



MEMOIRE

Présenté
à la Faculté des Sciences
Département des Sciences Agronomiques
Pour obtenir le Diplôme de

Master Académique en Production Végétale et Environnement

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques

Thème

Evaluation du comportement de quelques variétés de luzerne (Medicago sativa L) locales et introduites sous une contrainte hydrique dans une région aride (Ain El hdjel-M'sila)

Présenté par :

M^{elle} SEDDIKI Sabrina

M^{elle} ZAIDI Hanane

Devant le Jury :

Président	Mr KHALDI M.	MCB Université de M'sila
Encadreur	Mr KADRI A.	MAA Université de M'sila
Examineur	Mme LALOUCHE B.	MAA Université de M'sila

Remerciement :

Avant tout nous remercions notre dieu tout puissant de nous avoir accordé la force et le courage pour terminer ce travail.

Arrivé au terme de ce travail, nous voulons remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin nous ont aidées dans la réalisation de ce projet.

Nos profonds remerciements vont à Mr KADRI A, maitre-assistant au département d'agronomie à l'université de M'sila, pour sa patiente, ces précieux conseils, le suivi, l'orientation et les possibilités qu'il nous a accordé durant la réalisation de ce mémoire, qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude.

Nous tenons à remercier Mme LALOUCHE B, Maitre Assistant au département d'agronomie à l'université de M'sila, pour avoir bien accepté de faire partie du jury.

Mr KHALDI M, Maitre de conférence au département d'agronomie à l'université de M'sila pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nous adressons nos vifs remerciements à tous les enseignants du département d'agronomie de l'université de M'sila, ainsi qu'à tous les étudiants, particulièrement la promotion de production végétale et environnement 2015.

Nous ne terminerons pas sans remercier nos familles, que nous avons le grand plaisir d'associer particulièrement nos parents, pour leur compréhension, leur dévouement et leur encouragement.

SABRINA ET HANANE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père Ammar, ma chère mère Megdouda sans eux, je n'aurais pas abouti à ce stade d'étude, que dieu puisse m'aider à les honorer, les servir et les combler.

Je le dédie aussi à :

*Mes chères sœurs : Faiza, Saadia, Hadjer, Imane, Nada, Khalissa,
Rommaissa, et Assouma.*

Mon Beau-frère: Mohammed Jawad.

Mes neveux : Hassan, Hossein, Ahmad Iyad.

Toute ma grande famille : Seddiki.

Toute la famille : Bouhalla.

Une personne qui à partager ce travail avec moi dans les bons et mauvaise moments ; à mon binôme Hanane.

Mes chères amies : Meriem, Hanane, Ilham, Zahra, Saliha, et Sabah.

Mes belles sœurs : Nariman, Salwa, Sara, Samiha, et Ahlem.

Mes tantes surtout : Hadda, Fatma, Halima, Ghania et Nassima.

Mes collègues dans le travail : Samira, Amria, et Meriem.

Toute la promotion production végétale et environnement 2015.

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

SABRINA

DEDICACE

Je dédie ce travail à ce qui est toujours mon support ; mon chère père SAÏD et à ma très chère mère LAKRI; Pour leur patience et de sacrifice pour moi.

A mes frères : BOULANOIR, MOUSSA, SAMIR,

A ma chère sœur : ZAINAB, KALTOUM, FADILA, GHANIA, NEDJMA, RAYHANA.

Mes chères amies : HANANE, ROKAIA, NADIA, SABRINA.

Les enfants de mes frères et sœurs : YOUSSEF, MOUHAMMED, MANAL, SAMIA, AFAF, ADEL WHAB.

Et bien sur à mes collègues : ABDEL MADJID H, MOUHAMMED M, SABRINA S., qui sont m'a accompagné pendant le long de cette période pour réaliser ce modeste travail.

A mon fiancé : BOUDJAMLAINÉ B.

A tous mes amis que je ne vais pas nommer car ils sont nombreux

Et je ne sais pas qui choisir.

Sans oublier Mr. KADRI A. pour son aide.

Je vous remercie tous.

HANANE Z.

TABLE DE MATIERS

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Première partie : synthèse bibliographique

I: Les légumineuses fourragères	03
1-Généralité sur les légumineuses fourragères.....	03
2-Importance des légumineuses fourragères.....	03
3-Contraintes au développement de légumineuses dans l'Algérie.....	04
3-1-L'eau d'irrigation.....	04
3-2-La qualification des agriculteurs.....	04
3-3-Le mouvement associatif.....	04
II : Espèce étudiée : La luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	05
1-Présentation de l'espèce.....	05
1-1-Origine de la luzerne.....	05
1-2-Taxonomie et classification botanique.....	05
1-3-Morphologie.....	06
1-3-1-Racine.....	06
1-3-2-Tige.....	07
1-3-3-Fleur.....	07
1-3-3-Fruits.....	07
1-4-Cycle de vie.....	07
1-4-1-Phase végétative.....	07
1-4-2-Phase reproductrice.....	08
2- Intérêt de la luzerne.....	08
3-L'importance de la luzerne.....	08
3-1 - Dans le monde.....	08
3-2- En Algérie.....	08
4-Exigence de la luzerne.....	09
4-1 Facteur climatique.....	09
4-1-1 Température.....	09
4-1-2 La lumière.....	09
4-1-3 L'eau.....	09
4-2- Facteur édaphique.....	09
4-2-1 PH du sol.....	09
4-2-2 Exigence en éléments minéraux.....	10

III : Le stress hydrique	11
1-Définition de stress hydrique.....	11
2-Production de la luzerne et contrainte hydrique.....	11
3-Effet de stress hydrique sur la plante	12
3-1- l'effet de stress hydrique sur la physiologie	12
3-1-1- l'effet de stress hydrique sur la photosynthèse.....	12
3-1-2-L'effet de stress hydrique sur la transpiration.....	12
3-1-3-L'effet de stress hydrique sur la croissance.....	13
3-1-4-l'effet de stress hydrique sur la matière sèche.....	13
3-1-5-L'effet de stress hydrique sur la fixation d'azote.....	13
3-1-6-l'effet de stress hydrique sur le rendement et ses composantes.....	14
4- Mécanismes d'adaptation des plantes aux stress abiotiques.....	14
4-1-L'esquive	14
4-2-L'évitement	14
4-3-La tolérance.....	14
5- Résistance à la sécheresse.....	15
5-1- Définitions de la sécheresse.....	15
5-2- Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	15
5-2-1- L'évitement de la sécheresse par la plante.....	16
5-2-2- La tolérance à la sécheresse avec maintien du potentiel hydrique élevé.....	16
5-2-3- La tolérance à la sécheresse avec une faible teneur en eau.....	16
5-3- Effets de la sécheresse.....	17
6- Amélioration génétique des plantes.....	17

Deuxième partie : Matériels et Méthode

I : Milieu d'étude	19
1-Présentation de la région d'étude.....	19
1-1-Situation géographique.....	19
1-2-Lieu expérimental.....	20
1-3-Le relief.....	21
1-4-L'Hydrogéologie.....	22
1-5-Le climat.....	22
1-5-1-Température.....	23
1-5-2-précipitation	24
1-5-3- Régime saisonnier	24
1-5-4-Vent	25
1-5-5-Humidité relative	26
1-5-6-Synthèse climatique	27
1-5-7-Diagramme ombrothermique.....	27
1-5-8- Diagramme d'Emberger.....	28

2-Protocole expérimental.....	31
2-1-Objectif de l'expérimentation.....	31
2-2-Matériel végétale.....	31
2-3-Dispositif expérimental.....	31
3-Conduite de l'essai.....	33
3-1-L'analyse du sol.....	33
3-2-Préparation du sol.....	33
3-3-Semis.....	33
3-4- L'irrigation.....	34
3-5-Désherbage.....	34
3-6- Entretien de l'essai.....	35
3-7-Estimation des besoins hydriques.....	36
3-8-Les cycles de stress.....	37
4-Variables étudiées.....	38
4-1-Paramètres physiologiques.....	38
4-1-1-La teneur relative en eau des feuilles.....	38
4-2-Paramètres biochimiques.....	38
4-2-1-La teneur en sucre.....	38
4-2-2-La teneur en proline.....	39
4-3-Paramètres morphologiques.....	39
4-3-1-La surface foliaire (mm ²).....	39
4-3-2-Le poids spécifique foliaire(PSF).....	40
4-3-3-Longueur de la tige principale.....	40
4-3-4-Nombre de ramification par plante.....	40
4-3-5-Cinétique de croissance de la tige principale.....	40
4-3-6-Différence de croissance.....	40
4-4-Paramètres de rendement.....	40
4-4-1- Poids frais.....	40
4-4-2-Poids sec.....	40
4-4-3- Indice de sensibilité au stress.....	41
5- L'analyse statistique.....	41
II : Résultat et discussion	42
1-Analyse de variance.....	42
1-1-Analyse des paramètres physiologiques.....	42
1-1-1-Effet du stress sur la teneur relative en eau des feuilles.....	42
1-2-Analyse des paramètres biochimiques.....	44
1-2-1-Effet du stress sur la teneur en sucres solubles.....	44
1-2-2-Effet du stress sur la teneur en proline.....	46
1-3-Analyses des paramètres morphologiques.....	48
1-3-1-Effet du stress sur la surface foliaire.....	48

1-3-2-Effet du stress sur le poids spécifique foliaire(PSF).....	50
1-3-3-Longueur de la tige principale (LTP).....	52
1-3-4-Nombre de ramification par plante (NRM).....	54
1-3-5-Nombre de feuille (NF)	56
1-3-6-Nombre d'entre nœuds (NED)	58
1-3-7- Croissance du rameau après application du stress hydrique.....	60
1-4-Paramètres de rendements.....	62
1-4-1-Rendement en matière fraîche (PF)	62
1-4-2- Rendement en matière sèche (PS)	64
1-4-3-Indices de tolérance ou de sensibilité au stress.....	66
1-4-3-1- Indice de tolérance au stress (STI).....	66
1-4-3-2- la productivité moyenne (MP).....	67
1-4-3-3- Indice de sensibilité au stress (SSI).....	67
1-4-3-4-indice de tolérance (TOL).....	68
2-Analyse en composante principale.....	70
2-1- Variance expliquée totale.....	70
2-2- Qualité de représentation des populations étudiées.....	70
2-3- Qualité de représentation des variables étudiées.....	72
3-Matrice des corrélations.....	74

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste de tableau

Tableau n°01 : exportations en Kg/ha pour une production de 1t/ha de MS (ITCF, 1999).....	10
Tableau n° 02 : valeurs des températures moyennes mensuelles et annuelles des de la station de M'Sila (1988-2014).....	23
Tableau n°03 : valeurs moyennes des précipitations mensuelles de la région de M'sila pour la période 1988-2014.....	24
Tableau n°04 : Le régime saisonnier de la station de M'Sila.....	25
Tableau n° 05 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent en m/s 1988-2014.....	25
Tableau n°06 : valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région de M'sila notées en 2014.....	26
Tableau n°07 : Les valeurs des paramètres Q2, P, M. enregistrées pour la région de M'sila durant la période 1988-2014.....	29
Tableau n°08 : caractéristiques physico-chimiques du sol.....	33
Tableau n° 09 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur relative en eau (effet du régime hydrique).....	43
Tableau n° 10 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la teneur relative en eau (effet population).....	43
Tableau n° 11 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la teneur relative en eau (effet d'interaction des deux facteurs).....	43
Tableau n°12 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet de régime hydrique).....	45
Tableau n°13 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet population).....	45
Tableau n°14 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet d'interaction de deux facteurs).....	45
Tableau n°15 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet de régime hydrique).....	47
Tableau n°16 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet population).....	47
Tableau n°17 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet d'interaction de deux facteurs).....	47
Tableau n°18 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet de régime hydrique).....	49
Tableau n°19 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet population).....	49
Tableau n°20 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet d'interaction de deux facteurs).....	49

Tableau n°21 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet de régime hydrique).....	51
Tableau n°22 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet population).....	51
Tableau n°23 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet d'interaction de deux facteurs).....	51
Tableau n° 24 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet de régime hydrique).....	53
Tableau n°25 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet population).....	53
Tableau n° 26 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet d'interaction de deux facteurs).....	53
Tableau n°27 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de ramification par plante (effet de régime hydrique).....	55
Tableau n°28 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de longueur de nombre de ramification par plante (effet population).....	55
Tableau n° 29 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de ramification par plante (effet d'interaction de deux facteurs).....	55
Tableau n° 30 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de feuilles (effet de régime hydrique).....	57
Tableau n°31 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de longueur de nombre de feuilles (effet population).....	57
Tableau n°32 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de feuilles (effet d'interaction de deux facteurs).....	57
Tableau n°33 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entrenœuds (effet de régime hydrique).....	58
Tableau n°34 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entrenœuds (effet population).....	59
Tableau n°35 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entre nœuds (effet d'interaction de deux facteurs).....	59
Tableau n°36 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de déférence de croissance (effet de régime hydrique).....	61
Tableau n°37 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de déférence de croissance (effet population).....	61
Tableau n°38 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de de déférence de croissance (effet d'interaction de deux facteurs).....	61
Tableau n° 39 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière fraîche (effet de régime hydrique).....	63

Tableau n°40 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière fraîche (effet population).....	63
Tableau n° 41 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière fraîche (effet d'interaction de deux facteurs).....	63
Tableau n° 42 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière sèche (effet de régime hydrique).....	65
Tableau n°43 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière sèche (effet population).....	65
Tableau n° 44 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en matière (effet d'interaction de deux facteurs).....	65
Tableau n°45 : Résultats des indices de tolérance au stress.....	68
Tableau n° 46 : variance expliqué par les différents axes.....	70
Tableau n°47 : Qualité de représentation des variables étudiées.....	70
Tableau n°48 : Qualité de représentation des variables étudiées sur l'axe2	71

Liste de figures

Figure n°1 : Morphologie de la luzerne (<i>Medicago sativa</i> L).....	06
Figure n°2 : le système racinaire de la luzerne.....	06
Figure n°03 : photo satellite de la situation de la zone d'étude.....	19
Figure n°04 : Les limites géographique de M'sila (Andi 2013).....	20
Figure n°05 : Localisation de l'essai (Google Earth 2015).....	21
Figure n°06 : les courbes des températures minimales, moyennes et maximales mensuelles et annuelles (°C) de la région de M'Sila (1988-2014).....	23
Figure n°07 : Histogramme de précipitation moyenne mensuelle et annuelle (mm) de la région de M'sila (1988-2014).....	24
Figure n°08 : Histogramme du régime saisonnier de la région de M'Sila (1988-2014).....	25
Figure n°09 : moyennes mensuelles de la vitesse du vent en (m/s)de la région de M'sila durant la période (1988-2014).....	26
Figure n°10 : humidité moyennes mensuelles et annuelles en (mm) de la région de M'sila durant la période (1988-2014).....	27
Figure n°11 : Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de M'sila (1988,2014).....	28
Figure n°12 : Positionnement de région de M'sila dans le diagramme d'Emberger (1988-2014).....	30
Figure n°13 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai (Criss-Cross).....	32
Figure n°14 : La parcelle expérimental.....	32
Figure n°15 : L'opération de semis.....	34
Figure n°16 : L'irrigation.....	34
Figure n°17 : Désherbage manuel.....	35
Figure n°18 : Application de l'engrais foliaire.....	35
Figure n°19 : Application de l'NPK.....	36
Figure n°20 : Application de l'insecticide.....	36
Figure n°21 : Logiciel CRAOPWAT.....	37
Figure n°22 : Schéma de fréquence de stress.....	37
Figure n°23 : Dosage de sucre.....	38
Figure n°24 : Dosage de proline.....	39
Figure n°25 : Mesure de la surface foliaire.....	39
Figure n°26 : Pesé de poids sec.....	41
Figure n°27 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur relative en eau des feuilles.....	44
Figure n°28 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur en sucres solubles.....	46
Figure n°29 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur en proline.....	48

