



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 : GUENANE Fatima-Zahra

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Réponses de trois espèces pérennes (*Retama raetam*, *Astragalus armatus* et *Aristida pungens*) à la hauteur des sables qu'elles accumulent dans la région de Laghouat

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
KOUIDRI Mohamed (MCA)		Président
MARFOUA Mériem (MAA)		Examineur
HOUYOU Zohra (MCB)		Rapporteur

Promotion : Juin- 2018

Résumé

Notre travail vise à déterminer la réponse de trois espèces végétales steppiques pérennes (*Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*) à la hauteur de sables qu'elles accumulent dans un parcours steppique de la région de Laghouat.

En fin Février 2018, pour chacune des trois espèces, la hauteur des sables a été mesurée à l'aide d'une mire et d'un théodolite. Des mesures des paramètres physiologiques et biochimiques ont été effectuées dans les feuilles fraîches des plantes: la proline accumulée, les sucres totaux et les chlorophylles A et B par spectrophotométrie ainsi que la teneur en eau.

Les résultats montrent la hauteur la plus élevée des sables est accumulée chez *Astragalus armatus* 0.47 m. La teneur en eau chez *Retama raetam* est la meilleure 62,23%. L'activité photosynthétique est la plus accentuée chez *Astragalus armatus* qui a enregistré une teneur en chlorophylle totale de 175,50µg/gMF, cette espèce accumule aussi le plus de proline 14.96 mmol/gMF. Les matrices de corrélations de Pearson ont montré que la majorité des paramètres sont faiblement corrélés entre eux. L'analyse en composante principale indique qu'*Astragalus armatus* est l'espèce la plus stressée insinuant qu'elle n'est pas une vrai psammophile.

Mots clé : *Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*, chlorophylle, proline, sucres solubles, tolérance, psammophile, steppe.

Summary

The aim of this work is to determine the response of three plants steppe perennial: *Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens* to the sand they accumulate in a steppic rangeland at Laghouat.

At the end of February 2018, for each of the three species the height of the sands has been measured with a target and a theodolite. Measurements of the physiological and biochemical parameters of the plants were performed in the fresh leaves of the plants: accumulated proline, total sugars and chlorophylls A and B by spectrophotometer and the water content.

The results show the highest sand under *Astragalus armatus* 0.47m. The leaf water content was the best in *Retama raetam* 62,23 %. The stronger photosynthetic activity was observed in *Astragalus armatus* which registered a total chlorophyll content of 175,50µg / gMF, this plant also accumulates most proline 14.96 mmol / gMF. The Pearson correlation matrix showed that most parameters are weakly correlated with each others. The principal component analysis suggests that *Astragalus armatus* is the most stressed species suggesting that it is not a true psamophile.

Key words: *Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*, chlorophylle, proline, soluble sugars, tolerance, psammophile, steppe.

ملخص

يهدف عملنا إلى تحديد استجابة ثلاثة أنواع من النباتات السهبية المعمرة القندال *Astragalus armatus*، الرتم *Retama raetam*، درين *Aristida pungens* مع ارتفاع الرمال التي تتراكم في مسار السهوب في منطقة الأغواط.

في نهاية فيفري 2018، تم قياس ارتفاع الرمال لكل نوع من الأنواع الثلاثة باستخدام المزواة جهاز لقياس الزوايا، تم إجراء تحاليل للخصائص الفسيولوجية والكيميائية الحيوية للنباتات: البرولين المتراكم، والسكريات الكلية، والكلوروفيل a و b بواسطة جهاز القياس الطيفي وكذلك الماء المتضمن في أوراقها الطازجة.

اثبتت النتائج المتحصل عليها أن أعلى ارتفاع لتراكم الرمال سجل لدى نبتة القندال بقيمة 0.47 متر، المحتوى المائي لنبتة الرتم هو الأفضل بنسبة 62.23% حيث يكون نشاط التمثيل الضوئي أعلى عند القندال حيث يكون إجمالي محتوى الكلوروفيل 175.5 ميكروغرام/غ مادة الطازجة، هذا الأخير يتراكم أيضا معظم البرولين 14.96 ميكروغرام/غ مادة الطازجة، ومن خلال هذه النتائج يبين تحليل المكونات الرئيسية أن نبتة القندال *Astragalus armatus* هي على الأرجح أكثر الأنواع المجهد التي تشير إلى أنها في الحقيقة ليست محبة لرمال أي ليست Psammophile حقيقية.

الكلمات المفتاحية : القندال، الرتم، درين، البرولين، الكلوروفيل، السكريات الكلية، الاجهاد المائي، السهوب.



Dédicace

Je rends grâce à ALLAH le tout puissant
Pour tout les bienfaits dont il m'a comblé.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents

Ma grand mère Zohra.

Mes frères : Ali, Salime, Hocine et Ezzo Guenane.

A mon encadreur M^{lle} HOUYOU Zohra

Ma tante Khadija.

Toute ma famille.

Toutes mes amies.



Fatima-zahra

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant de nos avoir donnée la force, le Courage d'arriver la :

Tout d'abord je remercie M^{elle} HOUYOU Zohra docteur à l'université Amar Telidji Laghouat d'avoir fait l'honneur de m'encadrer, et pour tout le temps qu'il m'a consacré malgré ces nombreuses occupations. Merci pour votre patience, votre sympathie et la confiance durant le déroulement de ce travail.

Mes vifs remerciements aux membres du jury M.KOUIDRI Mohamed maître assistant à l'université de Laghouat M^{elle} MARFOUA Meriem enseignant au département d'Agronomie à l'université Amar Téliidji, qui m'ont fait honneur en examinant ce travail.

A tous enseignants des départements d'Agronomie et Biologie à l'Université de Laghouat pour leurs efforts et aides durant tout les cursus universitaires.

Je veux remercie mes amis Khatoui Fadila, Hasna, Djihade, Saadia et Asma pour tout l'aide qu'elles m'ont attribuée

Je m'adresse mes vifs remerciements à tous ma famille et particulièrement mes parents mes parent qui m'aident moralement et matériellement et à leur très grand sacrifice et le dévouement pour mon bonheur et pour leur encouragement ma grand mère , mes frères, mes tantes, mes oncles et surtout Kader, Hocine et Ahmed.

Enfin, je remercie tout ceux et celles qui ont apporté leur aide ou contribution de près ou de loin afin de mener à bien ce modeste travail.

Fatima-zahra

1.3.1. Repartition géographique	14
1.3.2. Caractéristiques d' <i>Aristida pungens</i>	14
1.3.2.a. Caractères biologique	14
1.3.3. Description	14
1.3.4. Mode d'adaptation	15
1.3.5. Intérêt du genre <i>Aristida</i>	15
I-2. Notion de stress chez les plantes	16
I-2.1 Différents types de stress chez les végétaux	16
I-2.1.1. Le stress hydrique	16
2.1.1.a. L'eau dans la plante	18
I-2.1.2. Les effets du déficit hydrique sur la plante	18
I-2.2.1. Stress salin	19
2.2.1.a. Les perturbations physiologiques	19
2.3. Stress thermique	20
2.3.1. Le froid	20
2.3.1.a. Le gel	21
2.3.2. Les hautes températures	21
Chapitre II : Matériel et méthodes	22
II-1. Le site d'étude	23
II-1.1. Caractéristiques Edapho-climatiques du site d'étude	24
II-1.1.1. Le sol	24
II-1.1.2. Synthèse climatique	24
II-1.1.2.a. La température	24
II-1.1.2.b. Le vent	25
II-1.1.2.c. Humidité relative de l'air	27
II-1.1.2.d. Les précipitations	27
II-1.1.2.e. Climagramme d'EMBERGER	28
II-1.1.3. Couverture végétale du site d'étude	31
II-2 Travail expérimental	32
II-2 .1. Travail de terrain	32
II-2 II.1.1. Mesure de la hauteur des sables accumulés sous la végétation	32
II-2 .1.2. Prélèvement de la végétation	33
II-3 Analyses aux laboratoires	34
II-3 .1. Paramètres physiologiques	34
II-3 .1.1. Mesure de la teneur en eau ω (%)	34
II-3 .1.2. Dosage de la chlorophylle ($\mu\text{g/gMF}$)	34
II-3 .2. Paramètres biochimiques	35
II-3 .2.1. Dosage de la proline (mmol/gMF)	35
II-3 II.2.2. Dosage des sucres solubles (mg/gMF)	36
II-4. Traitements statistiques des données	36

Chapitre III : Résultats et discussions	37
III-1. Résultats	38
III-1.1. La hauteur des sables accumulés	38
III-1.2. Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés chez les trois espèces	39
III-1.2.1. La teneur en eau (%)	39
III-1.2.2. La teneur proline (mmol/gMF)	39
III-1.2.3. La teneur en sucres totaux (mg/gMF)	40
III-1.2.4. La teneur en chlorophylle a ($\mu\text{g/gMF}$)	41
III-1.2.5. La teneur en chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$)	42
III-1.2.6. La teneur en chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$)	43
III-1.2.7. Le rapport de la Chlo a/Chlo b	44
III-1.3. Traitements statistiques des données	45
III-1.3.1. Analyse en composante principale (ACP)	45
III-1.3.2. Corrélation entre les paramètres mesurés chez les plantes	46
III-2. Discussions	48
III-2.1. Les hauteurs des sables accumulés	48
III-2.2. La teneur en eau	48
III-2.3. Proline accumulée	49
III-2.4. Sucres solubles accumulés	49
III-2.5. Chlorophylle	50
Conclusion	51
Références bibliographiques	54

Liste des tableaux

Tableau	Titres des tableaux	page
01	Nomenclature & classification botanique d' <i>Astragalus armatus</i>	3
02	Nomenclature & classification botanique de <i>Retama raetam</i>	8
03	Nomenclature & classification botanique d' <i>Aristida pungens</i>	11
04	Caractéristiques physicochimiques du sol de site d'étude	21
05	Végétation de la région de Mokrane	28
06	Matrice de Corrélation de Pearson des paramètres physiologiques et biochimiques des trois espèces.	43

Liste des figures

Figure	Titres des figures	page
01	<i>Astragalus armatus</i> au stade de floraison dans la région de Mokrane (Laghouat)	7
02	<i>Retama raetam</i> au stade de floraison, la région de Mokrane (Laghouat)	11
03	<i>Aristida pungens</i> L. au stade de floraison à Mokrane.	14
04	Localisation et vue de la zone de « Mokrane » situé à l'Ouest de la ville de Laghouat.	20
05	La dynamique de Températures (°C) de la période (2011-2016) dans la région de Laghouat.	22
06	La dynamique de vent (m/s) de la période (2011-2016) dans la région de Laghouat.	23
07	La fréquence des directions du vent à Laghouat.	23
08	La dynamique d'humidité relative de l'air (%) de la période (2011-2016) à Laghouat.	24
09	La dynamique de précipitation (mm) de la période (2011-2017) à la région de Laghouat.	25
10	Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la région de Laghouat (2011-2016).	27
11	Représentation de la méthode du nivellement.	30
12	Représentation de la hauteur (m) des sables accumulés.	34
13	Représentation de la teneur en eau (%) chez les trois espèces.	35
14	Représentation de la teneur en proline (mmol/gMF) chez les trois espèces.	36
15	Représentation de la teneur en sucres totaux (mg/gMF) chez les trois espèces.	37
16	Représentation de la teneur en chlorophylle a (µg/gMF) chez les trois espèces.	38
17	Représentation de la teneur en chlorophylle b (µg/gMF) chez les trois espèces.	39
18	Représentation de la teneur en chlorophylle totale (µg/gMF) chez les trois espèces.	40
19	Représentation de rapport (Chlo a / Chlo b) chez les trois espèces.	41
20	Analyse en composante principale.	42

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ACP	Analyse en composante principale
Alt	Altitude
CaCO ₃	Carbonate de calcium
CE	Conductivité électrique
Chlo	Chlorophylle
DH	Différence de hauteur
DO	Densité optique
E	Este
g	Gramme
H	Hauteur
kg	Kilo gramme
L _{AV}	Lecture avant
L _{AR}	Lecture arrière
M	Température moyenne des maxima du mois le plus chaud.
m	Température moyenne des minima du mois le plus chaud.
Max	Maximale
méq	milliéquivalent
MF	Matière fraîche
mg	Milligramme
µg	Microgramme
min	minute
ml	Milli litre
mm	Millimètre
mmol	Milli mole
MS	Matière sèche
N	Nord
nm	Nanomètre
P	Précipitation
PF	Poids frais
PS	Poids sec
PT	Poids de turgescence
ω	Eau

Introduction

Les plantes en générale exigent des conditions environnementales optimales pour une croissance normale, mais elles sont souvent sujettes à des facteurs extrêmes de potentiels hydriques, température et salinité, engendrant différents types de stress (Hopkins, 1999 ; Bouaouina *et al.*, 2000). 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 Quatrano., 1975; Parida *et al.*, 2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauteri., 1991) impliquant une activité enzymatique (Stephanopoululus., 1999; Chaffei *et al.*, 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmo-protecteurs (Rathinasabapathi *et al.*, 2000) ou de régulateurs osmotiques (Goldhirs *et al.*, 1990) en synthétisant des acides aminés.

Des études ont montré que la sécheresse, les paramètres du climats et les excès ou les déficits dans la composition chimique des terres provoquent chez les espèces végétales des métabolismes de molécules complexes (Chaves *et al.* (2003, Sharp and Le Noble 2002. Nambara & al. (2005) Sauter & al._(2001) Dong *et al.* 2005) (Ueda *et al.* 2001). Parmi ces molécules la Proline qui est un acide aminé sécrété en excès lors des stress salins et hydriques (Acevedo *et al.*, 1989, Nemmar, 1983 ; Monneveux *et Nemmar*, 1986 Pfeiffer & al, 2000) Belkhodja & Bidai, 2004), (Flowers & al, 1977).

La proline est aussi l'une des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rejeb *et al.*, 2012). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmo régulation cytoplasmique (Acevedo *et al.*, 1989). 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 des végétaux stressés (Khayyat *et al.*, 2014).

Dans ce contexte notre travail de mémoire a été entrepris dans la région de Laghouat et dont l'objectif est d'analyser le comportement physiologique de trois espèces végétales steppiques pérennes (*Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*), en relation avec la hauteur des sables que chacune accumule.

Le mémoire est structuré en trois chapitres :

Dans un premier chapitre sont présentées des revues bibliographiques traitant le travail qui nous intéresse ;

Dans un deuxième chapitre une description de la région et du site d'étude, et des différentes méthodes utilisées au cours de la réalisation de ce travail, sur terrain ou aux laboratoires ;

Le troisième chapitre, expose les résultats obtenus avec leurs discussions;

Enfin, nous finissons avec une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Revue bibliographiques

I-1. Généralités sur les trois espèces étudiées

I-1.1. *Astragalus armatus*

L'*Astragalus armatus* est une plante vivace de la famille des Fabaceae, sa nomenclature et sa classification sont représentées dans le Tableau.1.

Tableau 1: Nomenclature & classification botanique d'*Astragalus armatus*

Règne des végétaux	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Poales
Famille	Légumineuses (Fabaceae)
Genre	<i>Astragalus</i>
Genre / Espèce	<i>Astragalus armatus</i>

Source: (Quezel et Santa, 1962).

