enregistré au printemps 2019. Pour les autres saisons les trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes sont relativement sèches.

I.1.3.c La vitesse de vent

Selon les données climatiques tableau N°05 on observe le mois plus venteux trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes en hiver 2019 avec une vitesse de vent de 5,25 (m/s). Les trente jours les moins venteuses avant les mesures effectuées sur les plantes ont été enregistrées en hiver 2020 avec une vitesse moyenne de vent de 3,25(m/s).

I.1.3.d. Humidité relative de l'air

montre durant la période de notre étude le taux d'humidité relative de l'air mensuel le plus élevé durant l'hiver 2019 avec 54,75%, le plus faible taux d'humidité relative de l'air trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes est observé au printemps 2020 avec 40,42 % .

Résultats et Discussion

I.1.3.e Direction de vent

Trente jours avant les mesures effectuées sur les plantes on observe tableau N° 05 , une grande variation ou niveau de la direction hiver et printemps 2019 on observe 254,7° à 235,85° et hiver et printemps 2020 on observe 272,15° à 190,70°.

Résultats et Discussion

Tableau N°05 : Récapitulatif des paramètres climatiques avant les mesures effectuées sur les trois plantes source : rokia dohsi et lalmi messoudanour .

Période	Moment avant mesure effectuée sur le plantes	Températures moyenne (°C)	Vitesse de Vent (m/s)	Précipitations (mm)	Humidité relative de l'air (%)	Direction de vent (°)
Hiver 2019	1 jour	10,02	4,42	0	35,18	351,58
	7 jour	8,04	3,26	0	44,37	141,3
	1 mois	7,9	5,27	0,25	54,75	254,7
Printemps	1 jour	14,5	7	0,06	50,32	337,2
	7 jour	18,4	4,91	0,011	33,74	205,76

Résultats et Discussion

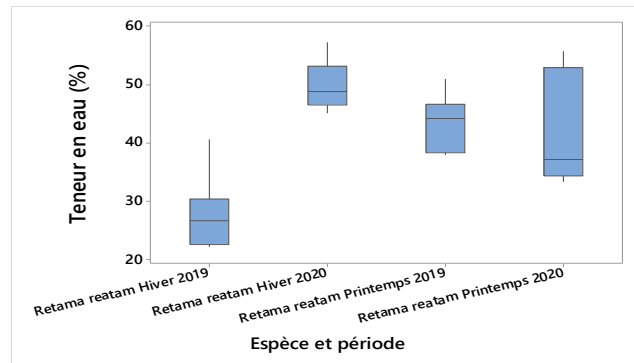
2019	1 mois	13,6	4,74	1,03	49,65	235,85
Hiver 2020	1 jour	11,4	5	0	60,62	241,64
	7 jour	10,05	3,74	0,012	50,3	296,26
	1 mois	7,8	3,4	0,26	53,30	272,15
Printemps 2020	1 jour	15,34	7,07	0,2	48,11	6,97
	7 jour	14,74	4,46	0,03	36,22	113,07
	1 mois	13	3,25	0,006	40,42	190,70

I .2. Paramètres mesurés sur les plantes :

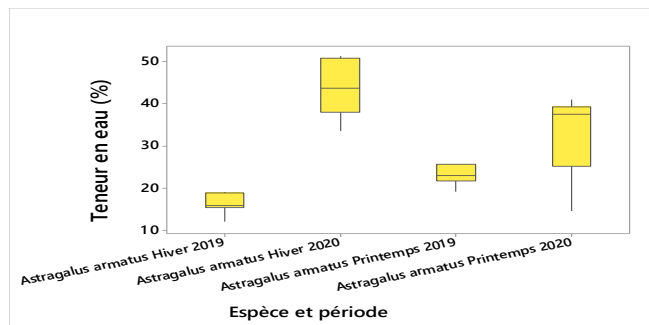
I .2.1. Paramètre physiologique

I .2.1.a. Teneur en eau

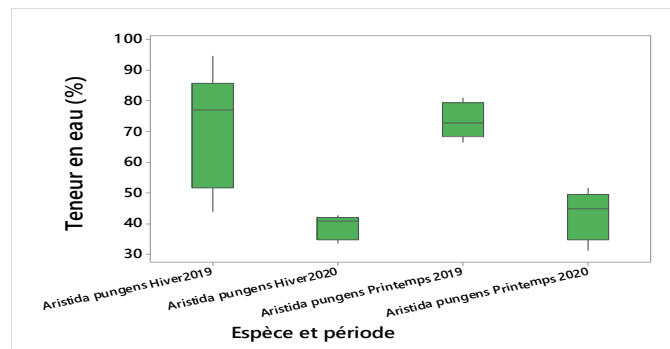
la figure 11, montre la teneur en eau chez les trois espèces durant les périodes de mesure. Nous observons (figure 11 a) chez *Retama retam* un maximum d'eau de 49% durant l'hiver 2020 ; le minimum est observé en hiver 2019 avec 25%. L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0,001$) avec la formation de 2 groupes statistiques. Sur la figure 11 b) chez *Astragalus armatus* maximum d'eau est enregistré aussi en hiver 2020 avec 44%, le minimum d'eau pour cette espèce 17% est observé en hiver 2019. L'ANOVA a révélée qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 3 groupes statistiques. Chez *Aristida pungens* (figure 11c) la teneur plus faible est observée en hiver 2020 avec 38.84% , durant les autres saisons les valeurs sont relatives plus élevées le maximum est observé la teneur d'eau durant l'année 2019 en hiver avec une valeur au alentour de 73%. L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 2 groupes statistiques.



(A)



(b)



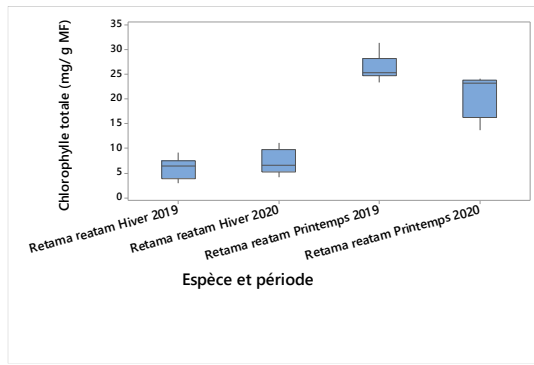
(C)

Figure 11 :Teneur en eau (%) chez les trois espèces (a) *Retama reatam* ; (b) *Astragalus armatus* ;(c) *Aristida pungens*.

