



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE: SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : CHAOUICHE Ghalia

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

**OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX ET
D'ENVIRONNEMENT**

Thème

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES STRESS EN
RELATION AVEC LES PARAMÈTRES
MORPHOMÉTRIQUE CHEZ QUELQUES PLANTES
SPONTANÉES DANS LA REGION DE LAGHOUCAT**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. ROUGHY T.	MAA	Président
M ^{me} . MARFOUA M.	MAA	Examineur
Mr. KOUIDRI M.	MCA	Encadreur
M ^{elle} . HOUYOU Z.	MCB	Co-encadreur

Promotion : Juin-2017

Chaouche Ghalia

Contribution à l'étude des stress en relation avec les paramètres morphométriques chez quelques plantes spontanées dans la région de Laghouat

Résumé

Notre travail vise à déterminer la résistance aux facteurs abiotiques de deux espèces végétales steppiques: *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum*. Pour cela nous avons dosé la proline accumulée, les sucres totaux et les chlorophylles A et B par spectrophotométrie dans les feuilles fraîches des deux plantes durant l'automne 2016 et le printemps 2017 et en considérant trois variantes d'âges pour les sujets prélevés (âgé; moyennement âgé et jeune) pour chacune des deux espèces. Les échantillons des feuilles des plantes ont été prélevés dans un parcours à El Houaita (wilaya de Laghouat).

Les résultats du dosage de la proline a révélé des différences, variable entre un minimum de $(15 \times 10^{-5} \text{ mol/kg})$ *Stipa tenacissima* âgée au printemps et un maximum de $(15 \times 10^{-3} \text{ mol/kg})$ chez *Stipa tenacissima* jeune en automne. Les concentrations en sucres totaux indiquent une différence significative chez les espèces et durant les deux saisons ($p < 0.001$). Le dosage de la chlorophylle a révélé aussi une différence significative entre les espèces et durant les deux saisons. L'CHA montre que *Stipa tenacissima* jeune présente un comportement physiologique différent de celui des autres sujets indiquant qu'elle est la plus stressée.

Mots clé: *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, sucres totaux, proline, chlorophylle, résistance.

Chaouche Ghalia

Contribution à l'étude des stress en relation avec les paramètres morphométriques chez quelques plantes spontanées dans la région de Laghouat

الملخص

يهدف هذا العمل الى دراسة مقاومة العوامل اللاحيوية للنباتات السهبية لكل من النوعين: *Stipa tenacissima* و *Lygeum spartum*. لهذا قمنا بعدد من المعايير البرولين, السكريات الكلية و الكلوروفيل أ و ب بواسطة القياس الطيفي للاوراق الرطبة لكلا النباتات خلال فصل الخريف 2016 و الربيع 2017 حيث تحصلنا على ثلاثة انواع للاعمار لكل من المستويات الماخوذة (المسنة, متوسطة السن و الاصغر سنا) لكلا النوعين. عينات الاوراق النباتية تحصلنا عليها من مرعى نباتي بالحويطة (ولاية الاغواط). كشفت نتائج معيار البرولين ان هناك اختلاف نسبي كحد ادنى ($10^{-5} \times 15$ مول/كغ) *Stipa tenacissima* المسنة في الربيع و كحد اقصى ($10^{-3} \times 15$ مول/كغ) عند *Stipa tenacissima* الاصغر سنا في الخريف. تراكيز السكريات الكلية تشير الى وجود فرق كبير لانواع النباتات و خلال الموسمين. كما اظهر الCHA ان *Stipa tenacissima* الاصغر سنا لديها سلوك فسيولوجي مختلف على غير المستويات الاخرى التي تشير انها الاكثر توترا.

الكلمات المفتاحية: *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, السكريات الكلية, البرولين, الكلوروفيل, المقاومة.

Chaouche Ghalia

Contribution à l'étude des stress en relation avec les paramètres morphométriques chez quelques plantes spontanées dans la région de Laghouat

Summary

Our work aims to determine the resistance to abiotic factors of two steppe plant species: *Stipa tenacissima* and *Lygeum spartum*. Accumulated proline, total sugars and chlorophylls A and B by were measured by spectrophotometry in the fresh leaves of the two plants during autumn 2016 and spring 2017 and considering three age variants for the subjects sampled (aged; Moderately old and young) for each of the two plant species. The samples of the leaves of the plants were taken in a rangelands in El Houaita (wilaya of Laghouat).

The results of the accumulated proline assay revealed differences, varying between a minimum of (15×10^{-5} mol / kg) *Stipa tenacissima* aged in spring and a maximum of (15×10^{-3} mol / g) at *Stipa tenacissima* young in autumn. Total sugar contents indicate a significant difference between plant species and during both seasons ($p < 0.001$). Chlorophylls content revealed also a significant difference between species and during both seasons. The CHA shows that young subject of *Stipa tenacissima* has a different physiological behavior than other subjects indicating that it is most stressed.

Key words: *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, total sugars, proline, chlorophyll, resistance.

∞ Dédicaces ∞

*Avec un grand amour et beaucoup de respect,
je dédie ce travail à:*

*L'homme qui a tellement sacrifié pour moi et qui mérite
toute ma reconnaissance "Mon père"*

*Pour son grand cœur plein d'amour,
qui n'a pas cessé de prier pour moi "Ma mère"*

*A mes chers frères: Zakaria, Safwan et Souhaib
et mes chers sœurs: Soumia et Ferial*

A mon fiancé Ridha

A toute ma famille.

*A mes chères amies de la promotion d'Agronomie 2017 et
Mes collègues et mes ami(e)s qui nous ont connus de près ou de loin;
Qui seront toujours dans mon cœur.*

*Et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la
réussite de ce modeste travail.*

Chaouche Ghalia



Remerciement

A l'issue de ce modeste travail, je tiens à remercier tout d'abord notre bon DIEU le Tout Miséricordieux, de m'avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

*Tout d'abord je remercie Mr **KOUIDRI MOHAMED**
D'avoir fait l'honneur de m'encadré*

*Je dois remercier particulièrement le Co-encadreur
M^{lle} **HOUYOU ZOHRRA**
pour avoir accepté de diriger cette mémoire et pour son appui, ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance.*

*Je tiens à remercier également:
Mr **ROUIGHI. T** et M^{me} **MARFOUA. M** de m'avoir fait l'honneur de présider et examiner le jury de cette mémoire.*

Un vif remerciement aux enseignants du département des sciences agronomique, et tous ceux qui ont contribué dans notre formation.

J'exprime ma gratitude à l'ensemble du personnel de laboratoire pour leur gentillesse, disponibilité et leur aide

Que tous ceux qui m'ont assisté dans la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Liste des tableaux

N°	Liste des Tableaux	Page
Chapitre I		
01	Classification botanique de <i>Stipa tenacissima</i> L	16
02	Classification botanique de <i>Lygeum spartum</i>	19
Chapitre II		
03	Les coordonnées géographiques	22
04	Les classes granulométriques. (USDA, 1986)	24
05	Quelques caractéristiques chimiques des sols d'El Houaita	24
06	Espèces végétales identifiées dans les parcours d'El Houaita	26
Chapitre III		
07	Récapitulatif et Légendes de la CHA.	41

N°	Liste des Figures	Page
Chapitre III		
01	Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 1996-2016.	32
02	Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger 2004-2016.	33
03	La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat 2004-2016.	34
04	La dynamique de vent à Laghouat entre 2005 et 2015.	35
05	Le vent à Laghouat, fréquence des directions dynamique.	35
06	Evolution du biovolume (m ³) de <i>Stipa tenacissima</i> L au printemps et en automne (à gauche) et de <i>Lygeum spartum</i> au printemps et en automne (à droite).	36
07	Evolution de la teneur en eau (%) chez <i>Stipa tenacissima</i> L au printemps et en automne (à gauche) et chez <i>Lygeum spartum</i> au printemps et en automne (à droite).	37
08	Evolution de la concentration de la proline (mol/Kg de MF) du <i>Stipa tenacissima</i> L au printemps et en automne (à gauche) avec du <i>Lygeum spartum</i> au printemps et en automne (à droite).	38
09	Evolution de la concentration des sucres totaux (µg/100 mg MF) du <i>Stipa tenacissima</i> L au printemps et en automne (à gauche) avec du <i>Lygeum spartum</i> au printemps et en automne (à droite).	39
10	Evolution de la concentration chlorophyllien (mg/g MF) du <i>Stipa tenacissima</i> L au printemps et en automne (à gauche) avec du <i>Lygeum spartum</i> au printemps et en automne (à droite).	40
11	Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante des espèces.	42

Liste des abréviations

Abréviation	Significations
ONM	Office Nationale de la Météorologie
CHA	Classification Hiérarchique Ascendante
P	Précipitations
T	Température
CE	Conductivité Electrique
pH	Potentiel Hydrogène
Φ	Diamètre
H	Hauteur
CaCO_3	Calcaire
$^{\circ}\text{C}$	Degrés Celsius
%	Pourcent
μg	Microgramme
mg	Milligramme
g	Gramme
kg	Kilogramme
cm	Centimètre
mm	millimètre
m	Mètre
km	Kilomètre
MF	Matière Fraîche
Do	Densité optique
s	Seconde
mol	Mole

INTRODUCTION

Les zones arides et semi-arides, représentent le tiers de la surface du globe, elles sont composées d'écosystèmes fragiles et sensibles (HADDOUCHE & *al*, 2006). Dans ces zones les parcours sont le support d'élevages (KATYAL et VLEK, 2010) et une place dont le poids économique est très important, mais ils offrent aujourd'hui un paysage dégradé, résultant de l'action combinée de deux facteurs : le premier naturel et le second anthropozoïque. BAZZANI (2009) ; DAGET et GORDON (1995) ; LE HOUEROU(2002).

En Algérie, ces espaces sont localisés dans la zone steppique, couvrant 20 millions d'hectares (HADDOUCHE, 2009). Ils abritent une communauté végétale composée d'environ 2630 espèces (Le HOUEROU, 1995) et qui se retrouve de plus en plus menacée de disparition en raison des pratiques inadéquates exercées par les Hommes ainsi que par des conditions climatiques de plus en plus contraignantes (HADDOUCHE, 2009, NADJRAOUI &*al*, 2008). Nombreux travaux de recherches ont été réalisées au niveau de ce territoire, confirment une grande régression du couvert végétale au profit de l'extension de terres nues en raison d'un surpâturage, ou d'une céréaliculture aléatoire (GHAZI et *al*, 1997 ; le HOUEROU, 2005 ; ROSELT ; 2006 ; 2008 ; 2012, (NADJIMI et *al*, 2006) (ABDELGUERFI et *al*, 1997), KADI HANIFI et AMGHAR (2000), AIDOUUD et TOUFFET(1996). La réduction du couvert végétal sous-entend que les communautés floristiques steppiques sont sous diverses contraintes. Les facteurs abiotiques influent profondément la structure du cortège floristique (FLORET et *al*, 1992). Le comportement physiologique des plantes est très lié aux composantes sols et climat du milieu dans lequel elles vivent (NEDJRAOUI, 1990 in HADDOUCHE, 1998, 2009, POUGET(1980).

Des études ont montré que la sécheresse, les excès et les déficits dans la composition chimique des terres provoquent chez les espèces végétales des métabolismes de molécules complexes (CHAVES et *al*. 2003, Sharp and Le Noble 2002. NAMBARA &*al*. (2005) SAUTER &*al*.(2001) DONG et *al*. 2005) (UEDA et *al*. 2001). Parmi ces molécules la Proline, les sucres totaux et les chlorophylles sont accumulés en excès dans les cellules lors des stress chez les végétaux (ACEVEDO et *al*, 1989, NEMMAR, 1983 ; MONNEVEUX NEMMAR, 1986 PFEIFFER &*al*, 2000) BELKHODJA & BIDAI, 2004), (FLOWERS &*al*, 1977).

Dans ce contexte le présent travail est mené, il vise à doser la proline, les sucres totaux et la chlorophylle type A et type B dans les feuilles fraîches des deux espèces végétales *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum* durant deux saisons de l'année Automne et Printemps et sur trois variantes d'âges de leur développement de l'âge jeune à l'âge adulte. Les feuilles des deux plantes sont prélevées dans la région d'El Houaita dans la wilaya de Laghouat. Ce travail permettra de ce fait de voir le comportement de résistance des plantes dans un milieu fragile.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier concerne une étude bibliographique portant surtout sur la résistance chez les plantes et sur les deux espèces *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum*. Le deuxième sera consacré aux matériels et méthodes utilisés pour l'élaboration de ce mémoire. Dans le troisième chapitre nous exposons les résultats de notre travail. Le quatrième chapitre est consacré à la discussion de nos résultats et enfin nous terminerons avec une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I-1- Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (LEVITT, 1980). TSIMILLI-MICHAEL et *al.*, (1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte. Selon JONES et *al.*, (1989) un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (MADHAVA RAO et *al.*, 2006).

I-2- Différents types de stress chez les végétaux

I-2-1- Stress salin

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux. Cependant cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol, suivant le milieu naturel. Ainsi les plantes présentent à un stress hydrique important, contre lequel, elles devront lutter pour survivre.

Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal:

D'un côté, la présence de sel en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante.

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

Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales; certains nommées glycophytes ne sont pas capable de supporter la présence de sel, leur croissance est diminuée (HELLER, 1998; HOPKINS, 2003; BELKHODJA et *al.*, 2004; CAL, 2006). Les halophytes au contraire ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (HELLER et ESNAUT, 2004).

I-2-1-1. Les perturbations physiologiques

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des perturbations dans la balance ionique que bien étendue des perturbations des enzymes, membranes et autres macromolécules. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote perturbée et un dérèglement de nombreuses voies métaboliques.

Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de photosynthèse, par effet du sel dans les stromas de chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. Mais aussi les échanges gazeux et l'activité photochimique réduisent (M'RAHS, HAVAUX et *al.*, 2005).

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

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

I-2-2- Stress thermique

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

I-2-2-1. Le froid

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

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

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

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

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

I-2-2-2. Le gel

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

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

I-2-2-3. Les hautes températures

A partir de 40°C les processus liés à la photosynthèse sont dégradés. Ainsi, les températures élevées inhibent la synthèse des chlorophylles chez le concombre exposé à la lumière dans une chambre de culture à 42°C (TRIPATHY, 1998). Les processus qui se

déroulent au niveau des membranes thylacoidiennes des chloroplastes sont endommagés par les températures élevées affectant ainsi la photosynthèse (HAVAUX, 1993; et HOPKINS, 2003).

Des études ont montré que les activités de la rubisco ainsi que d'autres activités impliquées dans la fixation de carbone pouvaient être fortement compromises par les températures élevées.

I-2-3- Le stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité végétale autour du monde (BOYER, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (BOYER, 1982). Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (MCKAY, 1985 in BOOTSMA et *al.*, 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (MADHAVA RAO et *al.*, 2006). Le stress hydrique entraîne une dégradation des ressources d'eau douce en termes de quantité (surexploitation des eaux souterraines, rivières asséchées, etc.) et de qualité (eutrophisation, pollution par la matière organique, intrusion saline, etc.) (MOUHOUCHE et BOULASSEL, 1997).

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

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

La réponse de la plante au stress est complexe car elle dépend à la fois de la sévérité du stress, de sa durée, de la phase de développement et de l'état dans lequel se trouve la plante quand le stress est déclaré (AIDAOU, 1994). De nombreux chercheurs ont étudié les réponses des plantes au stress hydrique (HSIAO et *al.*, 1976; FRERE et *al.*, 1987; DE REISSAC, 1992; MONNEVEUX, 1993, 1995).

I-2-3-

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

Les besoins de la plante se limitent à l'eau et aux substances minérales du sol, ainsi qu'au CO₂ et O₂ de l'atmosphère. Sa matière fraîche est composée d'environ 70 à 80 % d'eau (HELLER et *al.*, 1998). La grande quantité d'hydrogène et d'oxygène des constituants de matière sèche provient de l'eau, il reste donc une source alimentaire directe (GATE, 1995) et elle constitue surtout le milieu intérieur des plantes (véritable matrice vitale de leur fonctionnement). Les différents organes de la plante renferment entre 80 à 90 % d'eau, c'est l'eau d'imbibition (BETHENOD, 1980).