I-1.1.1. Répartition géographique

Le genre *Astragalus*, est le plus abondant de la famille des fabacées avec environ 2500 espèces et avec plus de 250 sections taxonomique dans le monde (Yuan et al., 2012) Ce genre est largement distribué dans les régions tempérées et arides du monde et principalement localise en Asie (1500 espèces), en Amérique du Nord (500 espèces), en Amérique du sud (150 espèces) et en 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). Ils sont représentés par plus de 50 espèces. Dans la flore de l'Afrique du Nord 10 espèces d'*Astragalus* sont endémique en Algérie, le Maroc et la Tunisie (Anastas et Warner, 1998) et (Bahn, 2011). En Algérie, le genre *Astragalus* est distribué dans la zone de présaharienne et associée à la désertification dans les zones arides en raison du surpâturage (Braun et al., 1990) et (Yuan et al., 2012). Cependant, le centre d'origine et la biodiversité du genre *Astragalus* est l'Eurasie, particulièrement les parties montagneuses de l'Asie du sud-Ouest et du sud-Centrale (Choi, 2007) et (Van Gompel et Schuster, 1987).

I-1.1.2. Historique d'*Astragalus armatus*

Le mot astragale est d'origine grec, il désigne l'os de la cheville ou plus exactement l'un des os de l'articulation tibiotarsienne. L'astragale vient de la ressemblance du bruit des graines séchées de la plante avec celui de l'os, quand ils tombent sur une surface solide (James et al., 1981). La croissance des espèces de genre *Astragalus* se produit de l'automne au printemps, elles demeurent verte pendant l'hiver quand l'herbe est peu disponible (Colegate et al., 1985).

I-1.1.3. Caractéristiques d'*Astragalus armatus*

C'est une chaméphyte, légumineuse, son rameux, pouvant atteindre 1 mètre de hauteur, cette espèce est très épineuse. La floraison a lieu à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la fin du printemps. On souligne chez cette espèce l'importance de la reproduction : un individu adulte peut former jusqu'à 1500 fleurs (Sahara Nature, 2006).

Selon Chaieb (1997), *Astragalus armatus* 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. Le piégeage du sable et la reconstitution du voile éolien par les touffes très développées entraînent une amélioration du bilan hydrique du sol et favorisent la germination d'espèces jusqu'alors raréfiées.

I-1.1.4. Le genre *Astragalus* en Algérie

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

I-1.1.5. Description botanique du genre *Astragalus*

Selon la flore de Quézel et Santa (1962), les astragales sont des plantes herbacées annuelles ou vivaces à feuilles composées imparipennées généralement stipulées à plus de 3 folioles. Les fleurs sont hermaphrodites à périanthe double. Le Calice est caduque ou persistant, tubuleux en cloche, à 5 sépales subégales ou inégales. La corolle est papilionacée dont les pétales sont généralement onguiculées. L'étendard est dressé, la carène égalant souvent les ailes, Les étamines sont au nombre de 10, à filets diadelphes soudés en un tube staminal fendu, contenant au sommet un ovaire pluriovulé à ovules sur 2 rangs. Le fruit est une gousse de forme variée, le plus souvent sec, pluriloculaire à 2 loges plus ou moins complètes par introflexion de l'une des sutures, déhiscence ou indéhiscence.

I-1.1.5.a. Description botanique de l'espèce *Astragalus armatus*

Selon Ntetws, (1984) Plante vivace très épineuse, à tiges ligneuses dressées, ne dépasse guère 60 cm de haut. Ses feuilles pétiolées, imparipennées, composées de folioles étroites d'un vert foncé, avec des fleurs médiocres axillaires.

I-1.1.6. Mode d'adaptation d'*Astragalus armatus*

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

Ce taxon présente quelques particularités éco physiologiques qui favorisent sa prolifération rapide sur la steppe :

- Puissance de son enracinement apte à valoriser les faibles réserves hydriques du sol ;
- Bonne aptitudes germinatives en milieu naturel ;
- L'importance de la phytomasse peu palatable produite.

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

I-1.1.7. Caractéristique biologique du genre *Astragalus*

Ce genre regroupe les espèces toxiques ainsi que d'autres non toxiques.

I-1.1.7.a. Astragales toxiques

Les espèces toxique de ce genre sont classées selon la nature de la toxine dominant et le type d'intoxication qu'elles provoquent, et se divisent en trois catégories (Barbero et al., 2012). Des espèces sont toxiques pour certains animaux d'élevage (bovins et ovins) et de la faune sauvage (James et al., 1983). Ces dernières sont classées en trois catégories selon la nature du principe toxique qu'elles renferment (James et al., 1986):

- Les espèces accumulatrices de Sélénium (James et al., 1983) ;
- Les espèces productrices de produits nitrés (Ebrahimzadeh et al., 1999; Niknam, 2002) ;
- Les espèces renfermant des alcaloïdes indolizidiques (James et al., 1980 ; Cronin et al., 1981).

I-1.1.7.b. Astragales non toxiques

La plupart des Astragales ne sont pas toxiques. Certaines sont utilisées comme des espèces de pâturage, comme *Astragalus mulianus* et *Astragalus cicer* rencontrées respectivement dans le Sud-Ouest et à l'Ouest des Etats Unis sont très appréciées par le bétail . De même pour les espèces *Astragalus gyzensis Bung* et *Astragalus gombo bunge* sont localisés dans le nord du Sahara Algérien (Sahraoui et Mokhtari., 2017).

I-1.1.8. Intérêt économique du genre Astragalus

Du point de vue économique et industriel, certaines espèces (*Astragalus gummifer Labill.*, *A. microcephalus Willd.*, *A. strobiliferus Royle ex Benth.*) sont utilisées comme source de gomme adragante, substance largement utilisée dans l'industrie pharmaceutique et dans la production de divers produits alimentaires comme les crèmes glacées, les lotions, les spiritueux et les gommes à mâcher (Gentry, 1957 ; Zarre-Mobarakeh, 2000).

I-1.1.9. Intérêt médicinal du genre Astragalus

Les espèces du genre *Astragalus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle dans le monde entier comme des herbes médicinales contre l'ulcère de l'estomac, la toux, la bronchite chronique, l'hypertension, les troubles gynécologiques, et les piqûres venimeuses de scorpion (Walter, 1991).

En Algérie, l'espèce *Astragalus gyzensis Bunge* est utilisée pour soulager les morsures des serpents (Vejdelek et al., 1990). *Astragalus membranous* est une plante traditionnelle chinoise bien connue pour le traitement des maladies neuro-dégénératives, elle compte parmi les herbes toniques les plus populaires. Les Chinois utilisent les racines de cette espèce comme un fortifiant (Barbero et al., 2012).

En médecine traditionnelle, les astragales sont utilisées depuis des millénaires par les Hindous et les Chinois (Chaudhary et al., 2008). En Inde, la pâte de feuilles est utilisée pour réduire le taux de sucre dans le sang (Anonyme, 1985), alors que les racines sont mâchées par les femmes pour stimuler la lactation. D'autres études bibliographiques ont confirmé qu'*A. malacophyllus Benth. ex Bunge* présente des activités antituberculeuses, antitussives et de purification du sang (Verbeken et al., 2003). En Chine, les racines d'astragales sont utilisées comme tonique, pour le traitement du diabète et des néphrites (Chaudhary et al., 2008). Elles sont également utilisées pour la régénération des tissus, la cicatrisation des plaies et la fabrication de médicaments visant à renforcer le système immunitaire après les traitements anti cancéreux (Gao et al., 2001 ; Duan et Wang, 2002 ; McCulloch et al., 2006 ; Tin et al., 2007).



(Originale, 2018).

Figure 1 : *Astragalus armatus* au stade de floraison dans la région de Mokrane (Laghouat).

I-1.2. *Retama raetam*

Retama raetam est une plante vivace de la famille des Fabaceae. Sa nomenclature et sa classification sont représentées dans le Tableau.2.

Tableau 2: Nomenclature & classification botanique de *Retama raetam*

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Légumineuses (Fabaceae)
Sous famille	papilionacées
Genre	Retama
Espèce	<i>Retama raetam</i>

Source: (Quezel et Santa, 1962).

I-1.2.1. Répartition géographique

Selon (Zohary, 1989), les rétames sont caractérisées par une large distribution géographique, originaires du Nord-Ouest Africain et probablement des îles Canaries.

Retama raetam est localisée dans le sud oranais, le sud de Djelfa, à Aine Safra, Touggourt, au centre de la Kabylie, à l'est de Biskra (Ighil, 1962) et également à Ouargla (Benfakih, 2006). C'est une plante commune des écosystèmes arides qui entourent la méditerranée, cette plante utilise comme stratégie d'acclimatation une dormance partielle pour résister aux périodes de sécheresse (Mittler et al, 2002).

I-1.2.2. Historique

Les rétames sont des légumineuses arbustives, occupant les zones arides, semi- arides et côtières, qualifiées de la plantes fixatrices de dunes, leur nom dérive du nom biblique (ROTEM) qui fut changé par les arabes en (R'tem) ou (retam) (Zohary, 1962., Shallaby et al., 1972).

I-1.2.3. Caractéristique de *Retama raetam*

Les rétames sont des légumineuses arbustives, possédant à la fois des intérêts pharmacologiques et écologique, caractérisés par une distribution géographique très diversifiée en partant des pourtours de la cote méditerranéenne jusqu'aux régions semi-arides et arides, ils représentent un moyen naturel de lutte contre la désertification (Sahraoui et Mokhtari, 2017).

Le genre *Retama* a fait l'objet de plusieurs travaux en ce qui concerne l'anatomie l'histologie et la biochimie des tiges, des feuilles et des rameaux, mais peu de recherches ont

étés entreprises sur les graines notamment en ce qui concerne l'estimation de la diversité génétique (Sahraoui et Mokhtari, 2017).

I-1.2.4. Description

Selon (Beniston, 1985, Ozenda, 1958), les rétames sont des plantes pérennes, ce sont des arbustes monoïques, pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de long, caractérisés par un tronc trapu et court, portant de nombreux rameaux dense, arqués, flexibles et retombants, forment sillonnés et peu feuillés, les jeunes arbustes sont soyeux d'un vert argenté à gris argenté.

Arbrisseau à longs rameaux pouvant dépasser les trois mètres de haut, soyeux, à fond jaunâtre. Le rameaux fortement sillonnés en long, les feuilles inférieures trifoliolées, les autres simples, toutes très caduques. Les fleurs blanches en petites grappes latérales le long des rameaux. Les gousses ovoïdes aigues, terminées en bec (Chehma, 2006).

I-1-1.2.4.a. Les feuilles

Sont très caduques, les inférieurs sont trifoliées, les supérieurs sont simples et unifoliées (Ouezel et Santa, 1962), elles sont minuscules, alternes et linéaires, qui ne demeurent en place que quelque jours.

I-1.2.4.b. Les fleurs

Unisexuée sont en petites grappes latérales, réparties sur de courts racèmes, avec un petit calice bilabié, à lèvres supérieurs profondément bidentées, des pétales à onglets plus ou moins soudés au tube staminal, des étendards dressés avec 10 étamines monadelphes (Quezel et Santa, 1962) elles sont de deux couleurs selon l'espèce

- Blanches pour *Retama monosperma* et *Retama raetam*.
- Jaunes pour *Retama sphaerocarpa*.

La floraison est longue et précoce de la fin d'hiver (en janvier – février) à début printemps, selon le climat, elle peut s'étendre jusqu'au mois de Mai (Selami, 2000., Messirdi, 2004).

I-1.2.4.c. Le fruit

Selon (Quezel et santa, 1962), le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2 cm, acuminées, avec une extrémité aigue, portant une à deux graines.

I-1.2.4.d. Système racinaire

Est de type pivotant pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur (Stocker, 1974). Des racines adventives sont également présentes sur les rameaux et colonisent la surface des dunes.

I-1.2.5. Intérêt des Retames

Le genre *Retama* regroupe des espèces très intéressantes, du point de vu biochimique, moléculaire et écologique.

I-1.2.5.a. Intérêt pharmacologique

En médecine traditionnelle, *Retama raetam* est utilisé dans le traitement de plusieurs maladies comme l'eczéma, elle est utilisée dans le sud dans les soins en cas de morsures de serpents (El Hamrouni.A, 2001).

Des recherches entreprises sur le genre *Retama*, ont montré que l'extrait aqueux de *Retama raetam* avait un effet diurétique (Maghrani.M et al, 2005), aussi bien qu'hypoglycémique (Maghrani.M et al, 2003), en effet l'administration orale d'une dose de 20mg/kg de l'extrait aqueux de *Retama raetam*, réduisait de façon significative le taux de glucose dans le sang des rats normaux, ainsi que des rats diabétiques.

Retama raetam influe aussi sur le métabolisme lipidique, selon (Maghrani.M et al, 2004), l'administration d'extraits aqueux de *Retama raetam* induit une baisse de la concentration des triglycérides dans le plasma des rats normaux et diabétiques et conduirait à une baisse significative du poids.

En plus *Retama raetam* a une activité antioxydante (Saadaoui.B et al, 2006), ainsi qu'antimicrobienne et cytotoxique.

De ce fait, on constate la large capacité pharmacologique du genre *Retama*, et leur éventuelle utilisation en phytothérapie, et donc la nécessité d'approfondir les connaissances sur ces espèces, au niveau moléculaire et génétique.

Selon (Chehema, 2006), *Retama raetam* a été répertorié comme plante médicinale, pharmacopée, sa partie aérienne est utilisée en infusion, en poudre ou en compresse, pour le traitement des rhumatismes, les blessures et les piqûres de scorpion. Intérêt pastoral: Elle est peu broutée par les dromadaires.

I-1.2.5.b. Intérêt industriel et économique

Les *Retames* sont considérés comme un excellent fourrage, de plus leur bois est utilisé en chauffage. Ils sont riches en fibre, dont la longueur moyenne atteint 1,93mm (Bahi, 1991), ils pourraient donc être valorisés dans l'industrie papetière. Les *Retames* sont aussi des plantes ornementales en raison de leurs multiples fleurs odorantes les graines des *Rétames* contiennent des lécithines, des protéines allergènes, utilisées par la plante dans les mécanismes de défense contre les insectes, ce qui pourrait donc être valorisé dans l'industrie des bio insecticides.



(Originale, 2018).

Figure 2 : *Retama raetam* au stade de floraison, dans la région de Mokrane (Laghouat).

I-1.3. *Aristida pungens*

Aristida pungens est une plante vivace de la famille des Poaceae. Sa nomenclature et sa classification sont représentées dans le Tableau.3.

Tableau3: Nomenclature & classification botanique d'*Aristida pungens* ou *Stipagrostis pungens*

Règne des végétaux	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Liliopisida
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	Aristida
Espèce	<i>Aristida pungens</i> L.
Nom commun	Drinn

Source: (Quezel et Santa, 1962).

I-1.3.1. Répartition géographique

Le genre *Aristida* comporte de nombreuses espèces, plus de 300, particulièrement communes dans les régions sèches de l'Afrique tropicale (Sahara méridional, Sahel). En Algérie, ce genre est représenté par 11 espèces. L'espèce *Aristida Pungens* L. est vulgairement appelée 'Drinn' en Algérie, 'Sbott' en Libye et 'Toulloultou aghifouf au Maroc (Bouhadjera, 2005).

I-1.3.2. Caractéristiques d'*Aristida pungens*

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 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 m) (Ozenda, 1958).

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 élevée et entièrement significatives que celles trouvées dans des travaux antérieurs (Bouhadjera, 2005).

I-1.3.2.a. Caractères biologique

Selon Poilicot (1999), le synonyme de *Aristida pungens* Desf. Est *stipagrostis pungens* (Desf). . Quezel (1968), note que le nom arabe attribué à *Aristida pungens* Desf. Est drinn , Rachig , Sbott .