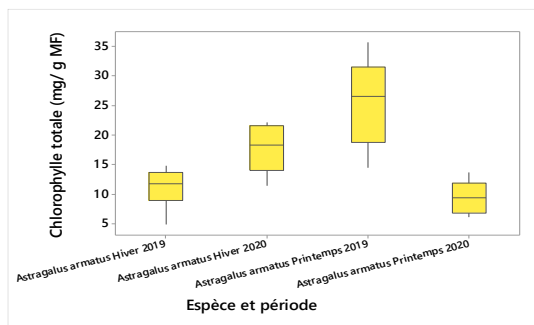
I.2.2. Paramètres biochimiques

I.2.2. a. Teneur en chlorophylle totale

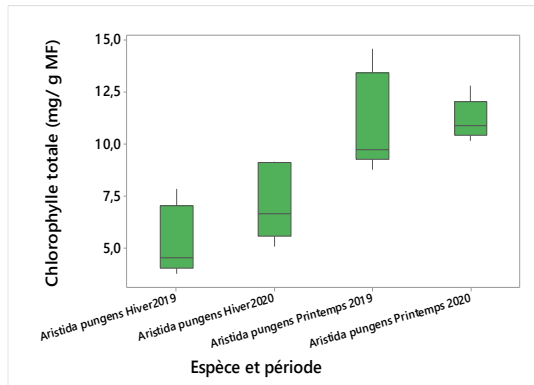
la figure 12 montre teneur chlorophylle totale chez les trois espèce durant les périodes de mesure. Nous observons (figure12 b) chez *Retama retam* un maximum de Chlorophylle durant le printemps 2019 avec 26,22 **mg /g MF**) ; le minimum est observé en hiver 2019 avec 5,93 **mg /g MF**). L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative pour la teneur en chlorophylle chez *Retama* ($p=0.000$) avec la formation de 3 groupes statistiques. Sur la (figure .12..b) chez *Astragalus armatus* la teneur en chlorophylle est la plus élevée durant le printemps 2020 avec 25,73 **mg /g MF**), la plus basse valeur est observée au printemps 2020 avec 9,37 **mg /g MF**). L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 2 groupes statistiques. Chez *Aristida pungens* la teneur en chlorophylle est relativement plus élevée durant les deux saisons de l'année 2020.



(A)



(B)

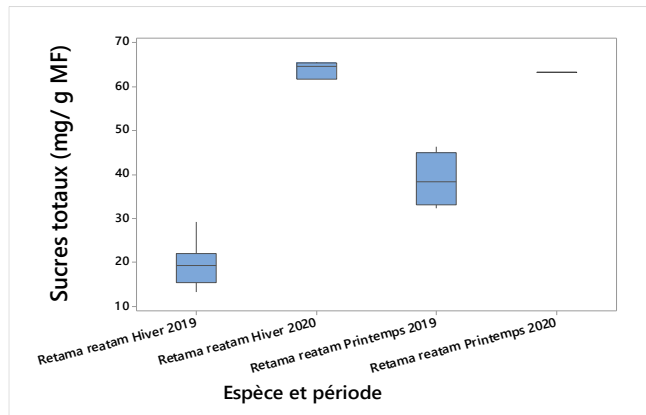


(C)

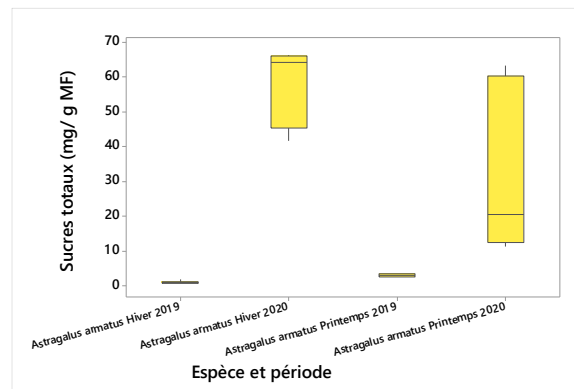
Figure 12 :Teneur en chlorophylle totale (mg /g MF) chez les trois espèces : (a) *Retama reatam* ;(b) *Astragalus armatus* ; (c) *Aristida pungens*.

I.2.2.b. Teneur en sucres totaux

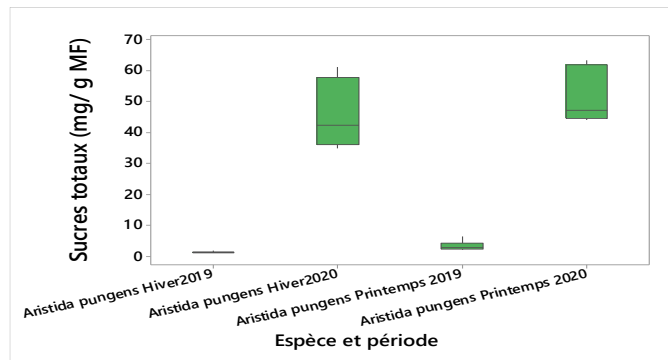
Nous observons figure 13 la teneur en sucres totaux chez les trois espèces durant les périodes mesure. Chez *Retama retam* la valeur la plus élevée en sucres totaux 63,73 mg/ g MF est observée durant le 2020 en hiver; le minimum est observé en printemps 2019 avec 19,63; mg /g MF L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 3 groupes statistique. Sur la (figure .13.. b) chez *Astragalus armatus* le maximum en sucre totaux est observé durant l'hiver 2020 Avec 57,3 mg /g MF le minimum est observé au printemps 2019 avec 3,11 mg /g MF ; l'ANOVA a révélé qu'il existe ne différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 2 groupes statistiques. Chez *Aristida pungens* (fig 13c) la teneur sucres totaux la plus faible est observée en hiver 2019 avec 1,20 mg /g MF , le maximums est observé durant la saison du printemps l'année 2020 avec une valeur au alentour de 52 mg /g MF ; l'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 2 groupes statistiques.



