

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي الأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière: Sciences Ecologiques

Option: Ecologie Végétale et Environnement

Réalisé par:

Sebkhawui Maroua hibat elmaoula

Benyahia Mohammed elsseddik

THEME

Contribution à l'étude des Effets de variations climatiques sur le comportement physiologique de deux espèces steppiques *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*.

Devant les jurys :

Prénom et nom	Grade	Qualité
Yousfi Mustapha Nacer	MAA	Président
Souffi Ibtissam	MAA	Examinatrice
Boumediene Mohammed Abdelmadjid	MAA	Promoteur

Année universitaire:

2020/ 2021

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadreur, Mr Mohamed Abdelmadjid Boumeddiene, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance. Qu'il trouve ici le témoignage de nos profondes gratitudee.

Nous tenons aussi à remercier Mme Houyou Zohra d'avoir eu la gentillesse et la patience pour son assistance tout au long de ce travail, de nous prodiguer son aide.

Nous voudrions également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques pertinentes.

Nous tenons aussi à remercier monsieur le chef du département de Biologie à l'Université de Amar Telidji Laghouat, Professeur Chaibi Rachid ainsi que tous les enseignants du département surtout Mme Souffi et Mr Youcfi pour leur soutien inestimable. Et à tous nos enseignants qui nous initiés aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'une profonde gentillesse !!!

À tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail Merci infiniment

Merci à vous tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents avec tous mes pleins sentiments de respect d'amour et de gratitude, qui m'ont encouragé à aller de l'avant et pour assurer mon éducation dans les meilleures conditions; mes parents qui ont attendue avec patience les fruits de cela. Que Dieu les garde.

A la mémoire de ma chère grand-mère.

A mon cher frère Mohamed et mes chères sœurs Hiba et Khadidja, je leurs souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

A mon fiancé Mohamed amine qui n'est pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu le protège.

A mes copines, Spécialement ma chère Anfel Takhi.

*A tous les membres de ma famille SEBKHAOUI et
BEN ALI.*

*A tous mes collègues de Master 2 écologie végétale et
environnement.*

Maroua.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents «Abbas » et «Zoulikha » que j'aime tellement, et qui m'ont soutenu tout au long de mes études, soit financièrement ou moralement, en leur souhaitant une longue vie, santé, bien-être et bonheur et j'espère les rendre fiers de moi

Mes très chères sœurs biens aimés: Ikram, Salsabil, et Nour à qui je souhaite une vie pleine de joie, de bonheur et de succès.

A la mémoire de mon défunt grand mère.

A tous mes amis surtout: Chaïa Bendahgane et Maroua Fatima Zahra Guellouza, avec qui j'ai passé de très bon moments, et qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide, je leurs souhaite plein de bonheur et beaucoup de succès.

Et à tous ceux qui me sont chers.

Mouhammed El Seddik

Liste des abréviations

IUCN	Union internationale pour la conservation de la nature
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
UNCCD	Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification
mm	Millimètre
USAGE	Projet USAGE (2012-2014, ONEMA)
ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques
APG III	Angiosperme Phylogénie Groupe
m	Mètre
<i>R. monosperma</i>	<i>Retama monosperma</i>
<i>R. retam</i>	<i>Retama retam</i>
<i>R. sphaerocarpa</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>
°C	Degrés Celsius
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
SPS	Saccharose Phosphate Synthase
ALA	Alanine
IAP	Institut Algérien du Pétrole
Km	Kilomètre
%	Pourcent
µm	Micromètre
Pf	Poids frais
Ps	Poids sec
mmol/g MF	Milli mole par gramme de Matière fraîche
Do	densité optique
Nm	Nanomètre
ml	Millilitre
m/s	Mètre par seconde
mg/ g MF	Milligramme par gramme de Matière fraîche
pH	Potentiel hydrogène

Liste des figures

N° de figures	Titres	Pages
01	Arbuste de <i>Genista raetam</i> (Cliché original, 2021).	7
02	Touffe de <i>Stipagrostis pungens</i> (Cliché original, 2021).	11
03	Facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress d'après (Bray et <i>al</i> , 2000 in Touchard, 2006).	13
04	La voie de transduction d'un signal de réponse à un stress abiotique chez la plante d'après (Roeder, 2006).	14
05	Conséquences du stress hydrique sur la plante (Kotchi, 2004).	16
06	Carte de la wilaya de Laghouat.	25
07	Localisation des sites d'étude dans la région de Laghouat.	31
08	Photo de site Kef mokrane (Cliché original, 2021).	31
09	Photo de site Dhaya ghebliya (Cliché original, 2021).	31
10	Photo de site Hamda (Cliché original, 2021).	31
11	Dosage de proline (Cliché original, 2021).	33
12	Dosage de sucres totaux (Cliché original, 2021).	34
13	Dosage de chlorophylle (Cliché original, 2021).	35
14	Température moyenne (°C).	36
15	Vitesse du vent (m/s).	37
16	Précipitations (mm).	38
17	Humidité relative de l'air (%).	38
18	Représentation de teneur en eau chez les deux espèces dans les saisons.	41
19	Représentation de chlorophylle totale chez les deux espèces dans les saisons automne, hiver et printemps.	42
20	Représentation de sucres totaux chez les deux espèces dans les trois saisons automne, hiver et printemps.	43
21	Représentation de la proline accumulée en (mmol/ g MF) chez les deux espèces étudiées dans les trois saisons.	44

Liste des tableaux

N° de tableaux	Titres	Pages
01	Les données de la climatologie dans la zone d'étude dans les trois saisons.	39
02	Les valeurs des paramètres mesurés sur les plantes dans les trois saisons.	40
03	Le tableau suivant présente les résultats globaux qui obtenues dans notre travail.	45

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Chapitre I : Revues bibliographique

I. Généralité sur les espèces étudiées	6
1. Généralité sur les fabacées	6
2. Présentation de <i>Genista raetam</i>	7
2.1. Systématique de <i>Genista raetam</i>	7
2.2. Description	8
2.3. Distribution géographique, en Algérie et dans le monde	8
2.4. Mécanisme d'adaptation	9
2.5. Associations symbiotiques	9
2.6. Intérêt de <i>Genista raetam</i>	9
2.6.1. Intérêt économiques	9
2.6.2. Intérêt environnemental	10
2.6.3. Intérêt écologiques	10
3. Présentation de <i>Stipagrostis pungens</i>	11
3.1. Systématique de <i>Stipagrostis pungens</i>	11
3.2. Utilisation	12
3.3. Description	12
3.4. Répartition et habitat	12
II. Le stress chez les plantes	13
1. Définition	13
2. Les stress abiotiques et les réponses des végétaux	13
3. Les différents types de stress	15
3.1. Stress hydrique (déficit hydrique et sécheresse)	15

3.2. Stress salin	16
3.3. Stress thermique (température critique).....	17
3.3.1. Stress due au froid	18
3.3.2. Le stress provoqué par le gel	18
3.3.3. Le stress induit par les températures élevées	19
3.4. Le stress éolien	19
3.4.1. Effets mécaniques	19
3.4.2. Effets physiologiques	19
4. Accumulation des sucres solubles	19
5. Accumulation de la proline	21
6. La chlorophylle	23

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude	25
1. Localisation de la wilaya de Laghouat	25
2. Cadre Géologique de la wilaya de Laghouat	25
3. Cadre géomorphologique de la wilaya de Laghouat.....	26
3.1. Les reliefs.....	26
3.1.1. Les Djebels et montagnes	27
3.1.2. Les piémonts	27
3.1.3. Les surfaces subhorizontales	27
3.2. Les Hautes surfaces (Glacis et Terrasses)	27
3.2.1. Les formations encroûtées du quaternaire ancien	27
3.2.2. Les formations plus ou moins encroûtées du quaternaire moyen ...	28
3.2.3. Les formations du quaternaire récent et actuel	28
3.3. Les dépressions (Dayas)	29
3.4. Les formations éoliennes	29
3.4.1. Les formations éoliennes anciennes et fixées	29
3.4.2. Les formations éoliennes mobiles non ou peu fixées	30
3.4.3. Voiles sableux	30
4. Collecte de données climatiques	30
5. Partie pratique	30
5.1. Travail de terrain	31
5.1.1. Collecte des échantillons de feuilles des plantes et de sol	32

5.2. Travail de laboratoire	32
5.2.1. Analyses de la matière végétale	32
5.2.1.1. Les paramètres physiologiques	32
1. La teneur en eau (%)	32
5.2.1.2. Les paramètres biochimiques	32
1. Dosage de la proline (mmol/g MF)	32
2. Dosage des sucres totaux (mg/g MF)	34
3. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF)	35
6. Traitements et analyses statistiques des données	35

Chapitre III : Résultats et discussion

I. RESULTATS	36
1. Climatologie de la région	36
1.1. Température	36
1.2. Vitesse du vent	37
1.3. Précipitations	37
1.4. Humidité relative de l'air	38
2. Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour chaque plante ...	40
2.1. Paramètre physiologique des plantes.....	40
1. La teneur en Eau(%)	40
2.2. Paramètres biochimiques des plantes	41
1. Teneur en Chlorophylle totale (mg/ g MF)	41
2. Teneur en Sucres totaux (mg/ g MF)	42
3. Teneur en Proline accumulée (mmol/ g MF)	43
II. DISCUSSION	46
1. Teneur en eau	46
2. Chlorophylle totale.....	46
3. Sucre totaux	47
4. Proline accumulée	48
Conclusion	49

Introduction

L'Algérie présente une grande richesse écosystémiques (zones humides, massifs montagneux, écosystèmes steppiques et sahariens) et bioclimatique (humide, subhumide, semi-aride, aride et désertique). Cette variabilité a joué un grand rôle dans la diversité: en effet 5 402 taxons, (en comptant les sous espèces, les variétés et les formes), sont recensés (Quézel et Santa, 1962) parmi lesquels on relève 168 espèces endémiques algériennes et 1 611 espèces rares, très rares ou rarissimes (Zeraïa, 1983).

Après des siècles fortement marqués par une activité agropastorale en déclin dans de nombreuses régions du pays, se sont les bouleversements climatiques (désertification, sécheresses, inondations), biologiques (invasions acridiennes) et surtout l'intensification de l'activité humaine (agriculture intensive, urbanisation, industrie, développement des infrastructures) qui constituent, directement ou indirectement, un danger potentiel pour la diversité végétale. Afin de protéger ce patrimoine, une stratégie nationale a été élaborée, portant création des aires protégées et protection par la loi de certaines espèces menacées ou vulnérables (IUCN, 2001). Une réactualisation des connaissances sur la biodiversité des espèces algériennes basée sur une approche cytogénétique et palynologique, se révèle donc, d'une importance capitale afin de délimiter les espèces, de comprendre leur liens de parenté et leur processus évolutif. Les données recueillies pourront constituer sans aucun doute un apport remarquable dans l'optique de conservation et de valorisation du patrimoine biologique.

Selon (GIEC, 1995 ; Tsalefack, 1999), la variabilité climatique est une modification plus ou moins importante sur un intervalle relativement court des paramètres du climat global de la terre ou encore de ses divers climats régionaux. Ces modifications sont généralement dues à des processus intrinsèques à la terre ou encore aux influences externes (Olongo, 1975). D'après la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNCC, 1995 in Démangeot, 1998), la notion de variabilité climatique s'applique aux changements climatiques qui sont uniquement d'origine naturelle. Les changements climatiques consistent en une variation ou une modification à long terme de la condition moyenne ou de la variabilité du temps, à une échelle régionale ou planétaire (Tsalefack, 1999). Cet écart est mesuré par des changements dans toutes les conditions associées au temps comme la température, les régimes de vent et les précipitations. Selon (Hulme et *al.*, 2005 in Haensler A. et *al.*,

2013), les études d'impact des changements climatiques, menées sur la base de scénarios de changements climatiques au cours du XXI^e siècle, le continent africain enregistrera le niveau le plus élevé de réchauffement, avec des conséquences dramatiques sur les moyens de subsistance (GIEC, 2001 in Haensler A. et *al.*, 2013) affirment cependant, qu'en termes de changements saisonniers et de variabilité, tous les scénarios ne prévoient pas une variation du niveau des précipitations sur l'ensemble du continent.

Le terme désertification est le pendant médiatique de dégradation des sols et de la végétation, de déplacements des sables et des dunes, de manque d'eau, de conditions de vie difficiles dans un environnement hostile.

La désertification est définie par les (Nations unies, 1992) comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». Plus précisément, selon la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification, cette dégradation des terres procède de mécanismes naturels induits ou exacerbés par l'homme. Elle se manifeste par une détérioration de la couverture végétale, des sols et des ressources en eau. Elle aboutit, à l'échelle humaine de temps, à une diminution ou à une destruction du potentiel biologique des terres ou de leur capacité à supporter les populations qui y vivent. Elle constitue un obstacle majeur pour le développement rural durable des zones sèches et l'élévation du niveau de vie des populations. Les conséquences environnementales et économiques de la dégradation des terres ne se limitent pas aux pays qui en sont les victimes. Ses effets peuvent être considérables du point de vue de l'appauvrissement de la biodiversité et de la réduction de la fixation du carbone. Elle contribue à la paupérisation des populations et au développement des migrations.

Il s'agit d'un processus complexe qui conduit à la réduction de la fertilité du milieu naturel, donc à la baisse des revenus des habitants et, finalement, à l'extension de la pauvreté. Des pratiques agricoles qui étaient autrefois adaptées ne le sont plus quand la population double et quand les pluies se raréfient.

La lutte contre la désertification est donc indissociable de la question du développement durable des zones arides et semi-arides.

L'Afrique et l'Asie sont les plus touchées : Afrique au nord du Sahara, Sahel et

Corne de l'Afrique, de larges parties de l'Afrique de l'Est et Australie ; l'Inde, le Pakistan, une partie de la Chine, les pays de l'Asie centrale et du Moyen-Orient ; le Mexique, une partie du Brésil, de l'Argentine, du Chili. Les régions menacées correspondent à 40 % des terres disponibles de notre planète. En 2000, 70 % des terres arides étaient soumises à ce processus de désertification, soit 3,6 milliards d'hectares. Cela concerne plus d'un milliard de personnes.

Les pays menacés ont des économies qui reposent essentiellement sur leurs ressources naturelles renouvelables et leur produit intérieur brut est très sensible aux épisodes de sécheresses prolongées et à la dégradation de ces ressources.

Tous les scénarios développés par le Millenium Ecosystème évaluation envisagent l'aggravation de ce processus dans les prochaines décennies, tant pour des raisons liées aux changements climatiques qu'en raison de pratiques d'élevage et de culture inadaptées, de l'instabilité des prix agricoles et de l'insécurité qui est présente dans beaucoup de pays. Si rien ne change, dans 25 ans, ce sont plus de 2 milliards de personnes qui seront touchées, dont 700 millions en Afrique. (UNCCD, 1994).

Les régions steppiques algériennes sont situées entre deux chaînes de montagnes : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, s'étendant sur une surface de terres d'environ 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie), sur une longueur de 1000 kilomètres et une largeur variable, de 300 kilomètres à l'ouest et 150 kilomètres à l'est. L'altitude va de 400 à 1200 mètre. La steppe est caractérisée par une forte contrainte climatique (insuffisance des pluies avec un isohyète variant de 100 à 400 mm, vents violents et parfois chauds, etc.) et édaphique (sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques). La steppe algérienne comptait en 2003 environ 7,2 millions de personnes dont 50%. La végétation, qui subit un processus de contraction, est caractérisée par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et graminéennes qui couvrent 10% à 80% du sol et dont le développement est variable, en fonction des pluies (Le Houerou, 1995). L'activité de l'élevage occupe une place assez importante dans la vie économique de l'espace steppique. Le cheptel, essentiellement ovin, qui y vit, représente environ 70% de l'effectif total du pays, soit 14 millions de têtes sur 20 millions en 2010. Les communautés tribales exploitent les espaces de parcours qui sont propriété commune sur la base d'un droit de jouissance coutumier. Les terres cultivées qui représentent une faible fraction de l'espace steppique sont appropriées à titre individuel selon les règles de la communauté (Khaldi, 2014).

Les plantes spontanées développées sur des milliers d'années s'adaptent et s'harmonisent parfaitement avec toutes les conditions ; notamment en milieux arides. En Algérie; les milieux arides offrent des opportunités exceptionnelles pour l'évaluation et la compréhension des mécanismes impliqués dans la diversification et l'adaptation des plantes en relation avec l'évolution de leur environnement (Amirouche et Misset, 2009) Le déterminisme et l'expression de la biodiversité au sein des systèmes écologiques sont devenus des préoccupations importantes de l'écologie du paysage et des communautés (Hustan, 1994).

La position de chaque espèce dépend d'un ensemble de facteurs écologiques tels que la sécheresse, la nature du sol, l'humidité et la géomorphologie, Les plantes en général exigent des conditions environnementales optimales pour une croissance normale, mais elles sont souvent sujettes à des facteurs extrêmes de potentielle hydriques, température et salinité, en engendrant différents types de stress. (HOPKINS, 1999; BOUAOUINA et *al.*, 2000).