I-1.3.3. Description

Plante cespiteuse vivace, robuste (50 cm à 1 m), à long rhizome, reconnaissable aux inflorescences composées d'épillets, en panicules lâches et aérés. Commune dans l'ensemble du Sahara, le drinn est parfaitement adapté aux habitats sableux, représentés par les amas sableux profonds (dunes, ergs). La steppe à drinn constitue un pâturage essentiel pour les dromadaires. Selon Ozenda (1958), *Aristida pungens*, graminée à rhizome traçant, à longues feuilles glauques enroulées sur elles-mêmes et pointues à l'extrémité, bien reconnaissable en

outre aux arêtes de ses glumelles qui comportent trois b Poilicot (1999), décrit la plante comme étant une Herbe pérenne, à longs rhizomes obliques, haute de 100 cm ou plus.

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

-Gaines glabres, lisses ou scabérules.

-Ligule auriculée, réduite à une frange de poils.

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

Selon (Bouhadjera, 2005), cette espèce est caractérisée par des feuilles dures enroulées et piquantes fréquente des massifs, racines très longues et tiges atteignant un mètre, des touffes, la vie Végétale de 'Drinn' dure toute l'année et la plante est toujours verte. *Aristida pungens* présentent parfois, en plus des feuilles basales peuvent être en touffe des feuilles basales. Le limbe des feuilles peut être plat ou enroulé, tiges sont érigées,

Chaque épillet ne comporte qu'une seule fleur. Les inflorescences sont en forme de panicule lâche ou dense, dans ce dernier cas, elles ressemblent à un épi.

I-1.3.4. Mode d'adaptation

Le drinn est parfaitement adapté aux habitats sableux, représentés par les amas sableux profonds. La germination du 'Drinn' se fait à 25 C°, considérée comme température optimale. Elle est caractérisée par deux périodes de vie : ralentie (Aout à Mars) et une vie active (Avril à Juillet). *Aristida pungens* L. est la plante qui résister de quatre à cinq ans de sécheresse. (Ozenda, 1958).

I-1.3.5. Intérêt de genre *Aristida*

Cette graminée est largement utilisée dans la fixation biologique des dunes continentales. Elle colonise facilement les cordons dunaires très mobiles et les zones déflations aires, en association avec *Prosopis juliflora*.



(Originale, 2018)

Figure 3 : *Aristida pungens* L. au stade de floraison à Mokrane.

I.2. Notion de stress chez les plantes

Le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour le bon développement d'une plante (Levitt, 1980). (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).

2.1. Différents types de stress chez les végétaux

2.1.1. Le stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité végétale autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans

beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982). Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 in Bootsma et *al.*, 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao et *al.*, 2006). Le stress hydrique entraîne une dégradation des ressources d'eau douce en termes de quantité (surexploitation des eaux souterraines, rivières asséchées, etc.) et de qualité (eutrophisation, pollution par la matière organique, intrusion saline.) (Mouhouche et Boulassel, 1997).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (Laberche, 2004). La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004). Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (Mouhouche et Boulassel, 1997).

Le stress hydrique peut entraîner une diminution du développement et la qualité du produit. Les processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture sont influencés par deux types de facteurs (intrinsèque à la plante) et les facteurs environnementales. Les stress environnementaux abiotiques affectant une culture peuvent occasionner des pertes de rendement considérable.

La réponse de la plante au stress est complexe car elle dépend à la fois de la sévérité du stress, de sa durée, de la phase de développement et de l'état dans lequel se trouve la plante quand le stress est déclaré (Aidaoui, 1994). De nombreux chercheurs ont étudié les réponses des plantes au stress hydrique (Frère et *al.*, 1987; De Reissac, 1992; Monneveux, 1993, 1995).

2.1.1.a. L'eau dans la plante

L'eau est un élément vital, outre son rôle dans la photosynthèse, le transport et l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées (Riou, 1993).

Les besoins de la plante se limitent à l'eau et aux substances minérales du sol, ainsi qu'au CO₂ et O₂ de l'atmosphère. Sa matière fraîche est composée d'environ 70 à 80 % d'eau (Heller et *al.*, 1998). 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) et elle constitue surtout le milieu intérieur des plantes (véritable matrice vitale de leur fonctionnement). Les différents organes de la plante renferment entre 80 à 90 % d'eau, c'est l'eau d'imbibition (Bethenod, 1980).

Au niveau de l'organisme elle sert à véhiculer les substrats nutritives, déchets et hormones (Heller et *al.*, 1998). 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. Essentiellement l'entrée et la circulation de l'eau dans la plante résultent d'un mécanisme passif, l'osmose. L'équilibre hydrique de la plante passe par une perte de vapeur, un phénomène nommée transpiration. Si l'absorption de l'eau par la plante est inférieure à la demande évaporatrice de l'atmosphère, on parle alors d'une situation de déficit hydrique (Acevedo, 1991; Blum, 1996) et par conséquent, les processus physiologiques commencent à être affectés.

2.1.2. Les effets du déficit hydrique sur la plante

L'organe qui subit l'effet du déficit hydrique en premier est le limbe (chez le blé). Il cesse sa croissance, s'enroule et après l'anthèse, accélère sa sénescence si le stress dure.

Il réduit la taille des feuilles, leur surface verte, la durée du cycle et par conséquent la capacité photosynthétique se déprime (Turner et *al.*, 1986). En général, l'essentiel de la diminution de la photosynthèse due au stress hydrique est attribué à la fermeture des stomates. Chez la fève, le taux de photosynthèse décroît quand le stress hydrique est de plus en plus important (Boyer, 1970).

L'acide abscissique (ABA) qualifié « hormone de stress » est synthétisée rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles.

Le déficit hydrique peut également diminuer la pression de la turgescence de la plante et par conséquent provoquer une perte d'eau du contenu cellulaire. Cette perte peut engendrer des effets physiologiques très importants (Gate, 1995). Ces réactions au déficit hydrique ont un rôle effectif dans l'acquisition de la tolérance.

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates (Passiourra, 1996), de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (Blum et Ebercon, 1981).

Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne. Elle permet un fonctionnement prolongé de la photosynthèse. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés autant pour l'ajustement que la croissance racinaire.

Au niveau cellulaire, l'ajustement osmotique joue un rôle déterminant dans le maintien de la turgescence aux faibles potentiels hydriques foliaires.

La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes.

2.2.1. Stress salin

Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal : D'un côté, la présence de sel en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante.

De l'autre côté, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules.

Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales; certaines nommées glycophytes ne sont pas capables de supporter la présence de sel, leur croissance est diminuée (Heller, 1998; Hopkins, 2003; Belkhodja et al., 2004; Cal, 2006). Les halophytes au contraire ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (Heller et Esnaut, 2004).

2.2.1.a. Les perturbations physiologiques

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des perturbations dans la balance ionique que bien étendue des perturbations des enzymes, membranes et autres macromolécules. Ces

perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote perturbée et un dérèglement de nombreuses voies Métaboliques.

Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de photosynthèse, par effet du sel dans les stromas de chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. Mais aussi les échanges gazeux et l'activité photochimique réduisent (M'rahs, Havaux et *al.*, 2004).

La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. L'acquisition des nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduit. L'excès de sodium Na^+ provoque des lésions membranaires par le remplacement excessif des ions bivalents Ca^{++} (CRAMER et *al.*, 1993).

La croissance des végétaux est perturbée par de trop forte concentration de sel. Des stress extrême conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire, les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir finir leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite. Si chez certains halophytes la croissance est stimulé par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance.

2.3. Stress thermique

La température est un facteur environnemental qui varie selon les saisons et subit des fluctuations quotidiennes. Le gel et les hautes températures affectent le développement de la céréale tout long de son cycle (Bouzerzour et Monnevex, 1992). Ainsi les végétaux nécessitent une température optimale pour assurer une croissance normale.

2.3.1. Le froid

L'ensemble des métabolismes est affecté par le froid notamment la photosynthèse (Hopkins, 2003). Selon (Hurry et *al.*, 2002), les basses températures semblent inhiber plus fortement les réactions sombres de la photosynthèse et le transport des électrons.

Les basses températures diminuent la vitesse des réactions enzymatiques et modifient la conformation des lipides membranaires et d'autres macromolécules ce qui entraîne des conséquences sur la plupart des processus biologiques (Stitt et Hurry, 2002).

En effet, chez les plantes pérennes en zones tempérées, les basses températures se traduisent par une forte augmentation en sucres solubles et une diminution de la teneur en amidon dans les tissus sont observés en automne et en hiver (Guy et *al.*, 2003).

Stitt et *al.*, en 2002 dans leur étude sur le poids, montrent que la teneur en sucres solubles augmente rapidement pendant les 7 premiers jours de froid et diminue légèrement durant les 7 jours qui suivent. Le stockage des sucres chez le pois d'hiver peut avoir un rôle nutritionnel pendant l'acclimatation au froid. Des jeunes plantules présentent typiquement des signes de réduction de la croissance des feuilles, un brunissement et des nécroses.

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

2.3.1.a. Le gel

Quand la température est inférieure à zéro (gel), la glace se forme dans les espaces intercellulaires. Cette formation de glace provoque la perte d'eau des cellules d'où la déshydratation de la plante.

Le gel a une action sur certaines protéines en les dénaturant (Hannah et *al.*, 2006). La tolérance au gel par exemple se traduit par un stockage des sucres et elle est considérée comme moyen d'assurer la cryoprotection des tissus de la plante surtout au niveau des feuilles qui sont nécessaires pour le développement de la plante. Le seigle peut survivre à des températures -5°C (Guy, 2003).

2.3.2. Les hautes températures

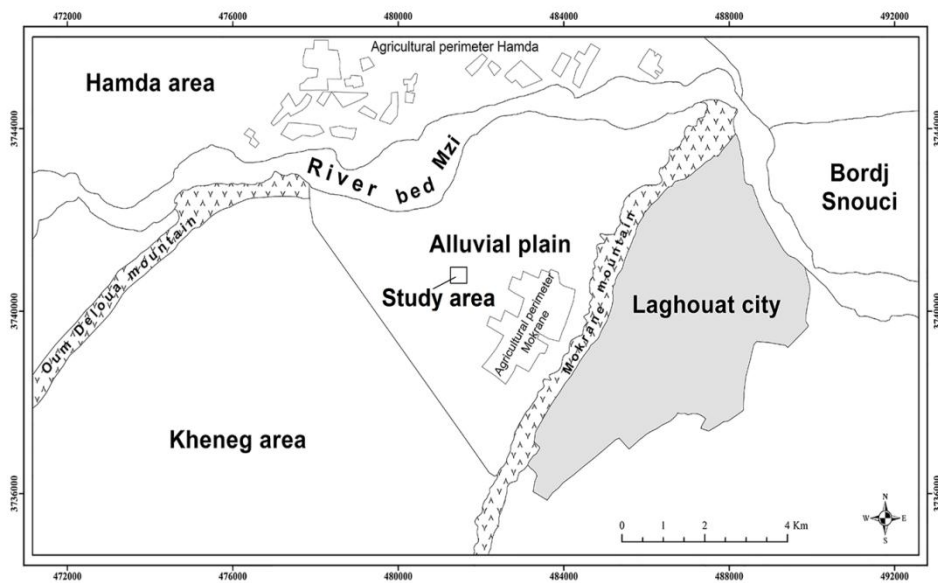
A partir de 40°C les processus liés à la photosynthèse sont dégradés. Ainsi, les températures élevées inhibent la synthèse des chlorophylles chez le concombre exposé à la lumière dans une chambre de culture à 42°C (Tripathy, 1998). Les processus qui se déroulent au niveau des membranes thylacoidiennes des chloroplastes sont endommagés par les températures élevées affectant ainsi la photosynthèse (Havaux, 1993; et Hopkins, 2003). Des études ont montré que les activités de la rubisco ainsi que d'autres activités impliquées dans la fixation de carbone pouvaient être fortement compromises par les températures élevées.

Chapitre II

Matériel et méthodes

II-1.1. Site d'étude

Le site expérimentale (Figure 4), situé à environ 4 km à l'ouest de la ville (N 33°48' ; E 2° 48'), dans un périmètre agricole nommé Mokrane. Il est localisé sur une formation sableuse, appelée bled el Hirane. Celle-ci est délimitée au Nord par l'Oued Mzi, au sud par le Bled el Anngad, à l'Ouest par le Djebel Deloua et à l'Est par Djebel Lahmar. Le périmètre de Mokrane se trouve dans une zone à niveau moins élevé que les montagnes qui l'entourent, cette zone est nommé Theniete Er'ml c'est-à-dire la zone du passage et d'accumulation du sable (Houasnia, 2008).



(Originale, 2018)

Figure 4 : Localisation et vue de la zone de « Mokrane » situé à l'Ouest de la ville de Laghouat.

II-1.2. Caractéristiques Edapho-climatiques du site d'étude

II-1.2.1. Le sol

La plus part des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant leur profondeur utile, ils sont généralement pauvres en matières organiques et sensibles à la dégradation. Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (Houérou, 1996).

Le sol de la zone d'étude est un sol léger à dominance sableuse, très pauvre en matière organique et présente une capacité d'échange cationique faible. Le sol est calcaire avec un pH alcalin (Tableau 4).

Tableau 4 : Caractéristiques physicochimiques du sol de Mokrane

Sables Grossiers (%)	Sables Fins	Limons (%)	Argiles (%)	Total CaCO ₃ (%)	CE (méq/Kg)	pH	Carbone organique (%)
34	62	2	2	7.13	5.44	8.34	0.06

Source : (Benaidja, 2016).

II-1.2.2. Synthèse climatique

Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol son analyse à l'échelle d'une région se base sur des données fournies par des stations météorologiques locales. Les principaux paramètres climatiques sont la température de l'air, la précipitation, humidité, l'évapotranspiration, le vent,...etc. (Madani, 2008).

II-1.2.2.a. La température

La température est un facteur environnemental qui varie selon les saisons et subit des fluctuations quotidiennes. Le gel et les hautes températures affectent le développement de la céréale tout long de son cycle (Bouzerzour et Monneveux, 1992). Ainsi les végétaux nécessitent une température optimale pour assurer une croissance normale.

D'après la (figure5), on remarque une saisonnalité pour les températures dans la région de Laghouat, la température maximale est enregistrée en Juillet 2012 40.8 (°C). Le minimum est enregistré en janvier 2015 avec une valeur de-1 (°C).

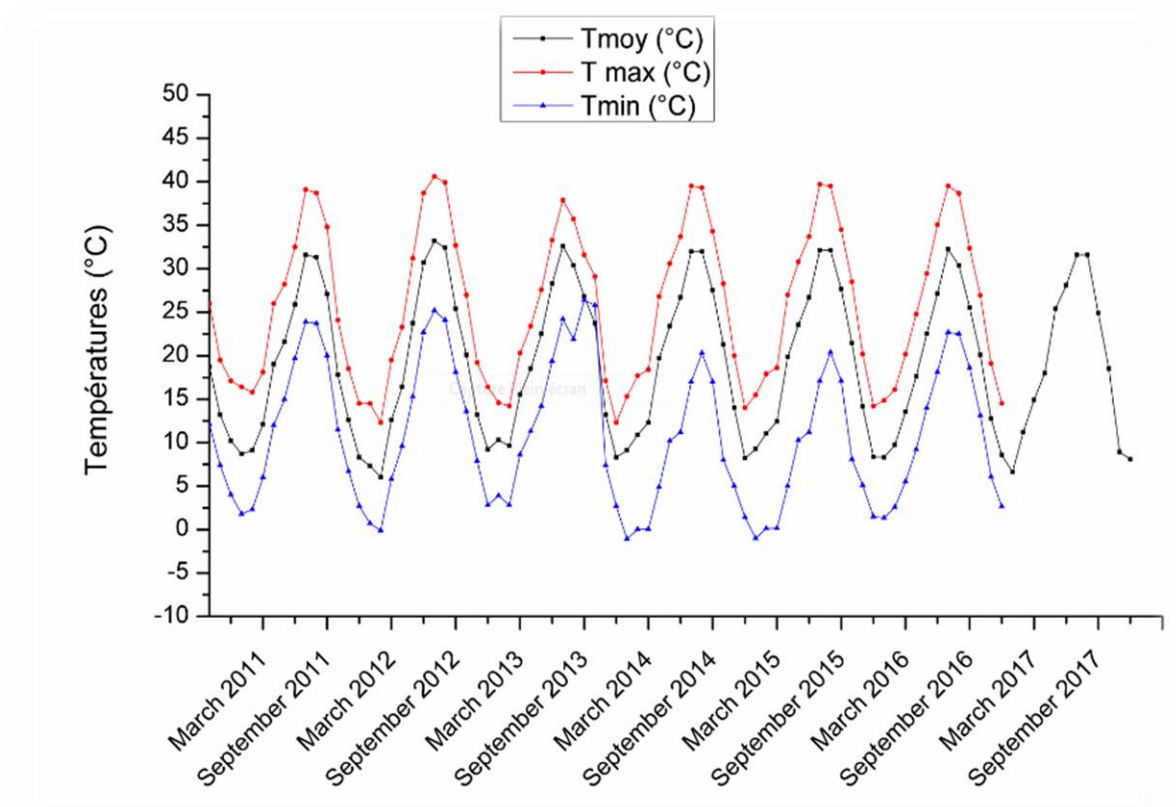


Figure 5 : La Températures (°C) de la période (2011-2016) dans la région de Laghouat.