Au niveau de l'organisme elle sert à véhiculer les substrats nutritifs, déchets et hormones (HELLER et *al.*, 1998). Le fonctionnement de la plante nécessite que l'eau qui s'évapore par la transpiration, soit remplacée par l'eau absorbée par les racines au niveau du sol. Essentiellement l'entrée et la circulation de l'eau dans la plante résultent d'un mécanisme passif, l'osmose. L'équilibre hydrique de la plante passe par une perte de vapeur, un phénomène nommé transpiration. Si l'absorption de l'eau par la plante est inférieure à la demande évaporatrice de l'atmosphère, on parle alors d'une situation de déficit hydrique (ACEVEDO, 1991; BLUM, 1996) et par conséquent, les processus physiologiques commencent à être affectés.

I-2-3-2. Les effets du déficit hydrique sur la plante

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

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

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

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

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

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

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

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

I-3- Les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique

En réponse au déficit hydrique, les végétaux développent plusieurs stratégies qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu.

L'adaptation à la sécheresse d'une plante cultivée, se définit comme la capacité de cette dernière à survivre et s'accroître du point de vue physiologique et du point de vue agronomique par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (TURNER, 1979).

La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques et biochimiques interagissant pour permettre le maintien de la croissance, le développement et de la production (ARAUS *et al.*, 1993; HSISSOU, 1994).

I-3-1- L'esquive

La stratégie la plus utilisée par les sélectionneurs pour identifier les variétés plus tolérantes aux stress est l'esquive par raccourcissement de la durée du cycle (ACEVEDO *et al.*, 1995).

La précocité est la plus souvent associée à une amélioration du rendement et de l'adaptation aux stress conduisant à la régularité de la production (PFEIFFER, 1993). Elle permet à la plante d'accomplir leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. Grâce à la précocité, le rendement a été amélioré chez les espèces annuelles (TURNER, 2001), les légumineuses (SUBBARAO, 1995) et chez les céréales (FUKAI, 1995, 1999). Elle est plus marquée par l'installation d'un déficit hydrique fréquent en fin de cycle.

Cependant les sélections de variétés à cycle court ne permettent pas toujours d'améliorer le rendement dans le cas où le déficit hydrique se déclare en cours du cycle de développement (KHALFAOUI, 1985). TURNER *et al.*, en 2000 montrent que la réduction de la variabilité entraînant une réduction de la plasticité phénologique, elle est constituée comme une stratégie risquée dans le cas des légumineuses.

I-3-2- L'évitement

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

La première réponse est l'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous stress (HSIAO *et ACEVEDO*, 1974; PASSIOURRA, 1988; ADDA *et al.*, 2005).

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

I-3-2-

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est un facteur essentiel de résistance à la sécheresse. Cette caractéristique est un facteur de variabilité inter et intraspécifique et considérée comme un paramètre d'adaptation dans des milieux caractérisés par le déficit hydrique (RICHARDS et PASSIOURRA, 1981 ; BENLARIBI et *al.*, 1990; MONNEVEUX, 1991; OYANGI et *al.*, 1995; DOUSSAN et *al.*, 1998).

Un bon développement de l'axe principal racinaire permet au blé d'exploiter l'eau des horizons profonds du sol (HURD, 1974; MONNEVEUX, 1991). Les mêmes résultats sont observés dans les travaux de TAZI et *al.*, 2003 chez les plantes d'arganier. Selon TAHRI et SHAD (1983), le poids des grains et le rendement chez le blé dur en zones semi aride, sont conditionnés par le développement du système racinaire.

I-3-2-2. Régulation stomatique

Lorsqu'un déficit hydrique survient, la réduction de l'ouverture stomatique permet de préserver rapidement l'état hydrique de la plante. Une faible conductance stomatique est généralement proposée comme un trait favorable à l'adaptation à la sécheresse (JONES, 1979, 1980, 1987; TURNER, 1979, 1982, 1986, cités dans LUDLOW (1990).

Néanmoins, la fermeture stomatique réduit l'assimilation du CO₂ et conduit à une réduction de l'activité photosynthétique. BENNET, 1984; montre qu'il existe des différences inter variétales chez les légumineuses, notamment chez le niébé et l'arachide.

La fermeture des stomates est contrôlée par un signal hormonal, l'acide abscissique ou ABA en réponse à l'assèchement du sol (TARDIEU, 1996). Chez les légumineuses, les travaux sur l'intervention de l'ABA ne concernent que le lupin (TURNER; GALLARDO, 1994). Sur l'arachide il semble que le potentiel hydrique et la fermeture des stomates soient en liaison directe (BENNET, 1984; CLAVEL et *al.*, 2005). Par ailleurs, d'autres auteurs attribuent le mécanisme de fermeture des stomates au control hormonal (acide abscissique, cytokinine) (TARDIEU et *al.*, 1996).

Par exemple, l'obscurité entraîne généralement la fermeture des stomates sauf chez les plantes à métabolisme photosynthétique du type CAM, qui ouvrent leurs stomates la nuit et les ferment le jour. Il s'agit d'une adaptation de ces plantes aux conditions d'aridité.

I-3-2-3. Réduction de la surface transpirante

Le ralentissement de la croissance tissulaire, la senescence et la chute des feuilles âgées sont souvent observés chez les espèces soumises à la sécheresse. Dans le sens où ils réduisent la surface transpirante, ces phénomènes sont des mécanismes d'évitement (KRAMER, 1983). Ils ont été observés chez le maïs, le sorgho, l'olivier et chez plusieurs autres espèces des régions arides. O'TOOL et CRUZE (1980), ont montré que l'enroulement foliaire de riz permet la réduction de la surface transpirante et le maintien d'un potentiel hydrique adéquat.

I-3-3- Tolérance à la déshydratation

Dans le cas d'abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence, rendu possible grâce au phénomène d'ajustement osmotique. En condition de stress hydrique, il induit au niveau de la plante une baisse du potentiel par l'augmentation de la concentration des solutés intracellulaire d'une manière active (TURNER et *al.*, 1978, 1987; BLUM, 1989; GNAASIRI et *al.*, 1992; GALAUD et *al.*, 1995; GALIBA et *al.*, 1995).

Il aide dans le maintien de la turgescence cellulaire, qui est à la base de la préservation de plusieurs fonctions physiologiques, car elle permet d'empêcher la fermeture des stomates, donc de maintenir la photosynthèse, la transpiration, l'assimilation du carbone et l'élongation cellulaire dont la turgescence est la force motrice (BAMOUNE, 1997).

L'ajustement osmotique permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques (SANTARIUS, 1993). Par ailleurs, il apparaît comme un mécanisme clé dans la tolérance à la déshydratation. Il a été observé chez différentes espèces végétales tel que l'olivier et les arbres fruitiers tel que la vigne (RODRIGUEZ et *al.*, 1993), chez certains légumineuses, tel que le soja (OBATON, 1995), tournesol (KORELL et *al.*, 1995; NOURI, 2003), et le blé (MORGAN, 1980; MUNNS et WEIR, 2005; SABOUR et *al.*, 1991; MERAH et *al.*, 1995; JHONSON et *al.*, 1998; NOURI, 2002), chez orge (BLUM, 1989; LEWICKI, 1993).

Les capacités d'ajustement osmotique sont variables chez les plantes et dépendantes de la variété, des modalités d'installation de déficit hydrique et l'âge de la feuille (RODRIGUES et *al.*, 1993). De plus, il peut intervenir à tous les stades de développement.

La capacité d'ajustement osmotique d'un végétal est liée à sa capacité d'accumuler au niveau symplasmique certains solutés de manière active (BLUM, 1988; KORICHI, 1994). Les solutés impliqués sont essentiellement des ions inorganiques, des sucres solubles, des acides aminés et organiques (PATAKAS et NOITSAKIS, 1999). C'est des composants majeurs de cet ajustement au niveau des feuilles de nombreuses espèces végétales (MORGAN, 1984; FLORES et GALSTON, 1984; GOOD et ZAPLACHINSKI, 1994).

L'adaptation à des milieux aux régimes hydriques et thermiques est associée à l'ajustement osmotique à une plus grande production de biomasse racinaire et à un plus grand transfert des réserves d'assimilats vers le grain en pleine croissance sous l'effet de stress (BLUM et *al.*, 1991; RICHARDS et *al.*, 1997).

1-3-3-1. Accumulation de proline

JONES et *al.* (1980) rapportent que les teneurs en acides aminés augmentent de façon très significative chez le sorgho et le tournesol en cas de stress hydrique. Parmi les acides aminés qui peuvent être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquées des stress hydrique et osmotique. Dès 1973, SINGH et *al.* proposent de l'utiliser comme critère de tolérance de l'orge à la sécheresse.

Plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de son accumulation dans le criblage des génotypes résistants au déficit hydrique (BENLARIBI et MONNEVEUX, 1998) sur le blé dur, (BELLINGER et *al.*, 1989) sur le maïs, au froid (DORFLING et ASKMAN, 1989) sur le blé tendre et la salinité (HUBAC et VIERA DA SILVA, 1976) chez *Artémisia alba*.

La particularité dans l'accumulation de la proline par les plantes hautement stressées peut être un des paramètres pour caractériser le développement de la tolérance à la salinité chez les glycophytes (PAQUIN et PELLETER, 1978).

L'accumulation de proline induite par les stress peut être le résultat de trois processus complémentaires: Stimulation de la synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines.

L'accumulation de proline est initialement associée au déficit hydrique; cette hypothèse fut confirmée plus tard par ASPINALL et PALEG (1992) sur l'orge et LAHRER (1984) sur la vigne et le haricot.

La synthèse de la proline peut être incluse dans la régulation du pH cytoplasmique, (BELLINGER et LAHRER, 1989). Par conséquent, elle aide dans la stabilisation des protéines membranaires et des protéines libres, ce qui lui confère un rôle osmoprotecteur, du fait qu'elle est le plus accumulée dans les plastides, les mitochondries et le cytosol et 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 cours du stress.

I-3-3-2. Accumulation des sucres solubles

Le stress hydrique tend à induire une augmentation caractéristiques de la teneur en saccharose dans les feuilles .Une accumulation de la teneur en sucres a été également mise en évidence chez le sorgho (JONES, TURNER, OSMAND, 1981) et le blé (TARI et *al.*, 2000).

Elle pourrait contribuer à la réalisation d'une pression osmotique qui limite la transpiration. Le niveau d'ajustement osmotique réalisé par les légumineuses est modeste comparé à celui des céréales (SUBBARAO, 1995).

Le taux des sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress, en effet, cela a été vérifié par CHUNYANG (2001) chez des arbres adultes d'eucalyptus sous différentes stress hydriques par (KAMELI et LOSEL 1995), chez le blé suite à un déficit hydrique et (NOIRAUD et *al.*,2000) chez le céleri sous stress salin.

Les principaux sucres accumulés sont le glucose, fructose et le saccharose (HARE et *al.*, 1998). Elles jouent un rôle dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base de différents processus contrôlant l'activité d'une plante.

I-4- L'Alfa (*Stipa tenacissima* L.):

La connaissance approfondie de *Stipa tenacissima* L. a préoccupé depuis longtemps plusieurs chercheurs. Son étude, sa biologie et son écologie ont attiré l'attention de TRABUT (dès 1889), KHELIL (1991). *Stipa tenacissima* L a été décrite par de nombreux auteurs TRABUT (1889), METRO (1947), KILLIAN (1948), BOUDY (1950), LACOSTE (1955), POUGET (1980) ACHOUR (1983), ABDEKRIM (1988), DJEBAILI (1988), NEDJRAOUI (1990); .BOUAZZA (1991), AIDOUUD et *al.*(1996), AIDOUUD-LOUNIS (1997).

En raison de l'importance de cette plante dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème et de son intérêt économique, nous jugeons nécessaire de rappeler les principales caractéristiques de l'espèce.

I-4-1- Nomenclature et classification botanique de: *Stipa tenacissima* L(Alfa):

Stipa tenacissima L est une plante herbacée vivace de la famille des Poacées.

Tableau N°01. Classification botanique de *Stipa tenacissima* L

Règne	Plante
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocots
Ordre	Poales
Famille	Poacées
Genre	Stipa
Genre / Espèce	<i>Stipa tenacissima</i>L
Nom vulgaire	Alfa.
Nom arabe	Halfa

Source: (Kew Garden, 2016)

I-4-2- Répartition géographique:

Stipa tenacissima L. est une herbe vivace typiquement méditerranéenne appartenant à la sous-région écologico-floristique ibéro-maghrébine, qui fait partie intégrante de la région méditerranéo-steppe s'étendant de la moyenne vallée de l'Èbre jusqu'à celle de l'Indus LE HOUÉROU (1990). Par ailleurs, c'est l'une des espèces xérophiles qui caractérise le mieux les milieux arides méditerranéens à l'exclusion des secteurs désertiques. Sa terre d'élection est l'Afrique du Nord, et tout particulièrement les Hauts Plateaux du Maroc et de l'Algérie. Mais cette espèce est présente en Espagne orientale et méridionale, au Portugal méridional, aux Baléares, et elle s'étend vers l'Est jusqu'en Égypte. Au Sud et à l'Est, la limite naturelle de *Stipa tenacissima* L est déterminée par la sécheresse ; en bordure du Sahara, elle est fréquemment localisée sur les bords des oueds temporaires. Au nord et à l'ouest, en revanche, c'est l'humidité croissante du climat qui l'élimine de la flore.

En Algérie, *Stipa tenacissima* L est abondante dans la région oranaise, depuis le littoral jusqu'aux monts des Ksour, sur les hauts plateaux de la région de Ksar Chellala, Djelfa, autour de Bou Saada, jusqu'aux montagnes d'Ouled Naïl et autour de Laghouat. A l'Est, elle se répartit surtout dans les régions ouest et sud de Sétif, les Bibans, Boutaleb et Maadid. Elle couvre également une partie importante des versants de montagnes du massif des Aurès. BOUDY (1948) et OZENDA (1954).

Les hautes plaines steppiques de l'ouest algérien sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L). Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per aride supérieur frais. LE HOUEROU et al . (1979) et DJEBAILI, (1984).

Cet espace steppique connaît un régime thermique contrasté, de type continental.

L'amplitude thermique annuelle y est comprise entre 20 et 22°C. Située, dans son ensemble, à une distance sensiblement constante de la mer, le régime thermique de notre région est aussi fortement influencé par l'altitude. La moyenne des minima du mois le plus froid « m » varie de - 2° C à + 6° C.

Au sud de l'Algérie, le passage de forêt de *Pinus halepensis* et du matorral à la steppe à l'Alfa est bien marqué. BOUAZZA (1991) confirme que les steppes à *Stipa tenacissima* L occupent les régions bio-climatiquement semi-arides supérieure et inférieure. La répartition majeure des steppes à *Stipa tenacissima* L. Répond à ces critères bioclimatiques et au gradient d'aridité Nord-Sud.

Au nord *Stipa tenacissima* L. est dominante, elle occupe donc les plateaux.

I-4-3- Caractéristiques du genre *Stipa*:

Le genre *Stipa* L. caractérisé par un lemme prolongée par une très longue arête qui est coudée en son milieu, tordue en spirale et généralement poilue au-dessous du coude, glabre et arquée en fouet au-dessus. Ce genre, bien représenté dans le sud de l'Europe, atteint à peine la bordure nord du Sahara, au pied de l'Atlas saharien. OZENDA (1991) *Stipa* L: caractérisé par une panicule plus ou moins lâche. Epillets indépendants, comportant une fleur fertile. Lemme pourvue d'un calus allongé et souvent velu, portant au sommet une arête simple, genouillée, plus ou moins tortillée et, le plus souvent, très longue. Feuilles étroites et enroulées. QUEZEL et SANTA (1962).

I-4-4- Caractéristique de *Stipa tenacissima* L.:

1 - Lemme membraneuse, bifide; plante très robuste, en touffes denses, à feuilles longues et coriaces; inflorescence longue (30 cm), très fournie; plante vivace; floraison de mai à juin. Plante des régions semi-arides des Hauts-Plateaux, qui pénètre dans l'extrême Nord Saharien (jusqu'à Tihrempt), en Afrique du Nord et en Espagne.