De nombreuses études ont montré que la proline protège les plantes contre les contraintes environnementales en stabilisant la structure et les fonctions des macromolécules et des organites (Hare et *al.*, 1998). Il a été démontré que la proline peut fonctionner comme une molécule chaperonne capable de protéger l'intégrité des protéines et d'améliorer l'activité de certaines enzymes. Il a été proposé que la nature amphiphile de la proline lui permet de créer des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau ou des macromolécules. Influant directement sur la distribution des espèces végétales (Medjber et Tegui, 2014).

Les sucres des plantes (glucose, fructose, saccharose, raffinose ...) jouent un rôle fondamental dans la résistance de la plante à différents stress. On parle d'un nouveau concept de Sweet Immunity ou défense liée aux sucres (USAGE 2012-2014, ONEMA).

Dans ce travail nous allons étudier l'effet des variations climatiques sur deux espèces steppiques *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens* et leur réaction physiologique par le proline et les sucres libres totaux contre le stress causé par les facteurs climatiques dans la région de Laghouat.

Notre mémoire est organisé de la manier suivante Chapitre I : Etude bibliographique sur les espèces étudiées et les paramétrer concernant, puis une deuxième

chapitre Matériel et méthodes qui va regrouper une présentation de la région de Laghouat et les sites d'étude ainsi que les différentes méthodes et techniques adoptées pour la réalisation de ce travail. Dans le troisième chapitre seront présentés les résultats obtenus et discussions. Le document sera clôturé par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Revue bibliographique

I. Généralité sur les espèces étudiées :

1. Généralité sur les fabacées :

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

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

Certaines Fabacées sont cultivées essentiellement pour leur richesse en protéines (33% de protéines) pour la consommation humaine (haricot, pois, fève,...) ou l'alimentation du bétail (soja, luzerne,...). D'autres espèces sont cultivées comme espèces ornementales, papetières ou encore comme source de produits chimiques (teintures) et pharmaceutiques.

Les fabacées spontanées d'intérêt fourrager et pastoral sont appelées à jouer un rôle déterminant dans l'alimentation du cheptel en Algérie.

Celles-ci peuvent réduire l'important déficit fourrager en valorisant certains milieux particuliers : enclaves forestières, sols en pente, terres mises ou à mettre en valeur, parcours steppiques et autres. En effet, les fabacées sont des espèces riches en protéines et dont la valeur nutritive est supérieure à celle des graminées (Caputa, 1967).

Elles comportent l'avantage majeur de la fixation symbiotique de l'azote qui permet d'avoir un matériel végétal de choix pour l'intensification agricole. (Caputa, 1967).

En Algérie, les fabacées ligneuses occupent une place importante et jouent un rôle important dans l'équilibre de milieu naturel et la lutte contre la désertification (H.Taieb-Brahim-Bokhari et *al.*, 2007).

2. Présentation de *Genista raetam* :**2.1. Systématique de *Genista raetam* :**

Du point de vue systématique, le genre *Retama* a fait l'objet de dénomination variée et fut longtemps confondu avec le genre *Genista et Spartium* (Shallaby et al., 1972).

Selon (Quezel et Santa, 1962) le genre *Retama* et leurs espèces suivent le taxon suivant :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Famille : Fabacées

Sous-famille : Papilionacées

Genre : *Retama*

Tribu : Genisteae

Espèce : *Genista raetam*

Nom vernaculaire : R'tem



Figure 1 : arbuste de *Genista raetam* (Cliché original, 2021).

2.2. Description :

Le nom de Retam dérive du nom biblique « Rotem » (Zohary, 1962 ; Shallaby et *al.*, 1972). Il fut modifié par les Arabes en « R'tem » ou « retam » et appelée communément « R'tem ». Cette plante est constituée de tiges ligneuses qui portent de longs rameaux verts fortement sillonnés dépourvus de feuilles ou portant des feuilles précocement caduques.

L'écorce de ces rameaux contient de la chlorophylle et remplace ainsi les feuilles dans le phénomène de photosynthèse. Ces rameaux alternes et rigides sont porteurs de stomates confinés dans des cryptes entourés de poils. Les parois de cellules externes sont épaisses et l'épiderme est recouvert d'une épaisse cuticule (Evenari et *al.*, 1971 ; Shallaby et *al.*, 1972).

Les fleurs très odorantes sont en grappes de couleur blanche d'où le nom attribué très souvent à cette plante le « Genêt blanc ».

Les gousses sont ovoïdes et aiguës renfermant un à 2 graines de couleur jaune ou vert olive. La forme du rameau de Retam, en fait malheureusement d'excellentes claies destinées à épaissir les murs des cabanes, les plus grosses branches sont brûlées dans les foyers (Thomas, 1968).

Les racines sont profondes et touchent en permanence les couches humides du sol (Selami, 2004). Elles peuvent accéder 10m (Zohary, 1962), et même 20m de longueur (Stocker, 1974), elles fixent solidement le sable des dunes mobiles par ancrage dans le substratum dur. D'après Zohary (1962) les parties de la plante, aplaties après passage des vents violents, adhèrent à la surface du sol et de nouvelles racines latérales apparaissent ainsi.

2.3. Distribution géographique, en Algérie et dans le monde :

Retama retam est une plante du bassin méditerranéen. Son aire d'extension va du Maroc jusqu'en Syrie. Cette espèce est rencontrée particulièrement en Algérie (Thomas, 1968 ; Stocker, 1974), en Libye (Turner, 1986), en Tunisie (Choumovitch et Serres, 1953-1954), en Egypte (Abdallah et Seleh, 1989), au Moyen orient: Israël, Syrie, l'Arabie Saoudite, Palestine, Liban et aussi en Grande Bretagne, Sicile et en Australie (Selami, 2004).

En Algérie selon Quezel et Santa (1962), elle colonise les dunes et les lits des oueds, les auteurs précisent que c'est une plante des sables. Elle est rencontrée au Sahara Septentrional et atteint au sud le Tademaït et le Hamada de Tinghert.

Selon Maire (1987), la variété *rigidula* f. *phaeocalyx* est assez commune dans les Aurès méridionaux, Boussaâda, dunes des hauts plateaux et de l'Atlas Saharien. Tandis que la variété *Duriaei* f. *numidica* est commune sur le littoral du nord.

2.4. Mécanisme d'adaptation :

Le genre *Retama* présente des caractères xérophytiques, parmi ces caractères on peut citer, la perte des feuilles pour diminuer la transpiration. Les tiges vertes, sont les seuls organes photosynthétiques de la plante. La rareté des stomates et leurs confinements dans des cryptes entourées de poils ou l'air y est toujours humide contribue à la diminution de la transpiration (Ighil-Hariz, 1990).

Les espèces du genre *Retama* possèdent un système racinaire profond qui peut dépasser 25m en profondeur fournissant ainsi le contact permanent avec les couches humides du sol ce qui leur permet de résister à la sécheresse fréquente des zones arides et semi-arides (Haase et *al.*, 1996).

2.5. Associations symbiotiques :

Les trois espèces du genre *Retama* font partie des espèces nodulantes, capables de produire des associations symbiotiques avec des bactéries. Ces nodosités sont de type indéterminé pour *R. monosperma* (Selami, 2001) et *R. retam* (Selami, 2004 ; Kaid-Harche et *al.*, 2006). L'inoculation mycorhizienne du *R. sphaerocarpa* L. (Boiss) par le *Glomus intraradices*, *Glomus deserticola*, *Glomus mosseae* (champignon mycorhizien à vésicules arbusculaires) permet une augmentation de la taille de la plante de 47% par rapport au plants témoin, cette association permet aussi d'augmenter leur teneur en azote total, améliore leur absorption phosphorique (Caravaca et *al.*, 2003), et d'augmenter les activités de toutes les enzymes antioxydants dans *R. sphaerocarpa* (Alguacil et *al.*, 2003).

2.6. Intérêt de *Genista raetam* :

Comme les fabacées, les Rétames peuvent répondre à 3 préoccupations majeures, l'enrichissement des sols en azote organique, la dépollution azotée et la restauration écologique (Canadian Lavelle, 1999)

2.6.1. Intérêt économiques :

Les fabacées (*Genista raetam*) très riches en azote (du fait de son association avec des bactéries fixatrices d'azote) peuvent remplacer efficacement les engrais azotés chimiques (Canadian Lavelle, 1993).

Autres emplois : couverture et enrichissement des sols, utilisation comme fourrage

pour l'alimentation du bétail et peut être utilisée dans l'industrie papetière.

2.6.2. Intérêt environnemental :

Dans les pays développés, la sur utilisation des engrais chimiques (nitrates) conduit à une pollution des sols et des nappes phréatiques, constituant aujourd'hui un problème inquiétant. La réintroduction des fabacées joue le rôle d'engrais non polluant ou encore d'engrais retard (la décomposition des plantes est lente et adaptée à l'utilisation de l'azote par d'autres plantes, ce qui limite les pertes azotées par lessivage comme dans le cas des engrais chimiques, permettrait de limiter cette pollution (Canadian Lavelle, 1993).

2.6.3. Intérêt écologiques :

C'est une espèce qui présente un grand intérêt écologique en zone saharienne : elle est fixatrice de sable mobile donc susceptible d'aider à la lutte contre la désertification et l'érosion éolienne, amélioration de la teneur du sol en matière organique et accroissement de la productivité biologique du milieu. Il a été démontré que l'accroissement de la teneur du sol en matière organique, dans les systèmes à base de fabacées, améliore les propriétés physiques du sol. Ces améliorations incluent un accroissement de la porosité du sol, de la stabilité globale et une meilleure rétention et disponibilité de l'eau (Greenland, 1971 in Pontanier et *al.*, 1995).

Des essais de fixation biologique des dunes en Tunisie présaharienne portant sur six espèces autochtones (*Lotus creticus*, *Argyrolobium uniflorum*, *Arsitida pungens*, *Rhantherium suaveolens*, *Calligonum azel* et *Retama raetam*) ont montré que *Retama retam*, arbuste psammophyte, grâce à son potentiel germinatif élevé, sa tolérance au stress hydrique et son mode de ramification racinaire caractérisé par un long pivot (Ben Dali, 1987), cette espèce a pu coloniser ces milieux fragiles avec des taux d'installation de (8,6 %). D'après ce résultat, *Retama retam* peut être considéré comme une espèce pionnière apte à coloniser les cordons dunaires. Son utilisation dans les opérations de revégétation de ces milieux fragiles est recommandable (Ferchichi, 1996).

3. Présentation de *Stipagrostis pungens*:

L'Aristide, est un genre de plantes herbacées de la famille des Poaceae, sous-famille des Arundinaceae, qui comprend environ 300 espèces des régions arides du monde. Ces plantes se distinguent par la présence de trois arêtes sur la lemme de chaque fleuron.

Stipagrostis pungens est un membre de la famille des Poaceae, connue en arabe sous le nom de drinn.

3.1. Systématique d'*Stipagrostis pungens*:

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

Sous famille : Aristidoideae

Genre : Aristida

Espèce : *Stipagrostis pungens*



Figure 2 : touffe de *Stipagrostis pungens* (Cliché original, 2021).

3.2. Utilisation :

Stipagrostis pungens est une grande plante vivace avec des racines profondes et de longues feuilles. Extrêmement résistant à la sécheresse, le drinn pousse dans des zones avec aussi peu que 70mm de pluie par an. Plante alimentaire traditionnelle en Afrique, cette céréale a le potentiel d'améliorer la nutrition, de renforcer la sécurité alimentaire, de favoriser le développement rural et de soutenir une protection durable des terres (National Research Council, 1996).

3.3. Description :

Les espèces de ce genre sont souvent pérennes, plus rarement annuelles. Les tiges sont érigées, et présentent parfois, en plus des feuilles basales, des feuilles caulinaires. Le limbe des feuilles peut être plat ou enroulé, et les feuilles basales peuvent être en touffe (Flora of China, 1994)

Les inflorescences sont en forme de panicule lâche ou dense dans ce dernier cas, elles ressemblent à un épi (Flora of Pakistan, 1978). Chaque épillet ne comporte qu'une seule fleur (Flora of China, 1994), (Flora of Pakistan, 1978). Les glumes des épillets sont étroites et lancéolées, habituellement sans aucune arête, tandis que les lemmes sont coriaces, ornées de trois nervures et munies de trois arêtes insérées près du sommet. Les arêtes peuvent être très longues ; chez *Aristida purpurea* var. *longiseta*, elles peuvent même dépasser les 10 centimètres. Les fleurs contiennent 3 étamines (Flora of China, 1994).

Le fruit est un caryopse à péricarpe adhérent. L'embryon représente toujours moins de 50% de la longueur du caryopse (Clayton et al., 2010).

3.4. Répartition et habitat :

Les espèces de ce genre sont présentes sur tous les continents, en climat tempéré chaud ou tropical sec. Elles poussent sur des sols secs et pauvres, dans des zones arides, mais ne colonisent généralement pas les déserts. (Flora of China, 1994).

II. Le stress chez les plantes :

1. Définition :

Les scientifiques adoptèrent le terme de stress pour tout facteur environnemental potentiellement préjudiciable pour les organismes vivants. Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie.

Donc 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 (Jones et *al.* 1989) ou encore une condition non optimale causée par un facteur qui tend à altérer l'équilibre des fonctions d'un organisme (Orcutt et *al.* ,2000).

2. Les stress abiotiques et les réponses des végétaux :

Les stress environnementaux ou (abiotiques), comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes positives et négatives sont des conditions de stress qui affectent la croissance et le rendement des plantes.

Contrairement aux animaux, qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables, les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux changements environnementaux en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques (Agronomie, 2006).

Leurs réponses face aux différents stress sont influencées par la nature et l'intensité du stress en cause mais aussi par l'historique des espèces, cultivars et géotypes représentés. Chacun étant adapté à des conditions spécifiques par l'évolution et la sélection naturelle (Grime, 1989).

Elles peuvent éviter les effets de stress en accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress, ou sinon résister par des mécanismes de tolérance (Fig 3).

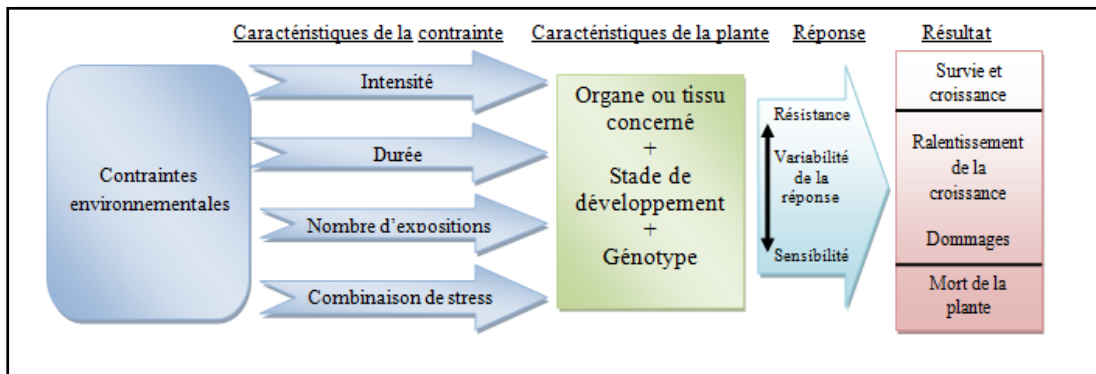


Figure 3 : Facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress d'après (Bray et *al.*, 2000).

Les mécanismes de réponse au stress peuvent être spécifiques ou communs à plusieurs stress. On parle de Cross-tolérance lorsque les mêmes voies de réponse sont employées pour répondre à des stress différents (Pastori and Foyer, 2002).

Les réponses cellulaires et moléculaires des plantes aux conditions de stress ont été très étudiées. Les mécanismes par lesquels elles perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses adaptées déterminent chaque jour leur survie (Agronomie, 2006).

La connaissance de ces réponses, basées sur la transmission (la transduction) de signaux de stress, est très importante afin d'améliorer la réponse des plantes cultivées aux différents stress environnementaux.

Ainsi, une voie de transduction d'un signal commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et de facteurs de transcription (Fig 4).

Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression de gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques (Roeder, 2006).

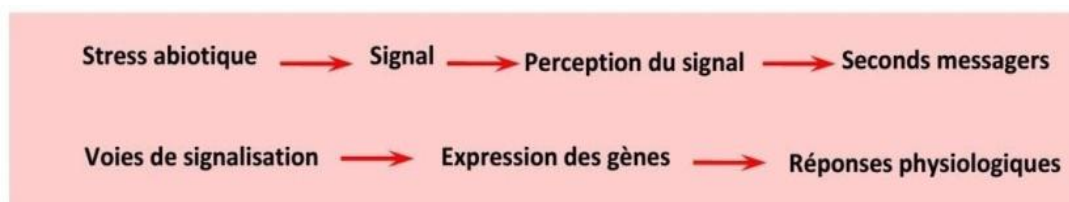


Figure 4 : La voie de transduction d'un signal de réponse à un stress abiotique chez la plante d'après (Roeder, 2006)

Ainsi, lorsqu'une plante subit un stress, il y a une perte importante d'eau au niveau des cellules, provoquant une tension entre la membrane plasmique et la paroi végétale, un dysfonctionnement de la photosynthèse, et donc une baisse de rendement. Pour y remédier, la plante synthétise, entre autre :

Des osmoprotectants, comme la proline ou la glycine bêtaïne, qui permettent de maintenir l'équilibre en eau entre la cellule végétale et l'environnement extérieur;
Des protéines spécifiques;

Accumulation des sucres, malate, alanine aspartate et glutamate; Des acides gras afin de modifier la perméabilité de la membrane plasmique.