II-1.2.2.b. Le vent:

Selon (Ramade, 1984), le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Il a une action très marquée sur la répartition de certaines espèces et sur leurs activités qui peuvent être gênées.

La dynamique des vents (Figure 6), montre que le vent est très fort pendant toutes les saisons de l'année, nous observons des pics dépassant les 4 m/s durant Janvier, Février, Mars et Avril, Juillet, Octobre. Les vitesses moyennes maximales sont aux alentours de 6.3 (m/s) atteintes en Février et Mars de l'année 2013, et le minium valeur 2.4 (m/s) en Décembre 2012. Les directions dominantes sont (Figure7), dans les secteurs Nord Est–Sud West.

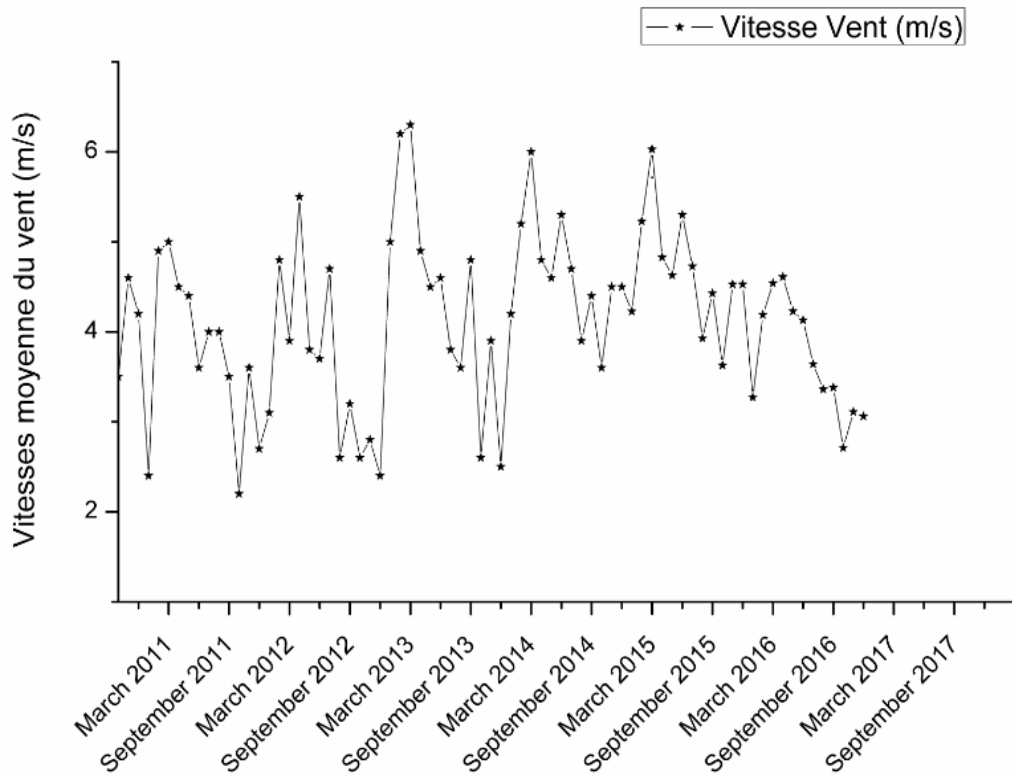


Figure 6 : Le vent (m/s) de la période (2011-2016) dans la région de Laghouat.

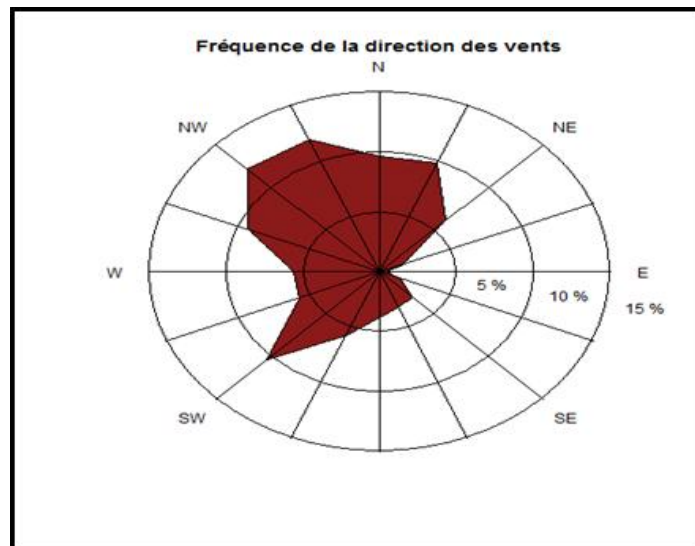


Figure 7: La fréquence des directions du vent à Laghouat.

II-1.2.2.c. Humidité relative de l'air

L'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (Dreux et Faurie, 1980).

La (figure 8) montre que l'humidité relative de l'air est variable en fonction des saisons. On observe que l'humidité moyenne annuelle de la région de Laghouat est de 46 % avec d'énormes fluctuations, les écarts ont atteint 21% entre Juin et Juillet 2013. Les valeurs maximales sont aux alentours de 74% atteintes en Décembre de l'année 2011.

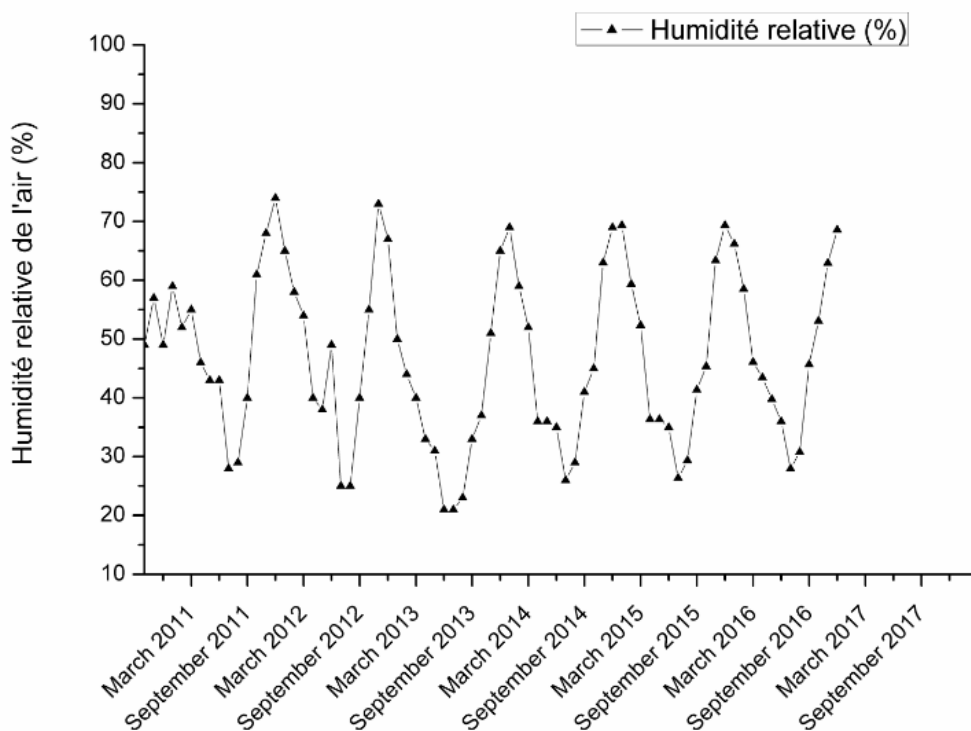


Figure 8: L'humidité relative de l'air (%) de la période (2011-2016) à Laghouat.

II-1.2.2.d. Les précipitations

La dynamique des précipitations (Figure 9), montre que la précipitation sont faibles pendant toutes les saisons de l'année, nous observons une valeurs maximale 55.1 (mm) durant Octobre 2011. A partir 2014 des cumules relativement plus faibles sont enregistrés. 2011 est l'année la plus humide 258 (mm) et l'année 2017 est l'année la plus sèche 66 (mm).

La dynamique de précipitation montre que sur la période de 84 mois on a 12 mois sec. Pas saisonnalité irrégulière.

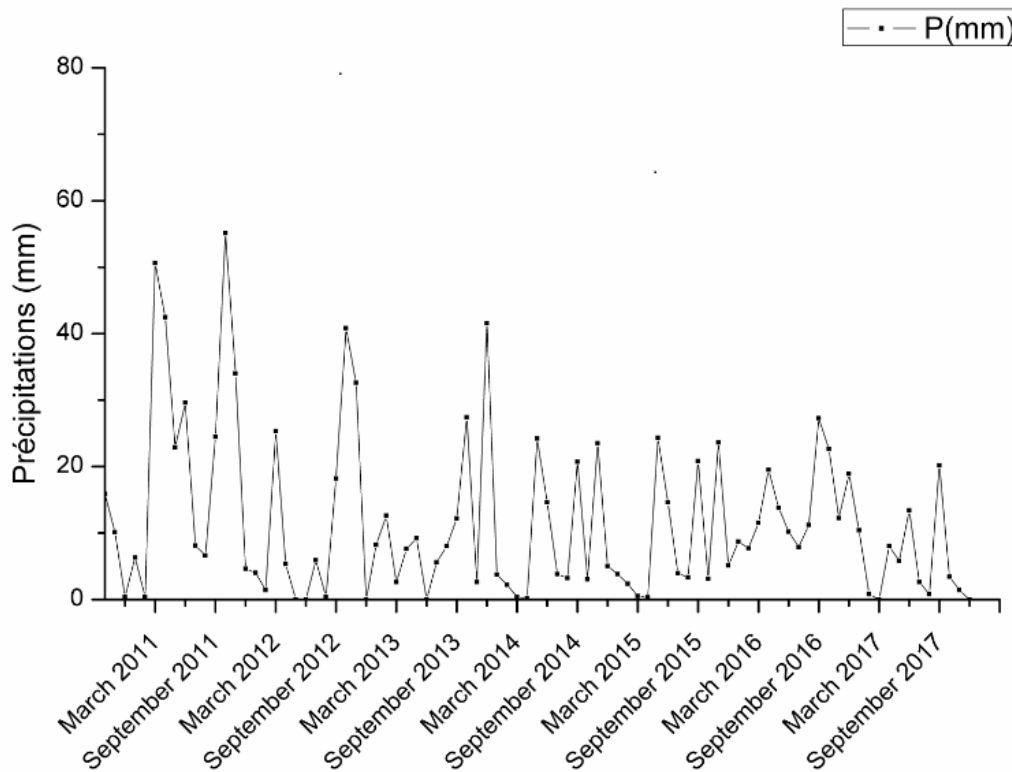


Figure 9 : Les précipitations (mm) de la période (2011-2017) à la région de Laghouat.

II-1.2.2.e. Climagramme d'EMBERGER

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient Pluvio-thermique Q_2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minima du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969):

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m) \quad (\text{Stewart, 1969})$$

P: pluviométrie annuelle en mm.

M: température moyenne des maxima de mois le plus chaud en °C.

m: température moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluvio-thermique pour la station, Q3 avec les données climatiques calculées sur une période de 6 ans **Q3 (2011-2016)**.

La station de Laghouat présente un **Q3** de **21,20**. Ce qui caractérise la région de Laghouat (Figure 10) par un bioclimat aride à hiver frais.

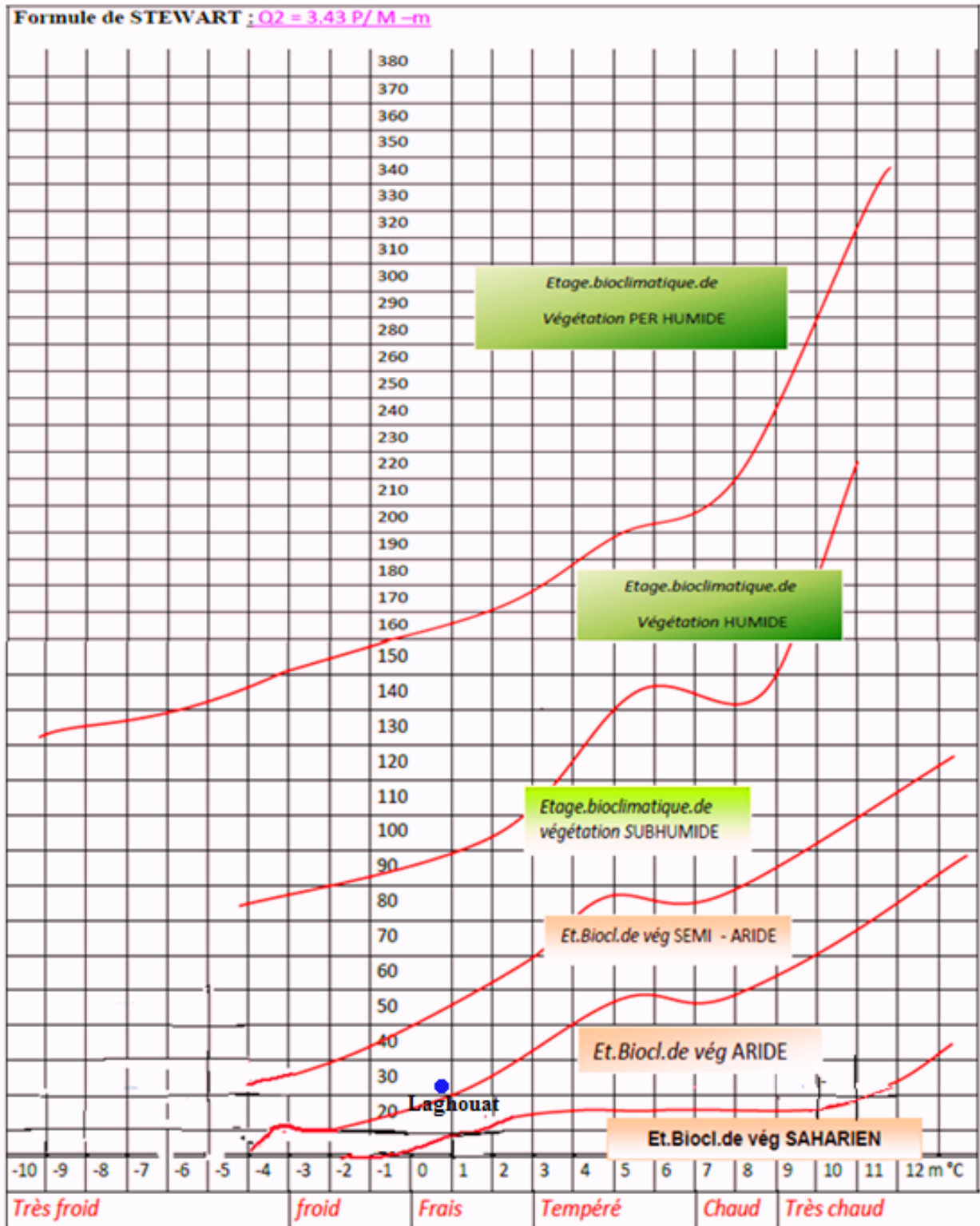


Figure 10 : Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la région de Laghouat (2011-2016).