(a)



(b)

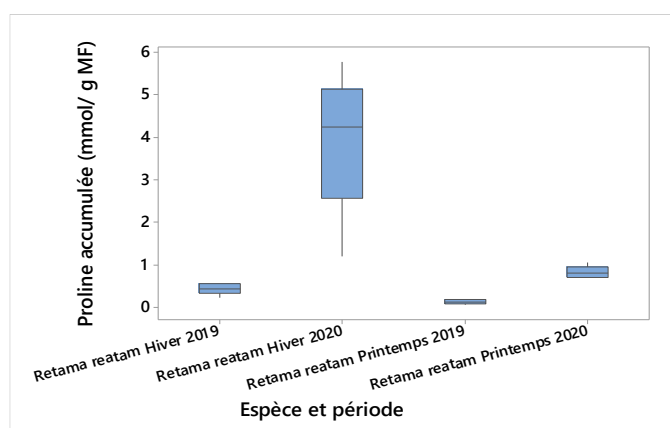


(c)

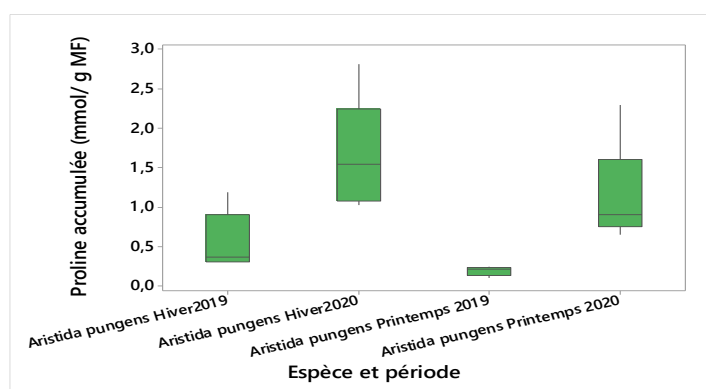
**Figure 13 :Teneur en sucre totaux (mg /g MF) chez les trois espèces
(a)*Retama reatam* ;(b) *Astragalus armatus* ; (c) *Aristida pungens*.**

I.2.2. c. Proline accumulée :

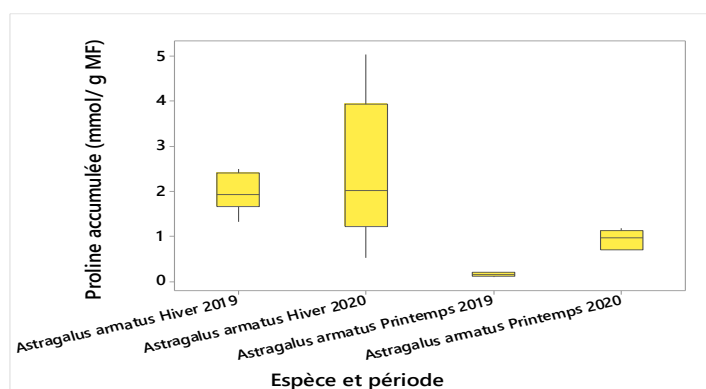
la figure 14 , montre la proline accumulée chez les trois espèces durant les périodes de mesure. Nous observons (figure14...a) chez *Retama retam* une maximum de proline durant l'hiver 2020 avec 3,92 (mmol/g MF) le minimum est observé au printemps 2019 avec 0.12 mmol/g MF ; l'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 2 groupes statistiques . Sur la (figure..14.b), chez *Astragalus armatus* le maximum en proline est accumulé durant hiver 2020 avec 2,45mmol/g MF, le minimum est observé au printemps 2019 avec 0.24 mmol/g MF; l'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 4 groupes statistiques. Chez *Aristida pungens* (figure ..14..c), la teneur proline accumulée la plus faible est observée au printemps 2019 avec 0.19 mmol/g MF, le maximum est remarqué durant l'année 2020 en hiver avec une valeur au alentour de 1 ;63 mmol/g MF; l'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($p=0.000$) avec la formation de 4 groupes statistiques.



(a)



(b)



(c)

Figure 14 : Proline accumulée (mmol/g MF) chez les trois espèces (a) *Retama reatam* ; (b) *Astragalus armatus* ; (c) *Aristida pungens*

I.3. Analyse des variations des paramètres climatiques saisonniers et de la proline accumulée chez les trois espèces

I.3.1. Variations des températures moyennes avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces

La figure 15 révèle que les valeur les plus élevées de la proline sont accumulées par les trois espèce en hiver 2020. Aussi nous observons que les valeur les plus faibles de proline accumulée par les trois espèce sont enregistrées au printemps 2019. D'autres part les températures maximales avant nos période de mesure sont au printemps 2019 avec maximum de 18,6 °C observé un jour avant les mesures sur terrain. Le minimum de température moyenne est observé en période hivrenale durant les deux annés de mesures avec des moyennes mensuelles au environ de 7,7 °C .

La figure 15 montre une relative variation saisonnière entre l'accumulation de la proline et les températures moyennes journalières hebdomadaires et mensuelles : quand la température baisse la proline augmente et l'inverse est vrai.