3. Les différents types de stress :

3.1. Stress hydrique (déficit hydrique et sécheresse) :

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau se traduisant par une réduction de croissance de la plante et /ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteur ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation suboptimale des tissus (Lamaze et *al.*, 1994).

D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent etc.) (Lamaze et *al.*, 1994).

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 quand à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce que inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004).

Le stress hydrique peut être défini comme toute restriction hydrique qui se traduit pour 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 déficit hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde. 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 ou 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 (Mekay, 1985 in Boostma et *al.*, 1996).

La sécheresse a été définie par Baldy (1986), comme une combinaison complexe de contraintes hydriques et thermiques qui diffèrent considérablement d'un environnement de production à un autre et d'une année à une autre. Levitt (1980), définit la sécheresse comme une période caractérisée par un manque de pluies qui conduit le plus souvent à un stress hydrique.

Selon De Raissac (1992), il ya sécheresse dès que l'eau devient facteur limitant de la croissance et du rendement.

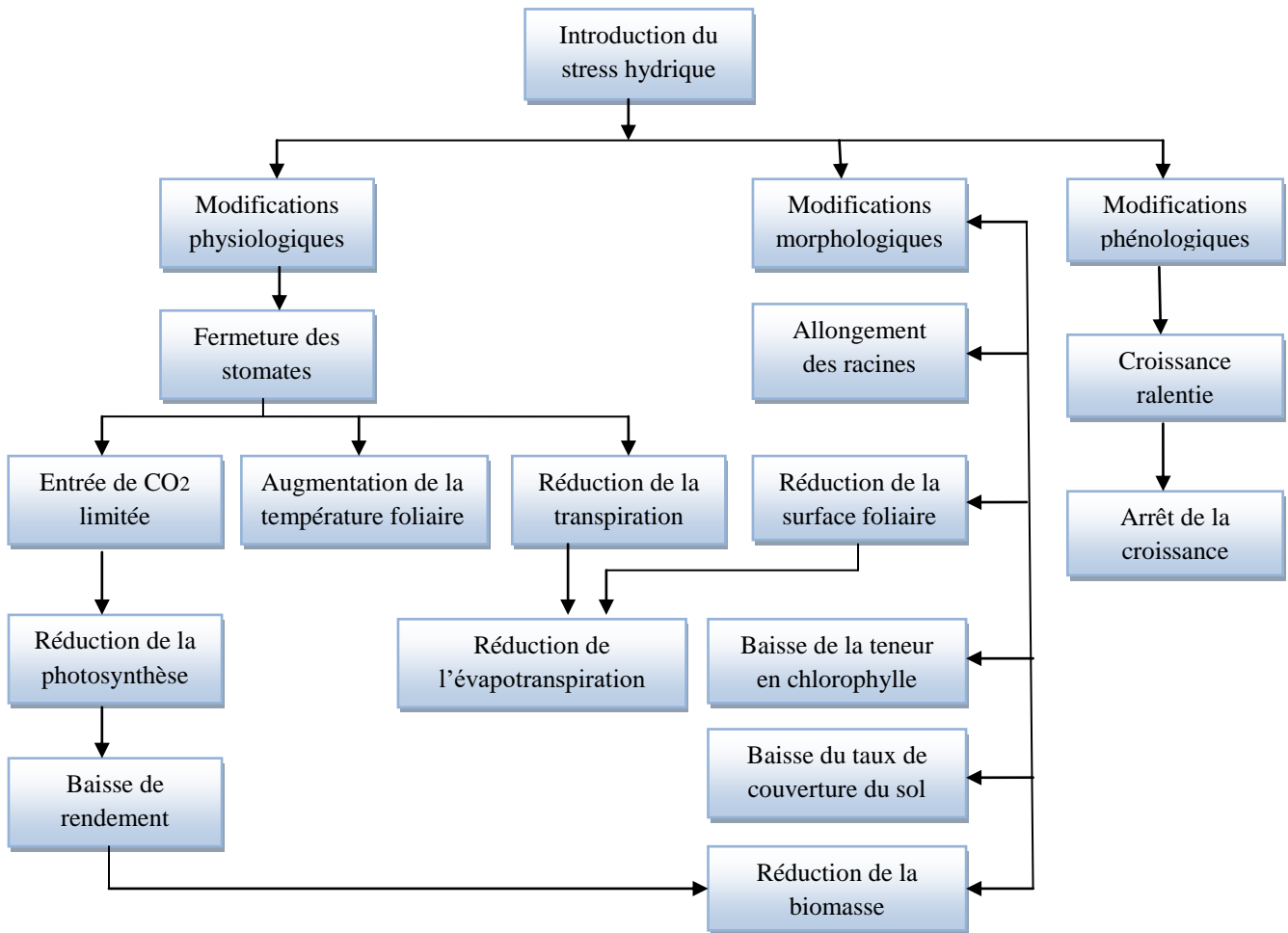


Figure 5 : Conséquences du stress hydrique sur la plante. (Kotchi, 2004)

3.2. Stress salin :

La concentration en sels dans l'environnement d'une plante varie énormément, elle peut être insuffisante ou excessive. Alors que le terme de stress salin induit par de faibles concentrations salines (carence en ion) ou bien s'applique surtout à un excès d'ions (Hopkins, 2003). Donc la présence de concentrations élevées de sel dans la rhizosphère crée un stress.

La salinisation est le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans Le sol

et a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes techniques les plus importants à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (Anonyme, 2006).

A la surface du globe existent de vastes zones où une salinité élevée fait naturellement partie de l'environnement (Hopkins, 2003). L'eau saline occupe 71% de la surface de terre, environ la moitié des systèmes d'irrigation existant du monde sont sous l'influence de la salinisation, le phénomène d'invasion marine qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires « souterraines pour leur approvisionnement en eau. En Algérie, ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran (phénomène analogue au niveau de la sebkha). L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé localement des problèmes de pollution et de dégradation du sol (Morsli, 2007).

Les sels apportés par l'eau d'irrigation s'accumulent dans les sols mal drainés réduisent le rendement agricole, et peuvent finalement empêcher toute culture. Cette détérioration du sol touche plus du quart des surfaces arables de certaines régions (exemple : Irak, Pakistan...) (Jacques, 2002).

3.3. Stress thermique : (température critique)

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au delà, elle s'annule et la réponse des plantes est très variée. Certaines sont tuées ou lissées alors que d'autres plantes s'acclimatent ou tolèrent (Hopkins, 2003).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement ou réversiblement, la fonction ou le développement des plantes et par fois la mort de la plante. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les

températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

Température critique : Le stress thermique est souvent défini par l'action de températures critiques. On entend par températures critiques, les températures minima et maxima au dessous et au dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation (Diehl, 1975).

La fourchette des températures compatibles avec la croissance des plantes est généralement comprise entre 0°C et 45°C. Dans ces limites la tolérance à la température dépend fortement de l'espèce (Hopkins, 2003). On observe seulement quelques exception : Conifère de Sibérie, peuvent vivre normalement jusqu'à -65°C, lichens des régions froides assimilant encore à -20°C, le cactus peut résister à des chaleurs de 60°C (René, 1977). Donc on peut définir trois types de températures extrêmes qui peuvent causer des dégâts aux plantes : le froid, le gel et les températures élevées (Hopkins, 2003).

3.3.1. Stress due au froid :

Beaucoup de plantes en particulier celles originaires de régions à climat chaud sont endommagées par une exposition à des températures basses. Des plantes comme le maïs (*Zea mays*), la tomate (*Lycopersicum esculentum*), le concombre (*Cucurbita sp*), le cotonnier (*Gossypium hirsutum*) et le bananier (*Musa Sp*) sont particulièrement sensibles et montrent de lésion lorsqu'elles sont exposées à des températures inférieures à 10°C ou 15°C. Même certaines espèces des régions tempérées comme le pommier (*Malus sp*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) et l'asperge (*Asparagus sp*) présentent des lésions à des températures légèrement supérieures à 0°C (de 0°C à 5°C) (Hopkins, 2003).

3.3.2. Le stress provoqué par le gel :

Le stress provoqué par le gel est fréquemment rencontré chez les arbres et les buissons des régions tempérées. Les plantes les plus résistantes peuvent subir des dommages importants ou mourir lorsqu'elles sont exposées à des températures de zéro degrés ou situées juste en dessous, lors de périodes de croissance active (Hopkins, 2003). C'est la formation de glace et non pas la basse température en soit qui endommage les cellules végétales (Hopkins, 2003).

3.3.3. Le stress induit par les températures élevées :

L'un des problèmes aux quels les plantes sont confrontées dans des conditions où les radiations solaires sont intenses et la température élevée est l'absorption d'énergie par les feuilles dont la température peut facilement être de 5°C au dessus de la température ambiante (Hopkins, 2003).

3.4. Le stress éolien :

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

3.4.1. Effets mécaniques :

Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force, entraînant l'abrasion de leurs tissus. Dans les zones où les particules sont prélevées, les racines se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée. Dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement ensevelie.

3.4.2. Effets physiologiques :

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

4. Accumulation des sucres solubles :

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source glucidique rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiats de la plante. Ce sont des intermédiaires métaboliques qui sont également une forme de transport et qui peuvent être, dans certains cas, considérés comme une forme de stockage. Ainsi, le saccharose, sucre soluble majoritaire de la plupart des espèces, contribue largement au stockage hivernale en s'accumulant dans les vacuoles. Son accumulation est initiée par une baisse des températures hivernales et contribue à augmenter la résistance au froid (Gomez et al., 2003). L'accumulation de sucres dans les cellules peut accroître la tolérance à la déshydratation chez les plantes via leur effet osmotique qui limite les pertes d'eau par la cellule. L'accumulation de sucres va réprimer l'expression de gènes de remobilisation des réserves, de photosynthèse voire la photosynthèse elle

même et activer les gènes de stockage et métabolisme carbonés (Pego et *al.*, 2000). Le saccharose et l'amidon sont les premiers glucides stables, issus des processus photosynthétiques du cycle de Calvin et de la voie du glycolate. L'amidon s'accumule dans le chloroplaste, tandis que le saccharose synthétisé dans le cytosol est stocké dans la vacuole ou transféré vers les organes puits (Nouri, 2002). Beaucoup d'auteurs ont mis en évidence le rôle protecteur des sucres sur les membranes, en particulier mitochondriales (Todd, 1972 ; Duffus, 1989 in Bammoun, 1997; Duffus et Binne, 1990 in Bammoun, 1997). Leur présence permettrait le maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. Outre ce rôle protecteur des membranes, les hydrates de carbone protègent les processus par lesquels les enzymes sont synthétisés (Parker, 1968 in Bammoun, 1997), ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et une meilleure résistance à la sécheresse (Duffus, 1989 in Bammoun, 1997), (Cortes et Sinclair, 1987), (Geingenberger et *al.*, 1997) ont attribué l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylacées suite à leurs conversions rapides en saccharose, fait qui pourrait aussi être attribué à une inhibition de la synthèse de l'amidon. Donc, leur accumulation résulte d'avantage d'un déséquilibre métabolique; que d'une adaptation réelle de la cellule au stress en altérant la compartimentation des métabolites.

Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont: le glucose, fructose et le saccharose (HARE et *al.*, 1998), et ces derniers semblent jouer un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante. Par ailleurs il a été observé que sous stress hydrique, les réserves amylacées sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose, qui pourrait être associé à une inhibition de la synthèse de l'amidon (Geingenberger et *al.*, 1997) ; donc le stress altère la compartimentation en faveur de la synthèse du saccharose, qui est attribuée d'une manière exclusive à l'activation de la Saccharose Phosphate Synthase (SPS), par une phosphorylation réversible des protéines (Kim et *al.*, 2000; Mastrangelo et *al.*, 2000); et ceux ci suggèrent le rôle osmotique joué par le saccharose et les autres monosaccharides dans la baisse du potentiel osmotique et par voie de conséquence dans l'ajustement osmotique, chez les différentes plantes et leur confèrent une tolérance vis à vis du stress.

Les sucres solubles auraient un rôle majeur dans l'ajustement osmotique: leur participation à l'abaissement du potentiel osmotique a été mise en évidence chez le Sorgho (Jones et *al.*, 1980) et le blé (Johnson et Nguyen , 1984). De même, Raxio et *al.*, (1994) trouvent que l'accumulation des sucres réduit chez le blé dure été associée à une diminution du potentiel osmotique quand le stress hydrique augmente graduellement.

Les principaux sucres qui s'accumulent sont le Glucose, le Fructose et de Saccharose (Hare et *al.*, 1998). Ils protègent les processus de synthèse des enzymes, ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la sécheresse (Duffus et Bininie, 1990).

5. Accumulation de la proline :

La proline est un acide aminé non polaire avec une structure cyclique. Elle est très soluble dans l'eau. La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique (C₅H₉O₂N) par sa structure chimique qui contient des fonctions polyalcool et aminoacide manifeste des affinités pour les groupements carbonés des protéines, protégeant ainsi leur intégrité structurale. L'étude de l'accumulation de la proline chez les végétaux soumis aux contraintes mésologiques a été abordée par de nombreux auteurs et les résultats obtenus indiquent une augmentation dans la concentration de l'acide aminé proline chez les plantes exposées au stress du froid. La proline peut intervenir en régulant par l'augmentation de sa concentration la pression osmotique interne, mais aussi en inhibant les mécanismes d'auxésis (Samai, 1991). D'autres auteurs, proposent qu'elle constitue un stock d'azote utilisable par la plante postérieurement à la période de souffrance hydrique. (Dib et *al.*, 1992) Addition nullement, la synthèse de la proline peut être incluse dans la régulation du Ph cytoplasmique, (Bellinger et Larher, 1987). Par conséquent, elle aide dans la stabilisation des protéines membranaires et des protéines libres, ceci suggère qu'elle a un rôle osmoprotecteur, du fait qu'elle est la plus accumulée dans les plastides, les mitochondries et le cytosol, mais non dans les vacuoles ; ceci suggère que les chloroplastes et les mitochondries importent la proline, et la vacuole a une activité exportatrice du moment que la concentration de la proline est faible à son niveau par rapport au cytosol au court du stress. Chez les plantes soumises à un régime de stress, Kemple et Mac Pherson (1954), Barnett et Naylor (1966) ainsi que Hubac et Chouard (1973), in Nemmar, (1983) soulignent une élévation de la teneur en proline et remarquent que cette accumulation est une conséquence directe du déficit hydrique. Hubac (1967) et Le Saint (1969) montrent

que la proline exogène appliquée aux plantules augmente leur résistance à la sécheresse. Blum et Ebercon (1976) notent chez le sorgho l'existence d'une relation entre capacité d'accumulation de la proline et aptitude de récupération de la plante à l'issue d'un stress, et suggèrent que l'acide aminé sert d'énergie lors du retour aux conditions normales

Dreier (1987) rapporte que l'augmentation de la teneur en proline est une réponse protectrice des plantes à tous les facteurs qui entraînent une diminution en eau du cytoplasme. En effet, le transport de la proline de la source (lieu de synthèse) au site de la résistance est admis depuis longtemps comme un paramètre important dans l'acquisition de cette résistance (Bellinger et *al.*, 1989). Chez les plantes supérieures, la proline est accumulée en cas de stress, aussi bien suite à une augmentation de sa production que par une réduction de sa dégradation (Nakastantinova et *al.*, 1998 in Roeder, 2006). L'accumulation de la proline se produit après l'acquisition de la résistance, c'est plutôt une conséquence qu'une cause de l'endurcissement (Côme, 1992). La proline, localisée principalement dans le cytoplasme, agirait comme un cryoprotectant durant l'exposition de la plante à des températures gélives (Delauney et Verma, 1993; Galiba, 1994). Chez le tabac et *A.thaliana*, des études décrivent simultanément la surexpression du gène codant la delta-pyroline-5-carboxylase et l'inactivation du gène codant la proline désydrogenase montrant que la plante résiste mieux à un stress salin (Roeder, 2006). Enfin, la proline est souvent considérée comme un excellent marqueur de l'endurcissement au gel. La connaissance de la cinétique d'accumulation permet la caractérisation de la résistance des plantes (Hubac et Viera, 1980 in Moulineau, 2006).

La teneur en acides aminés libres augmente significativement en situation de déficit hydrique chez le Sorgho et le tournesol; chez cette dernière espèce, cela explique 7% de la baisse du potentiel osmotique (Jones et *al.*, 1980). Parmi ces acides aminés, la proline semble jouer un rôle particulièrement important. L'étude de l'accumulation de la proline chez les végétaux soumis aux contraintes hydriques a été abordée par divers auteurs. Les résultats obtenus indiquent une augmentation de la proline chez les plantes exposées à différents stress. Cette augmentation, induit le maintien d'une pression osmotique interne élevée (Bouras, 2001).