Figure n°30 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la surface foliaire.....	50
Figure n°31 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le poids spécifique foliaire.....	52
Figure n°32 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la longueur de la tige principale.....	54
Figure n°33 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre de ramification.....	56
Figure n°34 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre de feuilles.....	58
Figure n°35 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre d'entrenœuds.....	60
Figure n°36 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la déférence de croissance.....	62
Figure n°37 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le rendement en matière fraîche.....	64
Figure n°38 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le rendement en matière sèche	66
Figure n°39 : Matrice des corrélations entre les rendements en Biomasse verte obtenus en Irriguée (Y_{pi}) et en condition stressée (Y_{si}) avec les indices de tolérance au stress.....	69
Figure n°40 : Cercle des corrélations pour les variables sur le plan factoriel 1-2.....	71
Figure n°41 : Représentation des populations de luzerne sur le plan 1-2.....	73
Figure n°42 : Matrice des corrélations entre les différentes variables étudiées.....	75

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composantes principales

C : Coefficient d'ajustement pour tenir compte de rapport U diurne /U nocturne, de HR max et Rs

DC : Différence de croissance du rameau

ET : Ecart-type

ET0 : Evapotranspiration de référence

ETm : Evapotranspiration maximum

ETR : Evapotranspiration réelle

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

It : Italienne

LTP : Longueur de la tige principale

M : moyenne mensuelle des températures maximales exprimée en C°

m : moyenne mensuelle des températures minimales exprimée en C°

(M+m): température moyenne mensuelle exprimée en C°

M-m : Amplitude thermique extrême

Mn : Menea

Moy : Moyenne

MP : productivité moyenne

NED : Nombre d'entre nœuds

NF : Nombre de feuilles

NRM : Nombre de ramification

NS : Non stressé

P : précipitations moyennes mensuelles en mm.

PF : Poids frais

Pop : population

Prop : Probabilité

PS : Poids sec

PSF : Poids spécifique

Q2: Le quotient pluviométrique d'Emberger.

Rn : rayonnement net total en mm/jour

S : Stressé

SF : Surface foliaire

SI : Intensité du stress

SSI : Indice de sensibilité au stress

STI : Indice de tolérance au stress

Sy :Syrier

TOL : indice de tolérance

TP : Teneur en proline

Tr : Triade

TRE : Teneur relative en eau

TS : Teneur en sucre

Var : variété

W : coefficient de pondération dépendant de la température et de l'altitude

Ysi : rendement du génotype en condition non irriguée.

Ypi :rendement du génotype en condition irriguée.

Ys :Moyenne Générale des génotypes en condition non irriguée.

Yp : Moyenne Générale des génotypes condition irriguée.

% : pourcentage.

µg/ 100mg de MF : microgramme par 100 milligramme de matière fraîche.

Introduction

Introduction

Les légumineuses fourragères occupent une place très singulière dans les systèmes de production agricole en raison de leurs particularités biologiques. En effet, par leur fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, elles ont, de longues dates, contribuées à la durabilité des systèmes de production où elles figuraient parmi les meilleures têtes de rotation. Par la richesse en protéines, elles contribuaient à la qualité des rations et des diètes, à la fois pour les animaux de rente, mais aussi pour les populations humaines (**Huyghe et al., 2005**).

La luzerne (*Medicago sativa*L) est l'une des légumineuses fourragères les plus répandues dans tous les continents et les plus nutritives (**Mauries, 2003**).

En Algérie, l'alimentation constitue le principal facteur limitant la production animale. **Abdelguerfi (1987 ; 1992)** explique que l'essentiel de l'alimentation du cheptel est obtenue à partir des ressources fourragères spontanées et naturelles. Considérées comme une source importante de protéines, le choix des légumineuses fourragères est fondamental ce qui rend leur valeur nutritive supérieure à celle des graminées (**Benyoucef, 1972**).

La flore méditerranéenne est l'une des plus favorables grâce à sa richesse en espèces annuelles, dont celles du genre *Medicago* qui sont parmi les plus abondantes et les plus diversifiées, en plus de leur bonne adaptabilité à la diversité des conditions écologiques (**Stebbins, 1975**).

La luzerne (*Medicago sativa* L) présente un intérêt particulier en Algérie grâce à sa grande résistance à la sécheresse et aux aléas climatiques, à ses graines dures et à sa capacité d'auto-régénération qui lui permet de s'intégrer aisément dans un assolement tout en améliorant la fertilité du sol et sa structure grâce à l'augmentation du niveau de l'azote et à son système racinaire (**Abdelguerfi, 1992**).

Dans les régions semi-arides et arides de l'Algérie où les précipitations ne dépassent pas 400 mm/an, la luzerne occupe une superficie très réduite au niveau des cultures fourragères, la superficie consacrée à cette culture représente entre 0,37 et 0,71% de la superficie réservée aux cultures fourragères (**Chaabena, 2001**).

Introduction

Le déficit hydrique et l'irrégularité des pluies sont considérées comme le frein majeur pour le développement de la culture luzernière dans les régions aride et semi-arides en Algérie.

L'objectif recherché dans cette étude est de comparer le comportement de quatre populations de luzerne (*Medicago sativa L*) locales et introduite vis-à-vis d'un stress hydrique contrôlé en plein champ dans une région aride (Ain El-hadjel).

A travers ce modeste travail nous espérons caractériser le comportement de quatre populations (Menea, Triade, Syrier, Italy) en irrigué et en situation de déficit hydrique tardive coïncidant avec le début de la période estivale. L'essai a été conduit a cet effet dans une région aride (Ain El-hdjel) en plein champs afin d'être dans conditions réelles de stress environnementaux.

Première Partie : Synthèse bibliographique

I : Les légumineuses fourragères

1-Généralité sur les légumineuses fourragères

Les légumineuses fourragères appartiennent à l'un des plus grand groupes taxonomiques, comportant plus de 18.000 espèces et 650 genres qui sont bien distribués dans la plupart des environnements dans le monde entier. Les taxonomistes ont divisé les légumineuses en trois familles :

1-1-Caesalpinaceae contient environ 2.800 espèces, les quelles sont des arbres des savanes tropicales et des forêts de l'Afrique, d'Amérique du sud et d'Asie (**Williams, 1983**).

1-2-Mimosaceae contient également environ 2.800 espèces. Ce sont les arbres et les arbustes des régions semi-arides tropicales de l'Afrique, des Amériques et de l'Australie. Les espèces d'Acacia sont les meilleurs exemples connus de cette famille.

1-3-Fabaceae représentent la sous-famille la plus diverse avec 429 genres et environ 12000 espèces et qui regroupent les espèces cultivées les plus importantes économiquement. Trois groupes majeurs sont présents au sein de cette sous-famille : les *Phaseolides*, par exemple : le Soja (*Glycine max*), le Haricot (*Phaseolus vulgaris*), et parmi les *Galegoïdes*: la Fève (*Vicia faba l*), le Pois (*Pisum sativum*), la Luzerne (*Medicago sativa*) et le Pois chiche (*Cicer arietinum*). Enfin, le groupe des *Aeschynomeneae*: comme l'Arachide (*Arachis hypogaea*) (**Young et al., 2003**).

2-Importance des légumineuses fourragères

Les légumineuses fourragères ont une grande importance au niveau agricole. Elles jouent deux rôles : dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans l'alimentation humaine et du cheptel. Elles sont classées au deuxième rang mondial derrière les céréales. Elles sont cultivées pour leurs graines et constituent une part importante de l'alimentation dans le monde, particulièrement dans les pays en développement où elles sont source de protéines pour l'homme. Mais aussi pour la production animale en termes de nourriture animale et de fourrages. Elles contiennent généralement 20-30% de protéines et sont particulièrement riches en lysine et permettent d'apporter au

Synthèse bibliographique

moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires (**Vance *et al.*, 2000**). Les légumineuses fourragères jouent aussi un rôle important dans les écosystèmes naturels, en agriculture et en agroforesterie.

3-Contraintes au développement des légumineuses en Algérie

3-1-L'eau d'irrigation :

Le développement des cultures légumineuses nécessite des volumes d'eau importants. Dans le cas des périmètres irrigués en grande hydraulique se pose le problème de la sécurité de l'approvisionnement en eau des activités agricoles qui en consomment beaucoup.

3-2- La qualification des agriculteurs :

Le manque de la technicité de la main d'œuvre est à l'origine de la mauvaise conduite technique des cultures légumineuses. Ces mauvaises techniques sont traduites par un faible rendement.

3-3- Le mouvement associatif :

Le désengagement de l'Etat de la gestion de la sphère de production agricole a laissé un vide organisationnel.

II : Espèce étudiée : La luzerne (*Medicago sativa*)

1-Présentation de l'espèce

1-1-Origine de la luzerne

Selon **Waligora (2010)** et **Mauriès (1994)**, la culture de la luzerne est très ancienne, elle remonterait à plus de 700ans av.J.C, elle est originaire du sud-ouest de l'Asie dans les hauts plateaux de Caucase, Iran, Afghanistan et la Turquie d'où elle se serait répandue dans le monde entier. Cette plante herbacée est l'une des plus cultivées au monde, constitue un précieux aliment pour le bétail (**Schoutteten, 2004**), car elle jouit d'un intérêt liée notamment à sa teneur et son offre très élevé en protéines (**Suttie, 2004 ; Mauriès, 2003**).

D'après **Bourgeois Bach (2005)**, ce sont les Arabes, maîtres incontestés en matière d'élevage chevalin qui sont les premiers à avoir utilisé la luzerne pour augmenter la valeur nutritive de l'alimentation destinée à leurs bêtes.

1-2-Taxonomie et classification botanique

La luzerne appartient à la famille des légumineuses, caractérisées par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, grâce à une symbiose existant entre la plante et une bactérie qui se développe dans son système racinaire (**Mauriès, 2003**).

D'après **Quezel et Santa (1962)**, l'espèce est classée comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Ordre : Rosales

Famille : légumineuses

Sous-famille : Papilionacées

Tribu : Trifoliées

Genre : *Medicago*

Espèce : *Medicago sativa* L.

1-3-Morphologie

Au niveau morphologique, la plante de luzerne, dont la hauteur varie de 30 à 80cm, se décompose en six parties : le collet, les tiges, les feuilles, les fleurs, les gousses et la racine (Figure 01).



Figure 01 : Morphologie de la luzerne (*Medicago sativa* L). (Childers, 2008).

1 : Fleur, 2 : Fleur épanouie, 3 : Fleur ouverte, 4 et 5 : un pétale, 6 : Une inflorescence en stade fructification. 7 : Une gousse, 8 : Une graine, 9 : coupe longitudinale d'une graine.

1-3-1-Racine

Le système racinaire se caractérise par une racine pivotante centrale très puissante capable d'aller puiser l'eau et les éléments nutritifs très profondément dans le sol, et des racines secondaires plus ou moins ramifiées qui peuvent aller rechercher l'humidité à des profondeurs de 2 à 3 m ; ces racines portent des nodosités (Nedjai,1973) ou à lieu la symbiose fixatrice d'azote avec le *Rhizobium meliloti* (Rochat,2005).

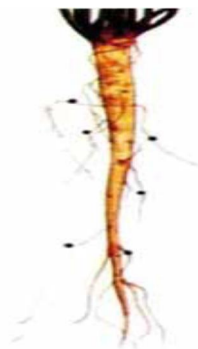


Figure 02 : le système racinaire de la luzerne

1-3-2-Tige

Synthèse bibliographique

Les tiges sont plus ou moins dressées, elles portent des feuilles nombreuses, portant à leur extrémité un mucron. Les luzernes de type non dormant produisent plus de tiges secondaires à partir du niveau des cotylédons que les types dormants dont la croissance est stoppée en hiver (**Mauriès, 1994**).

1-3-3-Fleur

La luzerne est allogame. Les fleurs hermaphrodites, symétriques, sont longues (7 à 11 mm). Elles sont regroupées en inflorescences en grappe longues de 20 à 40 mm et de 15 à 30 fleurs (**Camille, 1980**) et à corolle bleu violacé, un pédicelle généralement plus court que le tube du calice et dont les gousses sont contournées en hélice à 1,5-3,5 tours.

La couleur des fleurs sont très diversifiées. La plus fréquente chez les *M. sativa* est mauve-violet alors que les *M. falcata* ont des fleurs jaunes (**Mauriès, 1994**).

1-3-3-Fruits

Les fruits sont des gousses noires, indéhiscentes. Elles sont enroulées en une, deux ou trois spirales. Elles sont couvertes de petites soies et d'un réseau de nervures. La gousse contient plusieurs graines brun-jaune, réniformes.

1-4-Cycle de vie

L'accroissement en matière sèche se poursuit jusqu'à la pleine floraison ; dès l'apparition des boutons floraux, l'élongation est très ralentie, parallèlement la proportion de la matière sèche s'accroît dans la plante entière mais la proportion des feuilles diminue (**moûle, 1971**).

1-4-1-Phase végétative

Le cycle commence par la germination, les feuilles trifoliées apparaissent ensuite, une nouvelle tige se développe et les premières nodosités commencent à se former.

Les années suivantes, la phase végétative débute dès la fin de l'hiver, celle-ci se marque par un début de croissance des bourgeons. La phase de croissance, de plus en plus active, se caractérise par l'élongation des entre-nœuds (**Hnatyszyn et Guais ; 1988**).

Synthèse bibliographique

1-4-2-Phase reproductrice

Ce stade correspond à la différenciation des organes reproducteurs : l'apparition des boutons floraux à l'extrémité des tiges marque le début de la phase reproductrice. La floraison commence à l'ouverture des premières fleurs. Après une première coupe une nouvelle floraison intervient cinq à six semaines plus tard (**Hnatyszyn et Guais ; 1988**).

2- Intérêt de la luzerne

La luzerne est par excellence la plante fourragère qui résiste le mieux à la sécheresse, ainsi que leur association avec une graminée de type dactyle, permettant une utilisation plus souple (Fauche et pâture) avec une valeur alimentaire (énergie et azote) plus équilibrée pour une fertilisation azotée limitée (**ITCF, 1998**).

Cette culture a aussi d'autres intérêts agronomiques et économiques, elle permet d'améliorer la structure et la fertilité du sol. Elle peut garantir, même en absence d'élevage sur la ferme, des revenus importants c'est le cas pour la vente des bottes de luzerne (**Chaabena et Abdelguerfi ; 1999**).

3-L'importance de la luzerne

3-1 - Dans le monde

Au total la luzerne représente dans le monde près de 32 millions d'hectares dont 14 millions en Amérique du nord où elle est le mieux représentée pour moins de 600000 hectares en France (**Mauriès, 2003**).