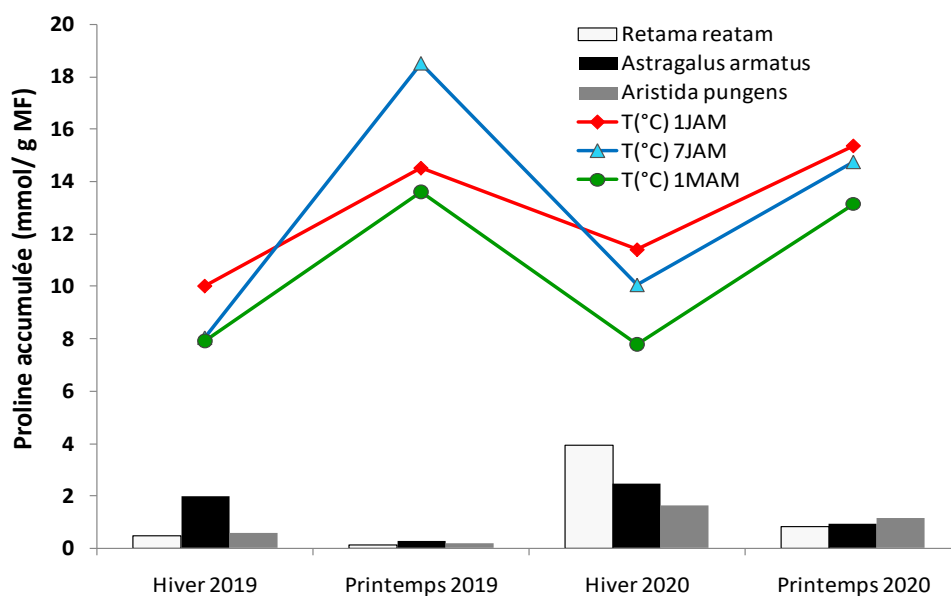


Figure 15 : Variations des températures moyennes avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.

I.3.2. Variations des cummules des précipitations avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces

La figure 16 révèle que les valeur les plus élevées de la proline sont accumulées par les trois espèce en hiver 2020. Aussi nous observons que les valeur les plus faibles de proline accumulée par les trois espèce sont enregistrées au printemps 2019. Cependant le maximum des cummul des précipitations avant nos période de mésure sont au printemps 2019 avec maximum de 1,03 mm. Les autres saisons sont relativement sèches.

La figure16 montre relative variation saisonnées entre les ccumules des pluies et l'accumulation de la proline par les trois espèces. Lorsque les precipétations baissent la proline augmente et inversement.

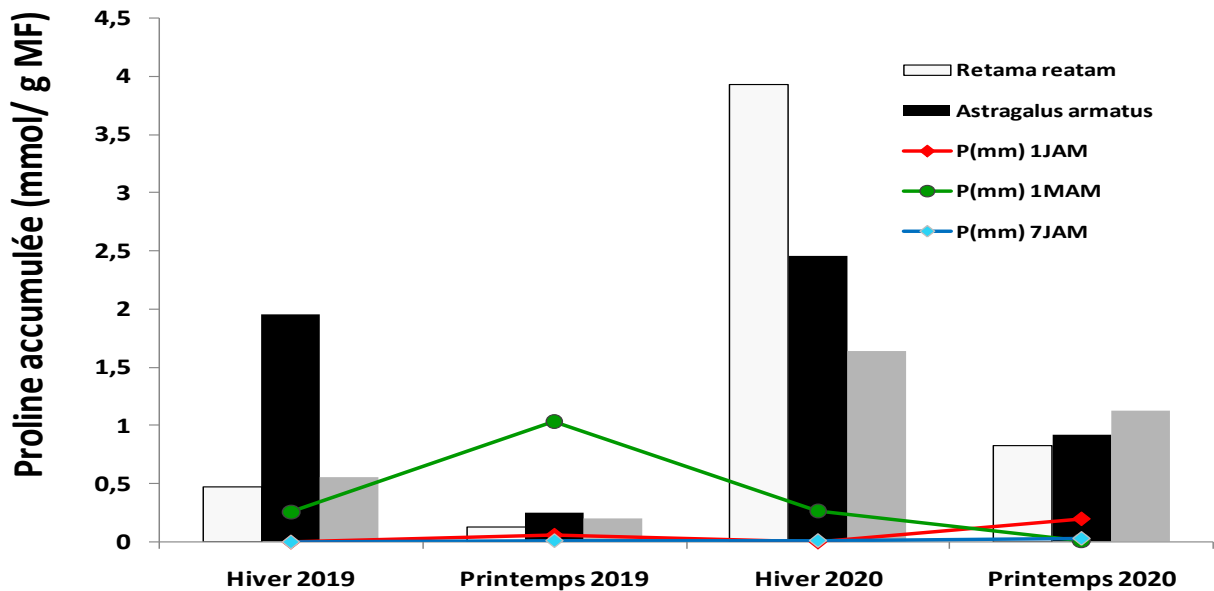


Figure 16: Variations des cummules des précipitations avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.

I.3.3. Variations de la vitesse du vent avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces

La figure 17 révèle que les valeur les plus élevées de la proline sont accumulées par les trois espèce en hiver 2020. Aussi nous observons que les valeur les plus faibles de proline accumulée par les trois espèce sont enregistrées au printemps 2019. D'un autre coté, la vitesse de vent maximales avant nos période de mesure sont observées au printemps 2019 avec maximum qui dépassent 7 (m/s) observé une journée avant les mesures sur terrain ; le minimum de vitesse de vent 3,25 (m/s) est observé en periode hiver 2019 un mois avant les mesures effectuées sur les plantes. Nous observons aussi figure 17 une relative variation saisonnière entre l'accumulation de la proline et la vitesse du vent. Quand la vitesse de vent baisse la proline augmente et inversement.