En effet, l'accumulation de la proline est proportionnelle à la durée et à l'intensité du stress. De ce fait elle devient de plus en plus utiliser pour la sélection des espèces et

des variétés les plus résistantes à la sécheresse (Bouras, 2001), son accumulation rapide lors d'un cycle de sécheresse a été mise en évidence chez de nombreuses plantes (Raizi et *al.*, 1985, Monneveux et Nemmar, 1986).

Singh et Rai, (1980) constatent que l'effet d'un stress hydrique sur la croissance des plantes d'orge est accompagné par une augmentation marquée de l'accumulation de proline.

Hanson et *al.*, (1977) montrent dans le cas des plantes d'orge que les feuilles se dessèchent au delà d'un certain seuil d'accumulation de la proline, ainsi que chez la tomate (Aloni et Rosenchtein, 1984), le blé (Dib et *al.*, 1992), et le blé tendre (Tan et Halloran, 1982).

Singh et *al.*, (1973) ont noté, chez les céréales soumises à l'action de la sécheresse, des accumulations de proline d'autant plus importantes que les géotypes sont plus résistants.

Certains chercheurs pensent que l'accumulation de la proline est un simple symptôme de l'action du manque d'eau (Hanson et *al.*, 1985). Par contre des auteurs ont considérés que la proline n'est pas un indicateur de l'action du manque d'eau, mis un indicateur de son degré, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité du stress. D'autres auteurs pensent que l'accumulation est un véritable indicateur de résistance la sécheresse, en maintenant un potentiel hydrique intrinsèque élevé (Hubac et Guerrier, 1972; Sing et *al.*, 1972; Singh et *al.*, 1973; Stewart et Lee, 1974, Drier, 1987; Tall et Rosental, 1979).

6. La chlorophylle :

La chlorophylle est très importante dans le processus de la photosynthèse. En effet, elle est un catalyseur pour les réactions. La température affecte à court et à long terme la photosynthèse, les plantes peuvent, à des degrés divers, s'acclimater à des changements, cette acclimatation peut provoquer une baisse de la photosynthèse (Cornic, 2007). La modification de la composition et des teneurs en pigments serait donc un caractère d'adaptation au milieu (Foyer et *al.*, 2002). Face à des températures suboptimales, les plantes réduisent leur teneur en chlorophylle a et b et accumulent de la zéaxanthine et de l'anthéaxanthine (Heldmann, 1999). Le stress provoque l'apparition de chlorose mais aucun phénomène de photoinhibition n'est constaté (Foyer et *al.*, 2002). L'effet de la chaleur est vite apparu sur la synthèse de chlorophylles, ainsi la chlorophylle totale (a et b) inhibée de 70% environ. On a

constaté que le système de synthèse est donc affecté principalement à la source: la synthèse de l'ALA, la synthèse des cytochromes est aussi affectée par le choc thermique (Cornic, 2007). La tolérance au froid provient de la capacité à maintenir une forte concentration en pigments, à maintenir et à former un appareil photosynthétique fonctionnel, un génotype tolérant conserverait une activité photosynthétique, une quantité de chlorophylle a et b et un rapport a/b suffisant pour continuer sa croissance sans pour autant subir des dommages photo-oxydatifs. D'une façon générale les basses températures ont une faible incidence sur la capacité photosynthétique, par contre il semble bien que la sensibilité thermique est surtout marquée pour les températures élevées, la sensibilité de l'enveloppe contrastant avec la fluidité provoquée des membranes internes (Krause et Santarius, 1975 in Gallais, 1984).

Chapitre II

Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude :

1. Localisation de la wilaya de Laghouat :

Au piémont de l'Atlas Saharien, du côté nord, Laghouat s'étend sur le plateau saharien du côté sud. Avec une mosaïque, mixture naturelle, entre les hautes terres et les basses terres, elle constitue une liaison entre le Nord et le Sud du pays (Urbatia, 1995). La wilaya de Laghouat, reliée par la route nationale n°(01), est éloignée d'Alger, la capitale, de 400Km. Elle est située entre les latitudes Nord 34°67' et Sud 32°65', et les longitudes Est 04°29' Et Ouest 01°41'.

Notre travail a été réalisé au niveau des trois sites (Kef mokrane, Dhaya ghebliyaet Hamda).



Figure 6 : Carte de la wilaya de Laghouat.

2. Cadre Géologique de la wilaya de Laghouat

Le territoire de la wilaya de Laghouat s'étend sur deux domaines géologiques nettement différents, notamment sur le plan de la structure et de l'évolution (Perron, 1883 ; Ritter ,1902 ; Emberger, 1960 ; IAP, 1972 et Hannachi, 1981), ces domaines sont : -L'Atlas Saharien au nord, formé par les monts des Ammours et les monts des Ouled Nails ; La plate forme Saharienne au Sud, formée par un ensemble de plateaux subtabulaires diversifiés selon leurs structures, leurs positions et la nature de la roche qui les constituent. Ces plateaux sont communément désignés par les noms arabes (Hmada et Erg). La description géologique de la wilaya de Laghouat effectuée par ces auteurs a permis d'attribuer les formations de la région au Mésozoïque et au Tertiaire Quaternaire, on distingue :

Le trias : n'apparaît qu'à la faveur de quelques accidents locaux, observables dans la région Nord Ouest de la wilaya.

Le Secondaire : est représentée par le Jurassique qui n'est observable que dans sa partie supérieure au cœur d'anticlinaux (Djebels et Kefs) à allongement Sud-Ouest Nord- Est dans la région Nord de la wilaya, tels que le Djebel Lazreg, le Djebel Zerga, le Djebel Zlarh, et la partie orientale du Djebel Mimouna.

Le Tertiaire : est surtout formé par le Crétacé qui couvre la majeure partie de la wilaya. Le crétacé inférieur surtout gréseux occupe de vastes dépressions entre les anticlinaux. Le crétacé supérieur évaporitique et carbonaté constitue l'essentiel des synclinaux perchés en « Tabula », dans le Djebel Milok, le Dakhla, le Djebel Gourou, le Sidi Okba au nord Ouest de la wilaya.

Le Quaternaire : représenté par la Haute Surface et par un système de glacis (Moulouyens). Constitué de terrains qui comprennent des dépôts d'origines très diverses. Il en est de formation marine, d'autres de formation lacustre, de formation fluviale ou de formation continentale (Perron, 1883 ; IAP, 1972). Ces dépôts se montrent à des altitudes très variées, et il paraît en avoir été formé à de nombreuses époques successives, ou plutôt ils se sont formés à peu près sans discontinuité, et leur formation continue même de nos jours (Soleilhavoup, 2011).

3. Cadre géomorphologique de la wilaya de Laghouat

Les paysages de la wilaya de Laghouat présentent une topographie typique des régions sèches, l'expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques la caractérise par les reliefs plus ou moins abrupts, surtout de l'Atlas Saharien qui s'opposent aux vastes surfaces subhorizontales dont les valeurs morphologiques ne sont pas les mêmes (Augustin, 1898 ; Augustin et Ficheur, 1998 ; Ritter, 1902 ; Pouget, 1980 ; Djebaili, 1984 ; Aidoud, 1984). Le paysage dans les steppes sud Algéroises a été façonné par la succession de plusieurs séquences d'érosion dont la plus ancienne correspond à la fin du tertiaire et marque le début du quaternaire (Pouget, 1980). Au delà des méthodes utilisées qui ont décrit les paysages dans la steppe centrale et de son voisinage, les géo formes modelées peuvent se résumer à :

3.1. Les reliefs

Ce sont l'ensemble des inégalités de la structure terrestre de la wilaya, formés de relief de l'Atlas Saharien et sont principalement dues : à ce que le plissement moins intense

a été inachevé, rudimentaire en quelque sorte, et à ce qu'une période sèche ayant succédé à une phase humide, l'érosion par les eaux courantes est devenue intermittente ; les matériaux de cette érosion sont restés sur place, et l'érosion éolienne, a pris le dessus (Augustin et Ficheur, 1902). Aussi il convient de distinguer dans les reliefs montagneux de l'Atlas Saharien, deux aspects bien caractérisés par leur nature lithologique : les reliefs gréseux et les reliefs calcaires (Pouget, 1980). Les intervalles des altitudes permettent de distinguer à Laghouat trois formes de reliefs.

3.1.1. Les Djebels et montagnes : Constitués par les monts du Djebel Amour dont les altitudes varient entre 800 et 1720 m. Cette zone est formée d'une succession de montagnes qui occupent une bande de 150 km de large du Nord au Sud, et de 400 km du Sud Ouest au Nord Est, et paraissent dominer dans la plupart des chaînons (Ritter, 1902).

3.1.2. Les piémonts : allongée d'Ouest en Est, présente une largeur réduite et elle correspond aux piémonts bas de l'Atlas Saharien et aux vallées des oueds Djedi, oued Atar et Oued M'zi.

3.1.3. Les surfaces subhorizontales : appelée communément "Zone de Dayas" formée pratiquement d'un plateau plus ou moins ondulé dans les régions de El Houita, Hassi Delaa et Hassi R'mel.

3.2. Les Hautes surfaces (Glacis et Terrasses)

Façonnées par les mouvements tectoniques et les variations climatiques du Quaternaire. L'Atlas saharien se retrouve soulevé en position dorsale par rapport au compartiment saharien resté stable et aux hautes plaines coincées entre les deux Atlas. Par référence à la terminologie établie au Maroc il est d'usage de les appeler « Hautes surfaces Moulouyennes ». Elles se présentent sous forme de surface d'érosion en pente douce, développées dans les régions semi- arides au pied des reliefs. Elles forment l'ensemble des glacis, des terrasses, des chenaux d'oueds alluvionnés et des zones d'épandages et de débordements. Décrites par (Estorges, 1965 et Pouget, 1980), il est à distinguer les principales formations suivantes.

3.2.1. Les formations encroûtées du quaternaire ancien : Se présentent sous forme de surfaces soulevées dans son ensemble, mais soumise à une érosion intense qui va l'attaquer vigoureusement et la déblayer complètement en maints endroits. Soit plissée ou disloquée dans les zones marginales. Soit maintenue en place formant les hautes plaines et les piedmonts sahariens. Le Glacis du Quaternaire ancien

(Moulouyen) est très bien conservé dans la région de Taadmit, sa couverture bien alimentée par la côte calcaire turonienne, est épaisse de 3m à 5 m. Un encroûtement de calcaire pulvérulent surmonté d'une dalle de croûte, consolide une masse de galets. Au Sud de la ville de Laghouat, le Glacis du Quaternaire ancien est un plan incliné simple qui depuis une ligne de hauteurs (Ras Boutrekfine) s'infléchit régulièrement vers le Nord (Oued M'Zi), il est également représenté par une croûte calcaire épaisse et par des galets (Estorges, 1965).

3.2.2. Les formations plus ou moins encroûtées du quaternaire moyen : Avec la surrection de l'Atlas Saharien, l'enfoncement du réseau hydrographique provoque une reprise intense de l'érosion et une incision très active de la haute surface Moulouyenne. De plus, parallèlement aux mouvements tectoniques les conditions climatiques pluvieuses accentuent encore les phénomènes érosifs et le rajeunissement des formes du relief. On distingue deux niveaux de glacis, ou de glacis-versants et de terrasses rattachables au Quaternaire moyen.

Le premier glacis est mieux représenté dans le bassin de l'Oued Taadmit, il est nettement individualisé sous forme d'une longue lanière dont la croûte sommitale enrobe une nappe de galets. Au pied des dernières crêtes turoniennes existent encore de courts glacis de piémont, mais en aval et au Sud de l'Oued M'Zi, la forme de glacis-versant domine ; Le deuxième glacis (Tensiftien) est largement fossilisé par une croûte calcaire qui surmonte une nappe de galets hétérométriques. Des glacis de piémont s'esquissent à proximité de Laghouat, de part et d'autre de l'Oued M'Zi. Partout ailleurs règne le glacis-versant. Plus en aval, la terrasse correspondant à ce niveau est en moyenne à 5 m au-dessus des écoulements actuels et tend à se confondre avec la nappe alluviale du Quaternaire récent et à disparaître même à certains endroits sous ce remblaiement.

3.2.3. Les formations du quaternaire récent et actuel : Elles ont été décrites à El Haouita au sud Ouest de la wilaya de Laghouat par (Estorges et al., 1969). Terrasses de basses topographies localisées de part et d'autre des écoulements, en contrebas du glacis Tensiftien, elles comprennent deux à trois niveaux différents.

On rencontre d'abord un glacis-versant, ou un glacis sur piémont, étagé dans le précédent. On passe ensuite aux basses terrasses qui peuvent être exceptionnellement raccordées en continuité au glacis, mais ordinairement viennent s'y emboîter.

3.3. Les dépressions (Dayas) :

Ce sont des dépressions de type fermé aux bords faiblement inclinés, de formes grossièrement circulaires, parfois elliptiques mais toujours globuleuses et arrondies de diamètre très variables pouvant dépasser quelques centaines de mètres (Tricart, 1969). La plus part se localisent sur les surfaces encroutées du quaternaire ancien moins souvent sur le quaternaire moyen, d'autres existent dans certaines formations du jurassique et du Crétacé (Capot et Rey, 1939). Le caractère spécifique des dayas est d'avoir un fond très plat, de n'être qu'accidentellement limitées par des abrupts, et jamais complètement imperméables. Elles sont présentes sous climat aride ou semi-aride, elles sont abondantes de part et d'autre de l'Atlas saharien mais nulle part en semis homogène, peuplées de « *Pistacia atlantica* » au sud de Laghouat. Dans cette région elles couvrent environ 2 % de la surface des terrains de parcours. Leur densité est d'une unité par kilomètre carré, leur diamètre de 100 à 300 mètres, leur profondeur de 2 à 4 mètres en moyenne (Monjauze ; 1968 ; 1982). Dans le sud Ouest de la wilaya, il existe de grandes Dayas à falaises (Goussa, Nebch Ed Dhib), se sont inscrites dans l'ancien chenal abandonné de l'Oued Mehaïguène. Leur taille jusqu'à plusieurs kilomètres de diamètres, leurs formes contournées et leur profondeur, résultant également de la coalescence de plusieurs Dayas (Chettih, 2007).

3.4. Les formations éoliennes :

Les processus géomorphologiques éoliens sont largement dominants au-dessous de 100 mm avec, pour corollaire l'existence de divers types de regs et de dunes (Le Houérou, 1993). Résultent notamment pour une bonne partie du démantèlement des grès albiens des reliefs. A Laghouat ces formations se présentent sous formes de buttes sableuses désordonnées appelées localement Nebka à proximité des grands Oueds : M'Zi, Maleh-Mehaïguène et Djedi. La wilaya de Laghouat est caractérisée également, par la présence de petites dunes vives et isolées sur les flancs des reliefs. Les formations éoliennes à Laghouat peuvent être non fixées ou fixées par des psammophytes vivaces ou annuelles (Augustin, 1898 ; Augustin et Ficheur, 1902 ; Chettih, 2007). Les formations éoliennes dans l'Atlas Saharien sont d'âges, de taille et de nature différente elles ont été décrites par (Monod, 1973 et Pouget, 1980).

3.4.1. Les formations éoliennes anciennes et fixées : Formées par déplacement par le vent de sables qui remontent les flancs des djebels, franchissent les crêtes et se trouvent ainsi piégés de l'autre côté du versant. Les sables transportés par saltation

s'accumulent peu à peu, il se forme un placage dont la masse devient importante. Leur granulométrie se caractérise par des sables fins très bien triés dont la grosseur est située entre 110 μm et 120 μm et de couleur généralement jaune-rougeâtre.

3.4.2. Les formations éoliennes mobiles non ou peu fixées : Formations sableuses d'importance et de formes très variées et variables. Selon la nature de l'obstacle les sables s'accumulent pour donner naissance à différentes formations qui ont été décrites par Pouget (1980).

3.4.3. Voiles sableux : C'est un recouvrement généralement discontinu peu épais, dont la hauteur et la longueur sont de quelques centimètres, il est plus ou moins fixé par une végétation psammophyte.

Nebkas : Ce sont des formations sableuses de tailles variables de quelques centimètres à quelques décimètres de haut pour une longueur de 0,5 à 2 mètres.

Micros dunes : Généralement plus importantes que les Nebkas, les accumulations de sables sont plus ou moins fixées par des touffes de psammophytes spécifiques vivaces qui donnent une certaine stabilité en épaisseur à la masse sableuse.

4. Collecte de données climatiques :

Les paramètres climatiques qui ont été retenus dans notre étude sont :

- La température minimale.
- La température maximale.
- Les précipitations.
- L'humidité.
- La vitesse du vent.

Les données climatiques ont été collectées à partir de la station météorologique de type CR 1000 (Campbell scientifique), implantée dans la zone de Mokrane.