OZENDA, (1991)

2 - Lemme nettement bifide au sommet, à arête de 6 cm, genouillée, velue et tortille au-dessous du genou. Chaumes pouvant atteindre 1,50 m, en touffes d'abord compactes puis évidées au centre. Feuilles junciformes par temps sec, aiguës et piquantes, se laissant arracher (différence avec *Lygeum Spartum*).

I-4-5- Caractères biologiques de *Stipa tenacissima* L.:

Stipa tenacissima L., plante herbacée, vivace, se présente sous l'aspect d'une touffe à peu près circulaire dont le diamètre varie fortement selon la qualité de la nappe, celle-ci dépend d'interactions multiples avec les conditions climatiques et édaphiques qu'elle rencontre.

Stipa tenacissima L est composé de deux parties : souterraine et aérienne, la première est formée d'un rhizome (capital pour la régénération) et la seconde de feuilles composées de limbes atteignant parfois 1,50 m de long. Il forme des touffes circulaires s'évidant graduellement au centre, au nombre de 3000 à 5000 en moyenne à l'hectare dans un peuplement normal, dans un peuplement dégradé, le nombre diminue de 1000 à 2000 touffes.

BOUDY, (1952)

I-5- Le Sparte (*Lygeum spartum*):

I-5-1- Morphologie du sparte:

Lygeum spartum est le nom scientifique de l'albardin, il est appelé vulgairement sparte, dite en arabe « senagh ou sen'gha », (KILLIAN, 1948; OZENDA, 1956), ou encore 'gousmir' (NEGRE, 1961), en espagnol « esparto basto ou albardin » (MARIANO, 1876 in CHADLI, 1990). C'est une Poacée vivace xérophile appartenant à la section des lygeacées

(MARIANO, 1876), il se présente en touffes denses, toujours très hétérogènes quant à leur forme et leur répartition dans l'espace (AIDOU, 1983).

La touffe est composée d'une partie vivante verte distincte et d'une partie morte qui s'entasse sur pied en grande quantité.

Le développement du *Lygeum* est érigé, il a tendance à croître soit en hauteur qu'en largeur, donnant origine à un arbuste arrondi. C'est une Poacée ornementale.

Tableau N°02. Classification botanique de *Lygeum spartum*

Règne	Plante
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Famille	Poacées
Sous famille	Pooideae
Genre	Stipa
Genre / Espèce	<i>Lygeum spartum</i>
Nom vulgaire	Sparte.
Nom arabe	Senagh

Source: (Kew Garden, 2016)

- Rhizome :

La partie souterraine de la plante est un rhizome à entre-noeuds portant des racines adventives, il est fort, rampant et s'enfonçant profondément dans le sol (à 4 ou 5cm de profondeur), il donne l'impression d'un peigne en raison de sa croissance rectiligne. Selon WALTER (1973), le rhizome de sparte avance de 1cm/an et sa croissance linéaire conduit à une forme typique de la touffe. Il émette des tiges nombreuses érigées formant de belles touffes, il est recouvert d'écailles brillantes serrées, imbriquées émettant sur la face inférieure de nombreux chaumes pleins et écailleux à la base.

- Feuille :

Le *Lygeum* est perché sur un feuillage junciforme d'un beau vert émeraude et persistant. Les feuilles sont coriaces et adhèrent bien au sol, elles atteignent jusqu'à 50cm de longueur, elles sont toujours enroulées ce qui leur donne un aspect cylindrique. L'enroulement des feuilles, adaptation à la sécheresse connue et décrite par LEMEE (1954), réduit la

transpiration dans le cas de *Lygeum Spartum* de 69 à 83%. Cet enroulement est Permanent (AIDOUD, 1983). Les feuilles sont fibreuses et très solides.

- Racines :

Les racines du sparte sont de type fasciculé, mais ne présentent pas d'orientation particulière dans leur développement. Celui-ci reste toute fois à extension latérale. Les racines présentent au même titre que *Aristida pungens*, un manchon de poils très dense qui agglutinent le sable à l'aide de sécrétions mucilagineuses, ce caractère est une adaptation à la sécheresse. Le manchon joue un rôle efficace dans la protection des tissus racinaires internes contre la dessiccation. Comme autre adaptation à la sécheresse, LEMEE (1954) signale la grande hygroscopicité des racines du *Lygeum spartum* qui même mortes peuvent encore absorber l'humidité atmosphérique à raison de 100% de leurs poids initial.

- Fleurs :

Elles sont au bout de la tige par deux ou trois soudées entre elles, entourées de longs poils et contenues dans une grande spathe. Les fleurs forment une couverture de longs cheveux soyeux, si on l'observe sans la fleur il peut être confondu avec l'Alfa. Les fleurs sont hermaphrodites (ont à la fois des organes mâles et femelles) et sont pollinisées par le vent.

- Inflorescence :

Le *Lygeum* est composé de seulement quelques épilés de couleur argenté comprenant un épilé fertile et solitaire, il ressemble à un bec d'oiseau, les glumes et les lodicules sont absents, lemme ovale 20-30mm de long coriaceux. Le fruit est un caryopse de couleur rouge avec péricarpe adhérent. Le *Lygeum* est en fleur en mai, et les graines mûrissent en juin et juillet, il est toujours vert durant le printemps, l'été, l'automne, et l'hiver, il assume une coloration vert blanc. Selon Floret et PONTANNIER (1982), le *Lygeum spartum* est souvent décrits comme une espèce qui végète durant toute l'année, les exemplaires adultes sont de taille moyenne et atteignent les 2m de haut.

CHAPITRE II-MATERIEL ET METHODES

II-1- Présentation de la zone d'étude

II-1-1- Présentation du site d'étude : La zone d'El Houaita

La région d' El Houaita est situé à environ 40 km au Sud-Ouest de la ville de Laghouat sur les bordures Sud de djebel Mehales et plaine oued M'ssaad. Elle est limitée au Nord par la commune de Tadjmout. A l'Est par la commune de Kheneg. A l'Ouest par la commune d'Ain Madhi. Au Sud la commune de Tadjrouna. Elle est caractérisée par des altitudes moyennes qui ne dépassent pas 900 m.

II-1-1-1. Localisation géographique du site d'étude

Tableau N°03. Les coordonnées géographiques du site d'étude

Site	Coordonnées	Altitude
El Houaita	N: 33° 38 ' 51.00 " E: 2° 31 ' 1.12 "	924 m

Source: (CHOUCHA, 2016)

II-1-2- Cadre géologique de la zone d'étude

Le territoire de la wilaya de Laghouat s'étend sur deux domaines géologiques nettement différents, notamment sur le plan de la structure et de l'évolution géologique, ce sont l'Atlas Saharien au nord et la plateforme Saharienne au Sud, la wilaya a un soubassement de roches sédimentaires datant du secondaire et du tertiaire et quaternaire.

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

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

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

Concernant notre zone d'étude: il existe des terrains du tertiaire le long des oueds surtout. (B.N.E.D.E.R., 2006).

II-1-3- Géomorphologie de la zone d'étude

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

II-1-3-1- Les surfaces planes

II-1-3-1-1. Les glacis: Surface d'érosion en pente douce, développées dans les régions semi-aride au pied des reliefs.

II-1-3-1-2. Les Terrasses: Ce sont des formes alluviales, localisées dans les bas-fonds et constituent des terrains agricoles, elles peuvent être aménagées vu la profondeur du sol et les eaux qu'elles reçoivent par ruissellement (POUGET, 1980).

II-1-3-2- Les dayas

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

II-1-3-3- Les versants

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

II-1-4- Cadre pédologique de la zone d'étude

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

- Sols peu évolués d'apport alluvial typique
- Sols peu évolués d'apport alluvion-colluvial typique
- Sols de Dayas
- Sols calcimagnésiques

Les sols de la zone d'El-Houaita sont marqués par de faibles teneurs en matières organiques et en éléments majeurs. Ils présentent un pH alcalin, ils sont moyennement calcaires. Leur granulométrie montre qu'il présente une texture sableuse Tableau N°04 (ATTIA, 2016).

Tableau N°04. Les classes granulométriques. (USDA, 1986)

Texture du sol	Horizon 1	Horizon 2
Epaisseur (cm)	(18,85 ± 14,66)	(28,19 ± 15,34)
Sables grossiers	(0,36 ± 0,32)	(4,95 ± 3,10)
Sables moyens	(0,25 ± 0,08)	(0,22 ± 0,00)
Sables fins	(0,36 ± 0,32)	(4,95 ± 3,10)
Argiles et Limons	(0,17 ± 0,11)	(0,09 ± 0,00)
Limons grossiers	(0,36 ± 0,32)	(4,95 ± 3,10)
Limons fins	(0,36 ± 0,32)	(4,95 ± 3,10)
Argiles	(0,36 ± 0,32)	(4,95 ± 3,10)

Source: (ATTIA Lahcen, 2016)

Tableau N°05. Quelques caractéristiques chimiques des sols d'El Houaita

Teneurs chimiques	Horizon 1	Horizon 2
Ph	(9,05 ± 0,63)	(8,92 ± 1,68)
C(%)	(0,21 ± 0,13)	(0,13 ± 0,08)
C	(2.10 ⁻³ ± 1.10 ⁻³)	(9.10 ⁻⁴ ± 9.10 ⁻⁴)
CaCO3 Actif	(7,00 ± 2,75)	(7,83 ± 2,93)
CaCO3 Total	(7,69 ± 5,27)	(7,86 ± 4,92)

Source: (ATTIA Lahcen, 2016)

II-1-5- Cadre climatique d'El Houaita

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

La présente étude est faite sur une période 20 années de **1996** jusqu' à **2016** de données ramenées de l'Office National de Météorologique (**O.N.M, 2016**) station de Laghouat. La

synthèse climatique de la zone d'étude a été effectuée sur la base d'un diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Guassen et d'un climagramme d'EMBERGER.

II-1-5-1- Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Guassen

C'est un diagramme qui propose une relation entre deux facteurs essentiels, la température et la pluviométrie d'une région donnée. D'après GAUSSEN (1953) un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($2P \leq T$).

II-1-5-2- Climagramme d'EMBERGER

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

$$Q_2 = 3,43P / (M - m)$$

P: pluviométrie annuelle en mm;

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

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

II-2- Végétation d'El Houaita

La végétation d'El Houaita est représentée Tableau N°06 par 28 espèces réparties entre 14 familles. Les Astéracées dominant avec 5 espèces suivies par les Poacées, les Fabacées avec 4 espèces chacune, ensuite les Chenopodiacées avec 3 espèces, ainsi que les Caryophyllacées, les Brassicacées avec 2 espèces et d'autre familles représentées chacune par une seule espèce. (SALEMEKOUR et al, 2013).

Tableau N°06: Espèces végétales identifiées dans les parcours d'El Houaita

Familles	Espèces
Asteraceae	<i>Asteriscus pygmaeus</i>
	<i>Atractylis serratuloides</i>
	<i>Calendula aegyptiaca</i>
	<i>Ifloga spicata</i>
	<i>Launaea resedifolia</i>
Boraginaceae	<i>Echium humile</i>
Brassicaceae	<i>Farsetia hamiltonii</i>
	<i>Moricandia arvensis</i>
Caryophyllaceae	<i>Herniaria fontanesii</i>
	<i>Paronychia argentia</i>
Chenopodiaceae	<i>Anabasis articulata</i>
	<i>Arthrophytum scoparium</i>
	<i>Noaea mucronata</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum lipii</i>
Fabaceae	<i>Medicago lactiniata</i>
	<i>Astragalus armatus</i>
	<i>Astragalus cruciatus</i>
	<i>Argyrolobium uniflorum</i>
Geraniaceae	<i>Erodium triangulare</i>
Lamiaceae	<i>Salvia verbenaca</i>
Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago albicans</i>
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i>
	<i>Schismus barbatus</i>
	<i>Stipa parviflora</i>
	<i>Stipa tenacissima</i>
Scrophulariaceae	<i>Linaria aegyptiaca</i>
Zygophyllaceae	<i>Fagonia glutinosa</i>

Source: (SALMEKOUR et al, 2013)

II-3- Travail experimental

Notre travail est scindé en deux parties, une première partie effectuée sur le terrain qui consiste à prendre les mesures des diamètres et des hauteurs de plantes qui permettront de calculer les biovolumes. Une deuxième partie est réalisée au laboratoire et dans laquelle les paramètres physiques, biochimiques et physiologiques des plantes. Le matériel végétal utilisé est composé de deux espèces: (*Stipa tenacissima* L et *Lygeum spartum*).

II-3-1- Collecte du matériel végétal

Les mesures et les prélèvements du matériel végétal ont lieu durant deux saisons Automne 2016 et Printemps 2017.

II-3-2- Mode opératoire sur le terrain

A) Biométrie

Visuellement nous avons d'abord repérer les plants de *Stipa tenacissima* L et *Lygeum spartum* en considérant leur taille respectives, qui nous permettront par la suite de classer chacune dans trois groupes selon l'âge. Trois âges pour chacune des deux espèces ont été considérés (plante âgée, plante moyennement âgée et plante jeune) a l'aide d'un ruban mètre, le diamètre et de la hauteur des touffes de 60 plants de chacune des deux espèces ont été pris et soigneusement noté.

Le biovolume (B_v) est calculé à partir du diamètre moyen (Φ) et de la hauteur mesurée (H), telque:

$$B_v = \pi \cdot (\Phi/2)^2/4 \cdot H$$

B) Prélèvements des feuilles des plantes

Après la prise des mesures du diamètre et de la hauteur de chaque plante, à l'aide d'un sécateur nous avons pris quelques feuilles fraîches de la touffe de chacun des sujets des deux espèces. Les feuilles ont été mises dans des sacs en plastique étiquetés selon un code donné à la plante qui nous permettra son identification facile au laboratoire.

II-3-3- Les paramètres mesurés aux laboratoires

II-3-3-1- Les paramètres physiologiques

II-3-3-1-1. La teneur en eau w (%) :

La teneur en eau est mesurée, pour chaque échantillon récolté immédiatement après la récolte.

Un échantillon de la plante est pesé immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) et mis dans une étuve à aire réglée à 105 °C pendant 24 heures. Après dessiccation ; l'échantillon est pesé de nouveau et remis à l'étuve jusqu' à avoir un poids sec constant.

La teneur en eau est donnée par la formule :

$$w(\%) = \frac{y - x}{x} \times 100$$

y : Poids humide de l'échantillon.

x : Poids de l'échantillon après dessiccation.

II-3-3-2- Les paramètres biochimiques

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

II-3-3-2-1. Dosage de la proline (mol/kg MF) :

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

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-Marie pendant 60 mn.

(Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter:

- 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ;
- 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;
- 1 ml de mélange contenant :
 - 120 ml d'eau distillée;
 - 300 ml d'acide acétique;
 - 80 ml d'acide orthophosphorique ($\text{H}_3\text{PO}_4, d=1.7$).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C , la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (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.

II-3-3-2-2. Dosage des sucres totaux (g/100mg MF):

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

Dans des tubes à essais propres, on met 1ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée); on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% sous haute tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.).

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

II-3-3-2-3. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF):

Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 5ml d'acétone à 80% qui diluée à 20ml d'eau distillé, pendant 24 heures. Les concentrations de la chlorophylle a, 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 de formule suivante:

$$\text{Chlorophylle.Totale} = 20,2x \text{ Do (645)} + 8,02x\text{Do (663)}$$

Do: densité optique

II-3- Traitement et analyses statistiques des données

Les traitements statistiques des données collectées ont été réalisés à l'aide du logiciel «*MINITAB* version 17.

CHAPITRE III – RÉSULTATS

III-1- Climatologie de la zone d'étude

III-1-1-Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen:

D'après GAUSSEN (1953) un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($P \leq 2T$).

À partir du diagramme Ombro-thermique de Gaussen (Figure 01), on remarque que la région Laghouat, pendant la période de 21 ans, est marquée par une saison sèche, qui s'étale entre le mois de Janvier jusqu'à Décembre d'une durée de 11 mois.