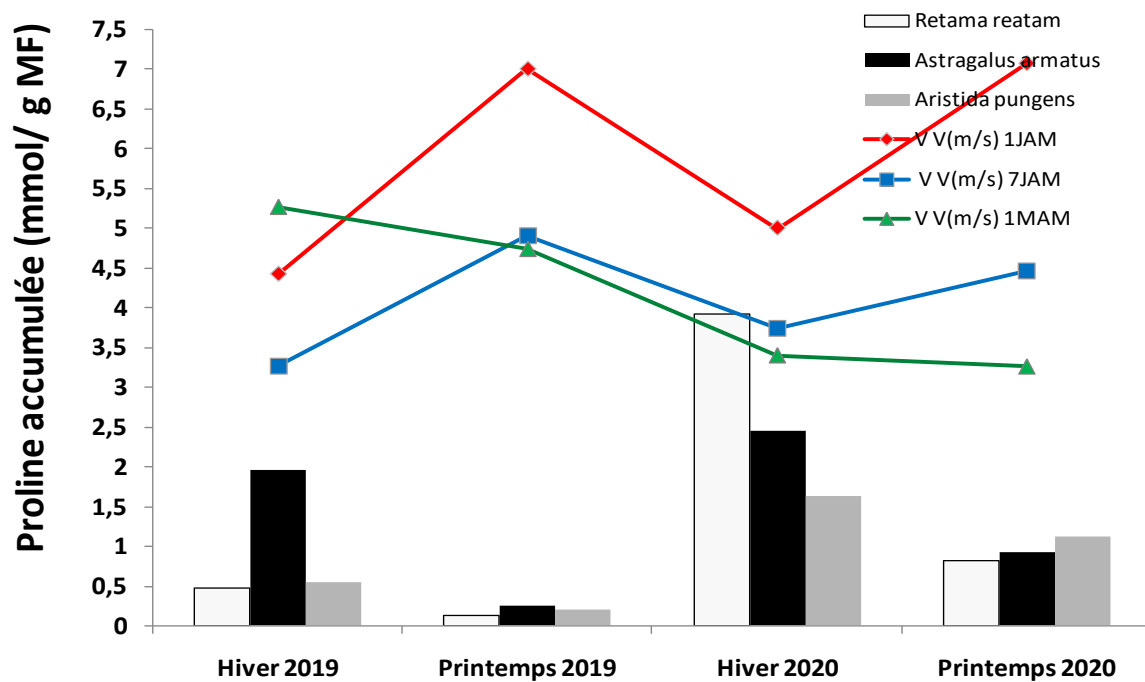


Figure 17 : Variations de la vitesse du vent avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.

I.3.4. Variations de l'humidité relative de l'air avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces

La figure 18 révèle que les valeur les plus élevées de la proline sont accumulées par les trois espèce en hiver 2020. Aussi nous observons que les valeur les plus faibles de proline accumulée par les trois espèce sont enregistrées au printemps 2019.

D'autres part les taux d'humidité relative de l'air maximales avant nos période de mesure sont au printemps 2019 avec maximum de 60,62 % observé un jour avant les mesures sur terrain le minimum de humidité 33,74% sont observe en periode hiver 2019 sept jour avant les mesures effectuées sur les plantes.

La figure 18 montre une relative variation saisonnière entre l'accumulation de la proline et l'humidité relative de l'air, nous remarquons une baisse de l'accumulation de la proline et une augmentation de l'humidité relative de l'air et inversement.

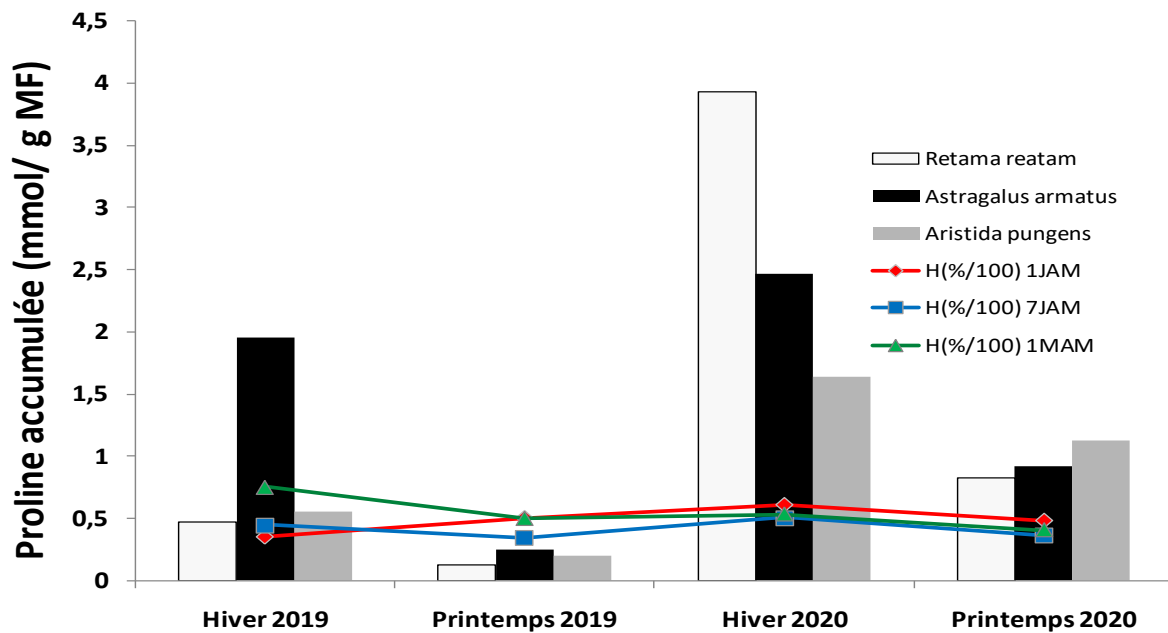

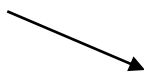
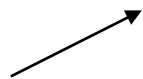
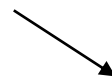
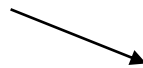

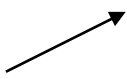
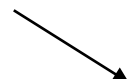
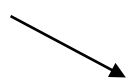
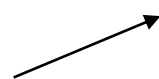


Figure 18 : Variations de l'humidité relative de l'air avant les mesure sur terrain et de la proline accumulée chez les trois espèces.

I.4. Synthèse de nos travaux

Le tableau.06, montre que la proline s'accumule davantage et cela chez le trois espèces lorsque : la température est basse, les précipitation sont faibles, l'humidité relative de l'air est élevée et la vitesse du vent est faible .

Tableau N°06 Variation de quelques paramètres utilisés durant notre travail.

Paramètre	Variation	Variation
Température moyennes	+ 	- 
Précipitations	+ 	- 
Humidité relative de l'air	- 	+ 
Vitesse du vent	+ 	- 
Proline accumulée	- 	+ 

.Discussion

Notre travail nous avons étudié les comportement de trois espèce vivaces dans la région Laghouat, par rapport aux variation climatique , d'un point de vue physiologique et biochimique .

Les données climatiques enregistrées durant notre travail montrent qu'en hiver la température présente une moyenne de 7,9°C (du 1 janvier 2020 au 2 Février 2020), et une moyenne de 13,58°C au printemps (du 3 Février 2020 au 30 mars 2020), Mazliak, (2000)

indique que les plantes « sensibles au froid », réagissent négativement entre 0°C et 13°C ; cela se manifeste par : arrêt de croissance, chlorose, nécrose et parfois la mort.