5. Partie pratique :

Notre travail a été effectué en deux parties, une première partie qui consiste à prélever des échantillons sur trois sites (Dhaya ghebliya, Hamda, Kef mokrane) figure n° 7, et la deuxième partie au laboratoire pour faire le dosage de différents paramètres physiologiques et biochimiques des espèces : le dosage de la proline et les sucres totaux, la chlorophylle et la teneur en eau.

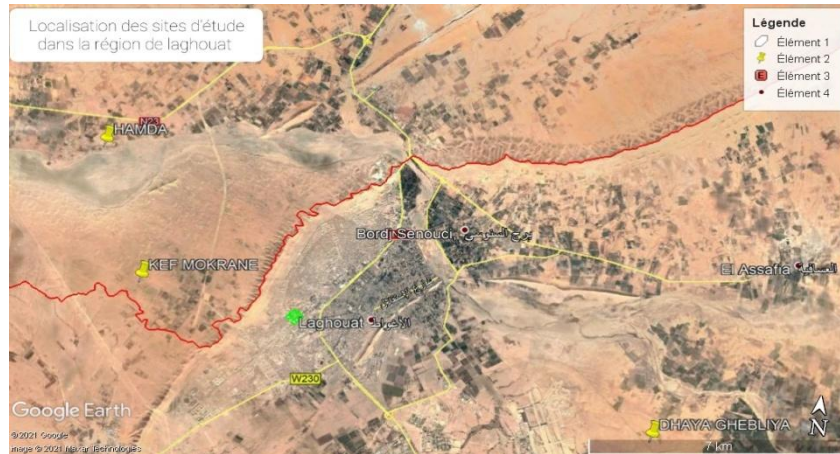


Figure 7: localisation des sites d'étude dans la région de Laghouat.

5.1. Travail de terrain :

Dans les trois sites retenus, des prélèvements des échantillons ont été effectués dans trois saisons différentes, à savoir l'automne, l'hiver et le printemps.

Nous avons également retenu deux espèces (*Genista raetam*, *Stipagrostis pungens*).

Ce choix est basé sur leur dominance dans les parcours de la région de Laghouat (Mallem, 2017) La méthode de collecte de la matière fraîche est faite aléatoirement à cause de la distribution normale des espèces dans la région d'études.

Le choix de ces deux espèces vient pour déterminer comment arrivent-elles à s'adapter, et quelle est la capacité de résister aux variations climatiques en trois saisons automne, hiver et printemps.



Figure 8 : photo de site Kef mokrane.



Figure 9 : photo de site Dhaya ghebliya



Figure 10 : photo de site Hamda (Cliché original, 2021).

5.1.1. Collecte des échantillons de feuilles des plantes et de sol :

Nous avons prélevé des feuilles vertes pour chacune des deux espèces (*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*). Il s'agit d'espèces pérennes chose pour laquelle nous les avons choisies. L'échantillonnage des feuilles a été mise en place en trois saisons ; automne (30 novembre 2020), hiver (2 mars 2021) et printemps (23 mai 2021).

À l'aide d'un sécateur nous avons coupés quelques feuilles fraîches de 5 plantes différentes de chacune de deux espèces, nous mettons les feuilles dans des sacs en plastiques étiquetés selon un code donné à la plante pour bien distinguer et faciliter l'identification au laboratoire, nous avons pris des échantillons de sol du chaque site.

5.2. Travail de laboratoire :

Tous les travaux relatifs au laboratoire ont été effectués au niveau de laboratoire du département de Biologie de notre université

5.2.1. Analyses de la matière végétale :

5.2.1.1. Les paramètres physiologiques :

1. La teneur en eau (%) :

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

Un échantillon de la plante est pesé immédiatement pour obtenir leur poids frais (pf) et est mis dans de l'eau distillée pendant 24 heures après, on le place ensuite dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.

Après dessiccation ; l'échantillon est pesé jusqu' à avoir un poids sec (ps) constant.

La teneur en eau est donnée par la formule :

$$W(\%) = ((pt)-(pf) / (pt)-(ps))*100$$

(Pf) : Poids frais de l'échantillon.

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

(Pt) : Poids turgescent.

5.2.1.2. Les paramètres biochimiques :

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

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines, La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène, C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans legs échantillons foliaires (El Jaafari,

1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par RASIO et al. (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60 mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter: 1ml d'acide acétique (CH_3COOH): 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ; 1ml 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 de 5mg de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient).



Figure 11 : dosage de proline (Cliché original, 2021).

On détermine la densité optique (D_o) à l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont. Converties en taux de proline par le biais d'un 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.

2. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) :

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et al., (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 5ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres et on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Au moment du dosage on les place les tubes au bain-marie pendant 30mn à 70°C pour faire évaporer l'alcool. Dans des tubes à essais propres, on met 1 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée); on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% sous haute tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube, On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.).

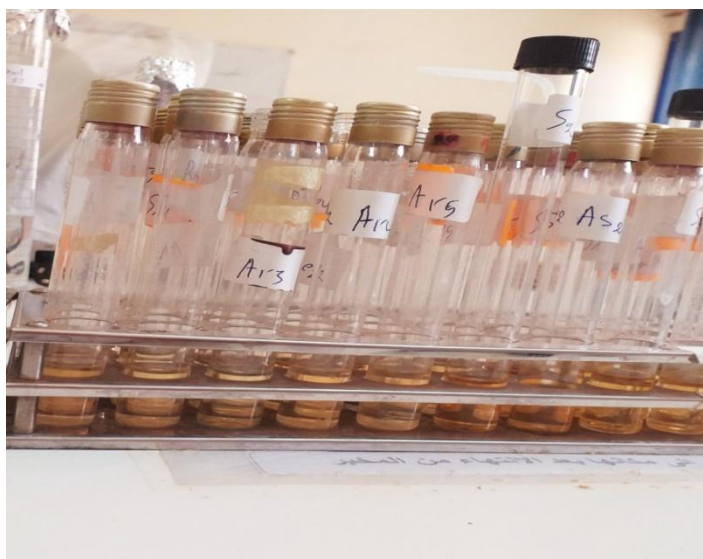


Figure 12 : dosage de sucres totaux (Cliché original, 2021).

Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 640 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose).

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

La méthode utilisée est celle de McKinney (1941). Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 5ml d'acétone à 80% qui diluée à 20ml d'eau distillé, pendant 24 heures.

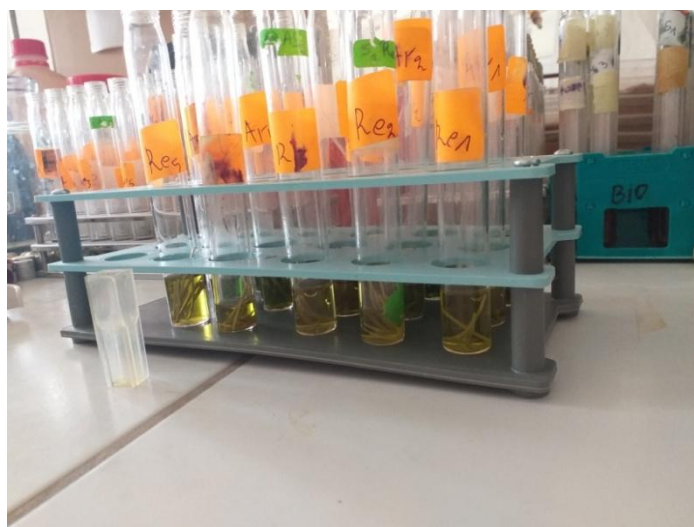


Figure 13 : dosage de chlorophylle (Cliché original, 2021).

Les concentrations de la chlorophylle a, la chlorophylle b sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663et 645 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80%, les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b, et les chlorophylles totales sont calculées à l'aide des formules suivante:

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

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

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

OD663 observation spectrophotomètre a Lecture de 663°.

OD645 observation spectrophotomètre a Lecture 645°.

6. Traitements et analyses statistiques des données :

Les traitements statistiques des données collectées ont été réalisés à l'aide des logiciels **MINITAB 19.1** à laide d'analyse de la variance **ANOVA** au seuil 5 % test tukey, et les graphes ont été tracés dans Excel 2007.

Chapitre III

Résultats et discussion

I. RESULTATS

1. Climatologie de la région :

Nous nous contentons d'analyser les données climatiques des mois précédant les périodes dans lesquelles les échantillons ont été effectués.

1.1. Température :

La température moyenne de la journée qui a précédé la sortie d'automne (30 novembre 2020) est de 8.93°C et la journée qui a précédé la sortie d'hiver (2 mars 2021) est de 10.41°C, et celle du jour précédé la sortie de printemps (23 mai 2021) est de 24.85°C. Nous observons une augmentation progressive de la température moyenne en printemps par rapport à la température moyenne en automne et hiver.

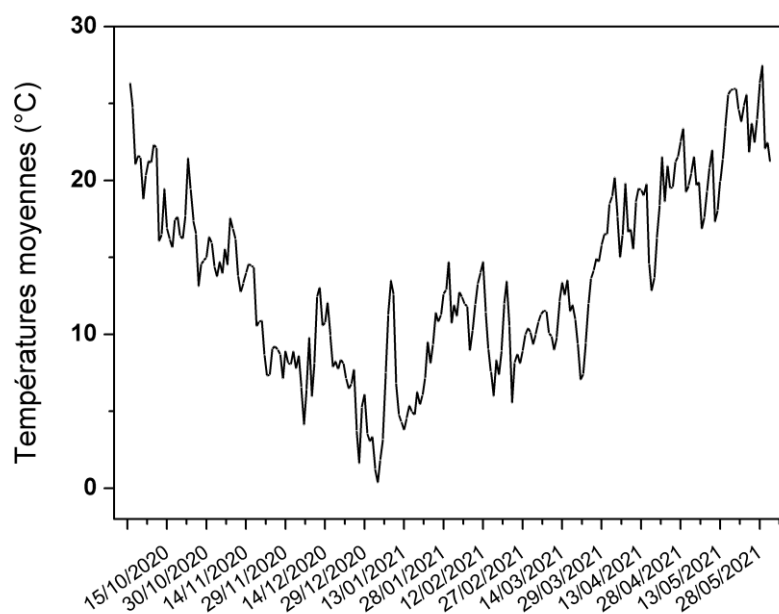


Figure 14 : température moyenne (°C) dans la région de Laghouat.

1.2. Vitesse du vent:

La vitesse du vent de la journée qui a précédé la sortie d'automne (30 novembre 2020) est de 5.16 m/s et la journée qui a précédé la sortie d'hiver (2 mars 2021) est de 7.94 m/s, et celle de journée qui précédé la sortie de printemps (23 mai 2021) est de 4.87m/s. Nous observons une augmentation de la vitesse du vent le jour qui a précédé la sortie d'hiver par rapport le jour qui a précédé la sortie d'automne par contre nous remarquons qu'il ya une nette diminution de la vitesse du vent le jour qui a précédé la sortie de printemps.

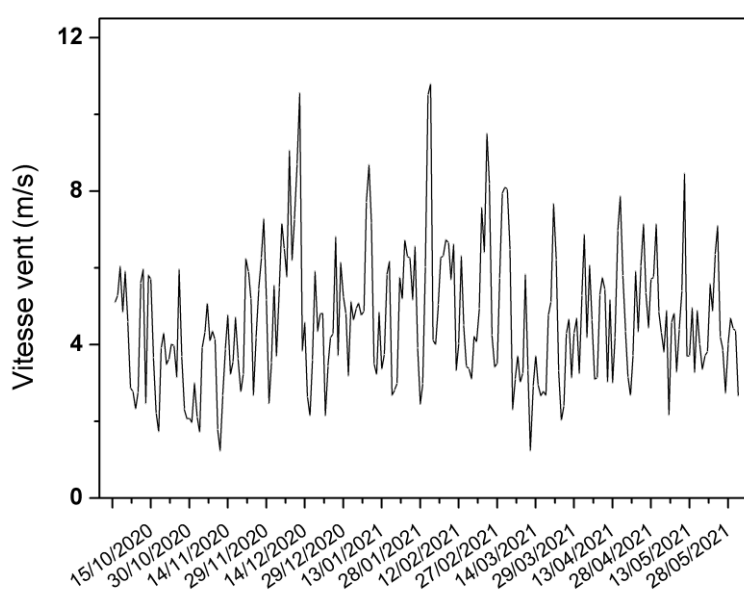


Figure 15 : vitesse vent (m/s) dans la région de Laghouat.

1.3. Précipitations:

Nous observons que les précipitations de la journée qui a précédé la sortie d'automne (30 novembre 2020) est de 0.1 mm, puis nous remarquons qu'il y'a aucune précipitations la journée qui a précédé la sortie d'hiver (2 mars 2021), par contre la journée qui a précédé la sortie de printemps (23 mai 2021), nous notons une très faible précipitation de l'ordre de 0.02 mm.

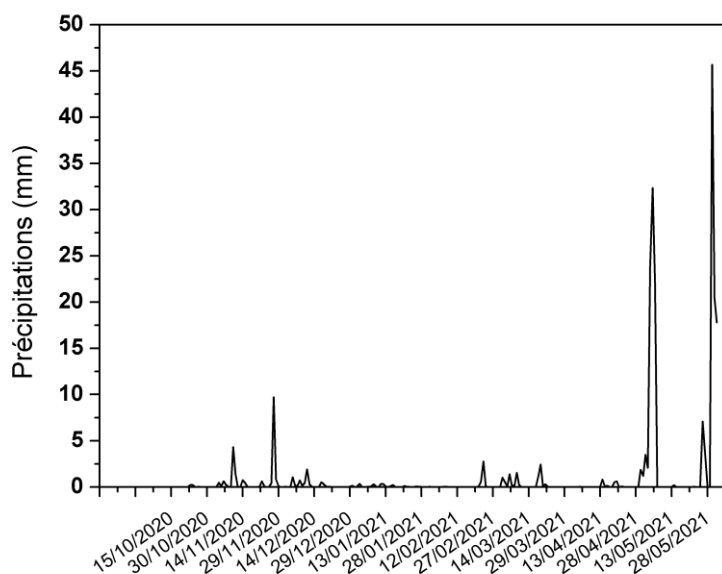


Figure 16 : précipitations (mm) dans la région de Laghouat.

1.4. Humidité relative de l'air:

Le taux d'humidité relative de l'air le plus important est observé la journée qui a précédé la sortie d'automne (30 novembre 2020) avec environ 69.90%, la journée qui a précédé la sortie d'hiver (2 mars 2021) est de 46.55 %, et la valeur la moins importante est enregistrée au le printemps (23 mai 2021) avec 39.22%.

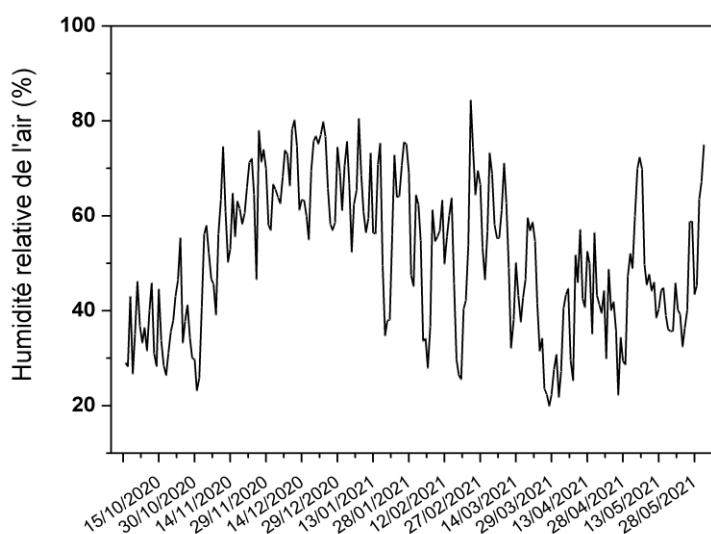


Figure 17 : humidité relative de l'air (%) dans la région de Laghouat.

Tableau 1 : les données de la climatologie dans la zone d'étude dans les trois saisons.

Saisons	Avant	Température moyenne (°C)	Vent (m/s)	Précipitation (mm)	Humidité relative de l'air (%)	Direction du vent
Automne	1jour	8.93	5.16	0.1	69.9	5.64
	7 jours	7.37	5.2	0.11	72.06	4.9
	1mois	14.97	2.08	0	29.74	1.72
Hiver	1jour	10.41	7.94	0	46.55	4.96
	7jours	5.53	9.50	2.76	84.37	3.12
	1mois	11.17	4.11	0	54.8	5.61
Printemps	1jour	24.85	4.87	0.02	39.22	6.22
	7 jours	25.58	4.89	0	38.98	4.97
	1mois	20.96	4.33	0.01	40.09	5.78

2. Paramètres physiologiques et biochimiques mesurés pour chaque plante:

Tableau 2: les valeurs des paramètres mesurés sur les plantes dans les trois saisons.