II-1.2.3. Couverture végétale du site d'étude

La végétation dans le site d'étude (Tableau 5), est composée de 26 espèces parmi lesquelles 17 annuelles et 9 vivaces.

Tableau 5 : Végétation de la région de Mokrane

Famille	Genre	Espèces	Types biologiques
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia.L</i>	<i>Euphorbia guyoniana</i>	Thérophytes
		<i>Euphorbia helioscopia</i>	Thérophytes
Caryophyllaceae	<i>Silene.L</i>	<i>Silene arenarioides</i>	Thérophytes
Fabaceae	<i>Astragalus lam</i>	<i>Astragalus armatus Lam.</i>	Hémicryptophytes
	<i>Retama.L</i>	<i>Retama raetam</i>	Phanérophytes
	Argyrolobium	<i>Argyrolobium uniflorum</i>	Thérophytes
	<i>Genista</i>	<i>Genista uniflora</i>	Chaméphytes
Thymelaeaceae	<i>Thymelaea Scop.</i>	<i>Thymelaea microphyla</i>	Chaméphytes
		<i>Thymelaea hirsuta</i>	Chaméphytes
Poaceae	<i>Stipa L.</i>	<i>Stipa tenacissima</i>	Hémicryptophytes
	<i>Aristida. L</i>	<i>Aristida pungens desf.</i>	Hémicryptophytes
Asteraceae	<i>Evax.L</i>	<i>Evax desertorum</i>	Thérophyte
	<i>Echinops.L</i>	<i>Echinops spinosus</i>	Hémicryptophytes
	<i>Atractylis L.</i>	<i>Atractylis serratuloides</i>	Chaméphytes
	<i>Ifloga.cass</i>	<i>Ifloga spicata</i>	Thérophytes
Chenopodiaceae	<i>Salsola</i>	<i>Salsola vermiculata</i>	Chaméphytes
Cynariaceae	<i>Picris.L</i>	<i>Picris coronopifolia</i>	Thérophytes
Brassicaceae	<i>Eruca</i>	<i>Eruca sp.</i>	Thérophytes
	<i>Malcomia R.Br.</i>	<i>Malcomia aegyptiaca</i> (hama) ,(merchdet)	Thérophytes
	<i>Eruca (semna) »</i>	<i>Eruca vesicaria.Thell</i>	Thérophytes
Capparidaceae	<i>Cleome</i>	<i>Cleome arabica</i>	Thérophytes
Distaceae	<i>Helianthemum</i>	<i>Helianthemum getalum.</i>	Chaméphytes
Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium triangulare</i>	Thérophytes
	<i>Erodium L'Her</i>	<i>Erodium moschatum (Ebra errai)</i>	Thérophytes
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago albicans</i>	Hémicryptophytes
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>Tamarix sp.</i>	Phanérophytes
Zygophyllaceae	<i>Peganum L.</i>	<i>Peganum harmala L</i>	Chaméphytes

II-1. Travail expérimental

Notre travail est scindé en deux parties, une première partie effectuée sur le terrain qui consiste à effectuer des mesures de la hauteur des sables accumulés sous les plantes et de la matière végétale. Une deuxième partie est réalisée au laboratoire et dans laquelle les paramètres physiologiques et biochimiques des plantes les paramètres de stress la proline, la chlorophylle la teneur en eau, sucres totaux.

II-2.1. Travail de terrain

Le travail de terrain a lieu dans la matinée du samedi 24 Février 2018.

II-2.1.1. Mesure de la hauteur des sables accumulés hors et sous la végétation

La hauteur des sables a été mesurée par nivellement, qui selon (Bouteloup *et al.*, 2012), est l'ensemble des opérations qui permettent de déterminer des altitudes et des dénivelées (différences d'altitudes). Le nivellement direct, ou nivellement géométrique consiste à mesurer la différence d'altitudes à partir de visées horizontales. Cette opération s'effectue à l'aide d'un niveau permettant de matérialiser une ligne de visée horizontale et d'une règle graduée verticale appelée mire. Supposons l'altitude du point A connue, en notant L_{AR} et L_{AV} les lectures sur les 2 mires, l'altitude du point B s'obtient comme suit :

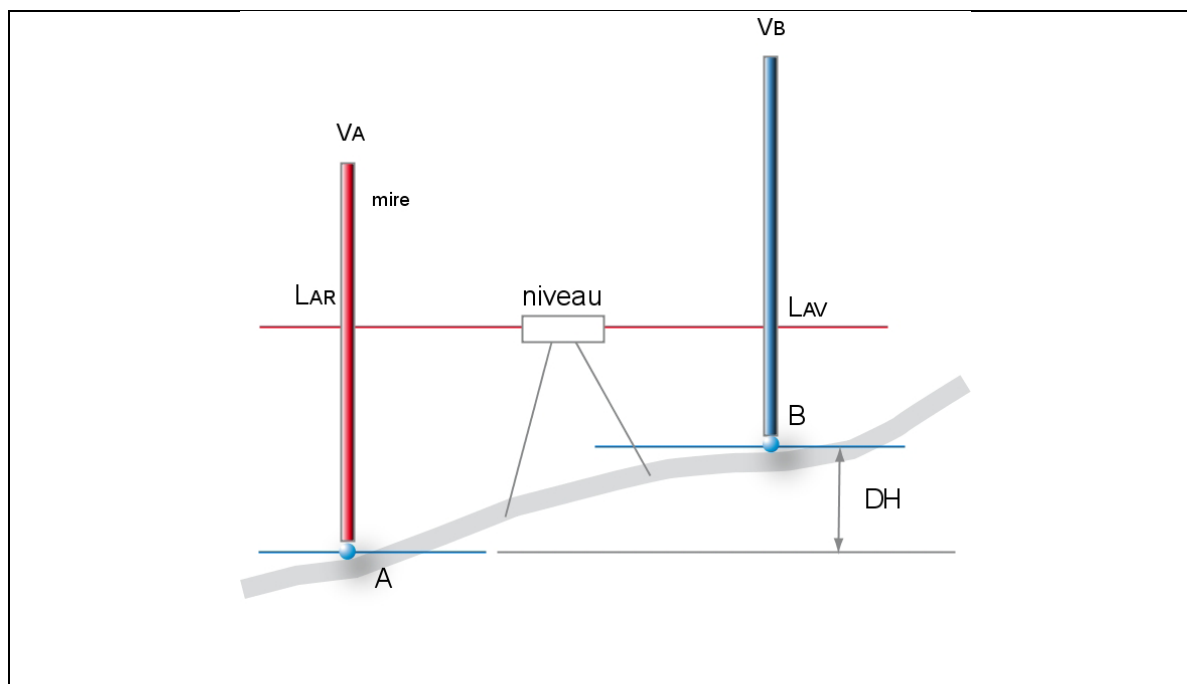
$$\text{Alt}_B = \text{Alt}_A + L_{AR} - L_{AV} \quad \text{Equation 1 (Bouteloup et al., 2012)}$$

Ou :

Alt : Altitude.

L_{AV} : Lecture avant.

L_{AR} : Lecture arrière.



Source : (Bouteloup *et al.*, 2012).

Figure 11 : Représentation de la méthode du nivellement.

II-2.1.2. Prélèvement de la végétation

Trois espèces vivaces (*Astagalus armatus*, *Retama raetam* et *Aristida pungens*) ont été retenues pour la réalisation de ce travail. Pour le prélèvement du matériel végétal, nous avons opté pour l'échantillonnage subjectif, en nous basant sur l'homogénéité de la strate végétale. Quelques feuilles fraîches (Matière fraîche : MF), ont été coupées à l'aide d'un sécateur manuel sur 8 sujets de chacune des trois espèces végétales. Les feuilles coupées ont été mises dans des sacs en plastiques hermétiquement bien fermés étiquettes selon un code donné à la plante qui nous permettra son identification facile, ils ont été ramenés aux laboratoires pour subir les différentes analyses.

II-3. Analyses aux laboratoires

Les paramètres étudiés aux laboratoires sont des paramètres physiologiques et biochimiques :

- ✓ Mesure de la teneur en eau ($\omega\%$).
- ✓ Dosage de la proline (mmol/gMF).
- ✓ Dosage des sucres totaux (mg/gMF).
- ✓ Dosage de chlorophylle ($\mu\text{g/gMF}$).

II-3.1. Paramètres physiologiques

II-3.1.1. Mesure de la teneur en eau ω (%)

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par (Barrs, 1968).

Selon cette méthode, les feuilles sont coupées, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF). Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 15h les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 70°C pendant une semaine et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante:

$$\omega (\%) = [(PF-PS) / (PT- PS)] \times 100 \quad \text{Equation 2 (Clark et Mac-Caig, 1982)}$$

Avec:

ω : teneur en eau.

PF : poids frais de la feuille.

PS : poids sec de la feuille (une semaine à 70°C).

PT : poids turgescence poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée environ 15 h).

II-3.1.2. Dosage de la chlorophylle ($\mu\text{g/gMF}$)

L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisée selon la méthode de McKinney, (1941). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant, 5 ml d'acétone 80%. On laisse pendant 48h à l'obscurité. Après broyer 100 mg de matière fraîche en présence d'acétone à 80%. Après filtration, On mesure la densité optique au spectrophotomètre à 663 et 645 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon.

La détermination des teneurs en chlorophylles ont été calculées par utilisation des équations suivantes :

Chlorophylle a ($\mu\text{g/gMF}$) = $12,7 \times \text{DO}_{(663\text{nm})} - 2,69 \times \text{DO}_{(645\text{nm})}$ Equation 3 (Khayyat et al, 2014) ;

Chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$) = $22,9 \times \text{DO}_{(645\text{nm})} - 4,68 \times \text{DO}_{(663\text{nm})}$ Equation 4 (Khayyat et al, 2014) ;

Chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$) = $20,2 \times \text{DO}_{(645\text{nm})} + 8,02 \times \text{DO}_{(663\text{nm})}$ Equation 5 (Khayyat et al, 2014).

DO: Densité optique.

II-3.2. Paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques consistent à mesurer les quantités des constituants des organes biologiques en général sucres solubles ; acides aminées ; Proline ; lipides ...etc.

II-3.2.1. Dosage de la proline (mmol/gMF)

La méthode suivie est celle de Troll et (Lindsley, 1955), simplifiée et mise au point par (Rasio et al, 1987).

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

- 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH).
- 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$).
- 1 ml de mélange contenant.
 - 120 ml d'eau distillée.
 - 300 ml d'acide acétique.
 - 80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4 , $d=1,7$).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C , la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule 5 mg de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une « courbe étalon », préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

II-3.2.2. Dosage des sucres solubles (mg/gMF)

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de (Dubois et *al*, 1956).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 5 ml de méthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. Portée à ébullition pendant 30 mn à 70°C, après refroidissement On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité.

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

II-4. Traitements statistiques des données

Les résultats des différentes analyses ont été traités par logiciel Minitab version 17 pour les calculs des statistiques descriptives, avec le test ANOVA à seul facteur, nous considérons que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$. Les analyses de corrélation entre les paramètres de stress ont a été traités dans Xlstat 16 .1. 4.

Chapitre III

Résultats et discussion

III-1. Résultats

III-1.1. La hauteur des sables accumulés

D'après la (Figure 12), nous remarquons que la hauteur des sables accumulés est la plus élevée pour le sol nu avec une moyenne de 0,55 (m), alors que la moyenne la plus faible des sables accumulés est observée sous *Retama raetam* 0,34 (m). Sous *Aristida pungens* et sous *Astragalus armatus* les hauteurs des sables sont respectivement 0,41(m) et 0.47 (m). Une différence significative est observée ($P= 0,010$) et ils ont formé trois groupes statistiques.

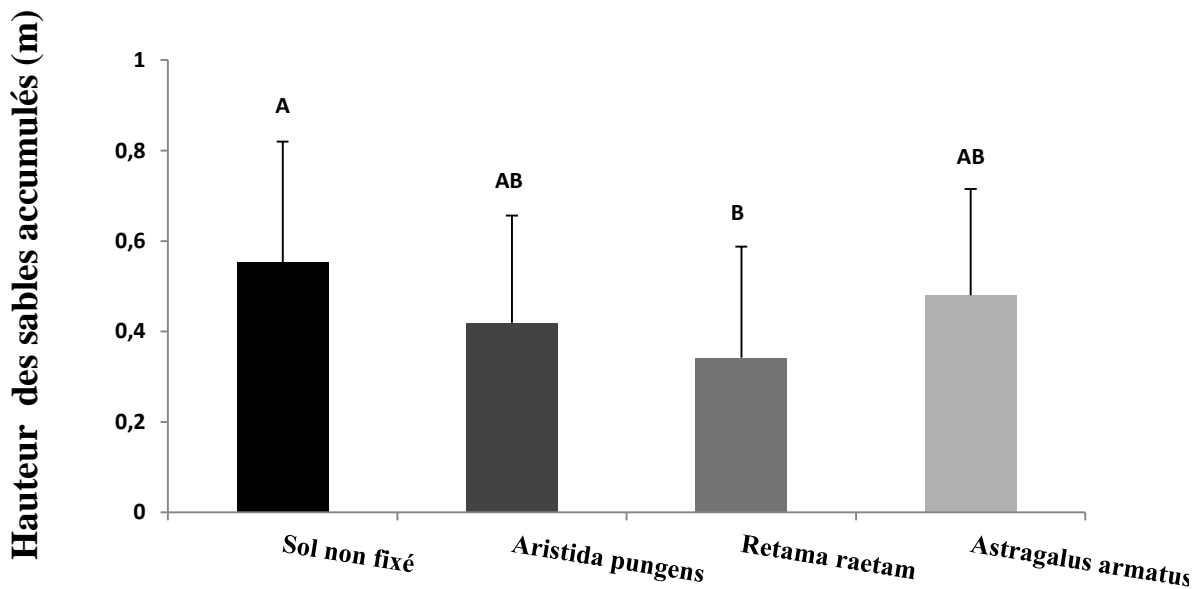


Figure 12 : Représentation de la hauteur (m) des sables accumulés.

III-1.2. Paramètres physiologiques et biochimiques des trois espèces

III-1.2.1. La teneur en eau (%)

La (figure 13) présente la teneur en eau (%) chez les trois plantes steppe. Nous remarquons que la teneur en eau la plus élevée a été enregistré chez le *Retama raetam* 62,23 (%), suivi d' *Aristida pungens* avec une moyenne de 41,13(%) ensuite par *Astragalus armatus* qui a marqué la plus faible valeur 17.41 (%). Une différence hautement significative est observée ($P \leq 0,001$), pour la teneur en eau, les trois espèces ont formé trois groupes statistiques.