3-2- En Algérie

En Algérie la luzerne occupe une superficie très réduite au niveau des cultures fourragères, la superficie consacrée à cette culture représente entre 0.37 et 0.71% de la superficie réservée aux cultures fourragères (**Chaabena et al., 2006**). La luzerne constitue la principale culture fourragère dans l'oasis saharienne. Il s'agit d'une culture fourragère très bien adaptée au climat saharien et qui est très productive puisqu'elle peut produire dans des bonnes conditions jusqu'à 10 tonne de vert par hectare (**Chaabena, 2001**).

Synthèse bibliographique

4-Exigence de la luzerne

4-1 Facteur climatique

4-1-1 Température

Dans un lit de semence bien préparé et suffisamment humide, la germination intervient si la température est au minimum de 7°C, l'optimum étant de 25°C (**Chaabena, 2001**).

La croissance des jeunes semis est rapide entre 20 et 30°C. Cette température optimale diminue ensuite pour se situer à 15-25°C chez les plantes plus âgées. En dessous de 10°C et au-delà de 37°C, la croissance est fortement réduite (**Mauriès, 2003**).

4-1-2 La lumière

Le photopériodisme modifié la morphologie et la production de la matière sèche. Les durées d'éclairement croissantes provoquent un allongement des feuilles au détriment de leurs largeurs (**Hnatyszyn et Guais ; 1988**). La plante-abri diminue considérablement la disponibilité en eau et surtout en lumière limitant ainsi les possibilités de croissance aériennes et souterraines de la jeune plantule (**Moule, 1971**).

4-1-3 L'eau

Selon **Chaabena (2001)**, la luzerne est très exigeante en eau pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1000 grammes d'eau. Elle exige entre 12000 à 13000m³/ha pour une année de culture. Son enracinement pivotant, qui peut atteindre 2 m de profondeur, lui permettant de résister à la sécheresse.

4-2- Facteur édaphique

4-2-1 PH du sol

Les sols les plus favorables pour la luzerne sont des sols sains, bien drainés, aérés, et à une bonne réserve en eau. Le pH doit être basique ou supérieur à 6.5 (**Hnatyszyn et Guais ; 1988**). La germination de la luzerne peut s'effectuer à un pH très bas, mais la croissance de la plantule est fortement ralentie (**Moule, 1971**), le taux de calcium

Synthèse bibliographique

échangeable soit l'élément principal dont dépend la vie des bactéries, au-dessous de 2% leur développement est limité voir nul (INRA, 1987).

4-2-2 Exigence en éléments minéraux

Pour obtenir un bon rendement d'une culture de luzerne, il faut lui apporter les éléments nutritifs dont elle a besoin. Un haut niveau de fertilisation est indispensable au maintien d'une production élevée de 2 à 5 ans.

La luzerne peut appauvrir le sol en potasse (tableau 1), elle en exporte de 800 à 1000 Kg/ha en quatre ans (ITCF, 1999), elle est exigeante en soufre (40Kg/ha pour 10t de MS), en bore et en molybdène (INRA, 1987).

Tableau n°01 : Exportations en Kg/ha pour une production de 1t/ha de MS (ITCF, 1999).

Elément	Exportation	Elément	Exportation
Azote(N)	25-30	Potasse(K ₂ O)	20-25
Acide phosphorique	5-8	Calcium(CaO)	24-35
Magnésium(Mg)	4-5	/	/

III : le stress hydrique

1-Définition du stress hydrique

Le déficit hydrique est une contrainte permanente de la production agricole dans de nombreux pays au climat de type méditerranéen. Elle est à l'origine des pertes de production agricole dans de nombreuses régions. Les risques du manque d'eau sont et deviendront de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre (**Witcombe et al., 2009**). **Passioura (2004)**, définit le déficit hydrique comme étant les circonstances dans lesquelles les plantes accusent une réduction de croissance et de production suite à une alimentation hydrique insuffisante.

Un déficit hydrique est susceptible d'affecter l'ensemble des fonctions physiologiques de la plante : photosynthèse, nutrition minérale, transports d'assimilates, morphogenèse (**Bradford et Hsiao ; 1982**), mais à des degrés divers selon l'intensité du déficit (**Merrien et al., 1981**). La façon la plus classique de prévoir l'effet d'une sécheresse sur la production de biomasse récoltable d'un fourrage consiste à établir une relation entre la consommation hydrique relative et la production relative entre une situation dite "sèche " et une situation dite "irriguée " selon la formule développée par **Robelin (1969)** :

$$MS_{\text{sec}}/MS_{\text{irr}} = a \cdot ETR/ETM + b$$

2-Production de la luzerne et contrainte hydrique

La luzerne est considérée comme une espèce adaptée à la sécheresse uniquement parce qu'en sol profond son enracinement lui permet d'avoir accès à une réserve utile en eau du sol de grande capacité. Cependant, lorsqu'elle n'est pas irriguée, cette culture peut être soumise à une restriction de son alimentation en eau, ce qui contribue à diminuer sa production dans des proportions plus ou moins importantes (**Robelin, 1969 ; Christian, 1977**).

Synthèse bibliographique

3-Effet du stress hydrique sur la plante

3-1- l'effet du stress hydrique sur la physiologie de la plante

3-1-1- l'effet du stress hydrique sur la photosynthèse

La photosynthèse est un phénomène physiologique permettant la récupération directe par la plante d'une partie de l'énergie lumineuse rayonnée par le soleil.

L'énergie récupérée sert essentiellement à des biosynthèses de macromolécule organique (**Mazliak, 1974**).

Haveaux et al, (1988), ont signalé que la sécheresse est un facteur écologique qui perturbe le mécanisme photosynthétique.

L'effet de stress hydrique sur la photosynthèse résulte d'une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et la diminution de la surface foliaire (**Sarda, 1993**). Ainsi qu'à l'enroulement des feuilles (**Bois et al., 1984**). La fermeture des stomates est un mécanisme important d'adaptation en condition de contrainte hydrique (**Ludlow et Poweles ; 1988**), avec pour conséquence une diminution du gaz carbonique fourni aux chloroplastes (**Dimarco et tricoli ; 1993**). La baisse de l'activité fixatrice du CO₂ associée au déficit hydrique cause une diminution de la demande en NADPH₂ et en ATP dans les chloroplastes résultant en une chute de la régulation du système de transport d'électrons (**Haveaux, 1992**).

3-1-2-L'effet du stress hydrique sur la transpiration

Le moteur essentiel de la circulation de l'eau à travers la plante est la transpiration. En générale, au milieu d'une journée chaude, même pour une culture bien alimentée en eau, il suffit d'une légère augmentation de l'évapotranspiration pour que le déficit des feuilles s'accroisse, entraînant alors la fermeture des stomates et par la même occasion, une diminution de la transpiration (**cuiziat, 1987 in Ouchai, 1990**).

Malgré une réduction de la respiration consécutive à la fermeture des stomates, il y a souvent augmentation de la teneur en gaz carbonique rejetée provenant de l'hydrolyse des substances organique sous l'effet du dessèchement ou du flétrissement.

Synthèse bibliographique

La transpiration des sources en amidon d'abord stimulée par la perte en eau, s'arrête et l'amidon se décompose quand le flétrissement dépasse un certain taux (**Lapeyronie, 1982**).

3-1-3-L'effet du stress hydrique sur la croissance

La diminution de la croissance cellulaire représente la réponse la plus sensible des plantes au stress hydrique. La croissance cellulaire étant quantitativement reliée à la turgescence cellulaire, ce dernier diminue avec toute déshydratation induisant la réduction du potentiel hydrique cellulaire (**levitt, 1980**).

Selon **Djebbar (1991)**, le stress hydrique ralentit considérablement la croissance de la tige chez le soja (*Glycine max*), ce ralentissement est accentué par le degré du stress. La hauteur de végétation est négativement affectée par le déficit hydrique chez plusieurs espèces de luzerne annuelles (**Siakhene, 1984 ; Majoubi, 1988 ; Quinten 1989**).

3-1-4-l'effet du stress hydrique sur la matière sèche

L'eau est le premier facteur de production végétale (**Rivier, 1995**). Sous la contrainte hydrique, lorsque la plante perd la capacité d'équilibre son bilan hydrique et que sa turgescence s'annule, elle passe de l'état productif à l'état de survie (**De-Raissac, 1992**). Le contrainte hydrique est connue pour limiter la production de la matière sèche mais avec des degrés différents selon la résistance et la sensibilité génotypique à la sécheresse (**Hattab et Derguine ; 1993**).

Selon **Adem (1978)**, le rendement final chez le genre *Medicago* obtenu dans des conditions idéales était de 09 tonnes/hectare de matière sèche, par contre dans les conditions d'automne sec ou de faible pluviométrie au printemps, le rendement serait de 10 à 40% inférieur. Plusieurs travaux réalisés sur les luzernes annuelles montrent l'effet négatif du stress sur la production de matière sèche (**Salm et zouaoui ; 1998**).

3-1-5-L'effet du stress hydrique sur la fixation d'azote

Des essais réalisés sur luzerne, ont montré que la richesse du sol en nitrates conditionne directement la réponse de la luzerne à une contrainte hydrique. Si le sol riche, la plante supportera mieux un manque d'eau temporaire, s'il est pauvre, la reprise de la fixation sera plus ou moins rapide, selon l'intensité du déficit hydrique mais se traduira par un ralentissement de la croissance (**Ismaili et al., 1983**).

Synthèse bibliographique

Chez cette même espèce, il a été démontré qu'un déficit hydrique sévère se traduit par une baisse de 39% de la quantité d'azote accumulée par apport à un témoin normalement irrigué, à cause d'une modification de la structure et du fonctionnement de la nodosité (Wrry, 1987).

3-1-6-l'effet de stress hydrique sur le rendement et ses composantes

Les pourcentages de la nouaison des gousses, la longueur de la gousse et le nombre de graines par gousses peuvent être affectés par le stress hydrique tandis que le contenu en fibres des gousses et le poids par grains semblent augmentés. La réduction dans le rendement peut être attribuée au profond effet du stress hydrique sur une ou plusieurs composants du rendement, dépendant du temps, de la durée et de l'intensité du stress (Bonnano et Mack ; 1983).

Selon **Haguet (1990)**, la productivité grainière chez plusieurs variétés de luzerne, est étroitement corrélée de graines par gousse, et ce dernier critère varie génétiquement.

4-Mécanismes d'adaptation des plantes aux stress abiotiques

L'adaptation se définit comme la capacité d'une plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des stress de périodicités connues. La notion d'adaptation est liée à celles de résistance et de tolérance aux stress. Pour **Levitt (1980)**, l'adaptation prend trois formes distinctes :

4-1-L'esquive ; qui est la situation où la plante grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress.

4-2-L'évitement ; prend forme grâce au maintien, par divers mécanismes, d'un état interne satisfaisant. Cet état permet à la plante de continuer ses activités métaboliques sans être fortement perturbée par le milieu extérieur qui peut être très stressant.

4-3-La tolérance ; du stress qui s'installe dans les tissus de la plante est la capacité de maintenir une activité métabolique. Cette activité assure l'intégrité fonctionnelle aux structures cellulaires et autorise la reprise des activités de la plante dès que les conditions de croissance redeviennent plus normales.

5- La résistance à la sécheresse

5-1- Définitions de la sécheresse

La définition de la sécheresse varie selon le secteur de l'économie concerné. En agriculture, elle est définie comme un déficit marqué et soutenu des précipitations qui réduit significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (**McKay, 1985 in Bootsma et al, 1996**).

D'après **Casals (1996)**, la sécheresse peut être définie correctement en considérant la disponibilité et les besoins en eau de la plante. (**Cruisiat, 1980 in Casals, 1996**) considère qu'une plante est en situation hydrique limitant lorsque son évapotranspiration est inférieure à l'évapotranspiration maximale. Si l'on tient compte des réserves négligeables en eau de la plante, il faut admettre que le déficit hydrique est très étroitement lié à la disponibilité en eau du sol par rapport à la demande climatique.

Kramer, 1980 (in Casals,1996) définit la résistance de la plante comme une modification héréditaire de structures, ou fonctions, qui augmente la probabilité de l'organisme à survivre et à se reproduire dans un environnement particulier.

En Agronomie, la résistance de la plante est définie comme l'aptitude à minimiser la perte de croissance et de rendement.

5-2- Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse

A fin lutté contre le risque de dessèchement, les plantes ont recours à des comportements qui leur permettent de survivre à des situations des déficits hydrique par des méthodes d'adaptation (**Robelin, 1983 ; De Raissac, 1992**). En préservant l'intégrité de leur fonction physiologique et en leur assurant un état productif et de survie.

La classification la plus largement admise et la plus communément employée est celle proposée par (**Milthorpe, 1962 in Casals, 1996**). Elle considère trois grands types de résistance à la sécheresse :

Synthèse bibliographique

5-2-1- L'évitement de la sécheresse par la plante

Les plantes évitent la sécheresse en lui échappant (drought scape) grâce à des particularités de leur cycle de développement. Cela signifie que la plante a la capacité d'accomplir son cycle avant que le déficit hydrique ne soit important. C'est un changement dans la longévité du cycle phénologique. La plante peut soit le raccourcir soit, au contraire, l'allonger. Il s'agit, en fait, d'inscrire le cycle de sorte à éviter la coïncidence des phases critiques avec l'occurrence de stress.

On parle alors du bon calage phénologique (**Levitt, 1980**). Aussi, les progrès les plus importants réalisés dans la sélection pour l'amélioration des rendements des espèces cultivées en régions arides ont consisté à réduire la durée du cycle de développement (**Vartanian et Lemée, 1984**).

5-2-2- La tolérance à la sécheresse avec maintien du potentiel hydrique élevé

Cela consiste pour la plante à maintenir son potentiel hydrique. Pour cela, la plante doit augmenter l'absorption racinaire et/ou réduire sa transpiration. Les différents mécanismes intervenant sont principalement :

L'augmentation de la vitesse d'absorption de l'eau en relation avec le développement du système racinaire

La réduction des pertes en eau par transpiration grâce à des adaptations morphologiques (présence de cire à la surface des feuilles, réduction de la surface foliaire).

5-2-3- La tolérance à la sécheresse avec une faible teneur en eau

Cette tolérance fait intervenir des modalités tout à fait différentes dont le principe de base est la préservation de l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique baisse (**Vartanian et Lemée, 1984**).

Elle se fait par deux mécanismes :

Maintien de la turgescence cellulaire et tolérance à la dessiccation (appelée résistance).

Synthèse bibliographique

-Concernant le premier mécanisme, le potentiel hydrique est réduit mais celui de turgescence se maintient grâce à l'augmentation du potentiel osmotique. C'est le mécanisme d'ajustement osmotique.

La conservation de l'eau dans les cellules nécessite une accumulation de solutés (proline, bétaïne, glycine et sucres). Il y a donc une augmentation de la teneur en certains solutés qui est en réalité un paramètre d'adaptation aux conditions de stress hydrique (**Kameli et Losel ; 1995**).

-Concernant la tolérance à la dessiccation, celle-ci dépend de la capacité des membranes à résister à la dégradation enzymatique et à la dénaturation des protéines (**Gaff, 1980**), grâce à certains osmoprotecteurs (Bétaïne, sucres solubles) et à la modification de leur composition phospholipidique (**Pugnaire et al., 1993**). Une capacité d'accumulation et de remobilisation des réserves glucidiques et une résistance protoplasmique relativement élevées sont donc associées à une tolérance à la contrainte hydrique (**Adjahossou, 1983 ; Bensalem et Dasilva ; 1991**).