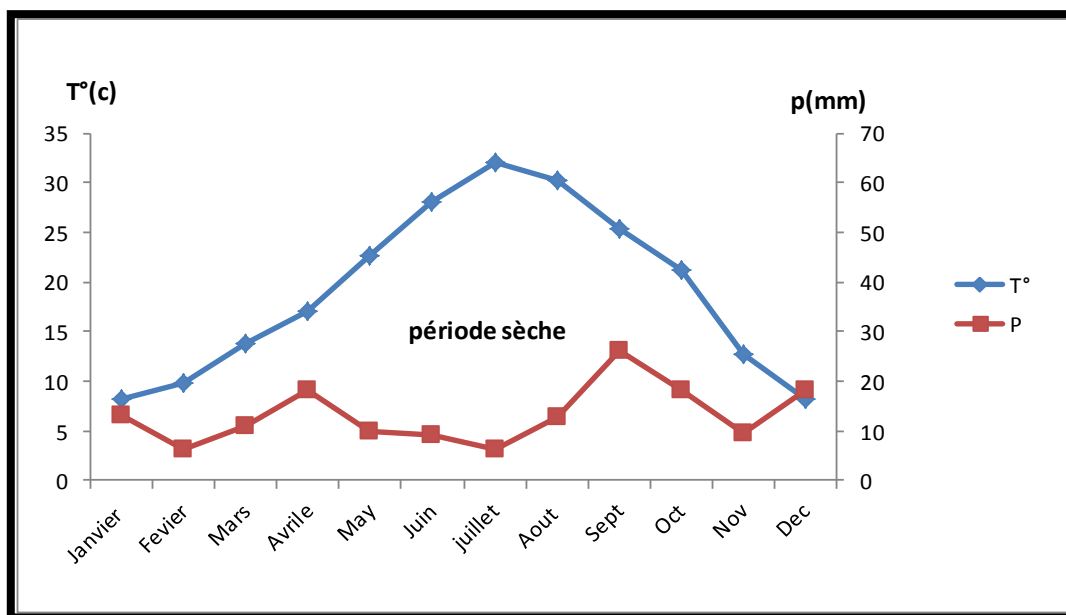


Figure N°01: Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 1996-2016.

III-1-2- Climagramme d'EMBERGER:

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 2003) Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minima du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) :

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

P : pluviométrie annuelle en mm ;

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

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

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluviothermique pour la station, Q2 avec les données climatiques calculées sur une période de 21 ans **Q2 (1996-2016)**.

$$Q2 = 3.43 \times 153.9 / (32.08 - 8.3)$$

La station de Laghouat présente un **Q2 de 22.19**.

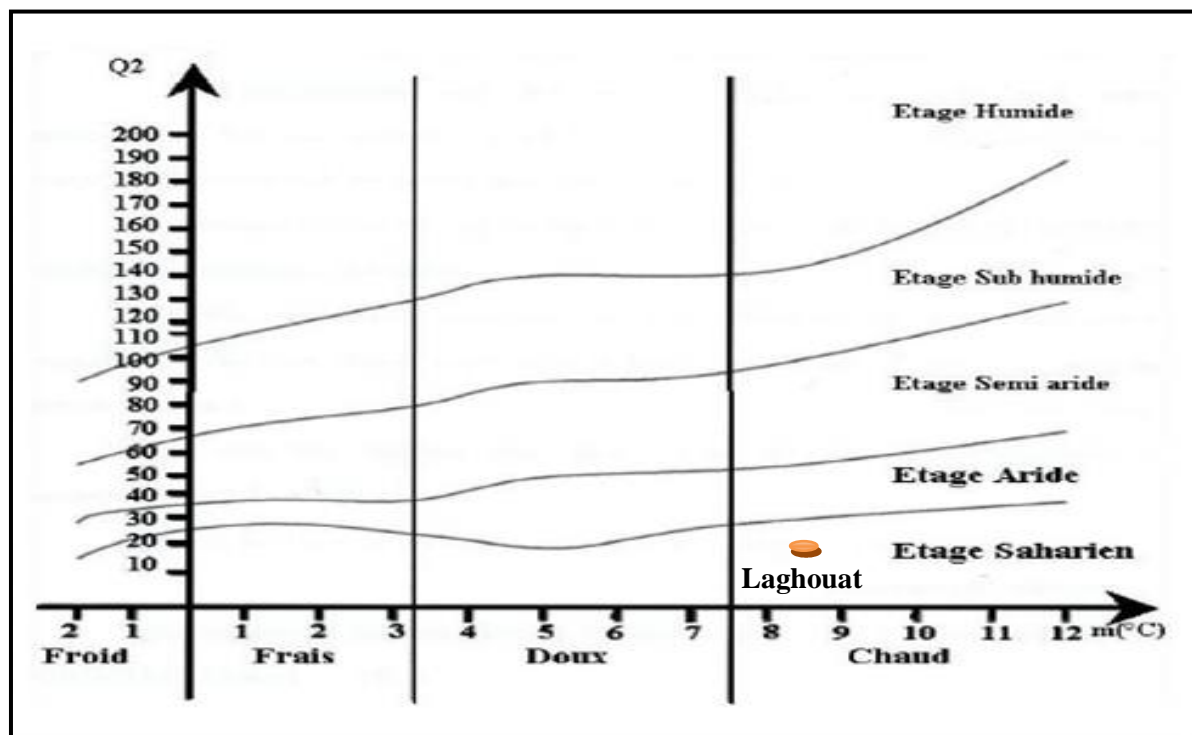


Figure N°02: Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger (2004-20016).

D'après la(Figure 02), la station de Laghouat se situe sous un étage bioclimatique saharien à hiver chaud.

III-1-2-a- Humidité relative de l'air:

Selon DREUX (1980), l'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (FAURIE *et al*, 1980).

L'humidité moyenne annuelle de la région de Laghouat est vers de 46.13% avec d'énormes fluctuations, les écarts ont atteint 50% entre Mars et Avril 2007. Les valeurs maximales sont au alentours de 80% atteintes en Janvier et Décembre de l'année 2006 (Figure 03).

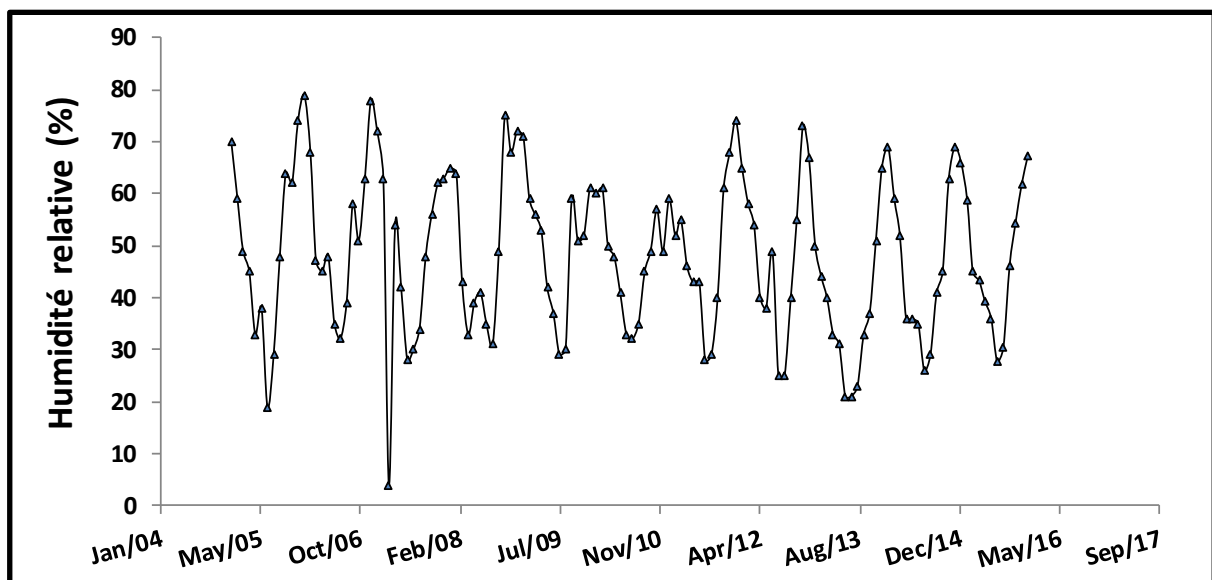
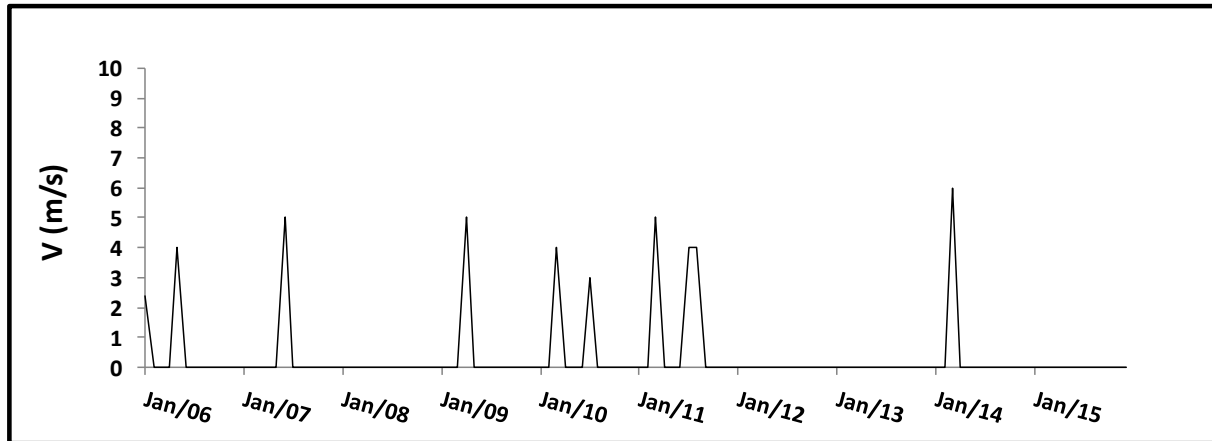


Figure N°03: La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat (2004-2016).

III-1-2-b- Le vent:

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Il a une action très marquée sur la répartition de certaines espèces et sur leurs activités qui peuvent être gênées (RAMADE, 1984). La dynamique des vents (Figure 04), montre que le vent peut souffler très fort pendant toutes les saisons de l'année, nous observons des pics dépassant les 4 m/s durant Janvier, Février, Mars, Avril, Juillet et Octobre.

Dans notre région les vents dominants sont généralement orientés Sud-ouest-Nord-ouest (Figure 05).



FigureN°04: La dynamique de vent à Laghouat entre (2005 -2015).

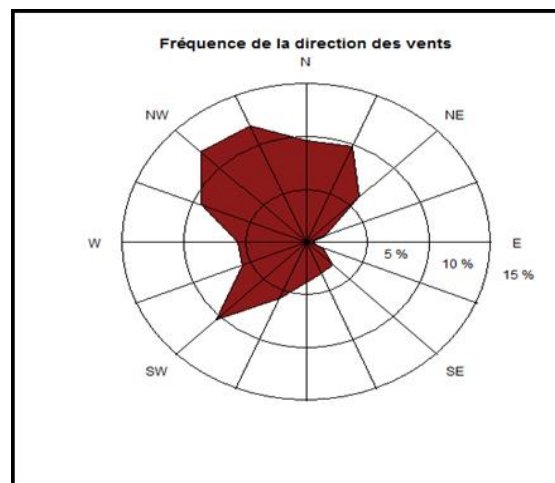


Figure N°05: La fréquence des directions du vent à Laghouat.

III-2- Biométrie des plantes étudiées

III-2-1- Evolution du Biovolume

Le plus faible biovolume ($5.10^{-4} m^3$) est observé (Figure 06) chez les sujets jeunes pour les deux espèces étudiés. Le biovolume le plus élevé ($3,31m^3$) est observé (Fig.06 à gauche) chez le stipa âgée au printemps. D'autre part lygeum à marqué un biovolume élevé ($0,12m^3$) en automne (Fig.06 à droite). Les sujets moyennement âgés pour les deux espèces ont marqué des biovolumes intermédiaires allant de (1.10^{-3} à $1,40m^3$).

L'ANOVA du biovolume montre qu'il existe une différence hautement significative ($p<0,001$). Les biovolumes mesurés ont formé des groupes statistiques différents.

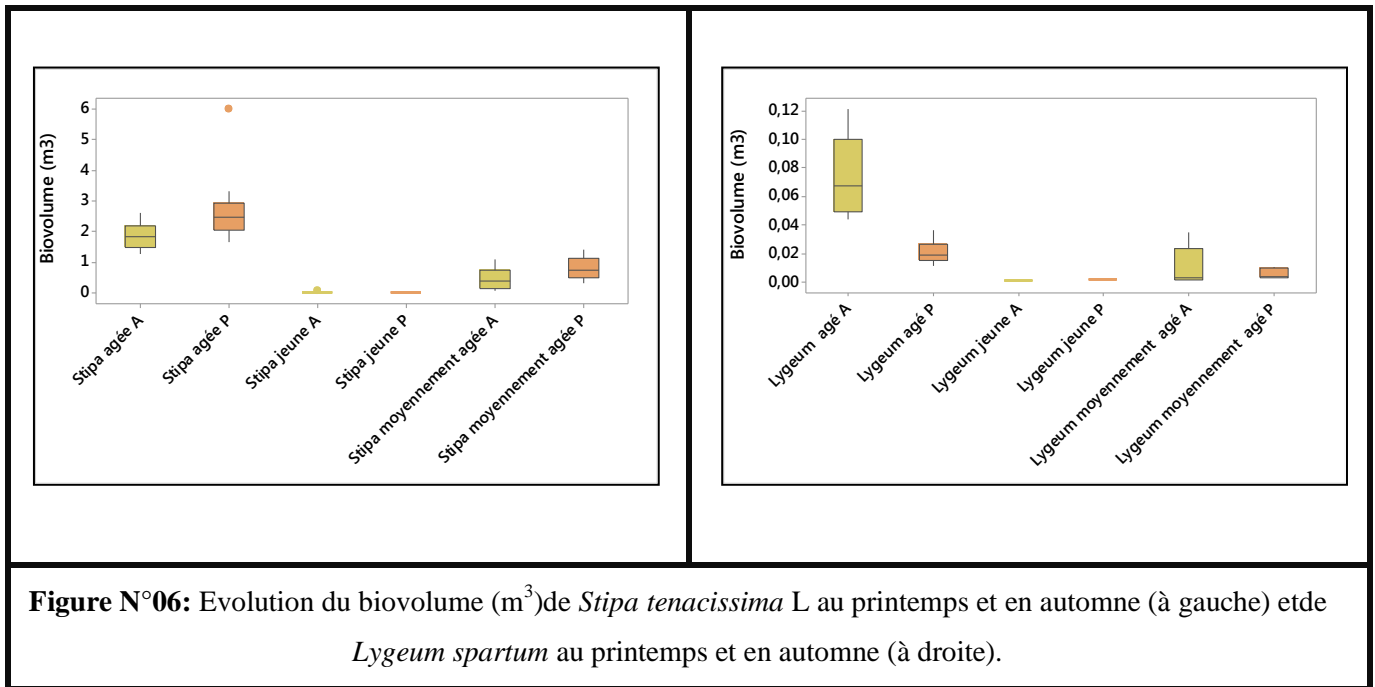


Figure N°06: Evolution du biovolume (m³) de *Stipa tenacissima* L au printemps et en automne (à gauche) et de *Lygeum spartum* au printemps et en automne (à droite).