Espèces	Paramètre mesuré	Automne	Hiver	Printemps
<i>Genista raetam</i>	Teneur en eau (%)	31,26	48,09	21,51
	Chlorophylle totale (mg/ g MF)	16,66	12,7	15,27
	Sucres totaux (mg/ g MF)	10,449	2,89	14,46
	Proline accumulée (mmol/ g MF)	1,629	2,65	2,43
<i>Stipagrostis pungens</i>	Teneur en eau (%)	15,76	34,26	12,3
	Chlorophylle totale (mg/ g MF)	20,73	15,37	39,97
	Sucres totaux (mg/ g MF)	8,512	5,765	11,74
	Proline accumulée (mmol/ g MF)	1,27	2,301	2,3405

2.1. Paramètre physiologique des plantes:

1. La teneur en eau (%) :

La figure N° 18 représente la teneur en eau dans les parties foliaires des deux espèces dans les trois saisons (automne, hiver et printemps). Chez *Genista raetam*, nous observons des teneurs en eau de 31.26%, 48.09% et 21.51% respectivement en automne, hiver et printemps, Ceci peut être expliqué par la différence des précipitations entre les trois saisons. En automne, les précipitations prend des valeurs intermédiaires entre l'hiver et le printemps ce qui conditionne les faibles concentrations de teneur en eau. Lorsque les précipitations augmentent en hiver, la teneur en eau augmente puis diminue au printemps lorsque les précipitations diminuent de nouveau.

Pour *Stipagrostis pungens* la teneur en eau est de l'ordre de 15.76%, 34.26% et 12.30% respectivement en automne, hiver et printemps. (Tableau N°03). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (Goug et Maazouzi, 2020)

Les espèces *Genista raetam* ($p=0.000$) forment trois groupes statistiques, *Stipagrostis pungens* ($p=0.000$) forment deux groupes statistique.

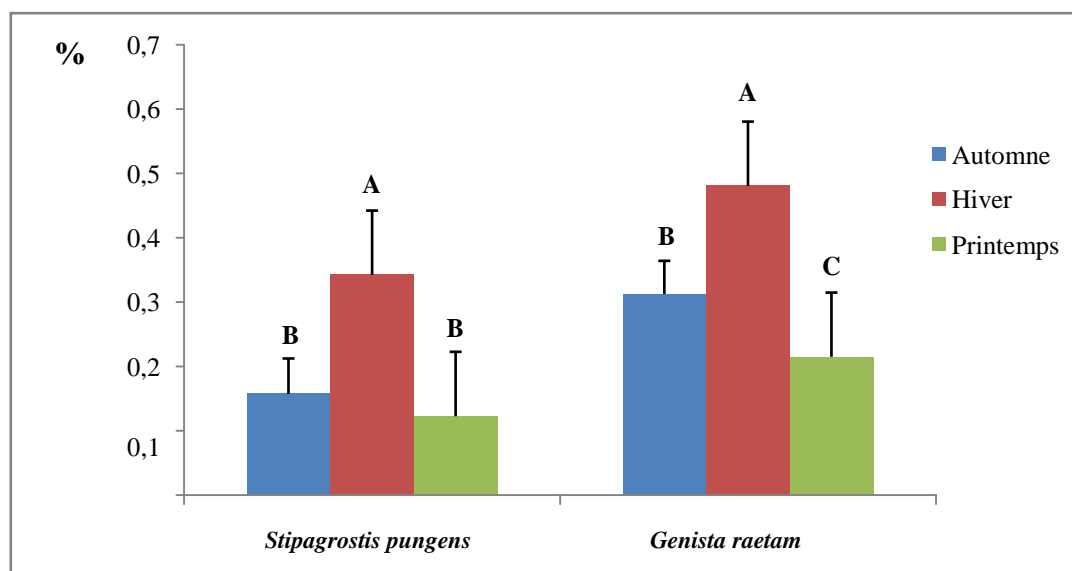


Figure 18 : Représentation de la teneur en eau chez les deux espèces étudiées dans les trois saisons.

2.2. Paramètres biochimiques des plantes :

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

La figure N°19 représente la teneur en chlorophylle totale dans les parties foliaires des deux espèces dans les trois saisons l'automne, l'hiver et le printemps. Respectivement en automne, hiver et printemps, la teneur en chlorophylle chez *Genista raetam* est de 16.66 (mg/ g MF), est de 12.7 (mg/ g MF) et 15.27 (mg/ g MF). Ceci peut être expliqué par la différence de la température entre les trois saisons. En automne, la température prend des valeurs intermédiaires entre l'hiver et le printemps ce qui conditionne les faibles concentrations en chlorophylle. Lorsque les températures diminuent en hiver, la teneur en chlorophylle diminue puis augmente au printemps lorsque les températures augmentent de nouveau.

Chez *Stipagrostis pungens* la teneur en chlorophylle est de 20.73 (mg/ g MF) en automne, de 15.37 (mg/ g MF) en hiver et de printemps 39.97 (mg/g MF). nous pouvons retenir la même interprétation de celle de *Genista raetam* pour ce paramètre (tableau N°03). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (Goug et Maazouzi, 2020).

Les espèces *Genista raetam* ($p=0.108$) forment un seul groupe statistique, *Stipagrostis pungens* ($p=0.000$) forment deux groupe statistique.

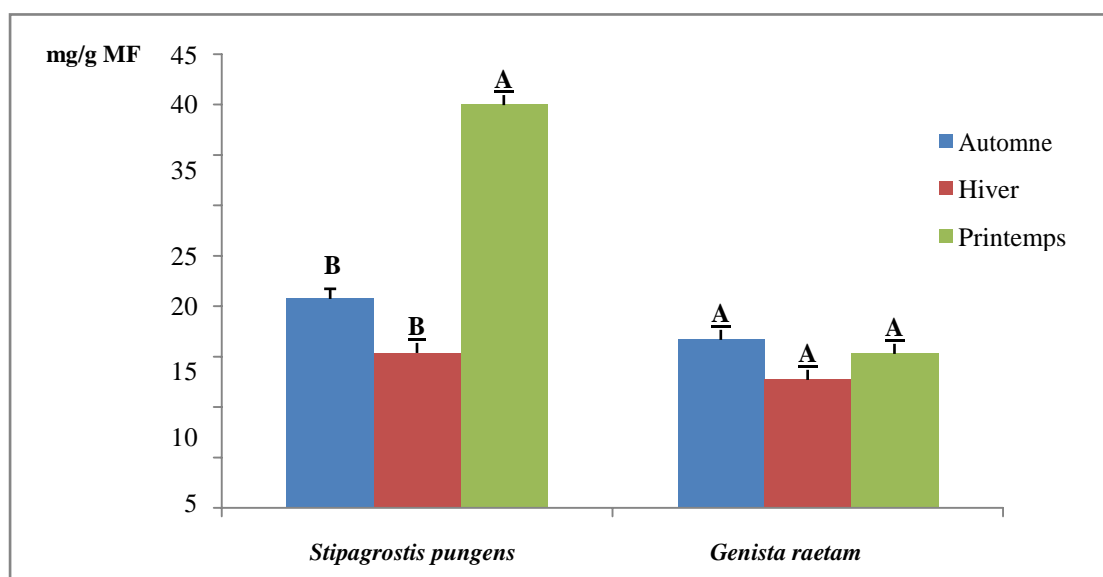


Figure 19 : Représentation de la chlorophylle totale chez les deux espèces étudiées dans les trois saisons automne, hiver et printemps.

2. Teneur en Sucres totaux (mg/ g MF) :

La figure N°20 montre que la teneur en sucres totaux dans les parties foliaires des deux espèces dans les trois saisons d'après cette figure la teneur en sucre chez *Genista raetam* est de 10.44 (mg/g MF), 2.89 (mg/g MF) et 14.46 (mg/g MF) respectivement en automne, hiver et printemps, Ceci peut être expliqué par la différence de la température entre les trois saisons. En automne, la température prend des valeurs intermédiaires entre l'hiver et le printemps ce qui conditionne les faibles concentrations en sucres totaux. Lorsque les températures diminuent en hiver, le taux des sucres totaux diminue puis augmente au printemps lorsque les températures augmentent de nouveau.

Pour *Stipagrostis pungens*, 8.51 (mg/g MF), 5.76 (mg/g MF) et 11.74 (mg/g MF) respectivement dans cet ordre automne, hiver et printemps. (Tableau N°03). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (Goug et Maazouzi, 2020).

Les espèces *Genista raetam* ($p=0.000$) forment trois groupes statistiques, et *Stipagrostis pungens* ($p=0.002$) forment trois groupes statistique

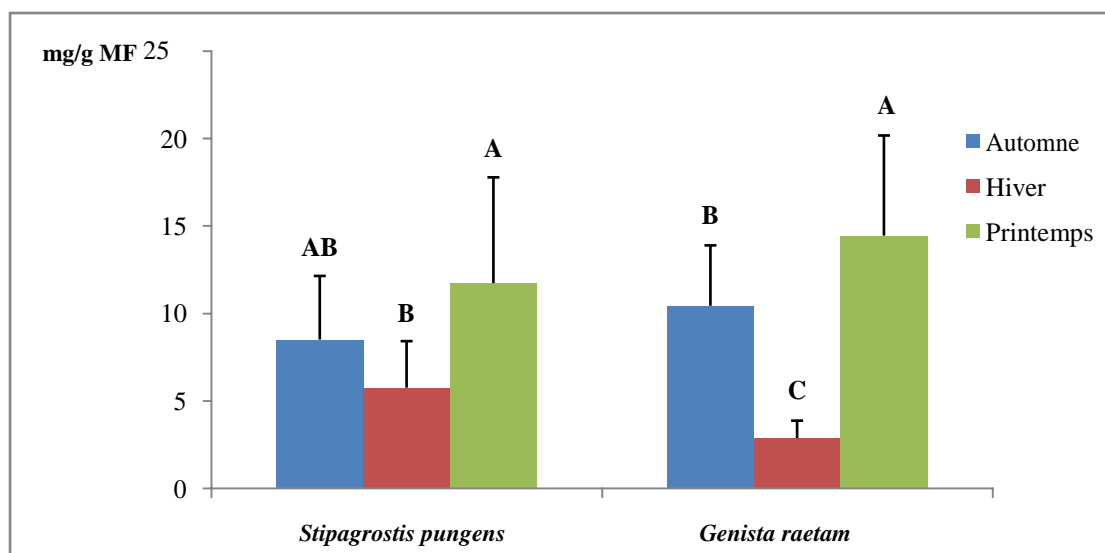


Figure 20 : Représentation de sucres totaux chez les deux espèces étudiées dans les trois saisons automne, hiver et printemps.

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

D'après les résultats obtenus figure N° 21, nous observons chez *Genista raetam* une augmentation significative de la concentration de proline en hiver (2.65 mmol/ g MF) par rapport à l'automne (1.62 mmol/ g MF) et puis nous notons une diminution de la concentration en proline au printemps (2.43 mmol/ g MF). Ceci peut être expliqué par la différence de la température entre les trois saisons. En automne, la température prend des valeurs intermédiaires entre l'hiver et le printemps ce qui conditionne les faibles concentrations en proline. Lorsque les températures diminuent en hiver, le taux de la proline augmente puis diminue au printemps lorsque les températures augmentent de nouveau (tableau N°03). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (Goug et Maazouzi, 2020).

Chez *Stipagrostis pungens* nous observons une augmentation de la concentration de la proline au printemps (2.34 mmol/ g MF) par rapport à l'hiver et l'automne respectivement (2.30 mmol/ g MF) et (1.27 mmol/ g MF). Ceci peut être expliqué par la différence de la température entre les trois saisons. En automne la température prend des valeurs intermédiaire entre l'hiver et le printemps ce qui conditionne les faibles concentrations de en proline. Lorsque les températures diminuent en hiver, le taux de la proline augmente puis il augmente de nouveau en printemps lorsque les températures augmentent

Les espèces *Genista raetam* (P=0.095) forment un seul groupe statistique, Et *Stipagrostis pungens* (P=0.001) forment deux groupes statistique.

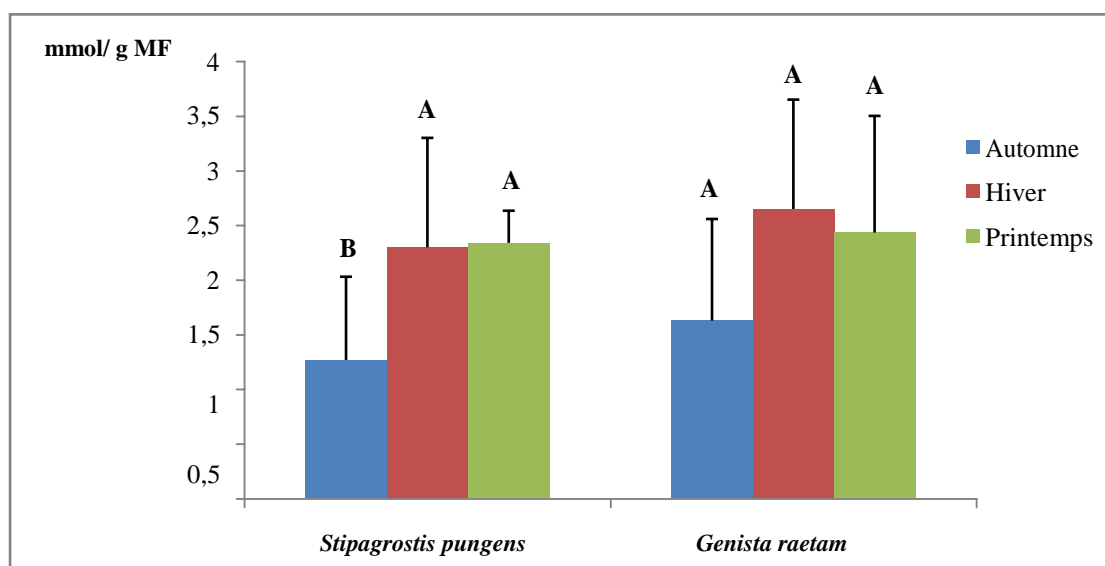


Figure 21 : Représentation de la proline accumulée en (mmol/ g MF) chez les deux espèces étudiées dans les trois saisons.

Tableau 3 : Le tableau suivant présente les résultats globaux qui obtenues dans notre travail.

	Les saisons	Automne	Hiver	Printemps
Variations climatiques	Température (°C)			
	Précipitation (mm)			
	Humidité (%)			
	Vitesse de vent (m/s)			
<i>Genista raetam</i>	Teneur en eau (%)			
	Teneur en chlorophylle total (mg/g MF)			+
	Teneur en sucre totaux (mg/g MF)	+ 		
	Teneur en proline accumulé (mmol/g MF)			-
<i>Stipagrostis pungens</i>	Teneur en eau (%)			
	Teneur en chlorophylle total (mg/g MF)			
	Teneur en sucre totaux (mg/g MF)			
	Teneur en proline accumulée (mmol/g MF)		+ 	

II. DISCUSSION :

Dans ce travail nous avons étudié le comportement physiologique de deux espèces steppiques *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*, aux variations climatiques dans la région de Laghouat durant trois saisons l'automne, l'hiver et le printemps.

Nos résultats sont en accord avec les résultats obtenus par des études précédentes (Maalam et Houyou , 2017 ; Dohsi,2019 ; Goug et Maazouzi ,2020)dans la région de Laghouat.

1. Teneur en eau:

La teneur en eau est considérée comme un excellent indicateur de l'état hydrique de la plante. Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes particulièrement en région arides et semi arides. il induit chez les plantes stressés une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et *al.*, 2000). Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées (Clark et Mac-caig, 1982).

Dans notre étude les espèces ont marqué une augmentation en teneur en eau en hiver. En prenant en considération l'augmentation du taux d'humidité par rapport à l'automne, puis une diminution significative en teneur en eau en printemps, et selon (JoAnn perry, 2017) si l'air est très humide, la plante n'absorbe pas beaucoup d'eau du substrat, ce qui signifie la diminution de la teneur en eau. On peut estimer que c'est dû à la transpiration, ou bien à l'agressivité climatique qui dessèche les plantes. Et les autres paramètres physiologiques aussi elle a des effets transformation d'eau par exemple: la photosynthèse. Selon Fourneau (2000) l'eau est une source d'hydrogène pour les réactions biochimiques de la photosynthèse.

2. Chlorophylle totale:

D'après nos résultats, la chlorophylle chez *Stipagrostis pungens* elle diminuer en hiver par rapport l'automne puis une augmentation remarquable en printemps, concernant *Genista raetam* nous observons une diminution de la teneur en chlorophylle en hiver per rapport à l'automne puis une petite augmentation.

Nos résultats ont été confirmés par les résultats de (El-Iklil et *al.*, 2001), Les teneurs en chlorophylle a, b et totale ont été réduites sous l'effet d'un stress salin, alors que la

concentration en proline au niveau des limbes, des feuilles et des pétioles a augmenté substantiellement

Selon (Hirech, 2006) les différentes observations de la teneur en chlorophylle total entre les deux espèces sont liées à la tolérance au stress hydrique.

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires (stomates réduire) sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhene, 1984). Par contre la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al., 2009). La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka et al., 2006).