5-3- Effets de la sécheresse

Les deux faces de la médaille Contrastant avec les aspects environnementaux négatifs causés par le stress hydrique, les effets négatifs sur l'agriculture qui affectent la croissance des plantes et la productivité des cultures peuvent être atténués par des changements métaboliques qui revigorent la biosynthèse de l'usine de produits naturels avec l'utilisation généralisée par les pharmaceutiques, les industries de l'énergie et des denrées alimentaires.

6- Amélioration génétique des plantes

L'amélioration génétique des plantes pour la résistance au stress hydrique fait partie, depuis longtemps du processus de sélection dans la plupart des cultures qui ont été ou sont cultivées dans des conditions arides et semi-aride (**Davoud et al., 2009**). La tolérance des cultures à la sécheresse est devenue l'une des priorités de la recherche agronomique dans ces régions. Néanmoins, cette tolérance à la sécheresse est un caractère complexe résultant de la contribution de nombreux facteurs (**Merah, 2001**).

Synthèse bibliographique

Le critère de sélection le plus efficace parmi les différents caractères (morphologiques, physiologiques, phénologiques et le rendement) permettant d'identifier les génotypes résistants au stress hydrique, on peut citer le rendement en grain moyen (moyenne arithmétique et géométrique) en présence et en absence du stress hydrique (**Araus, 2002 ; White, *et al.*, 1994**). Plusieurs indices de stress ont été proposés comme moyens d'identifier les génotypes ayant une meilleure tolérance au stress ; tels que, la tolérance au stress (**Rosielle and Hambling, 1981**) ; la productivité moyenne et la productivité moyenne géométrique (**Ramirez et Kelly ; 1998**) ; l'indice de sensibilité au stress (**Fischer et Maurer ; 1978**) et l'indice de la tolérance au stress (**Fernandez, 1992**).

La résistance à la sécheresse est définie par **Hall (1993)**, comme le rendement relatif d'un génotype comparé aux autres génotypes soumis au même stress hydrique.

La sensibilité à la sécheresse d'un génotype est souvent mesurée en fonction de la réduction du rendement en condition de stress (**Blaum, 1988**). Par ailleurs, **Rosielle et Hamblin (1981)**, définissent la tolérance au stress comme la différence entre le rendement obtenu en conditions de stress et celui obtenu en condition non stressée et la productivité moyenne comme la moyenne des rendements obtenus sous condition de stress et sous condition normale.

Fischer et Maurer (1978), ont proposé un indice de sensibilité au stress de la variété. **Fernandez (1992)**, a défini un nouveau indice appelé indice de la tolérance au stress, qui peut être utilisé pour identifier des génotypes qui produisent des rendements élevés dans les conditions à la fois stressées et non stressées.

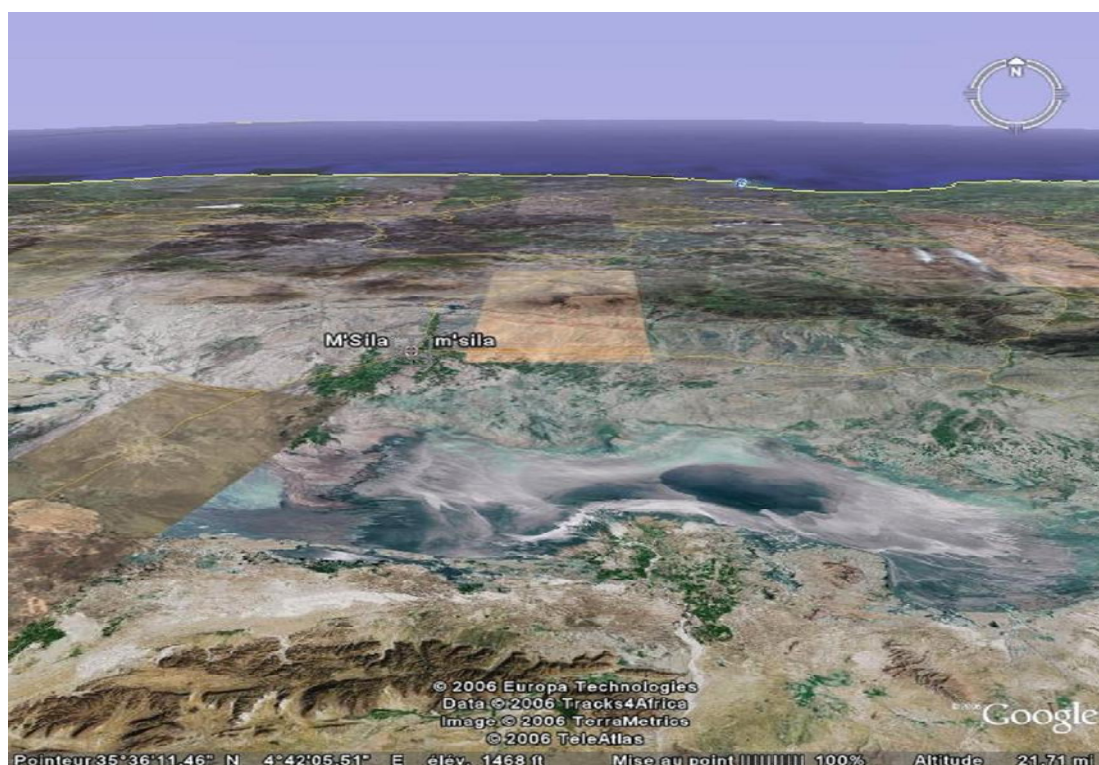
Deuxième partie: Matériels et Méthode

I- Milieu d'étude

1-Présentation de la région d'étude

1-1-Situation géographique

La Wilaya de M'sila se trouve en l'attitude de 35° 40' N, en longitude de 04° 30' E, sur une altitude de 500 m. Dans ses limites actuelles, occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du nord dans son ensemble, elle fait partie de la région des Hauts Plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18175 km². Sa position géographique fait que sa vocation principale demeure l'agro-pastoralisme qui est malheureusement tributaire d'une pluviométrie faible et irrégulière ne dépassant pas les 250 mm par an (Andi, 2013).



Source : (Google Earth, 2015)

Figure 03 : photo satellite de la zone d'étude.

La wilaya de M'sila est limitée par :

- Au Nord Est : les wilayas de Bordj Bou-Arreidj et Sétif
- Au Nord-Ouest : les wilayas de Média et Bouira
- A l'est : la wilaya de Batna
- A l'ouest : la wilaya de Djelfa
- Au Sud Est : la wilaya de Biskra.

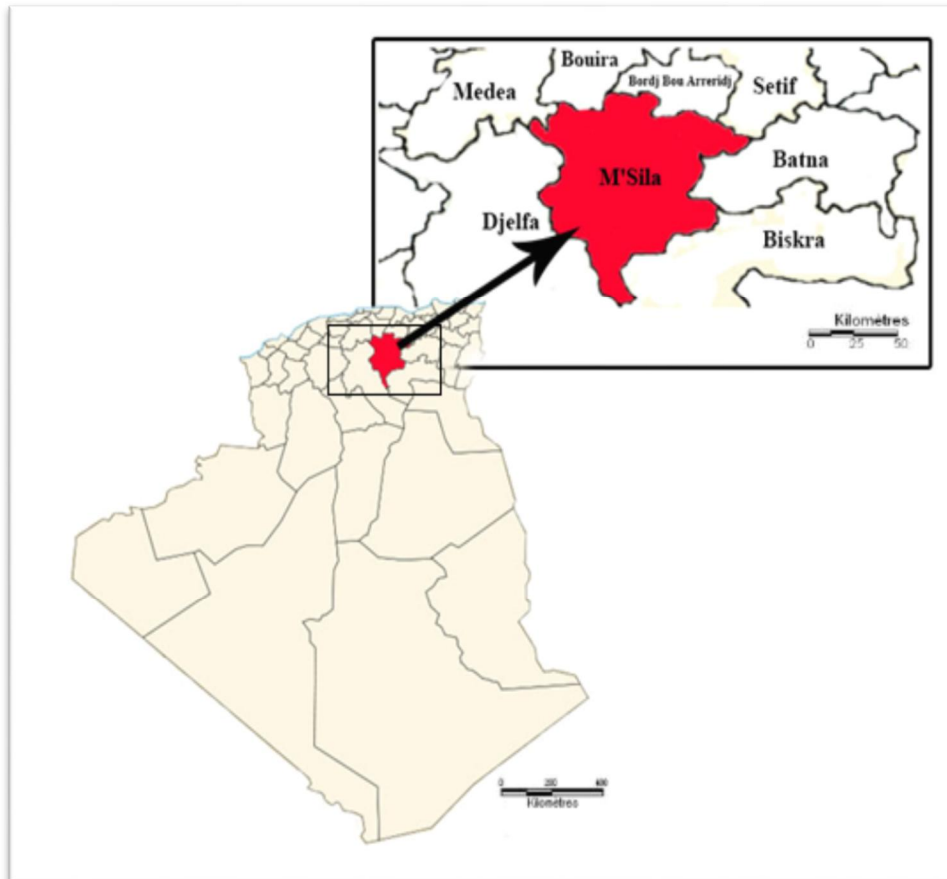


Figure 04 : Les limites géographique de M'sila (source : Andi 2013).

1-2 Lieu expérimental

L'expérimentation a été réalisée au niveau de la commune de **Ain El hadjel**, qui se situe dans la partie Nord-ouest de la wilaya de M'sila et qui s'étend sur une superficie de 386,89 Km². Son territoire appartient à la zone des hautes plaines steppiques et représente une zone de transit entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien (**Djanoun 1996**).

Matériels et Méthodes

La commune de Ain El hadjel est limité par :

-Au Nord : la commune de Sidi Aissa

-Au Sud : la commune de Sidi Ameer

-Au l'Est : la commune de Sidi Hajres

-Au l'Ouest : la commune de BoutiSayeh.

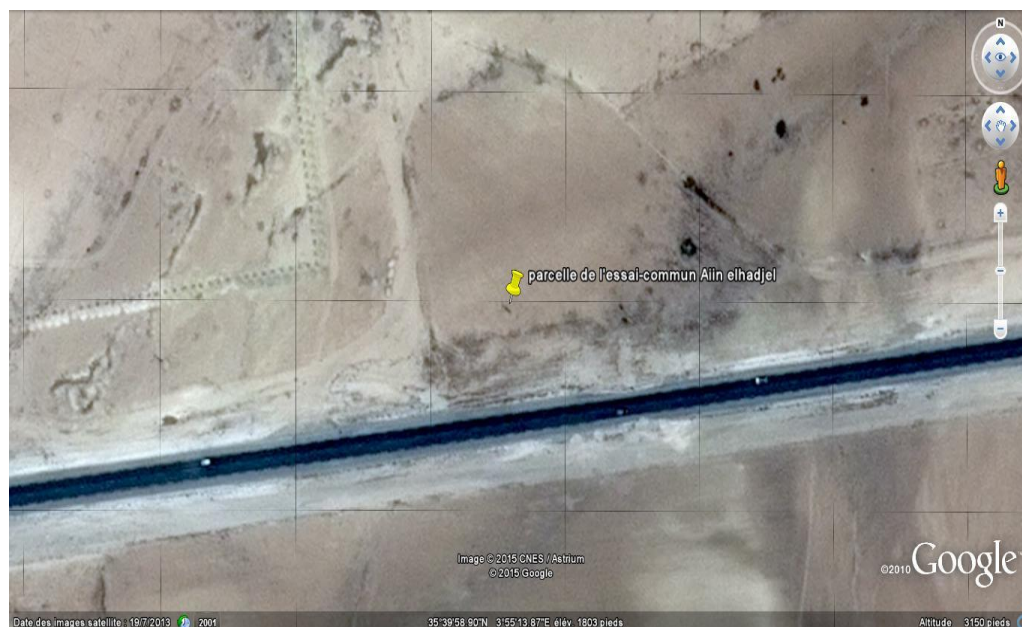


Figure 5 : Localisation de l'essai (*Google Earth 2015*).

1-3-Le relief

Le territoire de la Wilaya constitue une zone charnière et de transition entre les deux grandes chaînes de montagnes que sont l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. La configuration géographique y est comme suit :

- Une zone de montagnes de part et d'autre du Chott El Hodna
- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.
- Une zone de chotts et de dépression avec le Chott El Hodna au Centre et le Zahrez Chergui au Centre Ouest.
- Une zone de dunes de sable éolien.

1-4-L'Hydrogéologie

Il existe une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation domestique car elle est très chargée et saumâtre ; ainsi que des nappes profondes captives notamment celles du Hodna et de la plaine de Ain Riche.

Une grande partie de la Wilaya est considérée comme un immense bassin versant bénéficiant de l'impluvium de l'Atlas et qui reçoit les eaux de pluie des différents oueds qui se jettent principalement au Chott El Hodna. Les potentialités en eau de surface sont estimées à 320 HM³. Les potentialités en eau souterraine sont limitées dans la Wilaya, et les nappes aquifères, actuellement connues, sont :

- La nappe phréatique
- La nappe profonde du Hodna
- La nappe profonde d'Ain Riche

Les réserves en eau de la nappe phréatique sont difficilement quantifiables.

Les deux autres nappes renferment respectivement 133 HM³ et 08 HM³.

En sus de ces nappes, il y a lieu de signaler l'existence:

- Du barrage du K'sob d'une capacité théorique de 29 millions de mètres cubes et qui est de nouveau envasé en dépit de la surélévation entamée en 1972 et menée à terme lors de la décennie 1980. La protection de son bassin versant est menée dans le cadre de l'opération « grands travaux » conjointement par les deux Wilaya de B.B.Arréridj et de M'sila.

1-5-Le climat

Le climat de la Wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes, l'été est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid.

Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord ; elle reçoit plus de 480 mm par an (Djebel EchChouk - Chott de Ouenougha) ; quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la Wilaya et reçoit moins de 200 m/an (**Andi, 2013**).

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observations sur une période de référence de 26 ans allant de 1988 à 2014, relevée dans la station météorologique de M'Sila.

Matériels et Méthodes

1-5-1- Température

D'après **Ramade (2003)**, la température représente un facteur limitant de première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les valeurs moyennes des températures mensuelles minimales et maximales sont regroupées dans le tableau n°02 (**figure 06**)

Tableau n°02: valeurs des températures moyennes mensuelles et annuelles des de la station de M'Sila (1988-2014).

Mois	Jan	Fév	Ma	Avr	Ma	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy/an
m (°C)	3.26	3.76	7.02	10.04	15.6	20.65	24.62	23.61	19.2	14.23	8.2	4.28	12.83
M (°C)	14.54	16.56	20.53	23.99	28.02	35.0	39.08	38.43	32.38	26.4	19.34	14.54	25.73
T moy. (°C)	8.9	10.16	13.77	17	21.81	27.82	1.65	31.02	25.79	20.31	13.77	9.41	19.28

Source: (SMM, 2015).

Le tableau n°2 montre qu'au niveau de la station de M'sila, le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 8,9 °C, alors que le mois le plus chaud est le mois de juillet avec (31.65°C).