III-3- Paramètres physiologiques des plantes

III-3-1- Evolution de la teneur en eau(%)

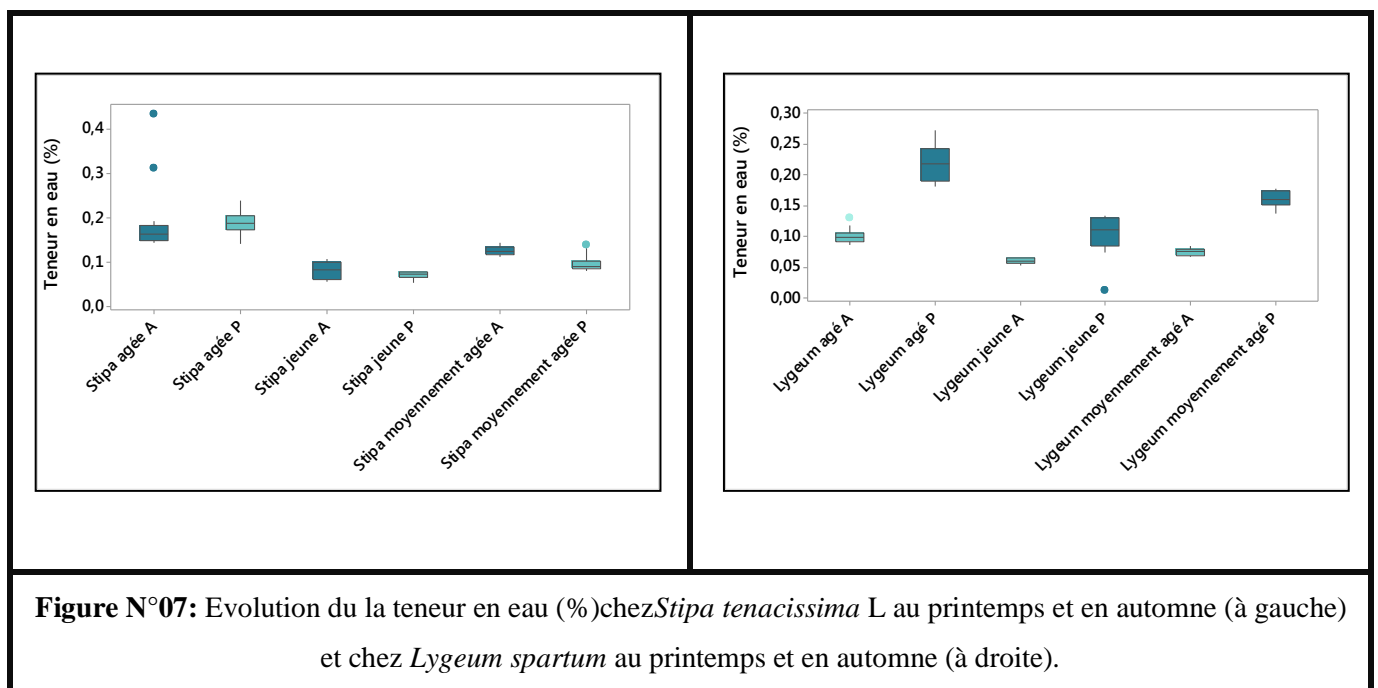
Les niveaux de la teneur en eau les plus élevés sont notés chez les sujets âgés durant la saison d'automne, alors que les niveaux le plus faible de la teneur en eau sont marqués chez les sujets jeunes durant la saison du printemps (Figure 07).

Les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez l'Alfa, avec une valeur maximale (**43,35%**) enregistrée chez le stipa âgée en automne et une valeur minimale (**5,30%**) enregistrée chez stipa jeune au printemps (Fig.07 à gauche). Par opposition, les teneurs en eau chez le Sparte, à indiqué une valeur maximale (**27,25%**) enregistrée chez le lygeum âgé au printemps et une valeur minimale (**1,30%**) enregistrée chez le lygeum jeune au printemps (Fig.07 à droite) c'est à dire les teneurs en eau les plus faibles sont enregistrées pendant la saison printanière pour les deux espèces.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative pour la teneur en eau chez les deux espèces en fonction de l'âge (**p < 0,001**). Le test de **Fisher** de la teneur en eau indique cinq groupes homogènes (**A, B, C, CD** et **D**) pour Stipa. Le groupe **A** correspondent à Stipa âgée pour les deux saisons, ainsi que Stipa moyennement âgée classé au groupe **B** et **C**

ensuite le *Stipa* jeune pour les deux saisons (automne et printemps) porte successivement en groupe **C D** et **D**.

Pour le *Lygeum*, le test de **Fisher** de la teneur en eau montre qu'elle a formé cinq groupes (**A, B, C, D** et **E**). Le groupe **A** correspondent au *Lygeum* âgé au printemps, ainsi que le *Lygeum* moyennement âgé au printemps classé au groupe **B**; et le groupe **C** responsable au *Lygeum* jeune au printemps et au *Lygeum* âgé en automne, ensuite le *Lygeum* moyennement âgé saison d'automne classé au groupe **D**, et a la fin de classement le *Lygeum* jeune en automne porte le groupe **E**.



III-4- Evolution des paramètres biochimiques des plantes

III-4-1- Evolution de la teneur en proline (mol/kg de MF)

En ce qui concerne la teneur de proline, nous avons enregistré des concentrations très élevées en saison d'automne pour les deux espèces (Figure 08). La concentration la plus élevée est notée chez *Stipa* jeune (15.10^{-3} mol/kg MF), et la plus faible concentration marquée chez le *Stipa* âgée (15.10^{-5} mol/kg MF).

Nous constatons une augmentation importante chez *Stipa* généralement (période d'automne) avec une concentration relativement élevée chez *Stipa* jeune. Nous remarquons

au printemps une baisse de la concentration pour les trois âges de *Stipa* (Fig.08 à gauche); par opposition on observe une évolution très importante de la concentration en proline chez le *Lygeum* en période d'automne, par contre en période printanière nous remarquons une diminution qui est enregistré pour les trois ages de *Lygeum* (Fig.08 à droite).

L'analyse de la variance révèle l'existence de différence hautement significative pour concentration en proline chez les sujets des trois ages des deux espèces ($p < 0,001$).

Le test de **Fisher**, classe la teneur en proline au niveau de *Stipa* en trois groupes (**A**, **B** et **C**). Le groupe **A** correspondent aux *Stipa* jeune la moyenne de concentration le plus élevé saison d'automne qui caractérisent la plus haute accumulation de la proline. En Deuxième position le groupe **B** englobe *Stipa* âgée et moyennement âgée de meme période saison d'automne. Tandis que, le dernier groupe **C** contiennent les trois niveaux de *Stipa*: âgée, moyennement âgée et jeune avec une faible moyenne de teneur en proline durant le printemps.

Pour le *Lygeum* le test **Fisher** classe la teneur de proline en quatre groupes (**A**, **AB**, **BC** et **C**). Les groupes **A** et **AB** contiennent le *Lygeum* jeune et âgé de meme période qui accumule plus de proline. Le groupe **AB** est représenté par le *Lygeum* moyennement âgé saison d'automne. Ainsi que, le groupe **BC** comporte les deux niveaux de *Lygeum*, moyennement âgé et jeune saison de printemps, et dans le dernier classement *Lygeum* âgé porte le groupe **C**.

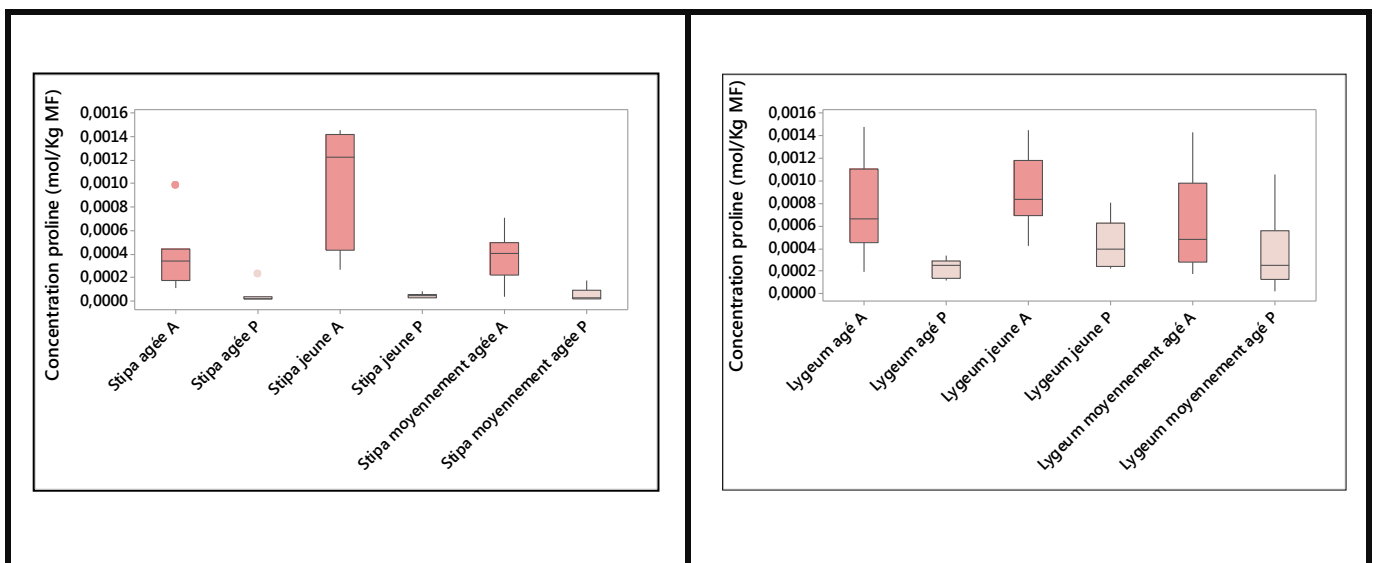


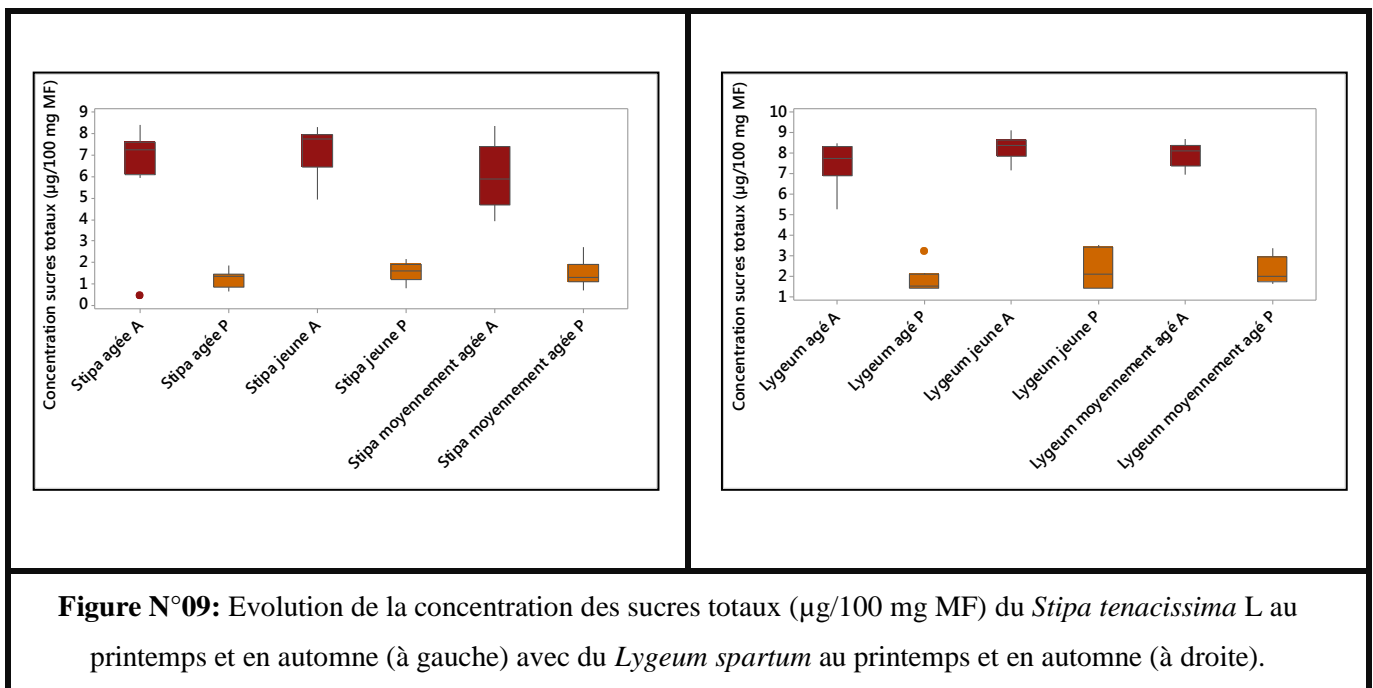
Figure N°08: Evolution de la concentration de la proline (mol/Kg de MF) du *Stipa tenacissima* L au printemps et en automne (à gauche) avec du *Lygeum spartum* au printemps et en automne (à droite).

III-4-2- Evolution de la teneur en sucres totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$)

Les résultats obtenus (Figure 09), montrent que la concentration des sucres durant l'automne augmente presque trois à quatre fois pour les deux espèces en fonction de leurs âges, par rapport au printemps. Les fortes accumulations des sucres solubles sont observées pour les deux espèces au période d'automne avec une concentration maximale enregistrée chez le *Lygeum* (**9,10 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$**) (Fig.09 à droite), par contre les plus faibles concentrations en sucres solubles sont enregistrées à la saison de printemps avec une concentration minimale noté chez le *Stipa* (**0,66 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$**) (Fig.09 à gauche).

L'ANOVA révèle qu'il existe une différence hautement significative $p < 0,001$. Le test de **Fisher** classe la teneur des sucres en quatre groupes (**A, AB, B** et **C**). Le premier et le second groupes **A** et **AB** comprend le *Stipa* jeune et âgée durant l'automne auxquels les concentrations accumulent fortement les sucres solubles. Le groupe **B** représente les sujets moyennement âgés de *Stipa*. Le dernier groupe **C** contient les trois âges restant chez qui l'accumulation des sucres totaux est relativement faible.

Pour le *Lygeum* le test de **Fisher** donne quatre groupes homogènes similaires à ceux enregistrés chez *Stipa*.



III-4-3- Evolution de la teneur en chlorophylle (mg/g MF)

D'après la (Figure 10) les résultats obtenus montrent que la teneur en chlorophylle la plus élevée est observé durant le printemps pour les trois âges de *Stipa*. Par opposition le *Sparte* a marqué en automne des valeurs plus élevées que la saison de printemps. La concentration en chlorophylle la plus élevée (**44,26mg/g MF**) est observé (Fig.10) chez les sujets jeunes pour les deux espèces. La concentration en chlorophylle la plus faible (**5,12mg/g MF**) est observée chez le *Lygeum* moyennement âgé au printemps (Fig.10 à droite). D'autre part *Stipa* a marqué une concentration très élevée (**44,13mg/g MF**) au printemps (Fig.10 à gauche). Les sujets moyennement âgés pour les deux espèces ont marqué des changements saisonniers de la concentration en chlorophylle.

L'ANOVA pour la chlorophylle montre qu'il existe une différence hautement significative ($p < 0,001$). Les concentrations mesurées ont formé cinq groupes statistiques (**A, B, BC, CD** et **D**) chez le *Stipa tenacissima*, et le *Lygeum* a formé deux groupes statistiques (**A, B**).

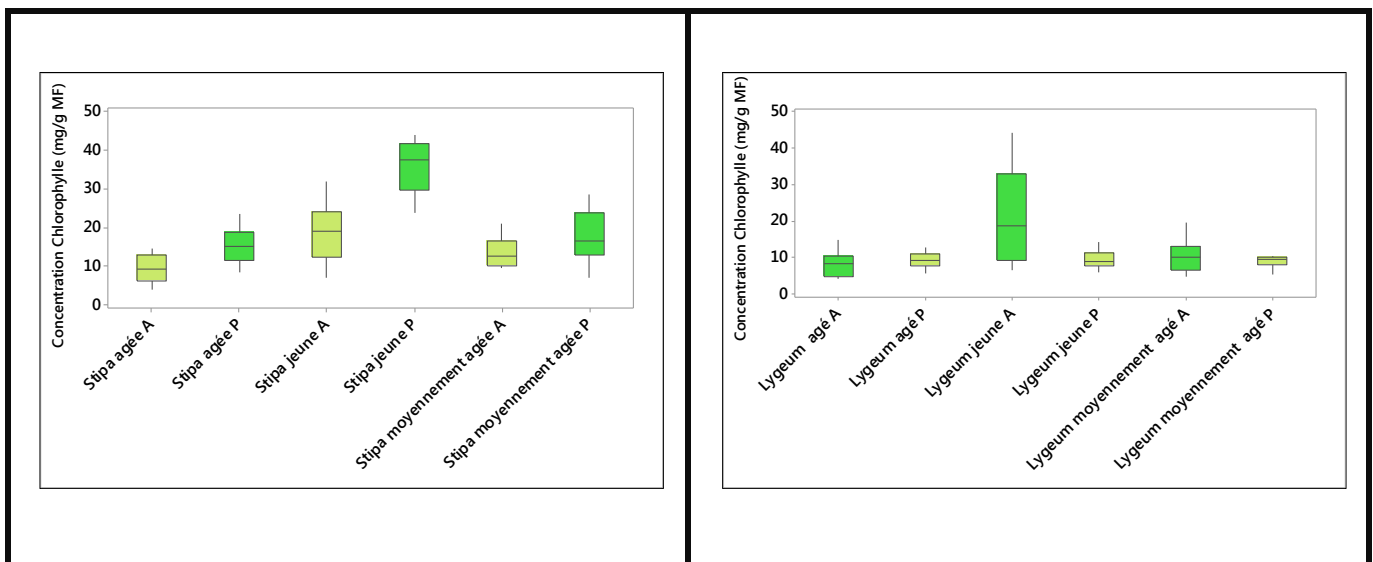


Figure N°10: Evolution de la concentration chlorophyllienne (mg/g MF) du *Stipa tenacissima* L au printemps et en automne (à gauche) avec du *Lygeum spartum* au printemps et en automne (à droite).