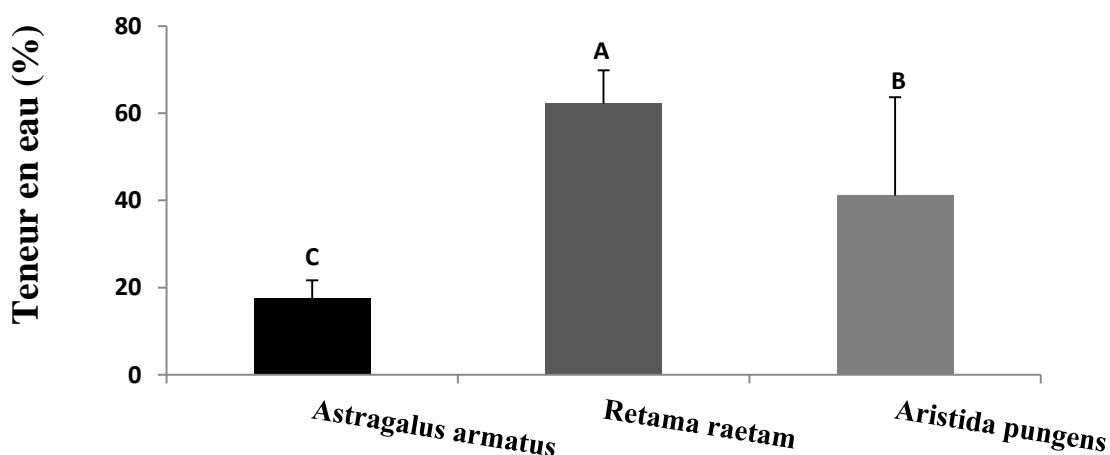


Figure 13 : Représentation de la teneur en eau (%) chez les trois espèces.

III-1.2.2. La teneur en proline (mmol/gMF)

La figure 14 présentant la teneur en proline (mmol/gMF) chez les trois espèces. Les résultats obtenus indiquent qu'il ya une différence non significative ($P= 0.138$), ils ont été classés dans le même groupe statistique. Pour *Astragalus armatus* nous remarquons que la concentration en proline accumulée est de 14.96 (mmol/gMF), chez l'espèce *Retama raetam* la concentration est 8.14 (mmol/gMF) et *Aristida pungens* a enregistré une moyenne de 9.32 (mmol/gMF).

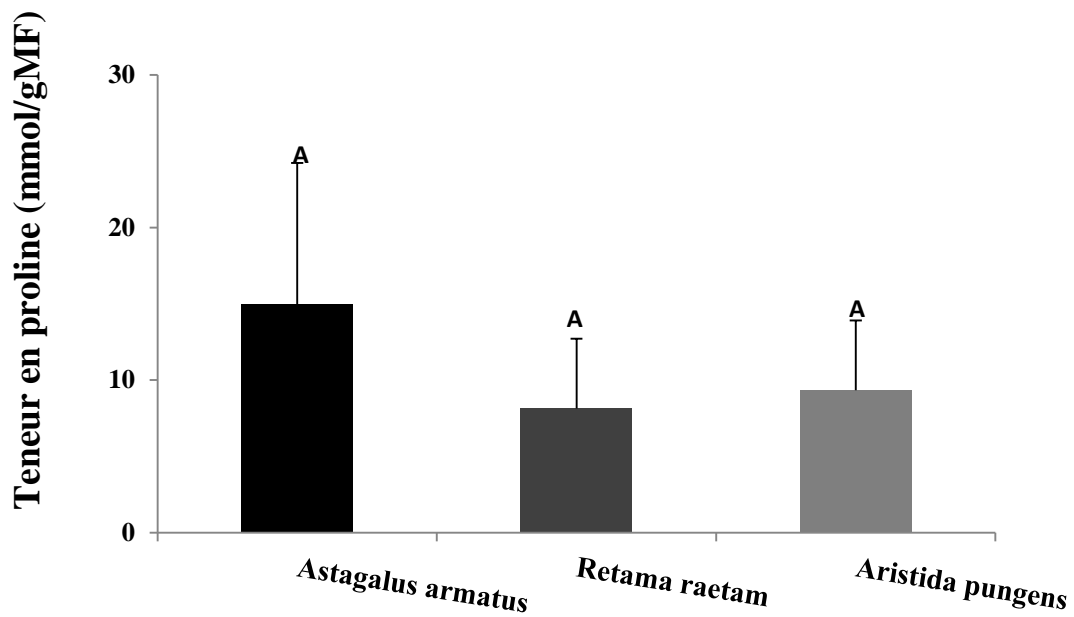


Figure 14: Représentation de la teneur en proline (mmol/gMF) chez les trois espèces.

III-1.2.3. La teneur en sucres totaux (mg/gMF)

Le graphe représenté par la (figure 15) présentant la teneur en sucres totaux (mmol/gMF) chez les trois espèces.

D'après les résultats présentés, nous remarquons que *Retama raetam* a marqué la moyenne la plus élevée, alors que des valeurs relativement faibles sont observés chez *Astagalus armatus* et *Aristida pungens*. Une différence non significative ($P= 0.295$) est observée, les trois espèces ont formé le même groupe statistique.

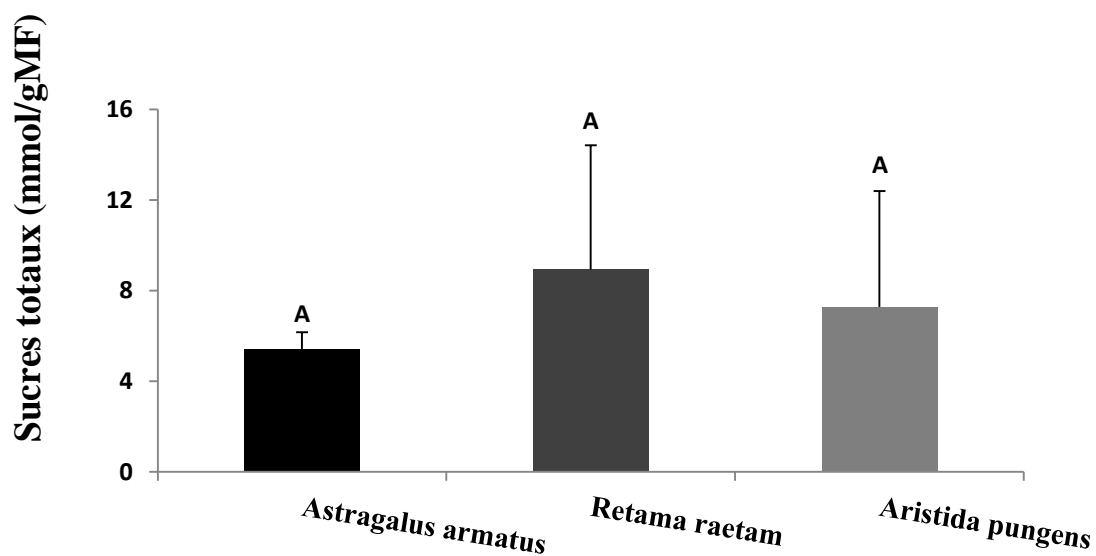


Figure 15 : Représentation de la teneur en sucres totaux (mg/gMF) chez les trois espèces.

III-1.2.4. La teneur en chlorophylle a ($\mu\text{g/gMF}$)

Les résultats de la teneur en chlorophylle (a) chez les trois espèces psammophiles (*Astragalus armatus*, *Retama raetam* et *Aristida pungens*) sont présentées en (figure 16). Nous remarquons que *Astragalus armatus* a marqué la moyenne la plus élevée ($224.56\mu\text{g/gMF}$), alors que chez *Retama raetam* et *Aristida pungens*, les valeurs sont respectivement ($68\mu\text{g/gMF}$) et ($76\mu\text{g/gMF}$). Une différence hautement significative est observée ($P \leq 0,001$), de la teneur en chlorophylle a ($\mu\text{g/gMF}$) chez les trois espèces, qui ont formé deux groupes statistiques.

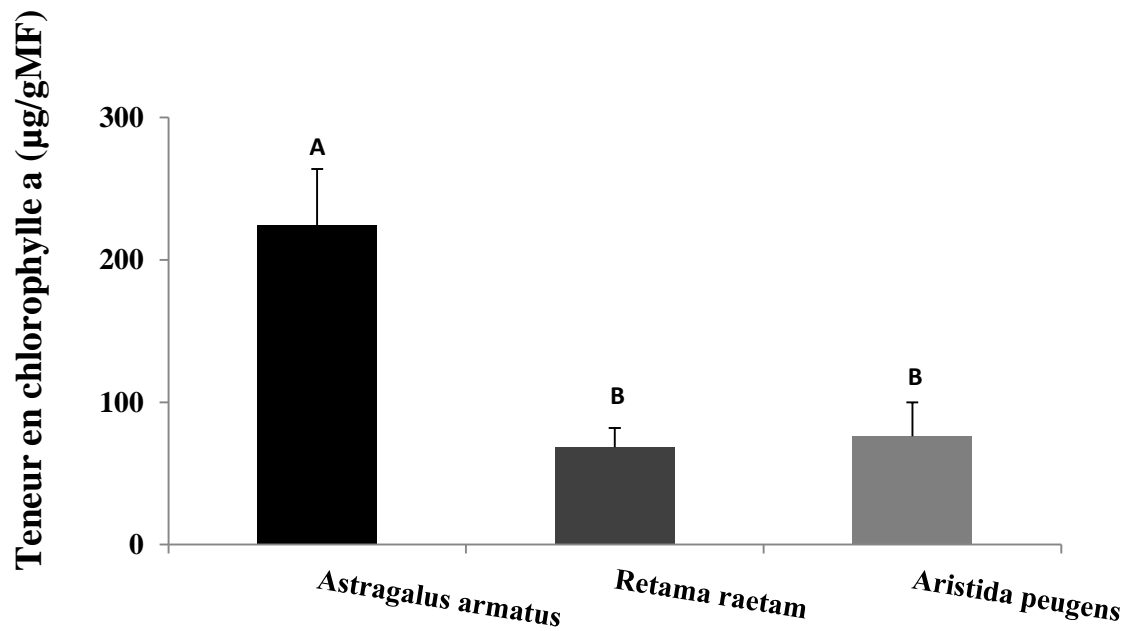


Figure 16: Représentation de la teneur en chlorophylle a ($\mu\text{g/gMF}$) chez les trois espèces.

III-1.2.5. La teneur en chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$)

D'après les résultats présentés par le graphe de la figure (17) chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$), la valeur la plus élevée est marquée chez *Astragalus armatus* ($106.59\mu\text{g/gMF}$), et suivi par celle d' *Aristida pungens* ($65.34\mu\text{g/gMF}$) ensuite par celle de *Retama raetam* ($22.04\mu\text{g/gMF}$) qui a marqué le minimum. Une différence hautement significative est observée ($P \leq 0,001$), de la teneur en chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$) chez les trois espèces qui ont formé trois groupes statistiques.

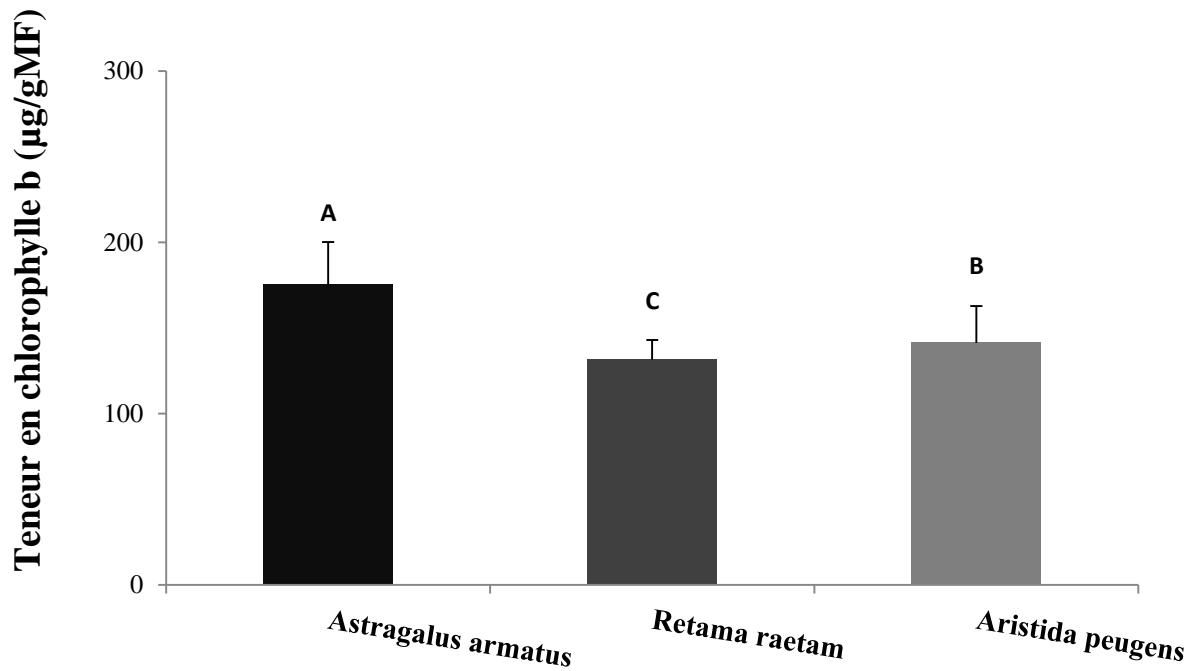


Figure 17 : Représentation de la teneur en chlorophylle b ($\mu\text{g/gMF}$) chez les trois espèces.

III-1.2.6. La teneur en chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$)

Le graphe représenté par la (figure 18) présentant la teneur en chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$) chez trois plantes psammophile (*Astragalus armatus*, *Retama raetam* et *Aristida pungens*). D'après les résultats et leur analyses il existe une différence significative ($P=0,037$) pour la teneur en chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$). La moyenne la plus élevée a été marquée chez l'espèce *Astragalus armatus* classée dans le groupe statistique (A), suivi de *Aristida pungens* classé dans le groupe (AB) ensuite *Retama raetam* avec le minimum qui la classer dans le groupe (B).

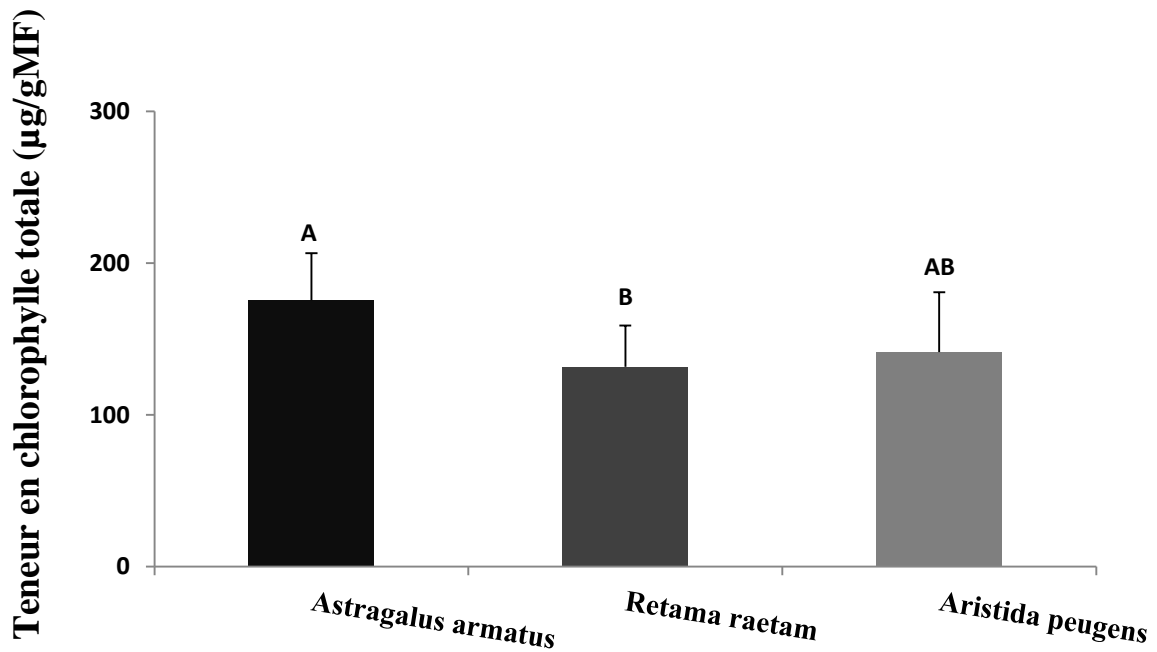


Figure 18 : Représentation de la teneur en chlorophylle totale ($\mu\text{g/gMF}$) chez les trois espèces.