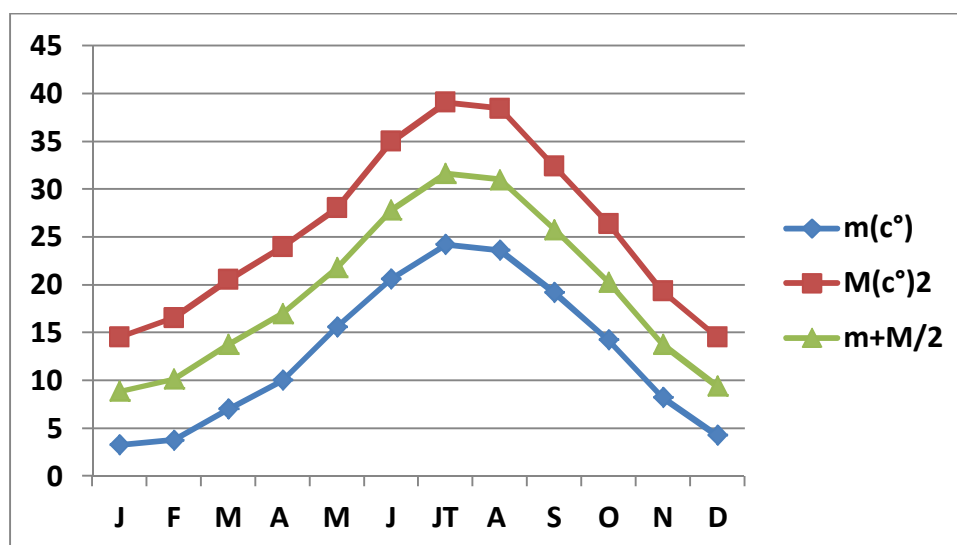


Figure 06 : les courbes des températures minimales, moyennes et maximales mensuelles et annuelles (°C) de la région de M'Sila (1988-2014)

1-5-2-Précipitation

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques (**Ramade ,2003**).

La répartition mensuelle et annuelle des pluviométries moyennes sur une période de 26 ans (1988-2014) est enregistrée dans le (tableau n°03), (figure 07).

Tableau n°03: valeurs moyennes des précipitations mensuelles de la région de M'sila pour la période 1988-2014.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jull	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
P (mm) (1988-2014)	16.91	12.83	15.71	24.10	24.46	9.50	3.87	7.14	24.01	25.92	19.83	19.72	202.2

(Source: SMM, 2015).

D'après le tableau n°03, le mois le plus pluvieux est le mois d'Octobre (25.92 mm), alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet avec 3,87 mm. La totale de précipitations annuelles enregistrées pendant la série (1988-2014) est de 202,2 mm.

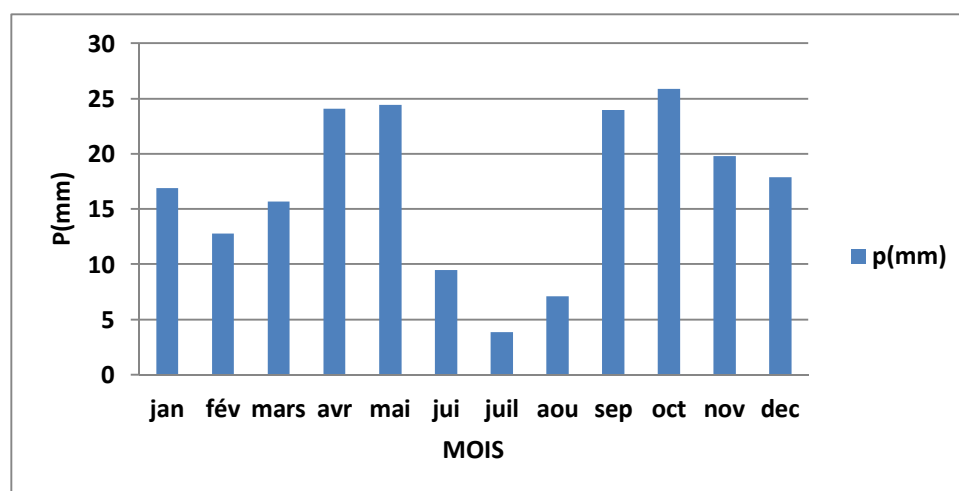


Figure07: Histogramme des précipitations moyenne mensuelle et annuelle (mm) de la région de M'sila (1988-2014).

1-5-3- Régime saisonnier

Le tableau n°04 représente le total des précipitations pour chaque saison au niveau de la station météorologique de la région de M'sila (1988,2014).

Tableau n°04 : Le régime saisonnier de la station de M'Sila.

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
P (mm)	23.6	31.8	10.1	34.5

Le tableau n°04 et la figure 08, permet de caractériser le régime pluviométrique en fonction des saisons. En effet, l'automne est la saison la plus arrosée avec un total de 34,5 mm, alors que l'été est la saison la plus sèche avec 10.1mm

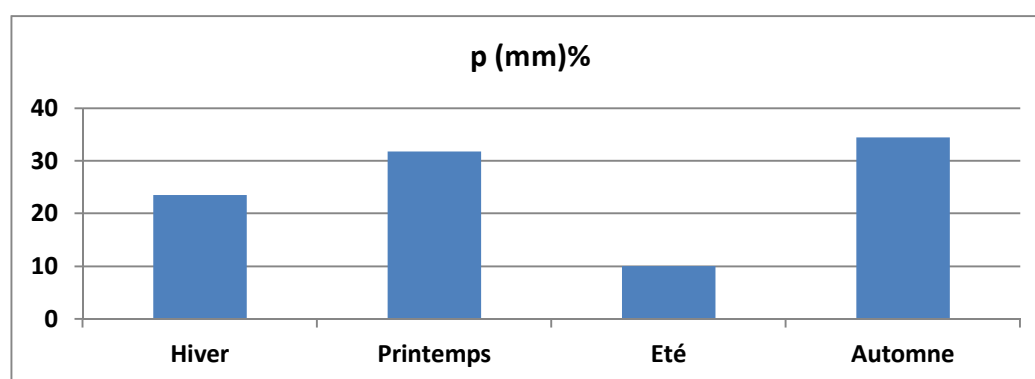


Figure 08: Histogramme du régime saisonnier de la région de M'Sila (1988-2014).

1-5-4-Vent

Le vent a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité, il est un agent de dispersion des animaux et végétaux (**Dajoz., 2006**).

Le vent constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant (**Ramade, 2003**).

Les vitesses maximales du vent enregistrées au cours de l'année 2014 pour la région de M'sila sont mentionnées dans le tableau n° 05 (Figure 09).

Tableau n° 05 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent en m/s 1988-2014.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Vent (m/s)	4.01	4.61	5.08	5.59	5.21	5.05	4.69	4.25	4.17	3.97	4.06	4.34	4.58

Source: (SMM, 2015)

La vitesse des vents relativement faibles, qui vont de 3.97m/s en octobre, jusqu'à 5.59 m/s en Avril comme valeur maximale à la période (1988-2014).

Matériels et Méthodes

Selon ANRH (2006), les vents les plus dominants dans la région sont ceux de l'Est, les vents de l'ouest et Nord-Ouest(Gharbi) sont fréquents en automne et au printemps, alors que les vents du sud et du Sud-est (Gharbi et sahraoui) provoquent une température basse qui, en augmentant, de ce fait un vent chaud le Sirocco (chehili) se manifeste, et peut souffler avec intensité en particulier au cours des mois de juin et juillet et Aout.

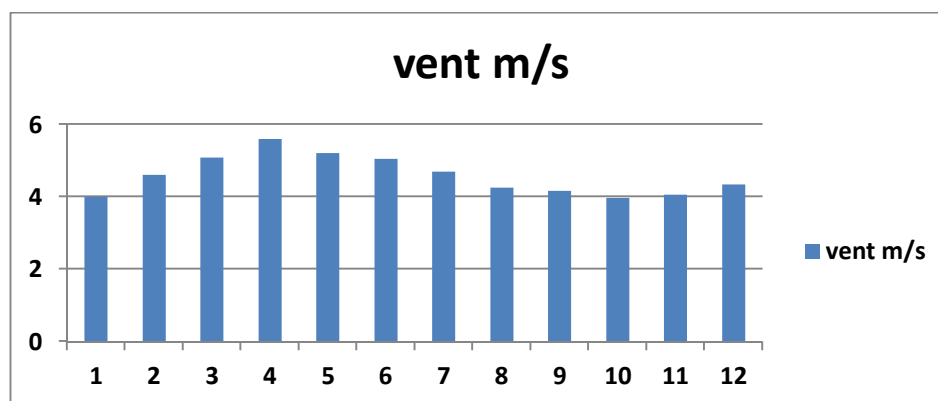


Figure 09 : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en (m/s)de la région de M'sila durant la période (1988-2014).

1-5-5-Humidité relative

L'humidité relative agit sur la densité des populations en provoquant une diminution du nombre d'individus lorsque les conditions hygrométriques sont défavorables pour les organismes (Dajoz, 2006).

Les valeurs de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'année 2014 pour la région de M'sila sont portées dans le (tableau n° 06).

Tableau n°06 : valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région de M'sila notées en 2014.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy.
H (%)	73.68	65.96	59.97	56.01	48.72	41.26	35.4	37.59	52.24	59.31	68.49	74.98	56.20

H(%) : humidité moyenne mensuelle.

Source: (SMM, 2015).

D'après le tableau n° 06 et figure 10 nous constatons que le mois de Décembre présente l'humidité la plus élevée soit 74.98%, par contre la plus faible moyenne mensuelle est enregistrée pendant le mois de juillet avec 35.4 %.

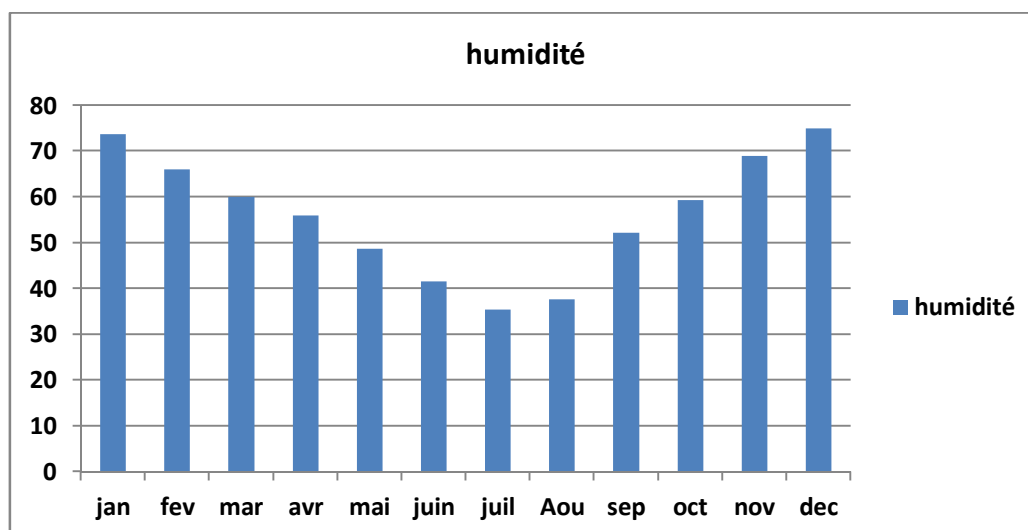


Figure 10 : humidité moyennes mensuelles et annuelles en (mm) de la région de M'sila durant la période (1988-2014).

1-5-6-Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste, pour une station donnée, à déterminer les périodes sèche et humide par l'intermédiaire du diagramme ombrothermique de Gausson ainsi que l'étage bioclimatique auquel elle appartient grâce au climagramme pluviométrique d'Emberger.

1-5-7-Diagramme ombrothermique de Gausson et Bagnouls

Le diagramme ombrothermique, permet de préciser et de mettre en évidence la période sèche. C'est un type particulier de diagramme climatique qui représente les variations mensuelles sur une année, des éléments du climat d'une région du point de vue températures et précipitations (**Dajoz, 2006**). Aussi, la période sèche s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en millimètres est égale au double de la température moyenne (T), exprimée en degrés Celsius ($P=2T$). Pour mettre en évidence ce caractère essentiel, la courbe des températures et la courbe des précipitations sont établies d'après les échelles telle qu'à 10°C correspondent 20 mm de précipitations. Ainsi pour les mois secs, la courbe des précipitations est située en dessous de la courbe des températures la période sèche est représentée sur le graphique par cette position relative des deux courbes. Pour la région de M'sila (1988-2014), montre que la période sèche s'étale sur toute l'année (Figure 11).

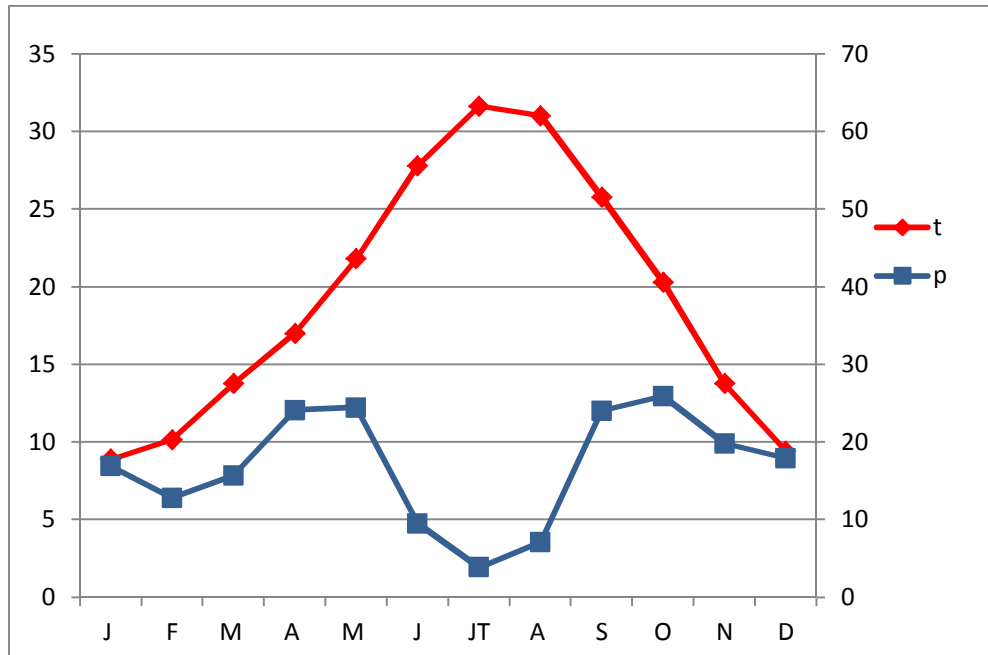


Figure 11: Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de M'sila (1988-2014).

1-5-8-Diagramme d'Emberger

L'indice pluviométrique (Q) d'Emberger, qui fait intervenir la moyenne des maxima du mois le plus chaude (M), la moyenne de minima du mois le plus froid (m) et la moyenne des précipitations annuelles (p), permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de le situer dans le climagramme d'Emberger. Cet indice pluviométrique est une synthèse des précipitations et de la température (Emberger, 1971) ; Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

Q₂: Le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimé en °C.

m: moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimé en °C.

$\frac{M+m}{2}$: Moyenne des températures annuelles.