III-5- Analyses statistiques des données

- Classification ascendante hiérarchique (C.A.H.)

Les résultats de la CHA sont présentés sous forme de dendrogramme regroupant les sujets selon leur degré de similarité c'est-à-dire leur comportement.

Ce dendrogramme a permis d'observer l'existence de quatre groupes A, B, C et D au niveau de similarité (Figure 11).

Tableau N°07 : Récapitulatif et Légendes de la CHA.

Groupe	Sous-groupe	Similarité	Sujets et son N° respectif	Saisons	
A	A1	92,90	1 Stipa âgée	Automne	
			2 Stipa moyennement âgée		
	A2	94,39	4 Stipa âgée		Printemps
			10 Lygeum âgé		
B	B1	83,64	5 Stipa moyennement âgée	Printemps	
	B2	93,92	11 Lygeum moyennement âgé		
			12 Lygeum jeune		
C	C	9,82	0,00	6 Stipa jeune	Printemps
D	D1	97,86	3 Stipa jeune	Automne	
			9 Lygeum jeune		
	D2	97,51	7 Lygeum âgé		
			8 Lygeum moyennement âgé		

La classification hiérarchique ascendante (CHA) fournit le résultat sous la forme d'un arbre ou dendrogramme. Ce dendrogramme permet de distinguer quatre groupes principaux (Figure 11):

Groupe A : réunit 2 sous-groupes en 4 sujets

- Sous-groupe A1 est formée par les deux sujets en automne (stipa âgée et moyennement âgée) avec une similarité de 92 %.
- Sous-groupe A2 formée par les deux sujets au printemps (stipa âgée et lygeum âgé) présentent un niveau de similarité de 94%.

Groupe B : réunit 2 sous-groupes en 3 sujets

- Sous-groupe B1 renferme seul sujets stipa moyennement âgée au printemps à une similaire de 83%.
- Sous-groupe B2 renferme deux sujets au printemps (lygeum moyennement âgée et jeune) sont similaire à 93%.

Groupe C : réunit un seul sujet stipa jeune avec une similarité de 9%.

Groupe D : réunit 2 sous-groupes en 4 sujets

- Sous-groupe D1 est formée par les deux sujets au printemps (stipa et lygeum jeune) avec une similarité de 97 %.
- Sous-groupe D2 formée par les deux sujets au printemps (lygeum âgée et moyennement âgé) presentent un niveau de similarité de 97%.

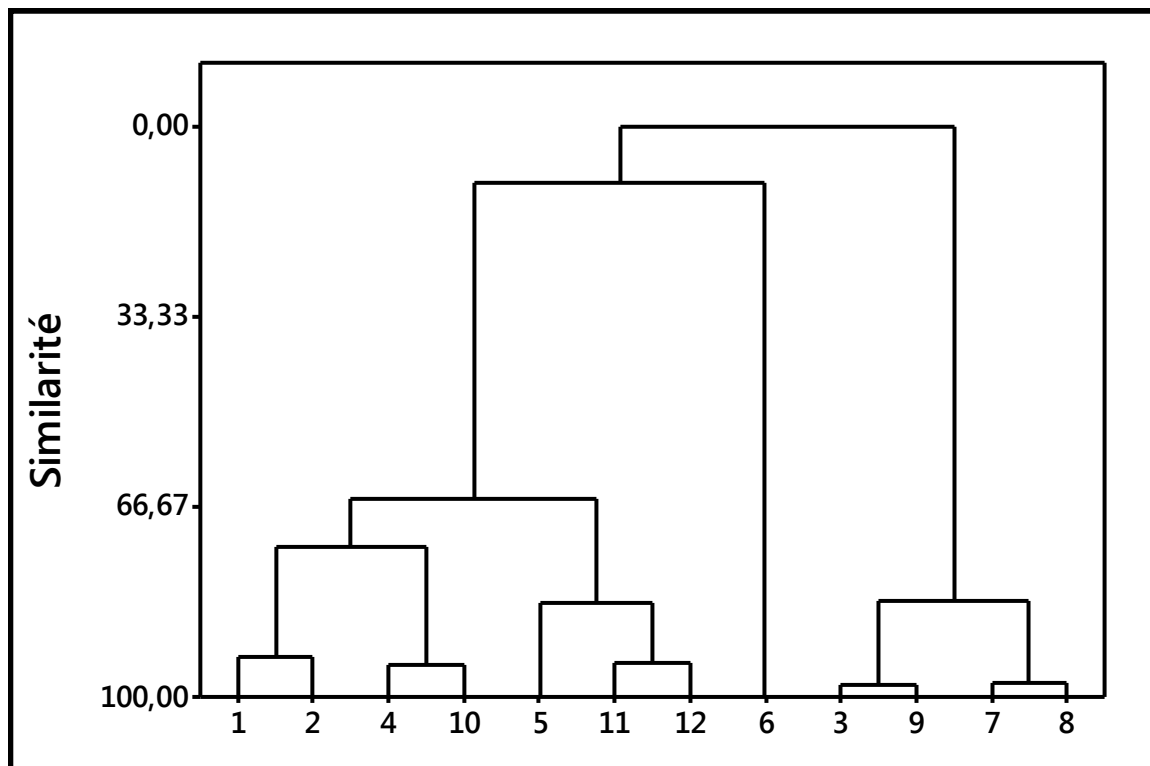


Figure N°11: Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante des espèces.

CHAPITRE IV: DISCUSSION

IV-1- Climatologie de la zone d'étude

Les températures et les précipitations constituent les deux groupes de paramètres climatiques fondamentaux qui caractérisent les milieux continentaux. On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques, constitués par la lumière et les températures, de facteurs hydrologiques (précipitations) et de facteurs mécaniques (vent), l'étude de chacun de ces facteurs représente certes une approche indispensable pour la compréhension des phénomènes écologiques (RAMADE, 2003).

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

L'écosystème steppique, est un écosystème où s'exacerbent l'ensemble des contraintes édapho-climatiques par le déficit hydrique, et par la pression anthropique qui est, dans la plupart des cas, de plus en plus intense. Cette pression se traduit par une exploitation humaine plurimillénaire, sous forme de pratiques diverses, variant en intensité en fonction de la densité des populations et de l'histoire locale des usages (NOUMI, 2010).

Selon DAJOZ (2000), l'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent donc des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux. En fonction de leurs besoins en eau, et par conséquent de leurs répartitions dans les divers milieux.

Le développement des végétaux est lié à la répartition de la pluviosité durant l'année. Il est également nécessaire de connaître la pluviosité mensuelle, le nombre de jours de pluie ainsi que le régime pluvial, pour pouvoir comprendre la croissance et le développement des végétaux (HAMMOUDA, 2009). La caractéristique première de l'écosystème méditerranéen est climatique. Le climat méditerranéen est défini par un été sec et chaud et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable (DAGET et al., 2003).

Vu les données climatiques de la période allant de 1996 à 2016, nous pouvons ressortir que la moyenne annuelle est de $P=153,9$ mm et $T=32,08^{\circ}\text{C}$, le climat et le bioclimat, on a peu remarqué que notre région d'étude jouit d'un étage bioclimatique saharien à hiver frais, aussi on a remarqué que l'humidité moyenne annuelle est environ 46.13%.

L'analyse bioclimatique montre une grande variation entre la période ancienne où $Q_2=22,19$ en (1950) (Rapport d'Emberger, 1950) sous un étage bioclimatique saharien à hiver chaud, et la période récente. Cette dernière est remarquable par une diminution remarquable de la pluviosité et une augmentation des températures cela se traduit par la prolongation et l'intensité de la saison sèche.

IV-2- La teneur en eau

La teneur en eau est considérée comme un excellent indicateur de l'état hydrique de la plante. Elle constitue un paramètre influençable pour toutes variations des potentialités absorbantes des plantes.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (ALBOUCHI et *al.*, 2000).

A l'image des résultats obtenus, la comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des deux espèces étudiées (*Stipa tenacissima* L; *Lygeum spartum*) a montré que la teneur relative en eau diminue proportionnellement dans la saison printanière pour les trois sujets du *Stipa tenacissima* L par rapport au saison automnale; par contre au niveau du *Lygeum spartum* la teneur en eau est augmenté durant le printemps pour les trois niveaux d'âge que la saison d'automne le *Lygeum* il est grandement influencé par le régime hydrique.

Cela signifie que le statut hydrique dans les deux espèces (*Stipa tenacissima* L; *Lygeum spartum*) diminue au fur et à mesure que le déficit s'accroît.

IV-3- Proline accumulée

La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress, semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes. En comparant les teneurs en proline entre les deux espèces étudiées, il en résulte que cet acide aminé s'accumule beaucoup plus durant la saison automnale surtout au niveau du *Stipa tenacissima* L; au contraire dans la saison printanière la proline s'accumule de manière très lente avec une teneur légèrement baissée.

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

Nos résultats indiquent que l'accumulation de la proline se produit au niveau des organes foliaires des deux espèces: *Stipa tenacissima* L; *Lygeum spartum*. Ainsi, la proline s'accumule d'avantage dans les feuilles de *Lygeum* plus que ceux de *Stipa*.

L'accumulation de proline induite par les stress peut être le résultat de trois processus complémentaires: Stimulation de la synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines.

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

IV-4- Sucres solubles accumulés

Suite à l'observation des résultats, nous avons noté qu'il y a une grande augmentation de la concentration en sucres solubles durant l'automne, elle est accentuée de la sévérité du stress hydrique (NOURI, 2002). Contrairement au période du printemps les sucres solubles totaux s'accumulent lentement chez les deux espèces (*Stipa tenacissima* L; *Lygeum spartum*) à tout les niveaux d'âge. L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (LORETTI *et al.*, 2001).

Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress (ZERRAD *et al.*, 2006).

Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez les espèces. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (HIRECHE, 2006). Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une

accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (ZERRAD et *al.*, 2006).

Les principaux sucres accumulés sont le glucose, fructose et le saccharose (HARE et *al.*, 1998). Elles jouent un rôle dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base de différents processus contrôlant l'activité d'une plante.

IV-5- Chlorophylle accumulée

D'après nos résultats, la chlorophylle s'accumule progressivement dans la période du printemps que la période d'automne pour l'espèce du *Stipa tenacissima*, d'autre part en ce qui concerne *Lygeum spartum* elle existe des concentrations différentes relativement d'un sujet à un autre.

Selon HIRECHE, (2006) les différentes observations de la teneur en chlorophylle totale 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 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).

CONCLUSION

Le présent travail a porté sur la contribution à l'étude des stress en relation avec les paramètres morphométriques chez les deux espèces *Stipa tenacissima* L et *Lygeum spartum* dans la région de Laghouat.

✓ L'impact des critères bioclimatiques: les données climatiques rangent notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud. Les hauteurs des précipitations, l'accroissement des températures moyennes annuelles étale la période sèche de janvier à décembre (11 mois). L'humidité dans la région avec d'énormes fluctuations d'une année à l'autre, la dynamique des vents avec des pic qui dépassant les 4m/s durant toutes les saisons de l'année, ainsi que les vents généralement orientés Sud-ouest-Nord-ouest.

✓ L'inventaire floristique d'El Houaita a permis de recenser 28 espèces réparties en 14 familles. Parmi ces familles, les plus importantes sont les Astéracées, les Poacées et les Fabacées qui ont dominent de la flore.

Lors de la partie expérimental, nous avons pris des mesures biométries au terrain et des analyses de quelques paramètres physiologiques et biochimiques au laboratoire. A la lumière des résultats obtenus, on a pu observer que :

✓ Le biovolume est faible dans une moindre mesure chez le *Stipa* en automne par rapport au printemps.

✓ D'un autre côté le biovolume de *Lygeum* est assez élevé en automne, l'inverse durant le printemps.

✓ Egalement pour la teneur en eau, la réponse physiologique favorise l'emmagasinement de l'eau chez *Stipa* durant l'automne et pour *Lygeum* durant le printemps.

✓ D'autre part les teneurs de la proline et des sucres totaux ils sont plus accumulés durant l'automne pour les sujets âgés des deux espèces.

✓ Aussi on note à travers cette étude que les taux des chlorophylles accumulés présentent des changements saisonniers de la concentration.

✓ Donc on peut dire que la bonne saison pour les deux espèces est le printemps en raison des faibles accumulations de proline et des sucres totaux secrétés beaucoup moins que durant l'automne, ceci est significatif aussi que la morphologie des plantes intervient dans son comportement physiologique.

Références bibliographiques

- **ABDELGUERFI A. ET BÉDRANI S., 1997.** Study on range and livestock development in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia). FAO, Regional Office for the NEAR EAST. 71 p.
- **ABDELKRIM H., 1988.**_ Les formations steppiques à alfa (*Stipa tenacissima*L.): Autoécologie, syntaxonomie et importance pastorale. Coll. Phytosoc., XVI"Phytosociologie et Pastoralisme. Paris 1988, p. 446-456. Stuttgart.
- **ACEVEDO E., 1991b** - Morph physiological traits of adaptation of cereals to Mediterranean environments. In Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity stress (ACEVEDO E., FERERES E., and GIMENEZ C. and SRIVASTAVA J.P. eds). Edit. Proceedings of the ICARDA-INIA symposium, Cordoba Spain, pp 85-96.
- **ACEVEDO E.,1993** – Potentiel of 13C discrimination as a selection in barley breeding .In stable isotopes in agriculture. (EHLINGER J., HALL AE. And FARQUHAR G.D .eds.) Academic press USA pp.399 - 417.
- **ACEVEDO, E., (1989):** CONESA, A.P, MONNEVEUX, P; SRIVASTAVA, J.P;"Physiologybreeding of winter cereals for stressed mediterranean environments", INRA Stat.Biocimatologie, pp.50-66.
- **ACHOUR. , 1983**-Etude phytoécologique de formations à alfa (*Stipa tenacissima*L.) du sud oranais. wilaya de Saida. Thèse 3eme cycle. U.S.T.H.B.Alger.216p
- **ADDA A., SAHNOUNE M., KAID-HARCHE M., MERAH O., 2005** - Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. C.R. Biologies III. Edit. Plant biol.Path. **Vol. 328**, pp 918-927.
- *Agricultural Sciences* 5. **5**: 609 -616 p.
- **AIDAOUI A., 1994** – Etude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements, application au cas du sorgho-grain.Sorghum tricol (1) moench.These de doctorate end science de lea. E.coli National du Genie Rural des Beaux et Forest; Montpellier, France.
- **AIDOU A. ET TOUFFET J., 1996.**- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes.Sécheresse, vol. 7, n°3: 187-193.
- **AIDOU A., (1984):** Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum*) des hauts plateaux sud-oranais .Etude phytoécologique et syntaxonomique. Thèse doct. 3^{eme} cycle, Univ. Sci. Technol.Houari Boumediene .Alger, 253P.
- **AIDOU A., 1983**– Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais. Thèse 3èmecycle U.S.T.H.B. Alger. 232p.
- **AIDOU A., TOUFFETJ., 1996**-La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), gamine pyrene, un indicator de désertification des steppes algériennes. Sécheresse ;7 : 187-193
- **AIDOU-LOUNIS., 1997**- Etude géobotanique de pin d'Alep dans le tell oranais. Thèse. Doc.Sci.Univ.Aix Marseille III. P263.