Relativement les périodes hivernales étaient plus froides que les périodes printanières. D'un point de vue de vent, les périodes hivernales ont connu plus de vents de sables dont les vitesses ont dépassé le seuil des vents érosifs qui est à Laghouat de 6,7 m/s (Houyou et al, 2014) . Pour la vitesse du vent trois piques sont enregistré pendant les périodes hivernales 2020 (le 20 Janvier à 7,71 m/s, le 26 février à 5,89 m/s et le 3 Février 9,4 m/s), les directions du vent les plus dominantes en hiver sont le Nord et le NordOuest. Pour les périodes printanières trois piques sont enregistrés (le 20 Février à 7,1 m/s, le 06 Mars à 9,24m/s et le 3 Mars à 8,2 m/s), les directions les plus dominantes de ces périodes sont le Nord.

Pendant la période printanière les précipitations ont marqué un cumul de 3.44 mm. Le manque d'eau et la rareté des précipitations sont les causes principales du stress hydrique, ce stress affecte la croissance et le développement de la plante (Zryd, 2004). Mais, dans notre cas on estime qu'il ne s'agit pas de stress hydrique car les teneurs en eau chez *Astragalus armatus* sont classées dans le même groupe statistique.

L'humidité relative de l'air 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 (Dreux et Faurie, 1980). D'après nos données climatiques l'humidité relative de l'air était plus élevée en hiver avec une moyenne de 54%, au printemps une moyenne de 45% a été enregistrée. Probablement que c'est dû au processus de perte d'eau par les feuilles appelé Transpiration.

En 2000, Albouchi et al. Ont montré que 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. 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), dans notre cas les trois espèces ont marqué une augmentation en teneur en eau au printemps. En prenant en considération l'augmentations du taux d'humidité et selon JoAnn Peery, (2017) si l'air est très humide, la plante n'absorbe pas beaucoup d'eau du substrat, ce qui signifie la diminution de la teneur en eau. On peut estimer que c'est dû à la transpiration, ou bien à l'agressivité des vents qui dessèche les plantes. L'étude de FAO, (2010) montre que 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 conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère. Relativement durant notre travail la période hivernal était plus ventée que celle du printemps. Aussi les températures étaient nettement inférieures en hiver. On peut donc supposer que ces deux paramètres climatiques (Vent et Températures) seraient les plus influençant sur les comportement des deux plantes. Pour autant elles auraient subit en hiver des contraintes liées à la baisse de températures et à une relative intense activité éolienne.

La photosynthèse est un ensemble de réactions permettant aux végétaux de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisable pour la synthèse de matière organique. Lors de ce processus, les glucides ($C_6H_{12}O_6$) sont obtenus suite à l'assimilation du dioxyde de carbone (CO_2) (Whitmarsh et Govindjee, 1999). La photosynthèse est le processus par lequel le dioxyde de carbone et l'eau sont fixés dans les feuilles afin de produire des sucres utilisés pour l'énergie et la croissance. Lorsque la température est élevée et que l'humidité est normale, un plus grand nombre de stomates vont s'ouvrir, laissant pénétrer du dioxyde de carbone pour la photosynthèse active (JoAnn Peery, 2017). Selon Fourneau (2000) l'eau est une source d'hydrogène, pour les réactions biochimiques de la photosynthèse. Elle est donc nécessaire pour la photosynthèse et la production des sucres. Par rapport à nos résultats, la teneur en chlorophylle totale chez les trois espèces a augmenté au printemps 26 %, cela signifie que nos plantes avaient des conditions favorables pour assurer leur croissance et leur développement.

La teneur en sucres solubles est corrélée positivement avec la teneur en chlorophylle totale, cela est en accord avec ce que plusieurs auteurs ont indiqué ; que la photosynthèse est le processus de production des sucres.

Face à un ajustement osmotique les plantes possèdent le glutamate un précurseur commun à celui des pigments chlorophylliens et par conséquent influence aussi la concentration en sucres solubles dans les organes foliaires de ces végétaux (Khayyat *et al.*, 2014). Dans notre cas ni la teneur en chlorophylle, ni les sucres totaux n'ont pas augmenté face au stress thermique que la plante a du supporté. Des études antérieures ont démontré que la teneur en sucres 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 Ashraf, (2004), l'accumulation des sucres totaux chez les plantes a été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse, dans notre cas le stress thermique et éolien n'ont pas influé ce paramètre.

Par rapport à la teneur en proline, le stress est nettement claire. Par rapport à la teneur en proline, le stress est nettement clair en hiver chez les deux espèces.

Nos résultats sont expliqués par les déclarations de Acevedo *et al.* (1989), notant que l'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets de stress. Selon Slama *et al.* (2004) l'accumulation de la proline constitue un véritable mécanisme de tolérance au stress. En conditions stressantes, certaines espèces sont menacées de disparaître (Chamard, 1993), d'autres peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques (Kylin et Quatrabo., 1975; Parida et Das.,2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauteri., 1991) impliquant une activité enzymatique (Stephanopoulos.,1999; Chaffei *et al.*, 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organique ayant un rôle d'osmo-protecteurs (Rathinasabapathi *et al.*,2000) ou de régulateurs osmotiques (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 Rajeb *et al.*,2012). On peut alors estimer que la plante *Retama retam* est plus tolérante et adaptée au milieu car elle secrète plus de proline que *Astragalus armatus* et *Aristida pungens*.

Les résultats de notre travail indiquent que les trois espèces sont plus à l'aise pendant la période printanière. Pour cela il semble que les deux principales contraintes qui peuvent être responsables c'est le froid aurait été à l'origine d'un stress thermique et un taux d'humidité relative qui aurait provoqué chez les plantes une accumulation de proline et par conséquent un stress.