Matériels et Méthodes

M-m : Amplitude thermique extrême.

Les valeurs des paramètres Q_2 , P, M, sont placées dans le tableau n°07

Tableau n°07 : Les valeurs des paramètres Q_2 , P, M, enregistrées pour la région de M'sila durant la période 1988-2014

Paramètre	P (mm)	M (°C)	m (°C)	M – m	Q_2
Valeurs	202.2	39.08	3.26	35.82	19.36

La valeur du quotient Q_2 calculé pour la zone d'étude selon la formule d'Emberger pour la période 1988-2014 est égale à 19.36 (**Tableau n°07**). En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger (Annexe 03), on peut constater que la zone considérée se situe dans l'étage aride inférieur à hiver tempéré.

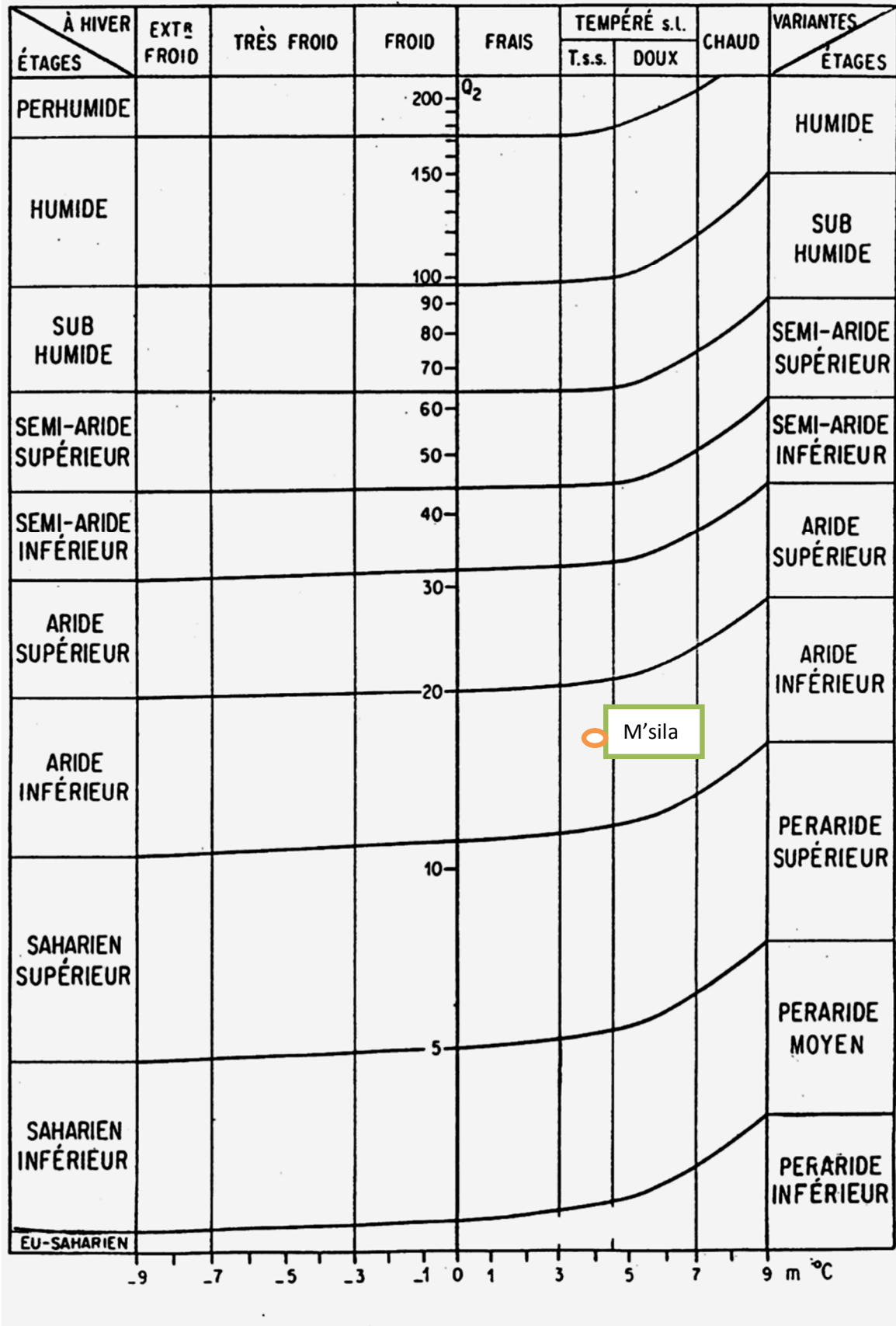


Figure 12 : Positionnement de région de M'sila dans le climagramme d'Emberger (1988-2014).

2-Protocole expérimental

2-1-Objectif de l'expérimentation

L'objectif recherché dans cet essai est de comparer le comportement de quatre populations de luzerne (*Medicago sativa* L) vis-à-vis d'un stress hydrique contrôlé en plein champ. Le stress sera provoqué à partir du stade 5^{ème} feuille trifolié par un tarissement graduel de la réserve d'eau du sol et dès que le seuil de 80% du taux de tarissement est atteint on réirrigue le sol jusqu'à sa capacité au champ. Le stress est appliqué sur plusieurs cycles jusqu'au stade début floraison.

2-2-Matériau végétal

Le matériel végétal consacré à cette étude est composé de 04 populations de luzerne (*Medicago sativa* L) :

- 02 populations cultivées en régions littorales (Triade, Syrier) ont été fournies par L'ITGC ;
- Une population issue des oasis de la région d'Elmnea (Menea) ;
- Une population introduite (Italienne) disponible chez les grenetiers.

2-3-Dispositif expérimental

L'essai a été conduit suivant un dispositif expérimental de type CRISS-CROSS avec trois blocs, chaque bloc est divisé en deux sous blocs ; le premier représente le traitement stressé et le deuxième représente le traitement non stressé.

Deux facteurs sont étudiés à travers ce dispositif :

1-Le premier facteur étudié est le stress hydrique avec deux niveaux ; l'un stressé et l'autre non stressé. Le stress est appliqué à partir du stade cinquième feuille du cycle de vie de la plante.

2-Le deuxième facteur étudié est l'espèce *Medicago sativa* L avec 4 niveaux : Menea, Triade, Syrier, et l'Italy.

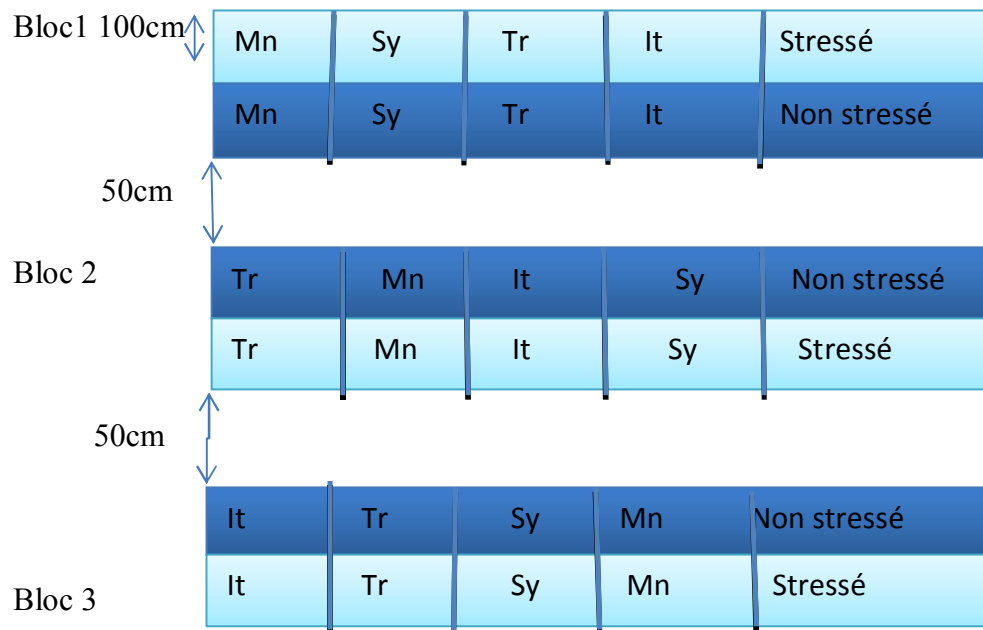


Figure 13 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai (Criss-Cross)



Figure 14 : La parcelle expérimentale

3-Conduite de l'essai

3-1-L'analyse du sol

- L'échantillonnage : le prélèvement du sol a été effectué le 04/02/2015. Les échantillons ont été pris sur une profondeur de 30cm à partir de 05 points différents.
- Les analyses physico-chimiques du sol ont été faites au laboratoire du département d'agronomie. Les résultats obtenus montrent que le sol de la parcelle expérimentale est alcalin, caractérisé par une texture limono sableuse (l'argile : 19.71, limon : 32.38, sable : 47.91) et une teneur faible en matière organique par un pourcentage de 0,58% (tableau n°08)

Tableau n°08 : caractéristiques physico-chimiques du sol.

Paramètres	Résultats
pH eau	9.12
pH _{KCl}	7.53
Cond ms/cm	0.006
Caco ₃ total %	22.5
Caco ₃ actif %	7.5
MO%	0.58
Densité apparente g/cm ³	1.15
Porosité %	55.59
L'humidité relative %	29.65
% Argile	19.71
% Limon	32.38
% Sable	47.91

3-2-Préparation du sol

Labour superficielle à l'aide d'une charrue a disque.

3-3-Semis

Le semis a été réalisé le 12/03/2015 avec une dose de 0.5 g /m² pour l'ensemble des populations.



Figure 15: L'opération du semis

3-4- L'irrigation

Au début de l'essai et avant l'application du stress hydrique, l'irrigation a été effectuée 01 à 02 fois par semaine afin de maintenir les plantes à L'ETM. L'irrigation s'est faite par submersion à l'aide d'arrosoirs de 8L.



Figure 16 : L'irrigation

3-5-Désherbage

Le suivi continu de l'essai permet d'observer la présence des plantes parasites, le désherbage a été réalisé manuellement.



Figure 17 : Désherbage manuel

3-6- Entretien de l'essai

-**Engrais foliaire** : Pour accélérer la croissance des plantes et compenser le manque de matières organiques dans le sol un engrais foliaire naturel a été (24/04/2015) utilisé. L'engrais a été mélangé avec 8L d'eau d'irrigation pour chaque micro-parcelle.



Figure 18 : Application de l'engrais foliaire

-**NPK** : le 28/04/2015, 2g de NPK (20 20 20) plus oligo-élément, 2g /L d'eau pour chaque micro parcelle.

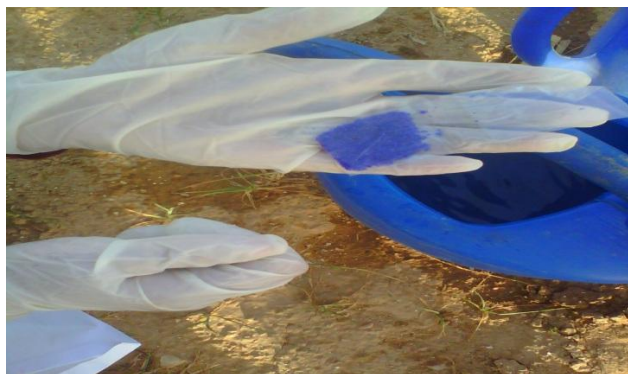


Figure 19 : Application de l' NPK

-Insecticide : traitement contre les pucerons, appliquée le 22 /05/2015 (produit **TRISTAR** 5ml dans 20 ml d'eau).



Figure 20 : Application de l'insecticide

3-7-Estimation des besoins hydriques

Pour calculer les besoins en eau des plantes stressées et la date exacte à la quel il faut irriguer, on a utilisé un programme informatique CROPWAT qui permet de calculer l'ET₀ à partir des données climatiques de la région, la nature de la culture et les caractéristiques pédologiques du sol, en se basant sur l'équation de Penman à l'aide de la formule suivante: $ET_0 = c [w \cdot R_n + (1-w) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d)]$:

ET₀ : Evapotranspiration de référence.

C : coefficient d'ajustement pour tenir compte de rapport U diurne/U nocturne, de HR_{max} et R_s.

W : coefficient de pondération dépendant de la température et de l'altitude.

Rn : rayonnement net total en mm/jour.

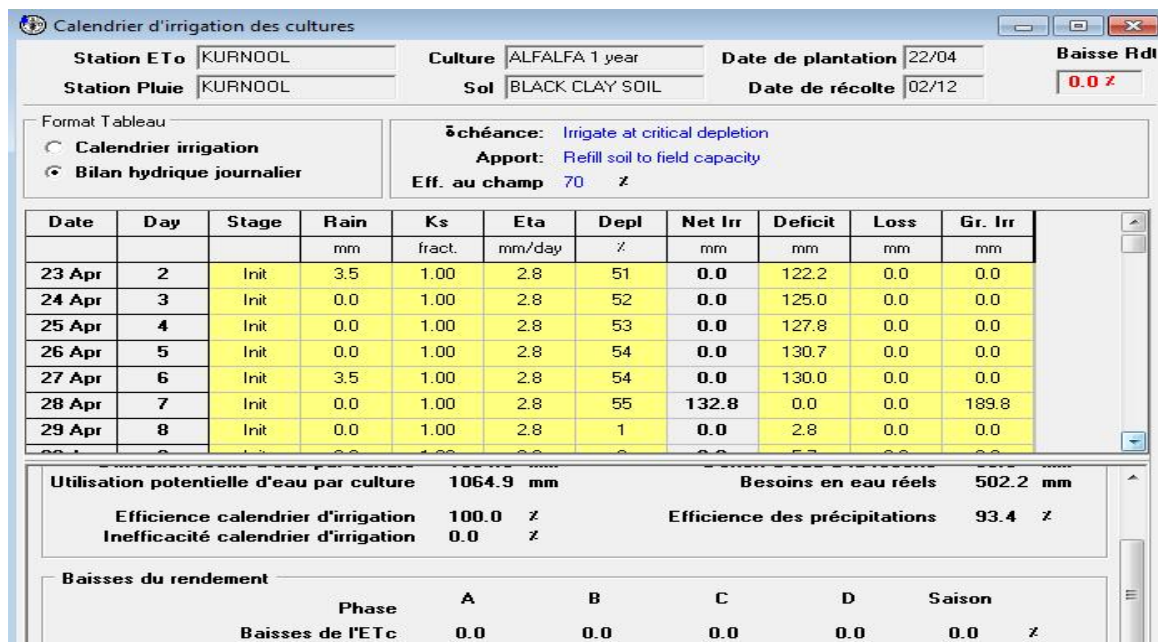


Figure 21: Le logiciel CROPWAT

3-8-Les cycles de stress

Le stress hydrique sera provoqué à partir du stade 5^{ème} feuille trifolié. Le stress a été appliqué progressivement durant trois cycles sur une période moyenne de trois semaines, chaque cycle est interrompu par une période courte de rétablissement d'une journée avec une irrigation à la capacité maximale de rétention. (Figure 22).