Références bibliographiques

- **ALBOUCHI A., SEBEI H., MEZNI M. Y. & 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*. *Annales de l'INRGREF*. **4**: 138-61p.
- **ARAUS J L., FEBRERO A., 1993** – Leaf posture , grain yield ,leaf structure and carbon isotop discrimination in wheat.*Crop.Sci.*33. 1273 -1279.
- **ASPINAL D., PALEG L.G.,1992** – Photosynthesis and the accumulation of praline in response to water deficit .*Aust .J. Plant Physiol.*,**19**. 249-261.
- **B.N.E.D.E.R., (2006).** Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.
- **B.N.E.D.E.R., (2014).** Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.
- **BAMOUNE A., 1997** – Contribution à l'étude de quelques caracteres morpho-physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des 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 Magister .pp. 1-33.
- **BATTANDIER A. et TRABUT L., 1902**– Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie, Ed.Alger, pp : 347-357.
- **BAZZANI, D. BLOISI, AND V. MURINO. A 2009.**comparison of multi hypothesis kalman filter and particle filter for multi-target tracking. In Eleventh IEEE International Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance.
- **BELKHODJA M., BIDAI Y.,2004** - La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Edit. Sécheresse, **Vol.15**, N°4 pp 331-335.
- **BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004:** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse n°4, vol 15, pp 331-334.
- **BELLINGER Y., BENSAOUD A., et LARHER P., 1989**- Physiological accumulation: a trait of use to breeding for stress tolerance. In **ACEVEDO, CONESA, MONNEVEUX et SRIVASTAVA**(Eds): Physiology breeding of winter creats for stressed mediterranean environments.Colloque n°55., July 3-6, 1989, Montpellier, France, pp 449-458.
- **BENLARABI, M. et MONNEVEUX P., 1988** - Etude comparée du comportement end situation de déficit hydrique de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) adaptées à la sécheresse. *C.R Acad. Agric. France.*, 74 (5), pp 73-83.
- **BENLARIBI M., 1990** - Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) études des caractères morphologiques et physiologiques, Thèse doctorate d'état. Université de Constantine, 164 p.
- **BENNETT JM., BOOTE KJ., HAMMOND LC., 1984** – Relationship among waterpotential components, relative water content, and stomatal resistance of field grown peanut leaves. Edit. Peanut Sci. **Vol. 11**, pp 31- 35.
- **BETHENOD T ., 1980** – L'eau et les hormones .Edit. INRA, Paris, pp.150-152.

Références bibliographiques

- **BLUM A and EBERCON A., 1981** - Cell membrane stability as measure of drought heat tolerance in wheat. *Crop Sci.*, **Vol. 21**, pp 43-47.
- **BLUM A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. **20**: 135 - 148 p.
- **BLUM A., 1988** - Drought resistance. In CRC Press Edit. Plant breeding for stress environment, 223 p.
- **BLUM A., 1989** - Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci.* **vol. 29**, pp 230-233.
- **BLUM A., 1996** - Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Edit. Plant Growth Regul. **Vol. 20**, pp 135 – 148.
- **BOOTSMA A., BOISVERT J.B., DEJONG R. & BAIER W. 1996.** La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse* : 277 - 285 p.
- **BOUAZZA M., 1991** -Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenassicima* L. et à *Lygeum spartum* L. au sud de Sebdou (Oranie-Algérie).Thèse de doctorate. Univ Aix-Marseille 119P.
- **BOUDY P., 1950** –Economie forestière Nord Africaine. Paris, Larose 2, (II), 777 –818.
- **BOUDY P., 1952** -Guide du forestier end Afrique du Nord. Éd. Librairie Agricole,Paris ; 505 p.
- **BOUDY. P., 1948**-Economie forestière Nord Africaine.4 Vol.Loras EdParis T1: Milieuphysique et humain.Ed.Laros,Paris,688 p.
- **BOUSBA R., YKHLEF N. & DJEKOUN A. 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic
- **BOUZERZOUR H., MONNOVEUX P.,1992** – Analyses des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux algériens .Les colloques 1992 ; **Vol. 64**, pp 205-15.
- **BOYER J.S., 1996** - Advances in drought tolerance in plants. Edit. Adv Agron. **Vol.56**, pp 187-211.
- **CAL G.,2006** - L'étude des mécanismes physiologiques et génétiques à l'origine du stress salin chez les plantes supérieures a mené les biologistes à choisir deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*.
- **CECHIN I., ROSSI S.C., OLIVEIRA V.C. & FUMIS T.F. 2006.** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHETICA* .**44 (1)**: 143-146p.
- **CHADLI R., 1990**– Contribution à l'étude du sparte (*Lygeum spartum*) : Germination, croissance des feuilles, structure partielle, essai d'obtention de pâte papetière à partir des fibres foliaires. Mem. Mag.ISN. Oran. 95p.
- **CHAVES, M.M., FLEXAS, J., PINHEIRO, C. 2003:** Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. – *Ann. Bot.* 103: 551–560.

Références bibliographiques

- **CHUNYANG C et KAIYUN W.,2001** – Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F.Muell. Population .Uni of Helsinki .Finland. Forest Ecology and Management. **Vol. 179**, pp 377-385.
- **CLARKE J.M., 1986** - Effect of leaf rolling in leaf water loss in *Triticum*ssp. Edit. Can. J. Plant Sci. **Vol. 66**, pp 885-891.
- **CLAVEL D., DRAME N., DIOP., ZUILY-FODIL Y., 2005** – Adaptation à la sécheresse et création variétal : le cas de l'arachide end zone Sahélienne. Première partie : revue bibliographique. Edit. OCL. **Vol. 12** n° 3, pp 248-260.
- **CRAMER G.R.,1993** – Displacement of Ca^{++2} from the plasmalemma of root cells. Plant physiology **Vol. 79**, pp 207-211.
- **DAGET P. Et POISSONET J., 1991.** Prairies et pâturages, méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique. 354 p.
- **DAGET P., GODRON M. (1995):** Pastoralisme : troupeaux espaces et sociétés, HatierAupelf, Paris, 510 p.
- **DAJOZ R., (2003).** Précis d'écologie. Edition. Dunod, Paris, 7p.
- **DAJOZ R.2000.** Précis d'écologie. 7ème Ed. Paris : DUNOD. 614p.
- **DE RAISSAC.,1992** – Mécanismes d'adaptation à la sécheresse de la productivité des plantes cultivées .Agronomie Tropical, 46-1 :29-39.
- **DJEBAILI S. (1988)** –Connaissances sur l'alfa (*Stipa tenacissima*).Biocénoses n° 3 :43-52.
- **DJEBAILI S., 1984** -Steppe Algérienne, phytosociologie et écologie O.P.U. Alger 127P.
- **DOUSSAN C., VERCAMBRE G. and PAGES L .,1998** – Modelling of hydraulic architecture of roots systems: Distribution of axial and radial conductances in maize .Ann. Bot. 81.225-232.
- **DREUX P., (1980)** : Précis d'écologie .Ed. Presse universitaire de France, Paris, 213 p.
- **DUBOIS J., 2007** - Les chocs thermiques et leurs applications. Edit. Station d'amélioration des plantes, pp 55 -57.
- **DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON P.A., RUBERG A. & SMITH F. 1956.** Colorimetric method **dy K. 2006** . Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer*: 1-14 p.
- **EI JAAFARI S. 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sècheresse chez le blé.Thèse de doctorat.Univ.Gembloux.Belgique: 214p. Fluorescence kinetics O-J-I-P. Archs. Sci. Genève.51: 205 - 240 p.
- **FAURIE et al, (1980).** FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1984. Ecologie. Ed. Baillièere J. B. Paris, 168 p
- **FLORET (C.), LE FLOC'H (E.) et PONTANIER (K.), 1992** - Influence de l'évolution de l'occupation de l'espace sur le bilan d'eau régional (Tunisie). In : "L'aridité, une contrainte au

Références bibliographiques

- développement", E. Le Floch, M. @rouais, A. Cornet, J.C. Bille, &S., Editions ORSTOM, Paris Collection Didactiques (2 paraître).
- **FLOWERS, T.J., TROKE, P.F., YEO A.R., (1977):** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28, 89–121. Doi :10.1146/annurev.pp.28.060177.000513.
 - for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*.28.3:350-356p.
 - **FRERE M., MARACCHI G., and CONES C., 1987** – Agroclimatological classification of the Mediterranean and south west asian areas. In drought tolerance in winter cereals (SRIVASTA J.P., PORCEDU E., ACEVEDO E., and VARMA S .eds.)Wiley, Chichester pp 3-14.
 - **FUKAI S., COOPER M., 1995** - Development of drought-resistant cultivars using Physio-morphological traits in rice, Edit. *Field Crops Res.* **Vol. 40**, pp 67-86.
 - **FUKAI S., PANTUWAN G., JONGDEE B., COOPER M., 1999** - Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. Edit. *Field Crops Res.* Vol.64, pp 61-74.
 - **GALIBA G., ZOLTAN N., SIMON -SARKADI L., JOZSEF S et LASZLO E.,1995** - Differential adaptation to non-ionic osmotic condition in wheat .INRA , *Inter Drought*, 4-1.
 - **GALLARDO M., TURNER N.C. LUDWING C., 1994**-Water relations, gaz exchange and abscissic acid content of *Lupinus cosentinii* leaves in response to drying different p **GALAUD J.P., DAUMAS F., CARRASCO A.,1995** – Biochemical and molecular events in *Arabidopsis* cells under osmoticum treatment .INRA, *Inter drought*, IV-2.
 - **GATE P., 1995**- Ecophysiologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, *Techniques et Documentations*, 429p.
 - **GHAZI, A. M., HASSANIPAK, A. A., DUNCAN, R. A., HOGEN, L. G. & MAHONEY, J. J. (1997):** Geochemistry, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and preliminary isotopic analyses of the Khoy ophiolite, northwestern Iran. – *EOS* 78: F654.
 - **GNANSIRI S.P., SHOITSU O.,1992** – Osmotic adjustment and stomatal Reponses to water deficit in Maize .*Journal of Experimental Botany* .**Vol .43**pp 1451-1456. roportions of the root system. *J. Exp. Bot.* **Vol. 45**, pp 909-918
 - **GUY CL., 2003** – Freezing tolerance of plants: current understanding and selected emerging concepts. *Can .J.Bot.* 81, 1216-1223.
 - **HADDOUCHE 98-2009**, Dynamique des paysages et désertisation en Algérie : Cas de la région de Naama.
 - **HADDOUCHE I., 1998** – Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection (image Landsat TM). Cas de la région de Ghassoul (El Bayadh°. TH7SE DE Mgist7re. Institut National d’Agronomie (INA). Alger. 143 p.
 - **HADDOUCHE I., 2009** – la télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride Thèse doctorat, Univ. Tlemcen, 259 p.

Références bibliographiques

- **HADDOUCHE, MEDERBAL; REGAGBA, ET AL., 2006;** *en prenant en considération les aspects végétation -climat et sol.*
- **HAMMOUDA R. 2009.** Contribution à élaboration d'un modèle de gestion durable d'un parcours steppique dans la commune de Hadj Mechri Wilaya de Laghouat, *Mém. de mag., D'université des sciences et de la technologie Houari Boumediene U.S.T.H.B : Alger.* 114p.
- **HANNAH MA., WIESEL D., FREUND S., FIEHN O., HEYER AG., HINCHA DK., 2006–** Natural Variation of freezing in Arabidopsis. *Plant Physiol.* **Vol. 142,** 98-112.
- **HARE P.D., CRESS W.A and VAN STADEN J.,1998 –** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell Environ.* **21.**535-553
- **HAVAUX M., 1993 –** La fluorescence de la chlorophylle in vivo: quelques concepts appliqués à l'étude de la résistance de la photosynthèse aux contraintes de l'environnement .In tolérance à la sécheresse des céréales end zones méditerranéenne .Diversité génétique et amélioration variétal .Colloques, 64.pp. 19-29.
- **HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., 2000 -** Physiologie végétale. II développement. 6 éditions. Edit. Dunod. 366 p.
- **HELLER R., ESNAULT R., et LANCE C.,1998-** Physiologie végétale 1- Nutrition, Edit édition. Edit. Dunod. 323 p.
- **HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 2004 -** Physiologie végétale .Tome1. Nutrition. Paris:DUNOD, 323p. ISBN:2-10 ,48-70.
- **HIKOSAKA K., ISHIKAWA K., BORJIGIDAI A., MULLER O. & ONODA Y. 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57:** 291-302 p.
- **HIRECHE. 2006.** Répense de la luzerne *Médicago sativa* (L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. *EL Hadj Lakhdar.* Batna :83.
- **HOPKINS G W.,2003 -** Physiologie végétale / traduit de l'anglais par RAMBOUR S. Edit. De Boeck, pp 38-58; 451- 458.
- **HSIAO T.C., ACEVEDO E., 1974 -** Plant responses to water deficits, water use. Efficiency and drought resistance. Edit. Agric. Meteorol. **Vol. 14,** pp 59-84.
- **HSISSOU, D., 1994 -** Sélection in vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorate. Faculté des sciences, université catholique de Louvain.
- **HUBAC C., et VIEIRA DA SILVA J.,1980 -** Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques.*Physiol. Vég. ,Vol18,*pp 45-53.
- **HURD EA., 1974 -** Growth of roots of seven varieties spring wheat at high and lowmoisture levels. Edit. Agro. J, **Vol. 60,** pp 201-205.
in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*).*World Journal of*
- **JOHNSON R.C., NGUYEN H., CROY L., 1984 -** Osmoticadjustment and solute accumulation in two salinity. *Plant Physiol.* **Vol. 97,** pp 518-52

Références bibliographiques

- **JONES H.G., FLOWERS T.J. & JONES M.B. 1989.** Plants Under Stress. Univ. Cambridge.
- **JONES M.M., OSMOND B., TURNER N.C., 1980** - Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Edit. Aus. J. Plant Physiol. **Vol. 7**, pp 193-205.
- **KADI-HANIFI H . et AMGHAR 2000**-Diversité floristique des monts des Aurès en Algérie. Forum mondial de la montagne « les premières rencontres des montagnes du monde » 5 au 12 Juin 2000. Paris – Chambéry France
- **KAMELI A., LOSEL D., 1995** - Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *Plant Physiol.* **Vol. 145**, pp 363-366.
- **KHALFAOUI JLB., 1985** - Conduite de l'amélioration génétique de l'adaptation à la Sécheresse en fonction des mécanismes physiologiques Oléagineux ; **Vol. 40**, pp 329-334.
- **KILLIAN CH., 1948**– Conditions édaphiques et relations des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne. *Ann. Agr.* pp : 4-27.
- **KOREL HORN R and FRIEDT W., 1995** – developing a screening system in vitro to select for osmotic adjustment in an interspecific sunflower population. *INRA, Inter drought*, 11-8.
- **KORICHI M.f., 1994** – Contribution à l'étude de la capacité à l'ajustement osmotique de trois cultivars de blé dur en réponse à différentes intensités de déficit hydrique. *INRA.* pp 1-17.
- **KRAMER P.J., 1983** - Drought stress and origin of adaptations. In adaptation of plants to water (TURNER N.C. and KRAMER P J. eds.) Wiley, New York pp 7-29.
- **LABERCHE J-C . 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod. 2^e(éd). Paris: 154 -163 p.
- **LACOSTE L. 1955**- Répartition et conditions climatiques des nappes alfatières. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 90 (3/4) , 362-368.
- **LE HOUEROU H.N. 1990**–Recherches écoclimatiques et biogéographiques sur les zones arides de l'Afrique du Nord. Thèse de Doctorat d'État, Université Paul Valéry, Montpellier, 2 tomes (184 p. et 189 p.) + annexes (182 p.).
- **LE HOUEROU H.N., 2002.** Man-made deserts: Desertization processes and threats. *Arid Land Res. Manag.*, 16: 1-36.
- **LE HOUEROU H.N., CLAUDIN J., POUGET M. 1979**– Étude bioclimatique des steppes algériennes (avec une carte bioclimatique à 1/1 000 000°). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 68: 33-74.
- **LE HOUÉROU, H.N., 2005 A.** Atlas of climatic diagrams for the Isoclimatic Mediterranean Zones. 219 pp., Copymania, Montpellier.
- **LEMÉE G., 1954**– L'économie de l'eau chez quelques graminées vivaces du Sahara septentrional. *Vegetatio* V. VI, Fasc 3, pp: 534-541.