Conclusion

Notre travail à porté sur l'étude du comportement de trois espèces *Astragalus armatus* *Retama retam* et *Aristida pungens* dans la région Laghouat précisément la zone de Dhaya Gueblya durant deux saison (Hiver Printemps),

Le travail expérimentale a consisté à effectuer des analyse aux laboratoires de paramètres physiologiques et biochimique dans les feuilles fraîches des trois plantes a savoir : la teneur en eau, les pigment chlorophylliens , les sucres totaux et la proline .

Les données climatiques ont permis d'observer :

- ✓ Des températures relativement basses, un faible cumul de précipitations et de fortes vitesses de vent en période hivernale ;
- ✓ La période printanière était marquée par des températures qui éviteraient des comportements néfastes des plantes ;
- ✓ Durant la période de printemps le cumul de pluie était plus important ;
- ✓ Contrairement le vent était plus faible durant la période hivernale.

Les mesures physiologiques et biochimiques effectuées sur les trois espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*, *Aristida pungens*) ont été marquées par :

- ✓ Des teneurs en eau plus élevées au hiver ;
- ✓ Une activité photosynthétique plus importante durant le printemps;
- ✓ Des teneurs en sucres solubles plus élevées au printemps.

Le comportement des trois espèces est caractérisé par une forte accumulation en proline pendant la période hivernale et surtout chez *Retama reatam* qui serait induit par un abaissement de températures et une hausse de l'humidité relative de l'air.

- ✓ Nos résultats peuvent conduire à conclure que ces trois espèces présentent un comportement de résistance face à l'activité éolienne mais peuvent etre stresséess par le froid et la hausse de l'humidité relative de l'air.

Afin de confirmer ou infirmer nos résultats, une étude approfondie devrait porter sur ces trois espèces tout au long de l'année, avec d'autres paramètres indicateurs de stress telle que la glycine bétaine, la surface foliaire et les protéines DELLA.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdul W., 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 133-141.
- Acevedo E., 1991. Improvement of winter cereals in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments (ACEVDO E., CONESA A.P., MONNEVEX P., and SRIVASTAVA J.P. eds) les colloques INRA, Vol.55, p 211-224.
- Aidoud A., 1984. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais. Phytomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse 3ème cycle : Université des sciences et de technologie Houari Boumediene Alger. 245p.
- Ait Haddou R., Hermouche M., 1997. Etude de l'effet des boues résiduaires sur la production de la pomme de terre en comparaison avec le fumier de ferme et la litière de volaille. *INRAA*, 16:51-58.
- Araus J. L., Slafer G.A., Reynolds M. P. et Royo, C. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals. What should we breed for? *Annals of Botany*. 89: 925-940.
- Bajji M. 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- Ben Naceur M., Gharbi M. S. et Paul R. 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.10:27- 33 p.
- Ben Salem M., Boussen H. et Slama A. 1997. Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. *Sécheresse*. 2 : 75- 83 p.
- Bneder, 2014. Analyse de l'aptitude à la culture de l'olivier des sols de la région de Laghouat 202P
- Bouhadjera K., 2005. Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes : Oudneya africana R.BR. et Aristida pungens L. Thèse de Doctorat d'état Discip. Chimie organique Appliquée. Univ. Abou Bekr Bel Kaid, 143p

Références bibliographiques

- Bouzerzour H. et Benmahammed A. 1994. Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria. *Rachis*, 12 : 11-14
- Chaib G., 1998. Teneur en proline chez les différents organes de blé dur (*Triticum durum* Desf). Essai d'explication des conditions d'accumulation sous manque d'eau. Thèse de Doctorat. Univ. Constantine.
- Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A. et Saci A. 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal plant Science.*, 5: 854-860.
- Cornic G., Streb P., Bligny R., Aubert S., 2007. Thème 1 : Biochimie et physiologie métabolique des plantes alpines. 46 p
- David M.M., Coelho D., Bannote I., and Correia M. J., 1998. Leaf age effects on photosynthetic activity and sugar accumulation in droughted and rewatered *Lupinus albus* plants. *Aust. J. physiol.* 25: 299-306.
- Dohssi rokia(2019).impacte des variation climatique saisonnieres sur le comportement physiologique de deux plante steppeique :Retama retam et *Astragalus armatus* .
- FAO, 2010. ÉTUDE FAO : FORÊTS 158 Lutte contre l'ensablement L'exemple de la Mauritanie.
- Fischer R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and influence of solar radiation and temperature. *Journ. Agric. Sci. Camb.* 105: 447-461.
- Garg N, Singh SJ., 2018. Arbuscular Mycorrhiza *Rhizophagus irregularis* and Silicon Modulate Growth, Proline Biosynthesis and Yield in *Cajanus cajan* L Millsp pigeonpea Genotypes Under Cadmium and Zinc Stress. *Journal of Plant Growth and Regulation* :37, 46- 63, DOI: 101007/s00344-017-9708-4
- Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.
- Gonzalez A., Martin I. et Ayerbe L. 1999. Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Research.*62: 23 -34 p.
- Hazmoune T. 2000. Etude comparée de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). 1er Symposium International sur la filière blé. Enjeux et Stratégie du 07 au 09 fev. Alger. P 181-185
- Hopkins. W.G., 2003 : Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, pp

Références bibliographiques

- Houyou Z, Bielders CL, Benhorma HA, Dellal A, Boutmedjet A., 2014 Evidence of strong land degradation by wind erosion as a result of rainfed cropping in the Algerian steppe: a case study at Laghouat. *Land degradation & development* 27, 1788-1796.
- Hsissou D. 1994. Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- IAP, 1972. Institut Algérien du Pétrole, notice explicative de la carte géologique 1/200000 de Laghouat P110.
- Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989. *Plants under stress*. Univ. Cambridge
- Kameli, A. et Lösel, D.M., 1995. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant Physiol.*, 145 : 363-366.
- Khan MA, Shirazi MU, Khan MA, Mujtaba MS, Mumtaz EIS, Ansari SRU, Ashraf MY. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat *Triticum aestivum* L. *Pak J Bot*, 412, 633-638, <http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/412/PJB412633.pdf>.
- Khatoui F. ET Koudri S., 2018. Analyse du comportement de trois psammophiles (*Ritama reatam*, *Astragalus armatus* et *Aristida pungens*) en relation avec la distribution granulométrique de deux sols dans la région de Laghouat, Master écologie, UATL, Laghouat. P48.
- Lalmi messaouda 2019 : impacte des variations climatiques sur le comportement saisonnier de deux plantes steppiques : *Astragalus armatus* Willd et *Aristida pungens* Desf. Mem Master UATLaghouat.
- Levitt J. 1982. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press. New York San Francisco – London: 607p.
- Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et Janardhan Reddy K. 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 1-14 p.
- MADR., 2010. Rapport du ministère de l'agriculture et du développement rural Algérie 121p.
- 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.
- Mallem H., 2018. Etude du potentiel de la végétation steppique dans la lutte contre la déflation éolienne, thèse doctorat, Univ. Blida1, dép. biotechnologie, 127p