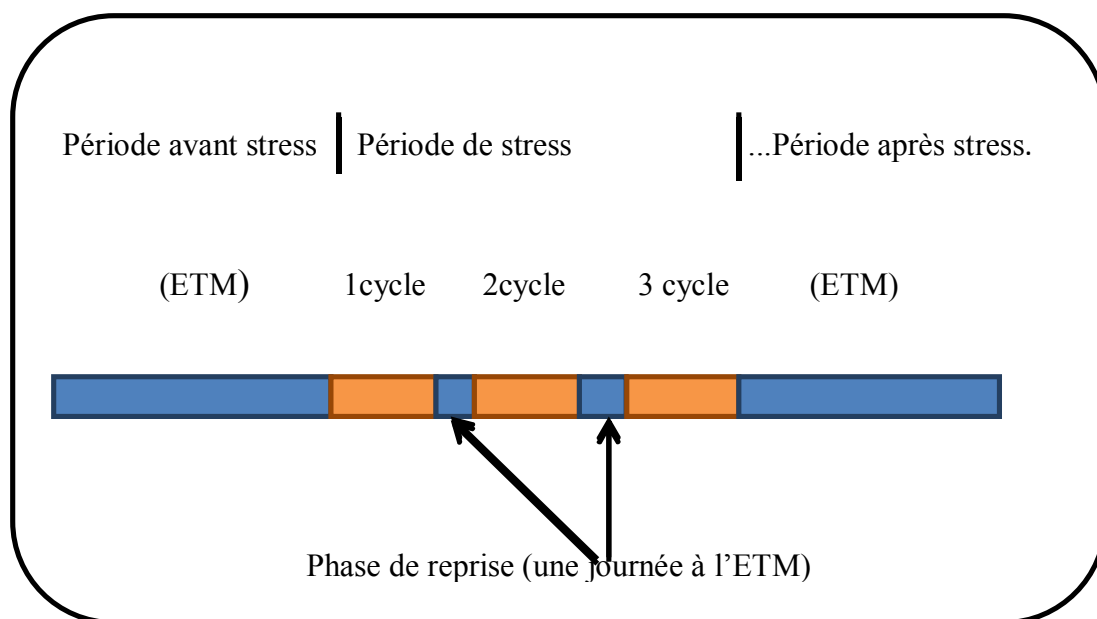


Figure 22 : Schéma des fréquences de stress

4-Variables étudiées

4-1-Paramètres physiologiques

4-1-1-La teneur relative en eau des feuilles

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs, (1968)**. Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) .Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de **Clark et Mac-Caig, 1982**) : $(PF-PS/PT-PS)*100$.

4-2-Paramètres biochimiques

4-2-1-La teneur en sucre

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de **Dreywoo (1946)** modifiée par **Shiends et Burnett (1960)** ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, qui très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en Bleu-vert avec l'authrone.



Figure 23 : Dosage du sucre

Matériels et Méthodes

4-2-2-La teneur en proline

La proline est dosée par la méthode de **Troll et Lindsley (1954)**, simplifiée et mise au point par **Drier et Goring (1974)**. Cette méthode se base sur la coloration rouge produite par l'interaction de la proline avec de la ninhydrine dans un tampon acide.

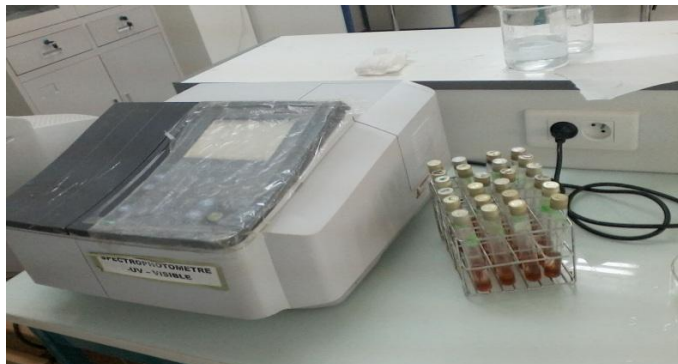


Figure 24 : Dosage du proline

4-3-Paramètres morphologiques

4-3-1-La surface foliaire (mm²)

La mesure de la surface foliaire se fait comme suit :

- Prélèvement des feuilles fraîches
- Scanner ces feuilles à l'aide d'un scanner
- Calculer la surface à l'aide d'un logiciel Adobe Photoshop CS5.

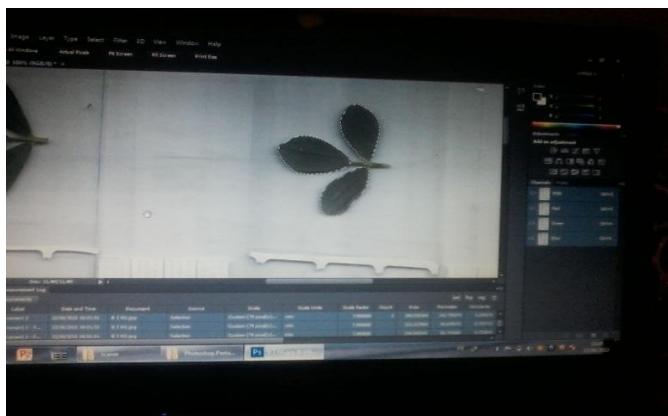


Figure 25 : Mesure de la surface foliaire

Matériels et Méthodes

4-3-2-Le poids spécifique foliaire(PSF) : Les feuilles sont pesées immédiatement pour obtenir le poids frais (PF) puis avec les même feuilles en déterminé la surface foliaire (SF) selon la méthode de (Paule et al., 1979).Le poids spécifique foliaire (PSF) est déterminé par la formule suivante (Araus et al., 1998 in Zeghida et al. ,2004) : $PSF (mg/cm^2) = PF/SF$.

4-3-3-Longueur de la tige principale : La mesure se fait par une règle de 50 cm à partir du bas de la plante jusqu'à la dernière feuille.

4-3-4-Nombre de ramification par plante : Comptage du nombre de ramifications principales par plante.

4-3-5-Différence de croissance

4-3-6-Nombre de feuilles par plante

4-3-7-Nombre d'entre nœuds

4-4-Paramètres de rendement

4-4-1- Poids frais La coupe a été effectuée au niveau du collet, on pèse à l'aide d'une balance de précision.

4-4-2-Poids sec Après la pesé de la matière fraiche on la place les plantes coupées dans une étuve pendant 24h à 105°C pour obtenir le poids sec.



Figure 26 : Pesé du poids sec

4-4-3- Indice de sensibilité au stress

Matériels et Méthodes

Pour mieux évaluer l'effet de stress et permettre une meilleure sélection des écotypes tolérants, nous avons étudié plusieurs indices de la tolérance au stress, tels que la productivité moyenne (**Rosielle et Hamblim, 1981 ; Hossain et al., 1990**), l'indice de la tolérance (**Hossain et al., 1990**), l'indice de la sensibilité au stress (**Fischer et Maure, 1978**) et l'indice de tolérance au stress (**Rosielle et Hamblim, 1981; Fernandez, 1992**) qui sont donnés par les équations suivantes :

. Indice de sensibilité au stress. $SSI = 1 - (Y_{si}/Y_{pi})/SI$.

Y_{si} = rendement du génotype en condition non irriguée.

Y_{pi} = rendement du génotype en condition irriguée.

. Intensité du stress. $SI = 1 - (Y_s/Y_p)$

Y_s = Moyenne Générale des génotypes en condition non irriguée.

Y_p = Moyenne Générale des génotypes condition irriguée.

. Indice de tolérance. $TOL = Y_{pi} - Y_{si}$

. Productivité moyenne. $MP = (Y_{pi} + Y_{si})/2$

. Indice de tolérance au stress. $STI = (Y_{pi} \times Y_{si})/Y_p^2$

5- L'Analyse statistique

L'analyse statistique s'est faite à l'aide du logiciel STAT-BOX et logiciel R les moyennes sont comparées par la méthode de Newman et Keuls au seuil de 5%. Les ACP et les matrices de corrélations et les graphes ont été développés par le logiciel R.

II : Résultat et discussion

1-Analyse de variance

1-1-Analyse des paramètres physiologiques

1-1-1-Effet du stress sur la teneur relative en eau des feuilles (TRE)

L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative entre les deux régimes hydrique; on remarque que les moyennes de la TRE au niveau de deux régimes hydriques sont très proche (tableau 09). Les résultats de l'analyse de variance ne révèlent aucune différence significative entre les populations de luzerne étudiées (tableau 10), et aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs n'a été enregistrée (tableau 11).

Les résultats obtenus sont compris entre 84,41% (Mn) et 71,42% (Sy) avec une différence de plus de 07% (tableau 10). La population Menea (issue des oasis de sud Algérien) s'est distinguée par rapport aux autres populations avec la teneur la plus élevé. Les populations de luzerne se comportent de la même manière pour la teneur relative en eau que ce soit en stressé ou en non stressé. Ceci peut être due au nombre de cycles de stress appliqués qui n'ont pas été suffisants.

De nombreux auteurs montrent, que certaines plantes stockent l'eau directement dans leurs tissus ou dans leurs parenchymes aquifères localisés dans les tiges et les feuilles et qu'elles l'utilisent pendant les périodes de déficit hydrique (**Morgan, 1992**).

La régulation stomatique constitue le principal mécanisme du contrôle instantané des pertes en eau. La chute de la transpiration, qui suit la fermeture somatique, favorise le rééquilibrage du bilan hydrique de la plante

La teneur relative en eau est étroitement corrélée à l'ajustement osmotique et peut être considérée comme un critère simple de sélection dans un programme d'amélioration génétique, comparée aux potentiels hydrique, osmotique ou de turgescence (**Rekika, 1997**).

Résultats et discussion

Tableau n° 09 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur relative en eau (effet du régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	83,853	3,034	0,17233	.
Stressé	72,128	3,034		

Tableau n° 10 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la teneur relative en eau (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	78,003	3,507	0,0911	.
Mn	84,414	3,289		
Sy	71,42	3,845		
Tr	78,123	1,614		

Tableau n° 11 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la teneur relative en eau (effet d'interaction des deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	72,918	3,921	0,36723	.
It(NS)	83,089	3,921		
Mn(S)	81,811	3,677		
Mn(NS)	87,018	3,677		
Sy(S)	62,533	4,298		
Sy(NS)	80,307	4,298		
Tr(S)	71,249	1,805		
Tr(NS)	84,966	1,805		

Résultats et discussion

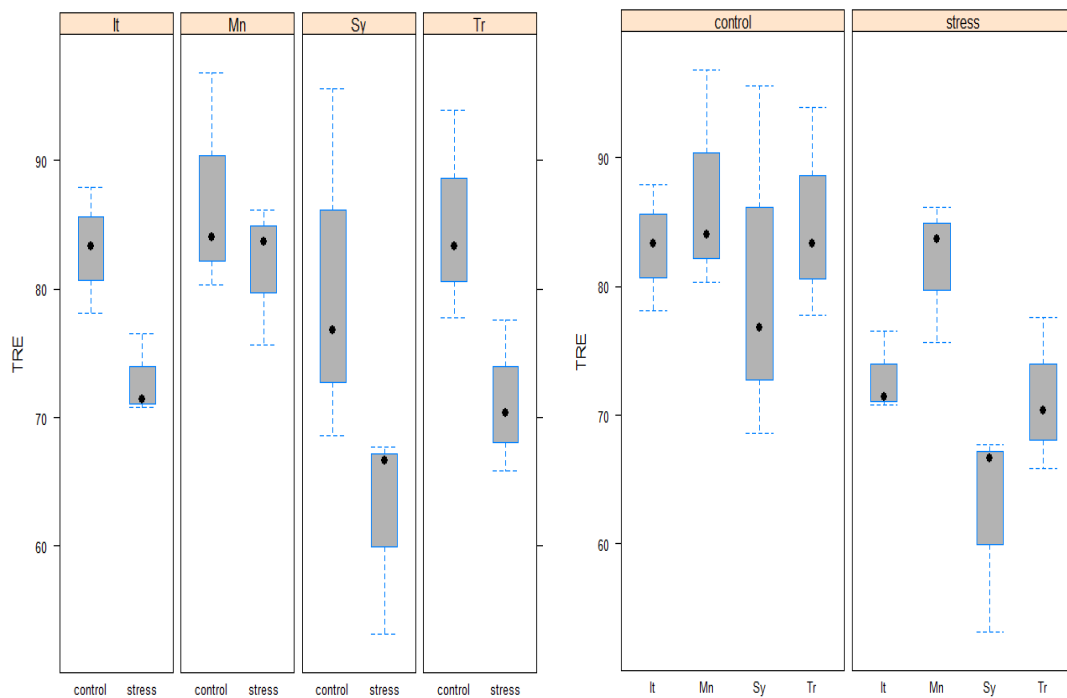


Figure 27 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur relative en eau des feuilles.

1-2-Analyse des paramètres biochimiques

1-2-1-Effet du stress sur la teneur en sucres solubles (TS)

L'analyse de variance a montré une différence significative entre les deux régimes hydrique ; on remarque que la teneur en sucres solubles est élevée en régime stressé par rapport au régime hydrique (tableau 12). Les résultats de l'analyse de variance ne relève aucune différence significative entre les populations de luzerne étudiées (tableau 13) et aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs (tableau 14). Les résultats obtenus sont compris entre 0,46ug/100mg MF(Sy) et 0,60ug/100mg MF(Mn) ce qui montrent que sous l'effet du déficit hydrique les populations de luzerne présentent des réponses adaptatives par l'accumulation des sucres solubles mais toutes ont réagi de la même manière. Cette accumulation est en réalité un paramètre d'adaptation aux conditions de stress hydrique (**Kameli et losel, 1995**), permettant de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée (**Bensalem, 1991**).

Munns et al. (1988) interprètent l'accumulation des sucres principalement le glucose, par une modification du métabolisme carboné.

Résultats et discussion

Tableau n°12 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	0,429(A)	0,03	0,02082	*
Stressé	0,682(B)	0,03		

Tableau n°13 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	0,58	0,048	0,48032	.
Mn	0,60	0,008		
Sy	0,462	0,027		
Tr	0,582	0,028		

Tableau n°14: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	0,75	0,054	0,16488	.
It(NS)	0,41	0,054		
Mn(S)	0,692	0,009		
Mn(NS)	0,508	0,009		
Sy(S)	0,36	0,031		
Sy(NS)	0,563	0,031		
Tr(S)	0,44	0,031		
Tr(NS)	0,723	0,031		

Résultats et discussion

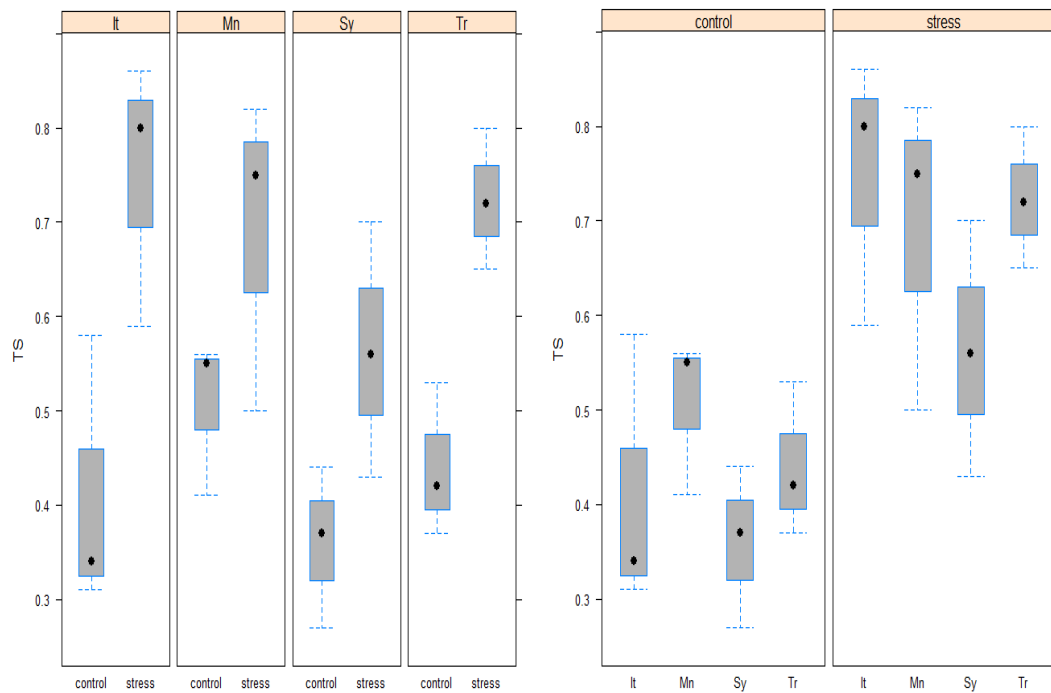


Figure 28 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur en sucres solubles.