Références bibliographiques

- **LEVITT J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Academic Presse, New York.
- **LEVITT J., 1985** – Relationship of dehydration rate to drought avoidance, dehydration tolerance and dehydration avoidance of cabbage leaves, and to their acclimation during drought – induced water stress. *Plant Cell Environ* .8.287-96.
- **LEWICKI S.D., 1993** – Evaluation des paramètres liés à l'état hydrique chez le blé dur et l'orge, soumis à un déficit hydrique modéré, en vue d'une application à la sélection de génotype tolérants. Thèse de Doctorat ENSA – Montpellier (France), 87pp.
- **LORETTI Ioretti E., De BELLIS L., ALPI A. & PERATA P. 2001.** Why and how do plant cells sense sugars? *Ann Bot* **88**: 803 - 812 p.
- **LUDLOW M.M., AND R.C. MUCHOW., 1990** - A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Edit. *Adv. Agron.* **Vol. 43**, pp107–153.
- **M'RAHS S., OUERGLI., HAVAUX M., LACHAAL M et al., 2004** - Expressed sequence tags from *Thellungiella halophilla*, a new model to study plant salt-tolerance. *Plants SCIENCE*, n°3, **Vol. 166**, pp 61-71.
- **MADANI DJ. 2008.** Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone à déficit hydrique, Mém. Mag. En Sciences Agronomiques, d'université, El Hadj Lakhdar-Batna- Faculté des sciences Département d'agronomie : Alger. 165 p.
- **MADHAVA RAO K.V., RAGHAVENDRA A.S. & JANARDHAN RED**
- **MADHAVA RAO K.V., RAGHAVENDRA A.S. & JANARDHAN REDDY K. 2006.** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer:* 1-14 p.
- **MAIRE R., 1953**– Encyclopédie biologique. Flore de l'Afrique du nord. TV. II. P. Ed. Le Chevalier 374 p.
- **MARIANO De LAPAZ G., 1876** – Les spartes, les faunes, les palmiers, et les pites. Soc. Acclim. pp: 419-493
- **METRO.A.1947:** L'Alfa du Maroc. *Revue des eaux et forêts* .7.401.413.
- **MONNEVEUX P., 1991** - Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez les céréales d'hiver? In *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides* (CHALBI N. and DEMARLY Y. eds.) AUPELFUREF, Edit. John Libbey Eurotext Montrouge pp 165-186.
- **MONNEVEUX P., CHABALE R ., LEWICHI S., 1993** – Etude du comportement de lignées d'orge dans différentes conditions de sécheresse en Espagne .Estimation du rôle de la capacité d'ajustement osmotique dans l'adaptation à la variabilité environnementale .In *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. colloques* 64 pp.101-116.

Références bibliographiques

- **MONNEVEUX, P.H; NEMMAR, M; 1986** "Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre. Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement" *Agronomie* 6, p.17.
- **MORGAN J. A., 1983** - Osmoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* **Vol. 34**, 607-614
- **MOUHOUCHE B. & BOULASSEL A. 1997.** Gestion rationnelle des irrigations des compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales. *Recherche agronomique. INRA.1:21-31p.*
- **MUNNS R., 2005** – Genes and salt tolerance: Breeding them together. *New phytologist* **Vol. 167**, 645-663.
- **NAMBARA E., MARION-POLL A. 2005:** Abscisic acid biosynthesis and catabolism. *Ann. Rev. Plant Biol.* 56:165–185.
- **NEDJIMI B., HOUMID A M ., 2006.** Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue de Chercheur*, 4 : 13/19.
- **NEDJRAOUI D., 1990-** Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima*) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude de fonctionnement de l'écosystème steppique. Th. Doct, Univ. Sci. Tech. H. Boumediène Alger. 256p.
- **NEDJRAOUI, D, et AL. 2008.** La synthèse des résultats sur la flore, la végétation et l'occupation des terres en Afrique du Nord. 01-08 p.
- **NEGRE R., 1961**– Flore des régions arides au Maroc occidental. Tome 1, pp: 1-45.
- **NEMMAR, M; 1983** "Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum*. Desf) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement", thèse Doct Ing. onpellier, P.108.
- **NOIRAUD N., DELROT S and LEMOINE R., 2000** - The sucrose transporter of celery .Identification and expression during salt stress. *Plant Physiol.*, **Vol.122**, PP 1447-1456.
- **NOUMI Z. 2010.** *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan en Tunisie pré-saharienne : structure du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Thèse Dr. D'université, De Bordeaux : France. P.125.
- **NOURI L. 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf), en condition de déficit hydrique. Thèse de Magistère en Biologie végétale Univ *Mentouri*. Constantine. 77p.
- **NOURRI L., 2002** - Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en condition de déficit hydrique .Thèse de magister en biologie végétale, 4-16.
- **O.N.M, 2016..** Bulletin d'information climatique. Centre climatique national. Kheneg, Laghouat. 3p.
- **O'TOOL J.C., CRUZ R T., SEIBER J.N., 1980** - Reponse of leaf water potential, stomatal resistance and leaf rolling to water stress .*PLANT Physil.* **Vol. 51**, PP 993-997.

Références bibliographiques

- **OBATON M., 1995** – Differential sensitivity of the physiological mechanisms to hydric deficit for soybean .INRA, Inter drought, 17.
- **OYANGI A., TAKAHASHI and SUGE H.,1995** - Interactions between hydrotropism in the seminal roots of *Triticum aestivum*L. *Agon* .J.92 231-238.
- **OZENDA P. 1991**: Flore et végétation du Sahara. Paris, édition du Centre National de la recherche scientifique (CNRS), 662 p.
- **OZENDA P., 1956**– Flore du Sahara CNRS, Ed. France, 622p.
- **OZENDA, P., 1954** -La flore et végétation du sahara.
- **PAQUIN R., PELLETER R., 1978**- Effet des basses températures sur la résistance au gel de luzerne (*Medicago media* Pers)et son contenu en proline libre.*Physiol.Veg.***15** (4) 657 – 665.
- **PASSIOURA JB.,1988** - The role of root system characteristics in the drought resistance of crop plants. In ‘International rice research institute. Drought resistance in crops, with emphasis on Rice’**Vol. 37**, pp 449-57.
- **PASSIOURA J.B., 1996** - Drought and drought tolerance. Edit. *Plant growth regul.* **Vol. 20**, pp 79-83.
- **PATAKAS A., NOITSAKI B.,1999** - Mechanisms involved in diurnal changes of osmotic potential in grapevines under drought conditions .*Journal of Plant Physiology.***Vol. 157**, pp 767-774.
- **PEREIRA J.S., 1993** - Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation .*Australian Journal of Plant Physiology.*,**Vol. 20** pp 309-321.
- **POUGET M., 1980**- "Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises" Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. N°16/ 555P.
- **QUEZEL P., et SANTA S., (1962-1963)** –Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désrtiques méridionales. C.N.R.S., Paris, 2 Vol. 1170p.
- **RAMADE, F. 2003**. Eléments d’écologie (Ecologie fondamentale). Paris : DUNOD. 690p.
- **RAMADE, F., (1984)**: Element d’écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Hill P, Paris. 397p.
- **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.
- **RICHARDS RA., PASSIOURA GB.,1981**- Seminal roots morphology and water use of wheat. I: environmental effects. Edit. *Crop sci*, **Vol. 21**, pp 249-252.
- **RIOU C ., 1993** – L’eau et la production végétale .*Sécheresse*.2.75-83.
- **RODRIGUES M., CHAVES M., WENLDER R., DAVID M., STITT M., PEREIRA J.S., 1993** - Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation .*Australian Journal of Plant Physiology.*,**Vol. 20**, pp 309-321.
- **ROSELT/OSS DS3, 2004**. Concepts et méthodes du SIEL - ROSELT/OSS, Document scientifique DS n°3, Collection ROSELT/OSS, Montpellier (France), 69 p. **ROSELT/OSS et**

Références bibliographiques

- **IRA, 2008.** Synthèse régionale Socio – économique dans l’Afrique du nord et de l’ouest, Draft, 29 p.
- **SAUTER A, DAVIES WJ, HARTUNG W.2001.** The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. *Journal of Experimental Botany* 52,1991–1997.
- **SAVOURÉ A., JAOUA S., HUA XUEJUN., ARDILES W., VAN MONTAGU M. & VERBRUGGEN N. 1995.** Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13 -19 p.
- **SIKHENE N. 1984.** Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoire ing Agr. INA. El Harrach: 90 p.
- **SLAMA A., BEN SALEM M. & ZID D. 2004.** La proline est-elle un osmorégulateur chez le blé dur? Communication aux 15es Journées biologiques. Forum des sciences biologiques.Association tunisienne des sciences biologiques.
- **Stewart, P. 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach:* p. 24-25.
- **STITT M., HYRRY., 2002** – Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit .*Planta*, 201.pp 502-518.
- **SUBBRARAO GV. JOHANSEN C., SUNKARD AE., NAGESWARA RAO RC., SAXENA NP., CHAUHAN YS., 1995** - Strategies for improving drought resistance in grain legume. *Edit. Crit Rev Plant Sci. Vol, 14*, pp 469- 523.
- **TAHRI E., BELABED A., et SADKI KH., 1998** – Effet d’un stress osmotique sur l’accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* L.). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, n°21*, pp 81-87.
- **TARDIEU F., LAFARGE T., 1996** - Stomatal control by fed endogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlation between leaf water potential and stomatal conductance in anisohydric species .*Plant, Cell and Environment* **19**, pp 75-84.
- **TARI I., CSEUZ L., 2000** – Accumulation of osmoprotectans in wheat cultivars of different drought tolerance .*Cereal Res.***28**.403-10.
- **TAZI., 2003**– Effect du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l’arganier .*Sécheresse* .**Vol. 14**.23-7.
- **TRABUT L., 1889.**Étude sur l’Halfa. Jourdan, Alger, 90 p.
- **TRIPATHY B.C., TAWARI A.K., 1998** – Temperature stress induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat .*Plant Physiol* .1 **Vol. 17**, 851-858.
- **TROLL W., et LINDSAY J., 1955:** A photometric method for determination of proline. *J. Biol. Chem, vol 215:* pp 655-660.

- **TSIMILLI-MICHAEL M. M., PÈCHEUX R.J. & STRASSER. 1998.** Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the
- **TURNER N C., 1979**– Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In stress physiology in crop plants. (MUSSEL H.STAPLES R.C .eds.)New York Willey pp.343-372.
- **TURNER NC., 1986**- Adaptation to water deficits: a changing perspective. Edit. Aust J Plant Physiol, **Vol. 13**, pp 175-90.
- **TURNER NC., 1997** - Further progress in crop water relations. Edit. Adv. Agron. **Vol. 58**, pp 293- 338.
- **TURNER NC.,2000** - Drought resistance; a comparison of two frameworks. Edit. Genetic options. pp 5-12.
- **TURNER NC., WRIGHT GC., SIDDIQUE KHM., 2001** - Adaptation of grain legume to water- limited environnements. Edit. Adv. Agron. **Vol. 71**, pp 193-231.
- **WALTER W., 1973**– Okologishe betrachtungen der vegetations verhalnisse im Ebrobecken (Norrdost –Sannen). Areta. Bot. Acad.
- **ZERRAD W., HILLALI S., Mataoui B., El ANTRI S. & HMYENE A. 2006.** 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.Ag*

Table des matières	PAGE
Résumé.....	
Dédicace.....	
Remerciement.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des abréviations.....	
INTRODUCTION	02
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I-1- Notion de stress.....	05
I-2- Différentes types de stress chez les végétaux.....	05
I-2-1- Stress salin.....	05
<i>I-2-1-1. Les perturbations physiologiques</i>	06
I-2-2- Stress thermique.....	06
<i>I-2-2-1. Le froid</i>	06
<i>I-2-2-2. Le gel</i>	07
<i>I-2-2-3. Les hautes températures</i>	07
I-2-3- Le stress hydrique.....	08
<i>I-2-3-1. L'eau dans la plante</i>	09
<i>I-2-3-2. Les effets du déficit hydrique sur la plante</i>	10
I-3- Les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique.....	10
I-3-1- L'esquive.....	11
I-3-2- L'évitement.....	11
<i>I-3-2-1. Capacité d'extraction de l'eau par le système racinaire</i>	12
<i>I-3-2-2. Régulation stomatique</i>	12
<i>I-3-2-3. Réduction de la surface transpirante</i>	13

Table des matières

I-3-3- Tolérance à la déshydratation.....	13
I-3-3-1. Accumulation de proline.....	14
I-3-3-2. Accumulation des sucres solubles.....	15
I-4- L'Alfa (<i>Stipa tenacissima</i> L.).....	15
I-4-1- Nomenclature et classification botanique de: <i>Stipa tenacissima</i> L (Alfa).....	16
I-4-2- Répartition géographique.....	16
I-4-3- Caractéristiques du genre <i>Stipa</i>	17
I-4-4- Caractéristique de <i>Stipa tenacissima</i> L.....	18
I-4-5- Caractères biologiques de <i>Stipa tenacissima</i> L.....	18
I-5- Le Sparte (<i>Lygeum spartum</i>).....	18
I-5-1- Morphologie du sparte	18
Chapitre II : Matériels et Méthodes	
II-1- Présentation de la zone d'étude.....	22
II-1-1- Présentation du site d'étude : La zone d'El Houaita.....	22
II-1-1-1. Localisation géographique du site étudié.....	22
II-1-2- Cadre géologique de la zone d'étude.....	22
II-1-3- Géomorphologie de la zone d'étude.....	23
II-1-3-1- Les surfaces planes.....	23
II-1-3-1-1. Les glacis.....	23
II-1-3-1-2. Les Terrasses.....	23
II-1-3-2- Les dayas.....	23
II-1-3-3- Les versants.....	23
II-1-4- Cadre pédologique de la zone d'étude.....	23
II-1-5- Cadre climatique d'El Houaita.....	24
II-1-5-1- Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen.....	25
II-1-5-2- Climagramme d'EMBERGER.....	25

Table des matières

II-2- Végétation d'El Houaita.....	25
II-3- Travail experimental.....	27
II-3-1- Collecte du matériel végétal.....	27
II-3-2- Mode opératoire sur le terrain.....	27
A) Biométrie.....	27
B) Prélèvements des feuilles des plantes.....	27
II-3-3- Les paramètres mesurés aux laboratoires.....	28
II-3-3-1- Les paramètres physiologiques.....	28
II-3-3-1-1. La teneur en eau w (%).....	28
II-3-3-2- Les paramètres biochimiques.....	28
II-3-3-2-1. Dosage de la proline (mol/kg MF).....	28
II-3-3-2-2. Dosage des sucres totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$).....	29
II-3-3-2-3. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF).....	30
II-4- Traitement et analyse statistique des données.....	30
Chapitre III : Résultats	
III-1- Climatologie de la zone d'étude.....	32
III-1-1- Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen.....	32
III-1-2- Climagramme d'EMBERGER.....	32
III-1-2-a- Humidité relative de l'air.....	34
III-1-2-b- Le vent.....	34
III-2- Biométrie des plantes étudiées.....	35
III-2-1- Evolution du Biovolume.....	35
III-3- Paramètres physiologiques des plantes.....	36
III-3-1- Evolution de la teneur en eau (%).....	36
III-4- Evolution des paramètres biochimiques des plantes.....	37
III-4-1- Evolution de la teneur en proline (mol/kg de MF).....	37

Table des matières

III-3-2- Evolution de la teneur en sucres totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$).....	39
III-3-3- Evolution de la teneur en chlorophylle ($\text{mg}/\text{g MF}$).....	40
III-5- Analyses statistiques des données.....	40
➤ Classification ascendante hiérarchique (C.A.H).....	40
Chapitre IV : Discussion	
IV-1- Climatologie de la zone d'étude.....	44
IV-2- La teneur en eau.....	45
IV-3- Proline accumulée.....	45
IV-4- Sucres solubles accumulés.....	46
IV-5- Chlorophylle accumulée.....	47
CONCLUSION	49
Références Bibliographiques	51-62