3. Sucres totaux :

Nous avons observés qu'il y a une diminution de la concentration des sucres totaux dans les feuilles chez *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens* en hiver par rapport au automne ensuite nous avons notés qu'il ya une augmentation remarquable de la concentration des sucres totaux chez les deux espèces en printemps, dû au stress thermique des études antérieures ont démontré que la teneur en sucre augmente suite au stress salin ou hydrique. Selon (Zerrad et al., 2006) qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles et d'après (Achraf, 2004) l'accumulation des sucres totaux chez les plantes a été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse, Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez les espèces. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités des sucres solubles au niveau de leurs cellules (Hirech, 2006).

4. Proline accumulée :

La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress, semble jouer le rôle le plus important dans la réponse des plantes à la sécheresse son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes.

En comparant les teneurs en proline entre les deux espèces étudiées dans trois sites en trois saisons, chez *Stipagrostis pungens* il y'a une augmentation en hiver par rapport au automne puis une petite augmentation en printemps, chez *Genista raetam* nous avons notés qu'il ya une augmentation en hiver par rapport au automne et une petite augmentation en printemps par rapport au hiver.

L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum, 1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savoure et *al.*, 1995).

Conclusion

Notre travail a porté sur la contribution à l'étude de l'effet des variations climatiques sur le comportement physiologique des deux espèces steppiques (*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*) dans la région de Laghouat précisément dans les trois sites (Kef mokrane, Dhaya Ghebliya et Hamda) pendant trois saisons automne, hiver et printemps. En se basant sur des mesures physiologiques et biochimiques au niveau du laboratoire.

Notre travail a consisté d'effectuer des analyses au laboratoire de paramètres physiologiques et biochimiques des feuilles fraîches de deux plantes (*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*) à savoir: la teneur en eau, la teneur en chlorophylle, les sucres totaux et la proline, qui rentrent directement dans les réponses au stress.

A travers ce travail on conclue que : les conditions climatiques (température, précipitation, humidité, vent) ont un effet négative sur les deux espèces (*Genista raetam* , *Stipagrostis pungens*), et les résultats des analyses physiologiques et biochimiques qui a été réalisé durant ce travail montrent que les espèces souffrent à la fois d'une pression anthropozoïque notamment le surpâturage, et d'un stress abiotique sévère dû aux conditions climatiques contraignantes.

D'après nos résultats l'espèce la plus stressée est *Genista raetam* et la saison la plus stressante est l'hiver, les valeurs les plus importantes ont été enregistrés chez *Genista raetam* dans la teneur en sucres totaux 14.46 (mg/g MF) durant la saison printemps et la concentration de la proline 2.65 (mmol/ g MF) durant la saison hiver. Les espèces sera trouvent stress lorsque les températures sont basses.

On conclue que le stress thermique est le facteur clé qui provoque l'accumulation de la proline. Est le mécanisme d'adaptation contre les différents types de stress, lorsque la teneur en proline augmente la teneur en chlorophylle diminue qui va conditionne la chute en production des sucres totaux.

En perspectives, Nous espérons que d'autre étude seront réalisées qui approfondit dans cet axe dans d'autre région de la wilaya de Laghouat notamment la région nord et sud de la willaya de Laghouat, à fin de confirmer et généraliser ces résultats dans toute la wilaya de Laghouat en particulier et la steppe algérienne en générale.

Références bibliographiques

1. Abdallah M.F., Seleh N.A.M., 1989. - Flavonoids of *Retama retam*. Jour. of Nature Prod., (46), pp. 755-756.
2. Achraf, 2004. Some important physiological selection for salt tolerance in plant. flora.199;361-376.
3. Agronomie., 2006. <https://agronomie.info/fr/les-vegetaux-et-le-stress/>
4. Aidoud, F., 1984, Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum* L.) des hauts plateaux sud –oranais. Etude phytoécologique et syntaxonomique.thèse doct.3ème cycle, univ, Sci. Technol. H boumediène, Alger, 256 p.+ ann.
5. Albouchi, A., Sebei, H., Mezni, M.Y., et El 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'*Acacia cyanophylla* Lindl. Ann. Institut National de Recherches en Génie rural, Eaux et Forêts (INRGREF, Tunis), 4 :138–161.
6. Alguacil, M. M., Hernández, J.A., Caravaca, F., Portillo, B., Roldán, A. 2003b. Antioxidant enzyme activities in shoots from three mycorrhizal shrub species afforested in a degraded semi-arid soil. *Physiol. Plant.* 118, 562- 570.
7. Ali, S. I. 1978. The Flora of Pakistan: some general and analytical remarks. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 36: 427-439.
8. Aloni et. Rosenchtein, 1984 cité par Dellaa, 2003.
9. Amirouche R et Misset MT. 2009. Flore spontanée d'Algérie: différenciation écogéographique des espèces et polyploidie, *Cahiers agricultures* 18 (6), 474-480.
10. Anonyme, 2006. Réserve naturelle de l'Ile aux Corsaires
11. Asomatognosie P. Bonnier. *L'aschématie. Revue Neurol* 1905;13:605-9. DOI : 10.1016/j.yebeh.2009.09.020.
12. Augustin B., Ficheur É., 1902. Les régions naturelles de l'Algérie. In: *Annales de Géographie*, t. 11, n°60. Pp. 419-437.DIO:10.3406/géo.1902.18191.
13. Augustin, B., 1898. Hautes-plaines et steppes de la Berbérie. *Bull. Soc. Géog.et Archéol. Oran*, XVIII, 18-30.
14. Baillon, H. 1867. Monimiacées. V. Série des Gomortega. Pp. 323-325 dans *Histoire des Plantes*.
15. Baldy C., 1986. *Agroclimatologie et développement des régions arides et semi-arides*.

16. Bammoun, A; 1997: "Contribution à l'étude de quelques caractères morphophysiologiques, biochimiques et moléculaires chez 13 variétés de blé dur, *Triticum turgidum* ESP durum, pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest algérien" thèse de Magistère Institut des sciences de la nature, université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène, pp.
17. BARNETT, N. M., and NAYLOR, A. W. (1966).—Amino acid and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. *Pl. Physiol.*, Lancaster 41, 1222—30.
18. Bellinger Y. & F.Larher, 1987. Proline accumulation in higher plants: a redox buffer *Life Science Advances (Plant Physiology)* 6: 23–27.
19. Bellinger Y., A. Bensaoud & F.Larher., 1989. Physiology breeding of winter
20. BENDALI. Institut des Régions Arides Tunisie. O.R.S.T.O.M. Paris. Centre L. Emberger C.N.R.S. Montpellier. Novembre 1987.
21. Blum A, 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20: 135-148p.
22. Blum, A. et A. Ebercon 1976. Réponses génotypiques du sorgho au stress hydrique III. Accumulation de proline libre et résistance à la sécheresse. *Culture Sci.* 16 : 428-431.
23. Boostma, A., Boisvert, J.B., Dejong, R., Baier, W., 1996, La sécheresse et l'agriculture canadienne, une revue des moyens d'actions, *revue sécheresse*, 7, pp.277-285.
24. BOUAOUINA S., ZID et HAJJI M., 2000- Tolérance à la salinité transports ionique et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum*). *Option Méditerranéennes* N°40: p.239-243.
25. Bouras, F.Z. (2001). Effet du stress hydrique sur les composantes durendement de quelques génotypes de blé dur. Thèse de magister I.N.A.El harrach.84 :15-23.
26. Bousba, R., Ykhlef, N., and Djekoun, A. 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthesis in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.

27. Boyer, JS (1982) Productivité végétale et environnement. *Sciences*, 218, 443-448. <http://dx.doi.org/10.1126/science.218.4571.443>
28. Bray E. A., J. Bailey-Serres, and E. Weretilnyk. 2000. Responses to abiotic stresses, in: W. Gruissem, et al. (Eds.), *Biochemistry and molecular biology of plants*, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD. Pp: 1158- 1249
29. Canadian La Velle P., 1993. - Le rôle de la faune des sols dans le maintien de leur qualité. *Annal of Botany*, 67, Pp. 112-115.
30. Canadian La velle P., 1999. *Écologie des sols appliquée*. Pp. 87-100
31. Capot –Rey., 1939. Pays du Mzab et région des Dayas Etude sur le relief de la dorsale saharienne, *Annales de géographie* 1939 XLVIII pp 41-62.
32. Caputa J., 1967. - Les plantes fourragères, description et valeur. PAYOT, pp. 22-36.
33. Caratini R., 1984. *Les plantes*. Ed. Bordas, paris
34. Caravaca, F., Alguacil, M. M., Figueroa, D., Barea, J. M., Roldán, A. 2003b. Re- establishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of soil physical and biological properties in a semi-arid Mediterranean area. *Forest Ecol. Manag.* 182, 49- 58.
cereals for stress environments Colloque,N°3, Montpellier,France.
35. Chettih, M., 2007. *Analyse fonctionnelle de quelques systèmes aquifères de l'Atlas Saharien Central*. Thèse de Doctorat, U S T Houari Boumedienne. 312p.
36. Choumovitch W. et Serres J., 1953-1954. - Contribution à l'étude botanique de la région de Ain-Moularès. *Bull. de la Soc. des sciences naturelles de Tunisie*, T VII, pp. 73 -80.
37. Clark et Mac-caig, 1982. Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of triticum genotypes. *Can.j. Plant Sci.* 62: 571-576p.
38. Clayton W.D, M.S. Vorontsova, K.T. Harman & H. Williamson, « *Aristida* » sur GrassBase - The Online World Grass Flora, The Board of Trustees, Royal Botanic Gardens, Kew. Mis en ligne le 1er novembre 2010, consulté le 11 mars 2012.
39. CNCC n° 97, mars 1995, p.96 et n° 98, juin 1995, p.204
40. Côme D., (1992) *les végétaux et le froid* 600p

41. Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, du 3 au 14 juin 1992, Rio de Janeiro
42. Cornic G, Streb P., Bligny R., Aubert S., 2007. thème 1 : biochimie et physiologie métabolique des plantes alpines. 46p.
43. Cortes PM., Sinclair TR., 1987- Osmotic potential and starch accumulation in leaves of field grown soybean. *Crop Sci.*, 27: 80-84.
44. Cronk Q., Ojeda I., Pennington R. T. (2006). Legume comparative genomics: progress in phylogenetics and phylogenomics. *Curr. Opin. Plant Biol.* 9 99–103
10.1016/j.pbi.2006.01.011
45. Delauney A.J. and Verma D.P.S. (1993), Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.* 4, 215-223
46. Dib A, T., Monneveux, P. et Araus, J.L. (1992). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, 12 : 381-393.
47. Diehl R. (1975). *Agriculture générale*. Editions J.B. Baillière. 396 pages
48. Djebaili, S. (1984) *Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien*. OPU, Alger, 177 p.
49. Drier W. et Goring R., 1978 –Possibilité d'une élaboration d'un test de présélection des variétés de plantes ayant haute résistance au sel sur la base de la relation entre la teneur en proline des tissus végétaux et la résistance aux sels. Journées d'Etudes des Recherches Agronomiques du 22-30 Mars, INA, EL-Harrach, Algérie
50. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Ruberg A. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28.3:350- 356p.
51. Duffus, M., and J. Binnie. 1990. Sucrose relationships during endosperm and embryo development in wheat. *Plant Physiol. Biochem.* 28: 161–165
52. Duffus, M., and J. Binnie. 1990. Sucrose relationships during endosperm and embryo development in wheat. *Plant Physiol. Biochem.* 28: 161–165
53. 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

54. Emberger, J., 1960. Esquisse géologique de la partie orientale des monts d'Ouled Nails. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie. Bulletin 27.Nouvelle série.399p.
55. Estorges, P., 1965. La bordure saharienne du Djebel Amour. Travaux de l'IRS, XXIV : 31-46.(Evenari et al., 1971 ; Shallaby et al., 1972).
56. Estorges, P., Aumassip, G., Dagherne, A., 1969. El Haouita, un exemple de remblaiement fini-wurmien. Lybica, t . XVII, pp : 53-92
57. FAO,2010. ETUDE FAO : FORETS 158 lutte contre l'ensablement l'exemple de la Mauritanie.
58. FERCHICHI A. Etude climatique en Tunisie présaharienne. Medit, vol 7, n.3, (September 1996), pp. 46-53
59. Flora of China, Science Press ; St. Louis, Miss. : Missouri Botanical Garden, ©1994-©2013.
60. Foyer C H., Vanacker H., Gomez L D., Harbinson J.(2002). Regulation of photosynthesis and antioxidant metabolism in maize leaves at optimal and chilling temperatures: review. Plant physiology and Biochemistry 40:659-668.
61. Galiba, G. 1994. In vitro adaptation for drought and cold hardiness in wheat, in: J. Janick (Ed.), Plant breeding reviews, John Wiley and Sons, New York. Pp: 115- 16
62. Gallais A, (1984). Physiologie du maïs. Edition INRA. Pp390- 415.
63. GEIGENBERGER P., REIMHOB R., GEIGER M., MEROLO L., CANALE V. STITI M., 1997. Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to shorter water deficit. Planta.201: 502-518.
64. Gepts, Paul; Beavis, William D., et al. (2005). "Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference." Plant Physiol 137(4): 1228-1235.
65. GIEC. (1995). Changements climatiques. Conséquences, adaptation et vulnérabilité.Rapport de synthèse, OMM, PNUE, 114 p.
66. Gomez, S. M. ; Kalamani, A., 2003. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics - An overview. Pakistan J. Nutr., 2 (6): 374-379.
67. Grime J P. (1989). Whole-plant responses to stress in natural and agricultural systems. Plant under stress.H.G. Jones, T.J.Flowers and M.B. Jones. New York, Cambridge university press:31-46.

68. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) - GIEC, 2001
69. H. Taieb-Brahim-Bokhari, Djabeur Kaid-Harche A., N. Selami, 2007.- Contribution à la connaissance de deux rétames : *Retama monosperma* et *Retama raetam*. *Revue Régions Arides (Tunis)*, 572-578.
70. Haase, P., F. I. Pugnaire, E. M. Fernández, Puigdefábregas. S. C. Clark, and L. D. Incoll. 1996. Investigation of rooting depth in the semi-aride shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Bois. by labelling of ground water with a chemical tracer. *Journal of Hydrology* 170, in press
71. Haensler A, Saeed F, Jacob D (2013) Assessment of projected climate change signals over central Africabased on a multitude of global and regional climate projections. In: Haensler A, Jacob D, Kabat P, LudwigF (eds) *Climate change scenarios for the Congo basin*, climate service center report no. 11, Hamburg, Germany, ISSN: 2192-4058. Available online at www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/csc-report11_optimized.pdf.
72. Haenssler, Elke, Nadeau, Marie-Josée, Vött, Andreas; Unkel, Ingmar. (2013) : Modifications environnementales naturelles et anthropiques préservées dans une séquence de sédiments holocènes de la lagune Etoliko, Grèce : Nouvelles preuves à partir de proxies géochimiques. *Quaternaire International* , 308-309 ,89-104.
73. Haldimann P. 1999. Low growth temperature-induced changes to pigment composition and photosynthesis in *Zea mays* genotypes differing in chilling sensitivity. *Plant, Cell and Environment* 21, 200-208
74. Hannachi, A., 1981. Relation entre aquifères superficiels et profonds : Hydrogéologie de la vallée d'oued M'zi à l'Est de Laghouat. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 121p
75. Hansen, J., A. Lacis, D. Rind, G. Russell, P. Stone, in preparation. Results of an initial CO₂ experiment with this model are summarized in (6).1977.
76. Hansen, J., G. Russell, A. Lacis, I. Fung, D. Rind, and P. Stone, 1985: Climate response times: Dependence on climate sensitivity and ocean mixing. *Science*, 229, 857-859, DOI:10.1126/science.229.4716.857.
77. Hare PD, Cress WA, van Staden J. 1998. Dissecting the roles of increased calcium for potassium nutrition and salt tolerance. osmolyte accumulation during stress. *Plant, Cell and Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 94, *Environment* 21, 535-553

- 78.** Hikosaka O, Nakamura K, Nakahara H. Basal ganglia orient eyes to reward. *J Neurophysiol.* 2006;95:567–84.
- 79.** Hireche Y. 2006 : Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Université al hadj lakhdar. Thèse de magistère. Batna
- 80.** HOPKINS WILLIAM G, 1999-Physiologie végétale, seconde édition : p 512.
- 81.** HOPKINS WILLIAM G, 2003- Physiologie végétales (Université des sciences et technologie de Lille) révision scientifique de CHARLE MARIE EVRARD. Chap 22 : p.451-464.
- 82.** HUBAC C, P. CHOUARD, Observations morphologiques sur les conditions de reprise de végétation de *Carex pachystylis* J. GAY lors de la resistance la secheresse. -- *Biol. Plant.* 15 : 189-- 193, 1973.
- 83.** Hubac C.et Guerrier D.,1972- Etude de la composition en acides aminés de deux carex: le carex stenophylla wahl., très resistant à la sécheresse et le carex setifolia Godion, peu resistant. Effet d'un apport de proline exogène. *Oecol. plant.* (72) 147-165.
- 84.** Hubac, C. (1967). *C. R. Hebd. Seances Acad. Sci., Ser.D*264: 1286-1289.
- 85.** Hubac, C., Vieira Da, Silva, J. (1980). Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques. *Physiol veg.* Vol 18, 45-54.
- 86.** Hulme M, Jenkins GJ, Lu X, Turnpenny JR, Mitchell TD, Jones RG, Lowe J, Murphy JM, Hassell D, Boorman P, McDonald R, Colline S (2005) Climat changer les scénarios pour le Royaume-Uni : le UKCIP02 rapport scientifique. Tyndall, Norwich, 112 pages
- 87.** Huston, 1994. *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge University Press, Cambridge.
- 88.** I.A.P., 1972. Notice explicative de la carte géologique à 1/200.000 de Laghouat. Institut du pétrole Algérien. Rapport collectif dirigé par le professeur J.Guillemot. 110 p.
- 89.** Ighil Hariz Z. 1990. Etude du comportement physiologique, biochimique et structurale du *Retama retam* vis à vis du NaCl. Thèse de Magister, Université d'Oran Algérie, 120 p.
- 90.** IUCN. 2001. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1.* IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.