III-1.2.7. Le rapport Chlo a/Chlo b

Le graphe représenté par la (figure 19) présente le rapport de la (Chlo a/Chlo b) chez les trois plantes psammophiles. Les analyses de ce paramètre montrent, qu'il est le plus élevée chez *Retama raetam* (41.04) classé dans le group (A) alors qu'*Astragalus armatus* et *Aristida pungens* est classé dans le groupe (B), mais le minimum est observé chez *Aristida pungens* (12,43). Chez les trois espèces la différence est significative ($P= 0.003$).

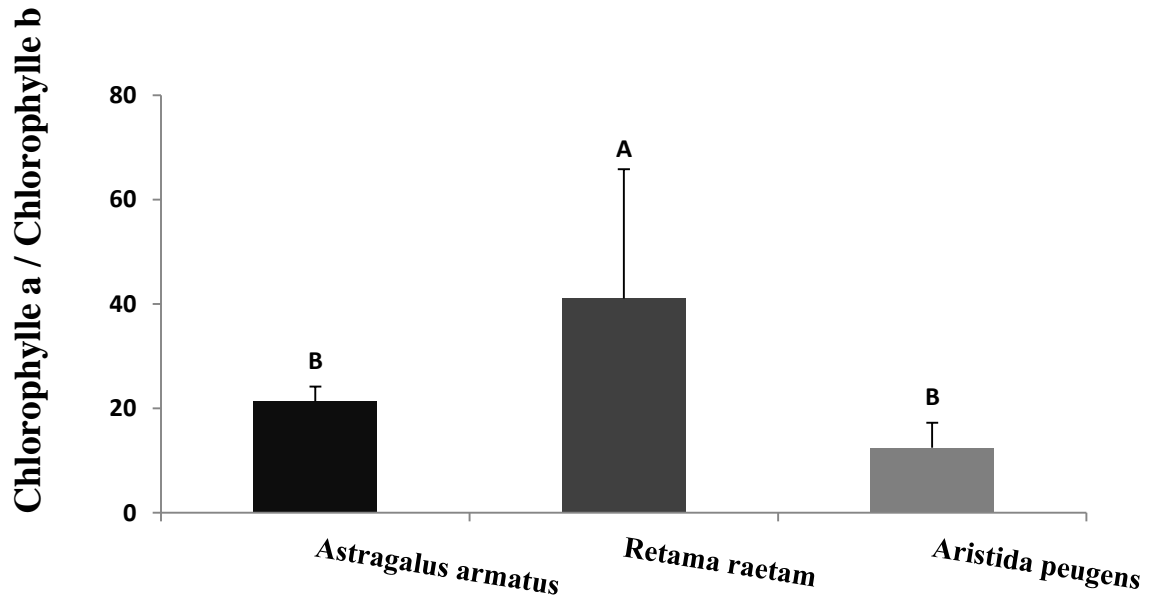


Figure 19 : Représentation de rapport (Chlo a / Chlo b) chez les trois espèces.

III-1.3. Traitements statistiques des données

III-1.3.1. Analyse en composante principale (ACP)

L'analyse en composante principale (figure 20), montre la relation entre les plantes et leurs paramètres physiologiques et biochimiques. Le premier axe montre que *Retama raetam* et *Aristida pungens* sont positivement corrélés avec l'eau et les sucres totaux. Le même axe montre aussi qu'*Astragalus armatus* est négativement corrélé avec la chlorophylle b et les hauteurs des sables accumulés mais elle est corrélée positivement avec la proline, la chlorophylle totale et la Chlorophylle b. Pour le deuxième axe *Aristida pungens* est négativement corrélée avec la hauteur de sable et chlorophylle b.

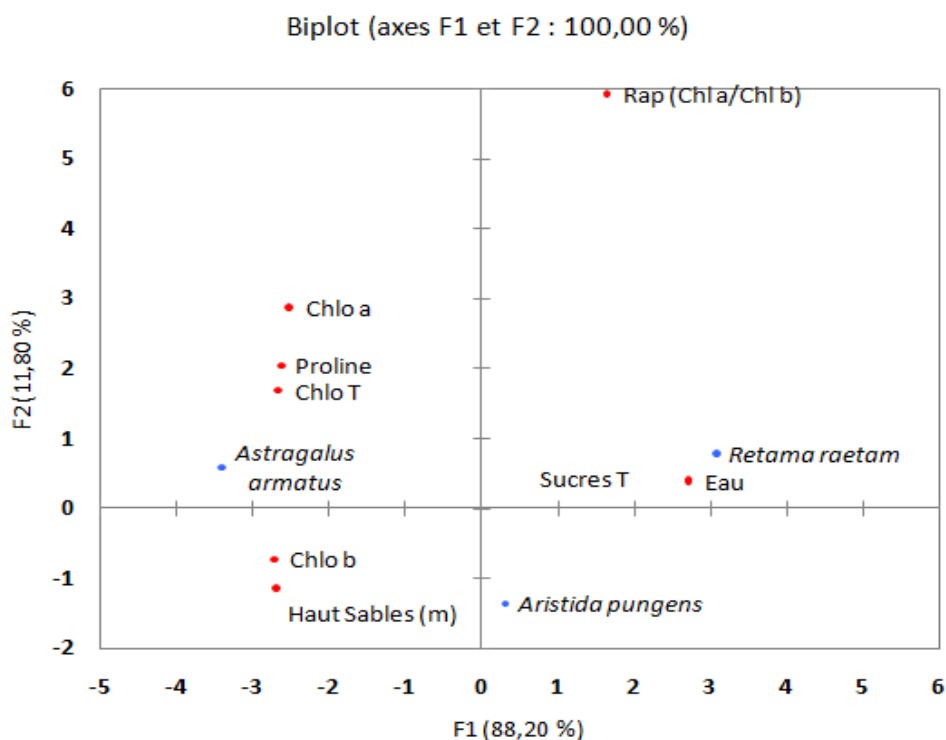


Figure 20 : Analyse en composante principale.

III-1.3.2. Corrélation entre les paramètres mesurés chez les plantes

D'après le (Tableau 6) de la matrice de Corrélation de Pearson des paramètres physiologiques et biochimiques chez les trois espèces.

Chez *Aristida pungens*, les variables les plus corrélées entre elles sont : les sucres totaux avec le rapport de la chlorophylle a / chlorophylle b ; la chlorophylle a avec la chlorophylle totale ; et la chlorophylle b avec la chlorophylle totale.

Chez *Astragalus armatus* deux paramètres sont bien corrélés avec les autres : la chlorophylle a avec la chlorophylle b, la chlorophylle totale avec la chlorophylle a et b.

Chez *Retama raetam* la corrélation montre que la chlorophylle b est bien corrélée avec le rapport de la chlorophylle a/ chlorophylle b, et avec la chlorophylle totale.

Tableau 6 : Matrice de Corrélation de Pearson des paramètres physiologiques et biochimiques des trois espèces.

	Espèces	W (%)	Proline (mmol/gMF)	Sucres totaux (mg/gMF).	Chlorophylle a (µg/gMF).	Chlorophylle b (µg/gMF).	Chlorophylle totale (µg/gMF).	Rapport Chlo a / Chlo b.
W (%)	<i>Aristida pungens</i>	1						
	<i>Retama raetam</i>							
	<i>Astragalus armatus</i>							
Proline (mmol/gMF).	<i>Aristida pungens</i>	0,049	1					
	<i>Retama raetam</i>	0,196						
	<i>Astragalus armatus</i>	-0,267						
Sucres totaux (mg/gMF).	<i>Aristida pungens</i>	0,124	0,009	1				
	<i>Retama raetam</i>	0,608	0,252					
	<i>Astragalus armatus</i>	0,011	-0,465					
Chlorophylle a (µg/gMF).	<i>Aristida pungens</i>	0,122	0,008	-0,021	1			
	<i>Retama raetam</i>	0,417	-0,276	-0,157				
	<i>Astragalus armatus</i>	0,065	0,333	-0,280				
Chlorophylle b (µg/gMF).	<i>Aristida pungens</i>	0,005	-0,459	-0,675	0,510	1		
	<i>Retama raetam</i>	-0,142	0,359	0,310	-0,034			
	<i>Astragalus armatus</i>	0,003	0,342	-0,262	0,817			
Chlorophylle totale (µg/gMF).	<i>Aristida pungens</i>	0,077	-0,245	-0,380	0,884	0,853	1	
	<i>Retama raetam</i>	0,163	0,098	0,138	0,630	0,755		
	<i>Astragalus armatus</i>	0,058	0,342	-0,284	0,997	0,862		
Rapport Chlo a/ Chlo b.	<i>Aristida pungens</i>	0,162	0,359	0,829	0,374	-0,581	-0,090	1
	<i>Retama raetam</i>	0,357	-0,037	-0,253	0,123	-0,895	-0,615	
	<i>Astragalus armatus</i>	0,130	-0,114	0,087	0,064	-0,519	-0,017	

W : Eau, Chlo : Chlorophylle.

III-2. Discussions

III-2.1. Les hauteurs des sables accumulés

L'analyse de la variance de la hauteur des sables accumulés de sol nu (non fixé par une végétation) et sol fixé par les espèces végétales a révélé une différence significative, à savoir le sol nu accumule plus de sable que le sol sous végétation, suivi par les sables accumulés sous *Astragalus armatus* et *Aristida pungens* qui sont classés dans le même groupe statistique, par contre la hauteur chez *Retama raetam* est la plus faible accumulation parmi l'ensemble du groupe étudié.

Le mot ensablement défini par Larousse désigne un amas de sable formé par l'eau ou le vent. Pour notre cas, ce mot prend un sens plus large, il désigne tout envahissement d'objets ou de surfaces par des grains de sable, aboutissant ainsi à l'accumulation de sable et à la formation des dunes. Il y a ensablement lorsque les grains de sable sont transportés par les vents (Berte, 2010) et piégés par les plantes.

III-2.2. La teneur en eau

L'analyse statistique de la variance (ANOVA) a révélé des différences hautement significatives pour la teneur en eau chez les trois plantes steppiques pérennes, la teneur en eau chez *Retama raetam* est la plus élevée.

La teneur relative en eau est l'un des critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse, proposée par (Clark et Mac-Gaig., 1982), ces auteurs ont montré que la teneur relative en eau diminue lorsque le stress hydrique augmente.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000). Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées (Clark et Mac-Caig, 1982)

Clark et Mac-Gaig (1982) attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress.

La teneur en eau dans la plante diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol. Kirkham et al (1980), relie directement la perte d'eau à la surface foliaire, plus la surface est large, plus le taux de déperdition augmente,

La meilleure adaptation au stress hydrique est la fermeture stomatique rapide, elle permet à la plante d'économiser l'eau disponible et de maintenir une teneur en eau des tissus élevés et aussi une certaine sensibilité à la déshydratation (Djekoun et Planchon, 1992 ; Djekoun et Ykhlef, 1996).

En région arides et semi arides (Albouchi et al., 2000) montrent l'existence d'une diminution du contenu relatif en eau chez les plants stressés. La teneur en eau chez *Retama raetam* est la plus élevée, alors que les espèces *Astagalus armatus* et *Aristida pungens* ne dépassent pas les 50%.

III-2.3. Proline accumulée

L'analyse de la variance a révélé des différences non significatives pour la proline accumulés chez les trois espèces. *Astagalus armatus* accumule plus de proline que le *Retama raetam* et *Aristida pungens*. Cette accumulation élevée peut être due au stress hydrique sous l'effet du climat de « Mokrane » notre zone d'étude qui est caractérisée par de faibles précipitations. Cette faiblesse a influencé sur le comportement de ces trois plantes psammophiles qui ont développé des stratégies pour résister à ce déficit hydrique.

Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress hydrique (Cechin et al., 2006). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré et al., 1995). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum, 1996).

De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle trouve en conditions défavorables (Sivarakishnan et al., 1988). Dans les conditions de stress hydrique, la cellule entraîne une accumulation élevée de la proline endogène et pourrait donc constituer une approche efficace pour atténuer les effets néfastes de la dessiccation.

L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets de stress (Acevedo et al., 1989).

Il apparaît que la proline peut conférer la tolérance des plantes aux stress par le développement d'un système antioxydant qui peut jouer un rôle d'indicateur d'ajustement osmotique (Eliane et al., 2007).

La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress et semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse son accumulation rapide lors du stress hydrique.

III-2.4. Sucres solubles accumulés

Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé une différence non significative pour la concentration des sucres totaux accumulés chez les trois plantes psammophiles. Les espèces accumulent plus des sucres totaux et cette accumulation dépend de la dureté du stress hydrique. Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui

ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (Zerrad et *al.*, 2006).

Les sucres totaux sont des indicateurs de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, Galactose, Saccharose et fructose) permettent la résistance aux différents stress (Loretti et *al.*, 2001). En effet, l'accumulation des sucres totaux chez les plantes à été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse (Ashraf, 2004).

III-2.5. Chlorophylle

D'après nos résultats de la teneur en chlorophylle totale, l'ANOVA a révélé des différences significatives. La chlorophylle totale chez *Astragalus armatus* est le plus accumulé. que *Aristida pungens* et la chute teneur en chlorophylle est marqué chez *Retama raetam*.

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhene, 1984). Par contre la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et *al.*, 2009).

Conclusion

Notre travail a porté sur une contribution à l'étude du stress chez trois espèces pérenne (*Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*) en relation avec la hauteur du sable qu'elles accumulent.

Le travail expérimental a consisté à effectuer des analyses aux laboratoires de paramètres physiologiques et biochimiques dans les feuilles fraîches des trois plantes à savoir : les pigments chlorophylliens, les sucres totaux et la proline accompagné de mesures au terrain de la hauteur des sables accumulés hors et sous les plantes.

Les résultats de mesure de la hauteur des sables accumulée ont mis en évidence le rôle des plantes dans la fixation des sables vu que la hauteur des sables la plus élevée est observée pour un sol non fixé par de la végétation.

Entre espèces végétales on pourra dire qu'*Astragalus armatus* est la plante qui accumule plus de sables étant donné que la hauteur des sables la plus élevée a été mesurée sous cette espèce.

Les feuilles de *Retama raetam* présentent une capacité de rétention d'eau la plus élevée, un paramètre qui permettra de dire que cette espèce peut résister le plus à la longueur des sécheresses.

L'activité photosynthétique est la plus élevée chez *Astragalus armatus* pour laquelle la teneur en chlorophylle totale est de (175,50µg/gMF).

Cette même espèce a manifesté une accumulation de proline remarquablement plus élevée que celles de *Retama raetam* et d'*Aristida pungens*.

La teneur en sucres solubles est relativement plus élevée chez *Retama raetam*, *Astragalus armatus* a manifesté la plus faible valeur évoquant une éventuelle médiocre qualité fourragère.

Les analyses de corrélations des paramètres physiologiques et biochimiques mesurés dans les feuilles des trois espèces ont révélé de faibles liens entre eux à l'exception des pigments chlorophylliens, ce qui permet d'avancer la nécessité de mesurer l'ensemble des paramètres.