Références bibliographiques

- Mekhlouf A. H. 2009. Etude de la variabilité génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) pour la tolérance au froid. Thèse de Doctorat ES-Science. INA ; El-Harrach (Alger) : 128p.
- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Bemahammed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N. 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse* 17 (4) :507-513.
- Nedjim Bouzid et Guit Brahim., 2012. Laboratoire d'Exploration et de vie, Université de Djelfa ,17000, Algérie.
- Nedjraoui D., 1998. Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. ThèseDoct. 3^ocycle, USTHB, Alger, 156p.
- Nedjraoui D., 2002. Évaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Unité de recherche sur les ressources biologique terrestres U.R.B.T BP 295 ALGER –GARE ALGERIE. 15P.
- Nedjraoui D., 2004. Évaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Doc. URBT, Alger : 239-243.
- Ozenda P., 1958. Flore du sahara septentrional et central, Ed. Louis-jean.Ap (H-A), N° 112.
- Ozenda P., 1983. Flore du Sahara. Ed. C.N.R.S, Paris, p 288, 291-293. 87p.
- Ozenda P., 1991. Flore et végétation du Sahara. Ed centre National de la Recherche Scientifique, paris,622p
- Poorter H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.
- Quezel P., Santa S., 1962. Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques et Méridionales, Tome I, Ed. Du C.N.R.S 15, quai Anat. De France –Paris.7^e
- Quezel, P. et Santa, S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Tome II, C.N.R.S. Paris.
- Rawson H. M. 1988. High temperature effect on the development and yield of wheat and practices to reduce deterious effects. In conf. On wheat production constraints in tropical environment. Eds klatt. UNDP- Cimmyt : 44-62.
- Richards R. A., Rebtzke G. J., Van Herwaardlen A. F., Dugganb B. L., Condon A. 1997. Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.

Références bibliographiques

- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E.D., 2004. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- Sorrells M. E., Diab A. et Nachit M. 2000. Comparative genetics of drought tolerance. Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens), 40: 191-201.
- Thomas J., 1968. Ecologie et dynamique de la végétation de la dune littorale dans la région de Djidjel. B.S.H.N.A.N. 33-98 P
- Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics O-J-I-P. Archs. Sci. Genève.51: 205 - 240 p.
- Wardlaw I. F., Dawson I. A. et Munibi P. M. 1989. Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. Australian Journal research 46: 15-24
- Wardlaw I. F., Moncur L.1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I.The rate and duration of kernel filling. Australian Journal of Plant Physiology 22: 391-397.
- Xiong JL, Wang HC, Tan XY, Zhang CL, and Naeem MS., 2018. 5-aminolevulinic acid improves salt tolerance mediated by regulation of tetrapyrrole and proline metabolism in *Brassica napus* L seedlings under NaCl stress. *Plant Physiology et Biochemistry* DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.01.000
- Yuan H, Rossetto D, Mellert H, Dang W, Srinivasan M, Johnson J, Hodwadekar S, Ding EC, Speicher K, Abshiru N., 2012. MYST protein acetyltransferase activity requires active site lysine autoacetylation. *EMBOJ* 31(1): 58-70.
- Zhang J., Nguyen H.T. et Blum A. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot*, 50: 291-302.
- Zhuo C, Liang L, Zhao Y, Guo Z, Lu S., 2017. A cold responsive ERF from *Medicago falcata* confers cold tolerance by up-regulation of polyamine turnover, antioxidant protection and proline accumulation. *Plant Cell & environment* DOI: 10.1111/pce.13114

ANNEXE

I-Retama reatam :

I- 1)Teneur en eau :

Analyse de la variance :

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	2035	678,36	8,75	0,001
Erreur	22	1706	77,57		
Total	25	3742			

I-2) Chlorophylle totale :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	2121,4	707,146	84,64	0,000
Erreur	22	183,8	8,355		
Total	25	2305,2			

I-3)Sucre totaux :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	8768	2922,75	33,96	0,000
Erreur	22	1893	86,06		
Total	25	10662			

ANNEXE

I-4)Proline accumulée :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	50,98	16,9949	32,10	0,000
Erreur	22	11,65	0,5295		

II)Astraglus armatus :

II-1) Teneur en eau :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	2529,8	843,25	21,26	0,000
Erreur	22	872,7	39,67		
Total	25	3402,5			

II-2) Chlorophylle totale :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	1177,8	392,60	16,05	0,000
Erreur	22	538,2	24,46		
Total	25	1716,0			

ANNEXE

II-3) Sucre totaux

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	12958	4319,4	31,30	0,000
Erreur	22	3036	138,0		
Total	25	15995			

II-4) Proline accumulée :

Aalyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	19,68	6,5605	11,10	0,000
Erreur	22	13,00	0,5910		
Total	25	32,68			

III- *Aristida pungens* :

III-1)Teneur en eau :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	6235	2078,4	15,72	0,000
Erreur	22	2909	132,2		
Total	25	9144			

ANNEXE

III-1)Chlorophylle totale :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	179,73	59,910	18,16	0,000
Erreur	22	72,58	3,299		
Total	25	252,31			

III-3)Sucre totaux :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	13494,6	4498,19	114,78	0,000
Erreur	22	862,2	39,19		
Total	25	14356,7			

III-4)Proline accumulée :

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Espèce période	et 3	7,418	2,4728	11,54	0,000
Erreur	22	4,713	0,2142		
Total	25	12,131			