91. Johnson et Nguyen., 1984.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050032x>.
92. Jones , (1980) .Jones M. M., Osmon B., and Turner N.C. 1980. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Aust J Plant Physiol, 7: 193-205.
93. Jones HG., Flowers T j., Jones M B. (1989). Plants under stress. Cambridge University press
94. Kaid Harche M., Djabeur A., Taieb-Brahim-Bokhari H., Selami N., Sangaré M. et Mahboubi S., 2006. – Contribution à la connaissance de deux Retames : Retama monosperma et Retama retam. Symposium international sur les plantes aromatiques et médicinales, Tunisie, 2-4 novembre 2006.
95. KEMPLE, A. R., and MACPHERSON, H. T. (1954).—Liberation of amino acids in perennial ryegrass during wilting. Biochem. J. 58, 46—9.
96. Khaldi, A., 2014. La gestion non durable de la steppe algérienne.
<http://vertigo.revues.org/15152>
97. KIM J-Y., MACHE A., BRANGEON J. and PRIOUL J-L. (2000). A Maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/Tissue specificity and diurnal modulation of expression. Plant physiology, Vol.124, Pp 71 - 84.
98. KOTCHI S.O., 2004- Détection du stress hydrique par thermographie infrarouge. Application à la culture de la pomme de terre. Université Laval, Canada, Faculté de foresterie et géomatique, Maîtrise en sciences géomatiques, 130 p.
99. Krause GH and Santarius KA (1975) Relative thermostability of the chloroplast envelope. Planta 127: 285–299.
100. Labat., 1996.
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://labatscience.com/public/pdf/LABAT1996.pdf&ved=2ahUKEwj04sPL7dDxAhULkxQKHUkkCroQFjAAegQIAxAC&usg=AOvVaw1DIZEm8Yp1nXINbZouCbe7>.
101. Laberche J-C . 2004. La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.
102. Lamaze T. Tousch D. Sarda X. Grignon C. Depigny-This D. Monneveux P et Belhassen E., 1994. Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français* 45 : 75-85.

- 103.** Le Houerou H. N., 1995. - Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. In cahier option méditerranéenne, série B, N° 10, Ed. C.I.H.E.A.
- 104.** LE HOUEROU H.N., 1993 - Changements climatiques et désertisation. Revue Sécheresse 1993 ; Vol. W4 : pp. 95 - 111.
- 105.** Le Saint, AM. (1969). C.R.Acad.Sci. Paris 269:1423-1426
- 106.** Levitt, 1980, Responses of plants to environmental stresses. I-Chilling, freezing and high temperature. Academic Press., New York, USA, 607 pages.
- 107.** Maire R., 1987. - Flore de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biologique LXX III. Ed. De Chevalier, Paris, Vol. XVI, 300 p.
- 108.** Mallem H, Houyou Z, Benrima A., 2017. Floristic study of the steppe rangelands in arid regions: effect of sand accumulations, overgrazing, and plowings (case of Mokrane area in Laghouat City). Agrobiologia, 7(1),334-345.
- 109.** MASTRANGELO A.M., RASCIO A., MAZZUCCO L., RUSSO M., CATTIVELLI L. and DI FONZO N. (2000). Molecular aspects of abiotic stress resistance in durum wheat. Option méditerranéenne, N°40, 207 - 213.
- 110.** McKinney C.1941. Absorption of light by chlorophyll solution. Journal of Biological Chemistry 140, 315-322
- 111.** Medjber Tegui Torkia, 2014. Etude de la Composition Floristique de la Région du Souf (Sahara Septentrional Algérien). Journal Algérien de l'Environnement Aride , Volume 4, pp 53-59 ; doi:10.12816/0008911.
- 112.** MOHOUCHE B et BOULASSEL A., 1997. Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. Recherches Agronomiques.15-23.I.N.R.A.Alger.
- 113.** Monjauze, A., 1968. Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* en Algérie, Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord. Tome 56- 2. 128 p.
- 114.** Monneveux PH et Nemmar M., 1986. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.).
- 115.** Monod T., 1973. Les grandes divisions chronologiques de l'Afrique. 145 p., 2 pl., Conseil scientifique pour l'Afrique au sud du Sahara, Pub 1, N°24, Londres.
- 116.** Morsli B. et Habi M., 2007 Analyse des aménagements hydro agricoles et antiérosifs : contraintes et perspectives des retenues collinaires dans le Nord-ouest algérien. Communication orale : Journées Scientifiques inter réseaux AUF, Hanoi.

Gestion intégrée des eaux et des sols - Ressources, aménagements et risques en milieux ruraux et urbains Hanoi- Vietnam, 4-9 novembre. 2007.

117. Nakastantinova., 1998. <https://agronomie.info/fr/composes-synthetises-lors-dun-stress-thermique-taux-chlorophylle/>

118. National Research Council (CNRC). (1996). National standards for science education. Journal américain de recherche en éducation . Vol. 2 No. 4 , 183-188. DOI : 10.12691/education-2-4-1.

119. Nemmar, M. 1983. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. France. 65 p.

120. Nouri, (2002). Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez la blé dur en condition de déficit hydrique" – Thèse de Magistère- Université de Constantine –

121. Olongo., 1975.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.researchgate.net/publication/350040883_La_variabilite_climatique_et_ses_effets_sur_la_culture_du_mais_dans_l%27Arrondissement_d%27Obala_Sosthene_Parole_MBIADJEU-LAWOU_Marlyse_NANKAP_DJANGUE_2_Gabriel_Ange_KAMDEM_TEGUIA_3_Salifou_NJOUOKOU_4_Mes&ved=2ahUKEwjev-Sj8NDxAhU6AmMBHVj9CbgQFjACegQIDRAC&usg=AOvVaw2MQpDyt7K-lzhbmXSoyDC_

122. Orcutt D. and Nilsen T., 2000. The physiology of plants under stress. New York, John wiley and sons, Inc.

123. OUKARROUM A. (2007). Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.

124. Pastori JB. Foyer .(2002). Water in the soil-plant-atmosphere continuum. In «Encyclopedia of plant physiology », new serie, Vol. 12B, 5-33.

125. Pego, J.V., Kortstee, A.J., Huijser, C., and Smeekens, S.C. (2000). Photosynthesis, sugars and the regulation of gene expression. J. Exp. Bot. 51 407–416.

126. Perron, A., 1883. Description géologique de l'Algérie. P a r i s, G. Masson, Éditeur, 204 P.

- 127.** Plan d'Occupation du Sol Oasis Nord Laghouat. BET URBATIA 1995
- 128.** Polhill RM (1994) Classification of the Leguminosae. In Bisby FA, Buckingham J, Harborne JB (eds), *Phytochemical dictionary of the Leguminosae*, Chapman and Hall, New York, pp xxxv-lvii
- 129.** Pontanier R., M'Hiri A., Akrimi N., Aronson J. et Le Flo'h E., 1995. – L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?. John Libbey Eurotext , Paris, pp. 161-186.
- 130.** Pouget Marcel. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Paris : ORSTOM, 8-556 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM ; 116). Th. Sc. Nat. : Aix-Marseille 3 : 1979/07/12, ISBN 2-7099-0564-7.
- 131.** Quezel P., et Santa S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales, Tome I Ed. Du C.N.R.S 15, quai Anat. De France-Paris.7
- 132.** Raissac., 1992. http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=406691
- 133.** Rasio A, Sorrentinio 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.
- 134.** Raven., 2000 <https://agronomie.info/fr/les-fabacees/>
- 135.** René H., (1977). *Physiologie végétale. NUTRITION.* Paris.
- 136.** Riazi, A., Matsuda, K. and Arslan, A. (1985) Water stress induced changes in concentrations of proline and other solutes in growing regions of young barely leaves. *J. Exp. Bot.*, 36: 1716- 1725.
- 137.** Ritter, E., 1902. Le djebel Amour et les Monts des Ouled Nails. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie. N°3 2ème série .100 p.
- 138.** Roeder V.(2006). Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata* . Thèse doctorat. Université de Renne. pp 33-39
- 139.** SAMAI A. (1991). Effet de l'humidité du milieu sur l'accumulation de la proline dans les tissus de blé pendant les premiers stades végétatifs. Thèse de DES en Biologie Végétale, p 51.
- 140.** Savouré A, Jaoua S, Hua XJ, Ardiles W, Van Montagu M, Verbruggen N. Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Lett.* 1995;372:13–19.

- 141.** Selami N., 2001. - Contribution à l'étude de *Retama monosperma* : étude de système racinaire et recherche des associations de type rhizobium. Mém. Ingénieur d'Etat, USTO. Oran. 38 p.
- 142.** Selami N., 2004. - Contribution à l'étude caryologique de quatre populations de *Retama retam* des zones arides et semi-arides algériennes. Mém. Mag. USTO. Oran. 94 p.
- 143.** Shallaby A., MonayerI M., Etman MA., El Habibi AM., Youssef MP. 1972. In Bouredja. (2005). étude anatomique et biochimique des protéines et des acides aminés foliaires de *Rétama monosperma*(boiss) : mémoire de magistère . UNIV.des sciences et de latechnologie d'Oran Mohamed Boudiaf (U.S.T.O) Oran.
- 144.** SIAKHENE N., 1984.- Effet du stress hydrique sur quelques especes de luzernes annuelles. Thèse Ing. IN4,Alger. 1 - 115.
- 145.** Singh DB, Rai B, 1980. Studies on the leaf surface mycoflora of mustard (*Brassica campestris* L. cv. YS-42). Bulletin of the Torrey Botanical Club, 447-452.
- 146.** Singh KSW, MR Bhambhani, PA Cutting, DH Turk. Journal of Colloid and Interface Science 38 (1), 109-117, 1972
- 147.** Singh T.N., Aspinall D., Paleg L.G. et Boggess S.F., 1973 -Stress metabolism. II. Changes in proline concentration in excised plant tissues. Aust. J. Biol. Sci., 26, 57-63.
- 148.** Soleilhavoup F. (2011) – Curiosités géologiques au Sahara. Guide de découverte. Ibis Press, Paris, 256 p.
- 149.** Stewart G.R.,Lee J.A., 1974- The role of proline accumulation on halophytes. planta, p. 120, 279-289.
- 150.** Stocker V.O., 1974. - Der wasser und photosynthesehaushalt von wüsten pflanzen der süd Algerischer Sahara. Standart und versuch spflanzen. Flora, Bd. 163, pp.46-88
- 151.** Tal M., Rosental I., Abramovitz R. et Forti M., 1979 -Salt tolerance in *Simmondsia chinensis*: Water balance and accumulation of chloride, sodium and proline under low and high salinity. Ann. Bot., 43: 701-708.
- 152.** Tan BH, Halloran GM. Variation and correlations of proline accumulation in spring wheat cultivars. Biochemie and Physiologie der Pflanzen 177 (2), 197-202, 1982.
- 153.** The Geological Survey of Greenland Report, 37 (1971), pp. 51-55.

- 154.** Thomas J.B., 1968. - Ecologie et dynamique de la végétation de la dune littorale dans la région de Djidjelli. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59 (1,2, 3,4), pp. 33-98.
- 155.** Todd, G.W; 1972 "Water deficit and enzymatic activity, in water stress and plant growth", ed.Kozlovosky, New York Acad.Press.
- 156.** Touchard CH, (2006). Recherche de QTLs et choix de cibles stratégiques pour l'amélioration de la tolérance aux basses températures chez le maïs. Thèse doctorat. Université de technologie Compiègne (UTC). pp23-25
- 157.** Tricart, J., Oscillations du niveau marin et changements climatique dans la Pampa Deprimida (Pampa argentine). Quaternaire 6 (4), 243-268, 1969
- 158.** Troll W., Lindsley J. (1955). A photometric method for the determination of proline. J Biol Chem, 215: 655-660.
- 159.** Tsalefack M. (1999).Variabilité climatique, crise économique et dynamique des structures agraires sur les hautes terres de l'ouest Cameroun. Yaoundé :Université de Yaoundé 1, thèse de doctorat, 174 p.
- 160.** Turner, N.C; 1986 "Adaptation to water deficits : a changing perspective. Aust J.Plant physiol (13), pp.175-190
- 161.** UNCCD., 1994. La Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification
- 162.** Zeraïa L. 1983. Protection de la flore. Liste et localisation des espèces assez rares, rares et rarissimes. Station Centrale de Recherche en Ecologie Forestière, Alger, Algérie.
- 163.** Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, El Antri S, Hmyene A. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur, Biochimie, Substances naturelles et environnement Congrès international de biochimie. Agadir, 09-12 Mai ,2006, 361-376
- 164.** Zohary ;1962 . plant life of Palestine, Israel, and Jordan, Michael Zohary. Ronald,New York, 1962. Science 11 may 1962: Vol. 163 . no.3515,p.523 . DOI: 10.1126/science.136.3515.523.

Résumé

Les variations climatiques, la rareté en eau, l'augmentation des températures et la violence du vent risquent d'affecter la couverture végétale des zones steppiques. Il est donc important de pouvoir anticiper les effets des contraintes environnementales sur le développement des plantes. Les plus importantes de ces contraintes, suite aux rôles majeurs qu'elles jouent dans les fonctions essentielles de la plante, sont la variation de la précipitation, de la température, de l'humidité du sol et du vent, ces stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques, et moléculaires qui affectent leur mode de vie. Parmi ces chlorophylles, la teneur en sucres solubles, la teneur en proline et la teneur en eau. Cette étude a donc pour objectif d'étudier le comportement de deux plantes steppiques (*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*) sur les trois sites de Dhaya Ghebliya, Kef mokrane et Hamda à Laghouat, pendant trois saisons (automne, hiver et printemps), l'objectif de notre recherche nous avons effectués, des analyses physiologiques et biochimiques au laboratoire pour déterminer les teneurs en prolines, en chlorophylle total, en sucre solubles et en eau.

Mots clés: Steppe, plantes spontanées, variation climatiques, stress, *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*, proline, sucres totaux, chlorophylle, teneur en eau.

Summary

climatic variations, water scarcity, increased temperatures, and strong winds may affect the vegetation cover of the Steppic areas. It is therefore important to be able to anticipate the effects of environmental constraints on plant development. The most important of these constraints, due to the major roles they play in the essential functions of the plant, are the variation of precipitation, temperature, soil moisture and wind, these stresses are reflected in plants by morphological, physiological, and molecular changes that affect their way of life. Among these chlorophylls are soluble sugar content, proline content and water content. The objective of this study is therefore to study two steppic plants (*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*) at the three sites of Dhaya Ghebliya, Kef mokrane and Hamda in Laghouat, for three seasons (autumn, winter and spring), the objective of our research we carried out, physiological and biochemical analyses in the laboratory to determine proline, total chlorophyll, soluble sugar and water levels. keys words : Steppe, spontaneous plants, climate variation, stress, *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*, proline, total sugars, chlorophyll, water content

الملخص

يمكن للتغيرات المناخية، ندرة المياه، ارتفاع درجات الحرارة وشدة الرياح أن تؤثر سلبا على الغطاء النباتي لمناطق السهوب. لذا يجب علينا توقع آثار العوائق البيئية على تطور النبات. أهم هذه العوائق وفق الدور الأساسي الذي تلعبه وظائف النبتة هي تباين هطول الأمطار، درجة الحرارة، رطوبة التربة والرياح، تنعكس هذه الضغوطات في النباتات عن طريق التغيرات المورفولوجية والكيميائية نبين منها: محتوى الماء، محتوى الكلوروفيل، محتوى السكريات، ومحتوى البرولين. الهدف من هذه الدراسة هو دراسة سلوك نوعان من النباتات سهبية

(*Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*)

في الضاية الغلغلية، كاف مقران وحمدة في الأغواط خلال ثلاث فصول (الخريف، الشتاء والربيع) من أجل تحقيق هدف بحثنا، أجرينا تحاليل فيزيولوجية وكيميائية في المختبر لتحديد محتوى البرولين المتراكم، الكلوروفيل، السكريات الذائبة والماء.

الكلمات الرئيسية: سهوب، النباتات العفوية، التباين المناخي، ال توتر، برولين، السكر الكلي، الكلوروفيل، محتوى المياه *Genista raetam* et *Stipagrostis pungens*.