L'analyse en composante principale évoque que *Astragalus armatus* est l'espèce la plus stressée insinuant aussi qu'elle n'est pas une vrai psammophile.

Comparativement *Retama raetam* et *Aristida pungens* semblent mieux évoluer sur le sol sableux et manifestent dans un sens large plus de tolérance aux conditions qui l'entourent à Mokrane.

Enfin ce travail a été entrepris dans un seul site de la région de Laghouat, d'autres travaux dans des sites diversifiés pourront renforcer nos résultats dans la mesure d'établir des propositions d'espèces végétales pour la fixation durable des sables pour la préservation de la steppe Algérienne.

Références bibliographiques

- **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 (ACEVEDO E., CONESA A.P., MONNEVEUX P., SRIVASTAVA J.P.ed.).Les colloques INRA, Vol.55, pp 211-224.
- **Aidoud A. et Touffet J., 1996**. La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima L.*), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. Sécheresse, vol. 7, n°3: 187-193.
- **Aidaoui A, 1994**. Etude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements, application au cas du sorgho-grain.Sorghum tricol (1) moench.These de doctorate end science de lea. E.coli National du Genie Rural des Beaux et Forest; Montpellier, France.
- **Aiouana Hanaa, 2016**. Analyse du comportement face aux paramètres abiotiques de quelques plantes dans un parcours steppique. Mémoire Master UATL. 56-60p.
- **Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. et Aouni M H., 2000**. Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acaci cyanophylla* Annales de l'INRGREF.4 :138-61p.
- **Ashref M., 2004**. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plant. Flora. 199: 361-376.
- **August 1, 1955**. The Journal of Biological Chemistry 215, 655-660. ARTICLE: Walter Troll and; John Lindsley. A PHOTOMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF PROLINE J. Biol. Chem. 1955 215: 655-
- **Barrs H. 1968**. Determination of water deficit in plant tissues. In: *Water Deficit and Plant Growth*. Koslowski T. *Academy Press*. New York. 235-368 p.
- **Benabadji N., Bouazza M., Metge G.et Loisel R., 1996**. Description et aspects des sols en région du semi-aride et aride au sud de Sebdu (Oranie-Algérie). Bull. Inst. Sci. Rabat, n°20: 77-96.
- **Benaidja Mbarka, 2016**. Effet d'un amendement à la biolegnine d'Alfa *Stipa* dans l'amélioration des caractéristiques physico-chimique d'un sol dégradé dans la région de Laghouat, mémoire master UATL, 60p.
- **Benhassine F., Biai F. 2013**. L'influence de type du sol sur l'émergence de *Aristida pungens* et *Retama raetam*. Mémoir Master UATL, 55p.
- **Beniston Nt-Ws., 1985**. Fleurs Algérie. Entreprise Nationale Des Arts Graphiques. Ed, Reghaia.Algérie, 112p.
- **Belkhodja M ., BIDAI Y., 2004** - La réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* à la salinité au stade de la germination. Edit. Sécheresse, Vol.15, N°4 pp 331-335.
- **Bethenod T ., 1980** – L'eau et les hormones .Edit. INRA, Paris, pp.150-152.
- **Blum A and EBERCON A. 1981** - Cell membrane stability as measure of drought heat tolerance in wheat. Crop Sci., Vol. 21, pp 43-47.

- **Blum A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. **20**: 135 - 148 p.
- **Bouaouina S., Zid E Et Hadji M ., 2000.** Tolérance à la salinité, transport ionique et fluorescences chlorophylliennes chez le blé dur (*Triticum durum L.*). Option Méditerranéennes N° 40, 239-243.
- **Bouhadjera K, 2005.** Contribution a l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya Africana R.Br.* Et *Aristida Pungens*
- **Boussahel S., 2011.** Etude biochimique et histologique de l'effet de quelques extraits des plantes toxiques dans la région de Sétif. U.F.A.S. Sétif, pp 9-11.
- **Bouteloup D, Nicolon P.,Six V., 2012.** Mesure des altitudes, Editions Dunod, 141p
- **Bouazza M., 1995.** Etude phytoécologique des steppes à *Stipa tenacissima L.* et à *Lygeum spartum L.* au Sud de Sebdo (Oranie, Algérie). Thèse. Doct. Es-Sci. Univ. Tlemcen.115 p + annexes.
- **Bouzarzour H., Monnoveux P., 1992 .**Analyses des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux algériens .Les colloques 1992; Vol. 64, pp 205-15.
- **Boyer, J.S. 1982.** Plant Productivity and Environment. Science, 218, 443-448.
- **Brugnoli E., Lauteri M., 1991.** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum L*) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris L*) C3 non halophytes. Plant physiol.95: 628-635.
- **CAL G., 2006 -** L'étude des mécanismes physiologiques et génétiques à l'origine du stress salin chez les plantes supérieures a mené les biologistes à choisir deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*
- **Cechin I., Rossi S.C., Oliveira V.C. & Fumis T.F. 2006.** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHEICA* **44** (1): 143-146p.
- **Chaffei C., Pageau K., Suzuki A., Gouia H., Ghorbel Mh., Masclaux Daubresse C., 2004.** Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. Plant Cell Physiol. 45:1681–1693.
- **Chibe G. 1997.** Teneur en proline des différents organes du blé dur, essai d'exploitation de conditions d'accumulation sous manque d'eau.20 p.
- **Chalabi KH., 2008.** Etude floristique des formations sahariennes et de la germination des graines de Retama (Webb) de la région de Taleb El Arbi (W.d'El Oued), Mem, Mag, U.O.F.S.D.P. PP 29-39.
- **Chaouch Ghalia, 2017.** Contribution a l'étude des stress en relation avec les paramètres morphométriques chez quelques plantes spontanées.dans la région de Laghouat .mémoir Master UATL. 57-60 p.
- **Chehma, A. -2005-** Étude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas de la région d'Ouargla et Ghardaïa. Thèse de doctorat d'Etat, Univ. Annaba, Algérie.
- **Chehma A., 2006.**Etude Floristique Et Nutritive Des Parcours Camelins Du Sahara Septentrional Algérien, Cas Des Régions DE OUARGLA ET GHARDAIA., P 87-106.

- **Clarck & Mac-Caig. 1982.** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can.J. Plant Sci.* **62**: 571-576 p.
- **Colegate S. M., Petter D.P.R., Hux T.C.R., 1985.** The isolation and determination of a toxic principle form, *swansona canescens*. *Biochem.J*191 :649-651.
- **Cramer G.R., 1993** – Displacement of Ca^{++2} from the plasmalemma of root cells. *Plant physiology* Vol. 79, pp 207-211.
- **De Raissac.,1992** – Mécanismes d'adaptation à la sécheresse de la productivité des plantes cultivées. *Agronomie Tropical*, 46-1 :29-39.
- **Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Ruberg A. & Smith F. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*.28.3:350-356p.
- **Dubois J., 2007** - Les chocs thermiques et leurs applications. Edit. Station d'amélioration des plantes, pp 55 -57.
- **Ebrahimzadeh H., Niknam V., Maassoumi A.A., 1999.** Nitro compounds in *Astragalus* species from Iran. *Biochem. Syst Ecol*, 27: 743-751.
- **El Jaafari S. 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé. Thèse de doctorat. Univ. Gembloux. Belgique: 214p.
- **Frere M., Maracchi G., and Cones C., 1987** – Agroclimatological classification of the Mediterranean and south west asian areas. In drought tolerance in winter cereals (SRIVASTA J.P., PORCEDU E., ACEVEDO E., and VARMA S. eds.)Wiley, Chichester pp 3-14.
- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, Techniques et Documentations, 429p.
- **Genmedoc., Juin 2004-Mai 2006-**Pratiques de germination dans les banques de semences du GENMEDOC. F.E.D.E.R. Europe du sud.P 29-35.
- **Guy CL., 2003** – Freezing tolerance of plants: current understanding and selected emerging concepts. *Can. J. Bot.* 81, 1216-1223.
- **Goldhirs A.G., Hankamer B And Lirs S.H., 1990** –Hydroxy-proline and praline content and cell wall of Sunflower, Peanut and cotton growth under salt stress *Plant. Sci.*, 69, p27 32.
- **Guettouche R. 1990.** Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Thèse diplôme d'agronomie approfondie.
- **Hannah MA., Wiesel D., Freund S.,Fiehn O., Heyer AG.,Hincha DK., 2006**– Natural Variation of freezing in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* Vol. 142, 98-112.
- **Heller R., ESNAULT R., et LANCE C., 1998** - Physiologie végétale 1- Nutrition, Edit édition. Edit. Dunod. 323 p.
- **Heller R., ESNAULT R., LANCE C., 2004** - Physiologie végétale .Tome1. Nutrition. Paris:DUNOD, 323p. ISBN:2-10 ,48-70.

- **Hopkins W.G., 1999** – Introduction to plant physiology. Second Edition. The University of Western Ontario. Edit. John Wiley and Sons., Ins, 512p.
- **Hopkins G W., 2003** - Physiologie végétale / traduit de l'anglais par RAMBOUR S. Edit. De Boeck, pp 38-58; 451- 458.
- **Hourérou H-N. 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, Ed. Ciheam. Montpellier, Série B : n. 10, 396p.
- **Hourérou H.N., 1996** : Climate Change, Drought And Desertification.J.Aride Environm., 34 :133-185.
- **James L.F., Hartely W.J., Williams M.C., Van Kampen K.R., 1980.** Field and experimental studies in cattle and sheep poisoned by nitrobearing *Astragalus* or their toxins. Am J Vet Res, 41: 377- 382.
- **James L. F., Hartely w. J., Van Kampen K. R., 1981** : Syndromes of *Astragalus poisoning* in livestock.J.Am. Vet. Med.Assoc.1981 ; 178 :146-150.
- **James L.F., Van Kampen K.R., Hartley W.J., 1983.** *Astragalus bisulcatus*: a cause of selenium or Locoweed poisoning. Vet. Hum. Toxicol., 25 (2) : 86- 89.
- **James L.F., Shupe J.L., 1986.** Selenium accumulators. In current Veterinary Therapy, Food animal practice 2, Howard J.L., ed. Philadelphia, WB Saunders : pp 394-396.
- **Jones H.G., Flowers T.J. & Jones M.B. 1989.** Plants Under Stress. Univ. Cambridge.
- **Khayyat, S. and A.E.G. Amr, 2014.** Synthesis and biological activities of some new (Nα-dinicotinoyl)-bis-L-leucyl linear and macrocyclic peptides. Molecules, 19: 10698-10716
- **Kylin A., Quatrano R S., 1975:** Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance., In: Poljakoff-mayber and J. Gale, Eds. Palnts in saline environments. Springer-verlag, New York: 147-167.
- **LABERCHE J-C . 2004.** La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e(éd). Paris: 154 - 163 p.
- **Levitt J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. *Academic Presse*, New York.
- **Madar, 2008** : ministère de l'agriculture et du développement rural.note sur la steppe 2.7p.
- **Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006.** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer*:1-14 p.
- **Malle H., Daamach F. 2017.** Contribution à l'étude de l'espèce *Aristida pungens* en Algerie. Ecologie et germination, 72p
- **Marcel Pouget, 1980.** Les relations sol végétation dans les steppes sud-algéroises, 553p
- **McKinney C. 1941.** Absorption of light by chlorophyll solution. Journal of Biological Chemistry140, 315-322
- **Mittler R., 2002.** Living under a dormant canopy : a molecular acclimation mechanism of the desert plant *Retama raetame*. The plant journal. Blackwell ScienceLtd.(2001) 25(4), 407-416.
- **Monneveux P., CHABALE R ., LEWICHI S., 1993** – Etude du comportement de lignées d'orge dans différentes conditions de sécheresse en Espagne .Estimation du role de la capacité

d'ajustement osmotique dans l'adaptation à la variabilité environnementale .In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne .Diversité génétique et amélioration variétale .colloques 64 pp.101-116.

- **Monneveux P., THIS D., 1995** – Intégration des approches physiques génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales .In :quels avenir pour l'amélioration des plantes ?Dubois j. Demarly .Ed .Aupelf UREF .pp.169-164.
- **M'rahs S., Ouerghi., Havaux M., Lachaal M et al., 2004** - Expressed sequence tags from *Thellungiella halophilla*, a new model to study plant salt-tolerance. *Plants SCIENCE*, n°3, Vol. 166, pp 61-71.
- **Nedjraoui D. 1981.** Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse3eme cycle. USTHB, Alger. 156p.
- **Nedjraoui, D. 2002.** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres U.R.B.T BP 295 ALGER – GARE ALGERIE.15P.
- **Ozenda, P. 1958.** Flore du Sahara septentrional et central. Ed. CNRS, Paris, 485 p.
- **Ozenda, P. 1991.** Flore de Sahara, 3ème édition mise à jour et augmentée, Ed C.N.R.S. Paris, 662 Pages.
- **Parida Ak. Das Ab., 2005:** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review., *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60: 324-3
- **Passioura JB. 1996.** Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation* 20, 79-83.49.
- **Quezel P. Et Santa S., 1954.** Contributions à la Flore de l'Afrique du Nord. IV- Contribution à la Flore du Hoggar. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* 44 : 55-67p.
- **Quezel P., et Santa S., 1962-1963-**Nouvelle Flore DE L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol 2. Ed. CNRS, Paris, 170p.
- **Quezel P et Barbéro M. 1990.** Les forêts méditerranéennes : problèmes posés par leur signification, écologique et leur conservation. *Acta Botanica Malacianata* (15): 145-178.
- **Rasio A., Sorrentino G., Cedola M.C., Pastore D. & Wittner G. 1987.** Osmotic and elastic adjustment of durum wheat leaves under stress conditions. *Genetic Agr.* 41: 427 - 436 p.
- **Rathinasabapathi B., Sigua C., Ho J., Gage Da., 2000:** Osmoprotectant B-alanine betaine synthesis in the Plumbaginaceae: S-adenosyl-L-methionine dependent N-methylation of b-alanine to its betaine is via N-methyl and N, N-dimethyl b-alanines., *Physiologia Plantarum* 109: 225-231.
- **Riou C ., 1993** – L'eau et la production végétale .Sécheresse.2.75-83.
- **Saadaoui koueder, 2013.** Analyse de la flore dans trois unités géomorphologique dans un parcours steppiques à Laghouat. Master UATL.60p.

- **Savouré A., Jaoua S., Hua XueJun., Ardiles W., Van Montagu M. & Verbruggen N. 1995.** Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .**372**: 13 -19 p.
- **Sahraoui M., Mokhtari H. 2017.** Etude diachronique du comportement de deux espèces *Retama raetam* et *Astragalus armatus* dans la région de Laghouat cas de Sidi Makhlou. Mémoire Master UATL. 67p.
- **Stephanopoulos G., 1999.** Metabolic fluxes and metabolic engineering .Metabolic Studies. Analysis and Synthesis (Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J., eds), Vol. 15: 147-167., Springer, Berlin.
- **Tripathy B.C., Tawari A.K., 1998** – Temperature stress induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat .Plant Physiol .1 Vol. 17, 851-858.
- **Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R.J. & 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.
- **Turner NC., 1986** .Adaptation to water deficits: a changing perspective. Edit. Aust J Plant Physiol, Vol. 13, pp 175-90.
- **Yuan H, Rossetto D, Mellert H, Dang w, Srinivasn M, Johnson J, Hodawadekar S, Ding EC, Speicher K, Abshiru N. 2012** MYST protein acetyltransferase activity requires active site lysine autoacetylation. *EMBO J* 31(1) : 58-70.
- **Zohary M., 1962**-Plant life of Palestine. The Ronald Press New York.