1-2-2-Effet du stress sur la teneur en proline (TP)

Plusieurs auteurs ont évoqué le rôle joué par cet acide aminé dans la tolérance au déficit hydrique et que les concentrations de cet osmoticum diffèrent considérablement d'une espèce à une autre (**Monneveux et Nemmar., 1986**), et que son accumulation est le résultat d'une diminution de la synthèse protéique (**Mattioni et al., 1997**).

L'analyse de la variance n'a fait ressortir aucune différence significative entre les deux régimes hydrique; on remarque que les moyennes de la teneur en proline sont les très proche au niveau des deux régimes (tableau 15). Aucune différence significative entre les populations de luzerne étudiées n'a été trouvé (tableau 16) et aussi aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs (tableau 17).

Les résultats obtenus sont compris entre 0,196ug/100mg MF (Mn) et 0,734ug/100mg MF (Sy) ; sous l'effet du déficit hydrique, les teneurs en proline augmentent chez les populations de luzerne et dépassent celle des plantes soumis au régime hydrique (tableau 17) mais tous en réagi de la même manière.

Résultats et discussion

Tableau n°15 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	0,322	0,144	0,48597	.
Stressé	0,518	0,144		

Tableau n°16: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	0,451	0,212	0,10736	.
Mn	0,196	0,063		
Sy	0,734	0,199		
Tr	0,299	0,051		

Tableau n°17 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en proline (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	0,644	0,237	0,63269	.
It(NS)	0,258	0,237		
Mn(S)	0,24	0,07		
Mn(NS)	0,153	0,07		
Sy(S)	0,883	0,222		
Sy(NS)	0,585	0,222		
Tr(S)	0,304	0,057		
Tr(NS)	0,294	0,057		

Résultats et discussion

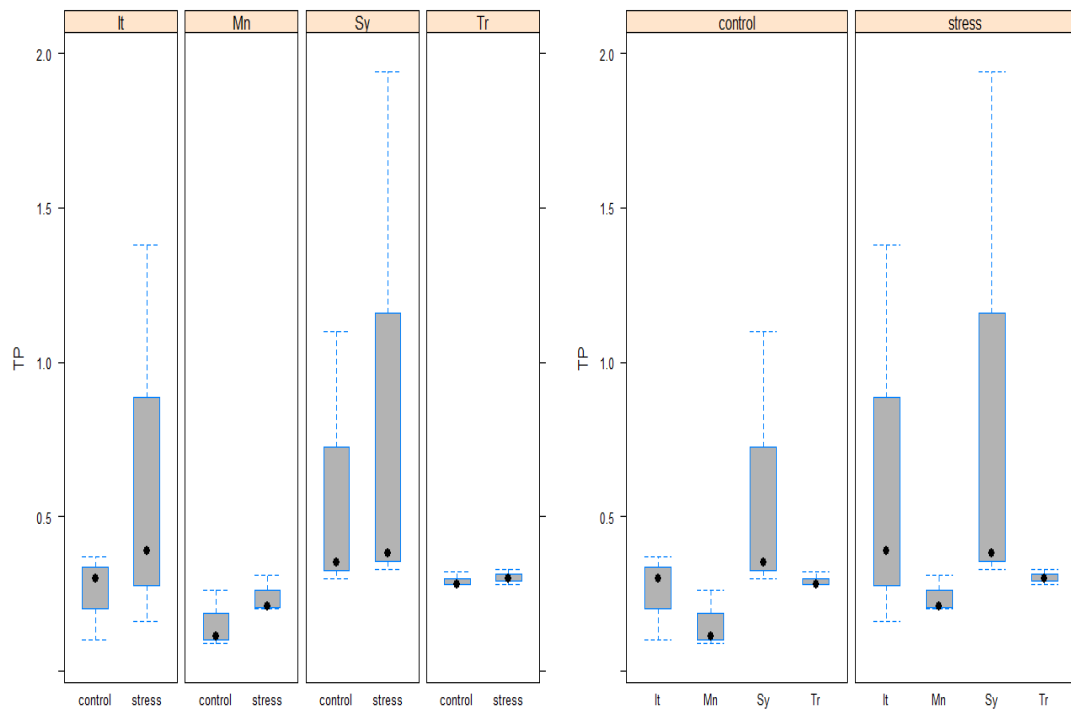


Figure 29 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la teneur en proline.

1-3-Analyses des paramètres morphologiques

1-3-1-Effet du stress sur la surface foliaire (SF)

L'analyse de variance a montré l'existence d'un effet traitement sur les populations de luzerne. La surface foliaire est plus élevée en situation non stressée qu'en situation de stress hydrique (tableau 18). Les résultats de l'analyse de variance ne révèlent par contre aucune différence significative entre les populations de luzerne étudiées (tableau 19) et aucune interaction entre les deux facteurs (tableau 20).

Les résultats obtenus sont compris entre 338,95 mm² (Sy) et 427,88 mm² (Mn). Toutes les populations ont été affectées par le stress appliqué ce qui s'est traduit par une réduction de la surface foliaire, ce qui constitue une forme d'adaptation à la sécheresse mais cette réduction n'est pas consistante entre population. Selon **Arrandeau (1989)**, la réduction de la surface foliaire tend à minimiser les pertes d'eau par la transpiration, mais elle peut aussi provoquer une diminution du rendement à cause de la capacité photosynthétique (**Bidinger et Witcombe, 1989**).

Résultats et discussion

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, ces modifications affectent la partie aérienne et souterraine : réduction de la surface foliaire (**Slama, 2002**).

Tableau n°18 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	463,79 (A)	19,102	0,03584	*
Stressé	314,23 (B)	19,102		

Tableau n°19 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	396,506	20,567	0,44998	.
Mn	427,887	16,899		
Sy	338,95	29,913		
Tr	392,713	1,486		

Tableau n°20: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la surface foliaire (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	277,385	22,994	0,06686	.
It(H)	515,627	22,994		
Mn(S)	364,792	18,894		
Mn(H)	490,982	18,894		
Sy(S)	288,062	33,443		
Sy(H)	389,838	33,443		
Tr(S)	326,688	1,662		
Tr(H)	458,737	1,662		

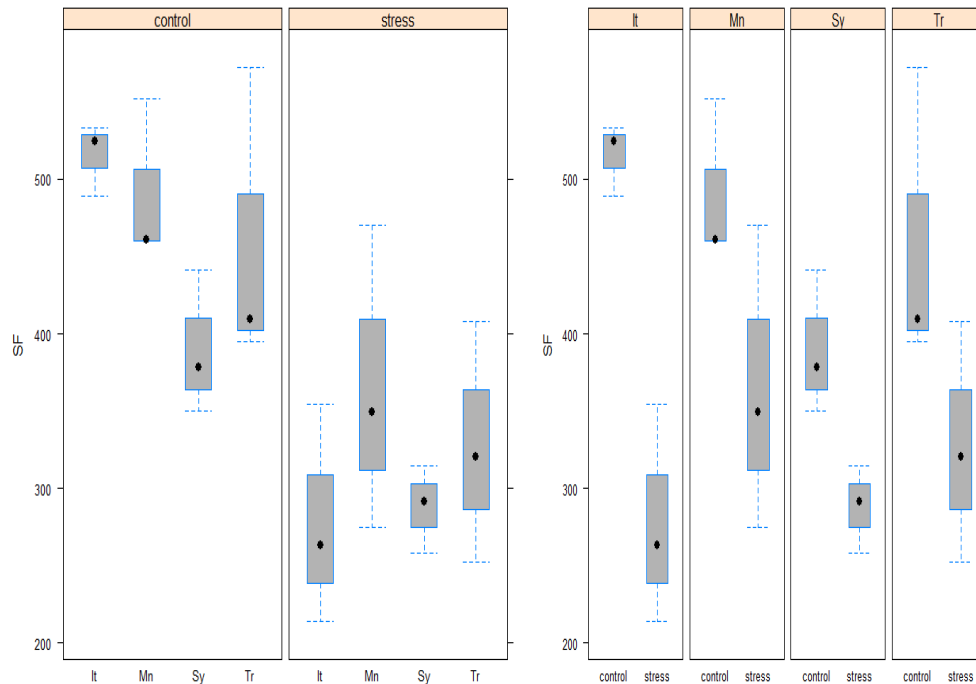


Figure 30 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la surface foliaire.

1-3-2-Effet du stress sur le poids spécifique foliaire (PSF)

Les résultats obtenus sont compris entre 17,95mg/mm² (Mn) et 20,52mg/mm² (Tr).la population Menea a été la plus affecté pour ce paramètre par rapport aux autres populations triade, syrier et l'italienne qui ont données des moyennes très proches.

L'analyse de variance a montré une différence significative entre les deux régimes hydriques, on remarque que le poids spécifique foliaire est élevée en régime stressé en comparaison au régime hydrique (tableau 21). Aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs (tableau 23) n'a été trouvé et aucune différence significative entre les populations de luzerne étudiées (tableau 22).

Selon **Yakhlef, (2001)** le poids spécifique foliaireest l'un des marqueurs importants dans la réponse des plantes à la contrainte hydrique et peut être considéré comme un critère simple de sélection des génotypes présentant une efficacité élevée de l'utilisation de l'eau en conditions de déficit hydrique.

Résultats et discussion

Tableau n°21 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	17,397(A)	1,508	0,03205	*
Stressé	22,331(B)	1,508		

Tableau n°22 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	20,497	0,312	0,36258	.
Mn	17,955	0,648		
Sy	20,441	1,855		
Tr	20,525	2,46		

Tableau n°23 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique foliaire (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	23,282	0,348	0,78501	.
It(NS)	17,713	0,348		
Mn(S)	19,442	0,724		
Mn(NS)	16,547	0,724		
Sy(S)	23,503	2,074		
Sy(NS)	17,378	2,074		
Tr(S)	17,951	2,751		
Tr(NS)	23,098	2,751		

Résultats et discussion

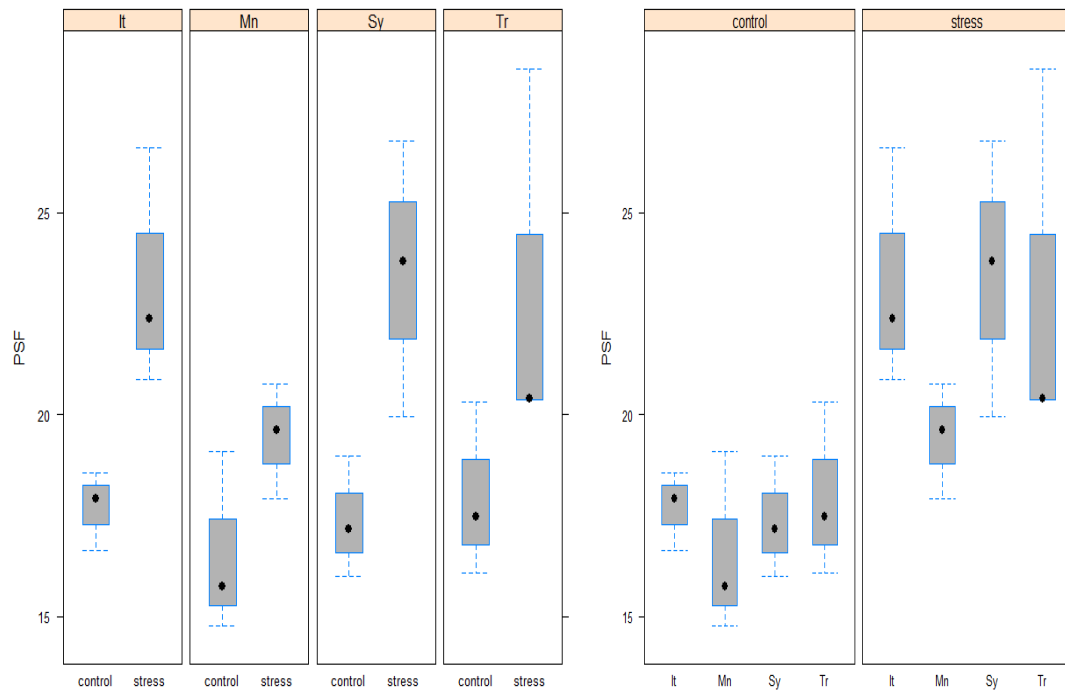


Figure 31 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le poids spécifique foliaire.

1-3-3-Longueur de la tige principale (LTP)

L'analyse de variance a montrée des différences significatives entre les populations de luzerne étudiées et la comparaison entre les moyennes a fait ressortir 3 groupes homogènes. L'effet du stress hydrique sur la longueur de la tige a aussi été significative, par contre aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs (tableau 24).

Les résultats obtenus sont compris entre 25.66 cm (It) et 15.5 cm (Mn) avec une différence de plus de 10 cm (tableau 25).la population Italienne qui est issue de l'importation semble mieux adapté que la population **Mneaa** qui est issue des oasis de la région d'Elmnea. Les populations de luzerne se comportent différemment pour la longueur de la tige et toutes les populations ont été affectées par le stress appliqué mais toutes ont réagi de la même manière pour ce paramètre.

En comparant avec les résultats de **Baameur, (1998)** dans un essai semblable au notre mais avec des populations différentes (un semis au printemps) les longueurs sont de l'ordre de 46cm pour la variété Ghardaïa et 28cm (chott), 21cm (In Salah).

Résultats et discussion

Tableau n° 24 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	20,737	0,763 (A)	0,0319	*
Stressé	18,557	0,763 (B)		

Tableau n°25 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	25,662 (A)	0,816	0,04113	*
Mn	15,496 (B)	0,173		
Sy	20,507 (AB)	0,859		
Tr	16,922 (B)	1,064		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 26 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour la longueur de la tige principale (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	24,867	0,912	0,46665	.
It(NS)	26,458	0,912		
Mn(S)	14,858	0,194		
Mn(NS)	16,135	0,194		
Sy(S)	19,529	0,96		
Sy(NS)	21,485	0,96		
Tr(S)	14,975	1,189		
Tr(NS)	18,869	1,189		

Résultats et discussion

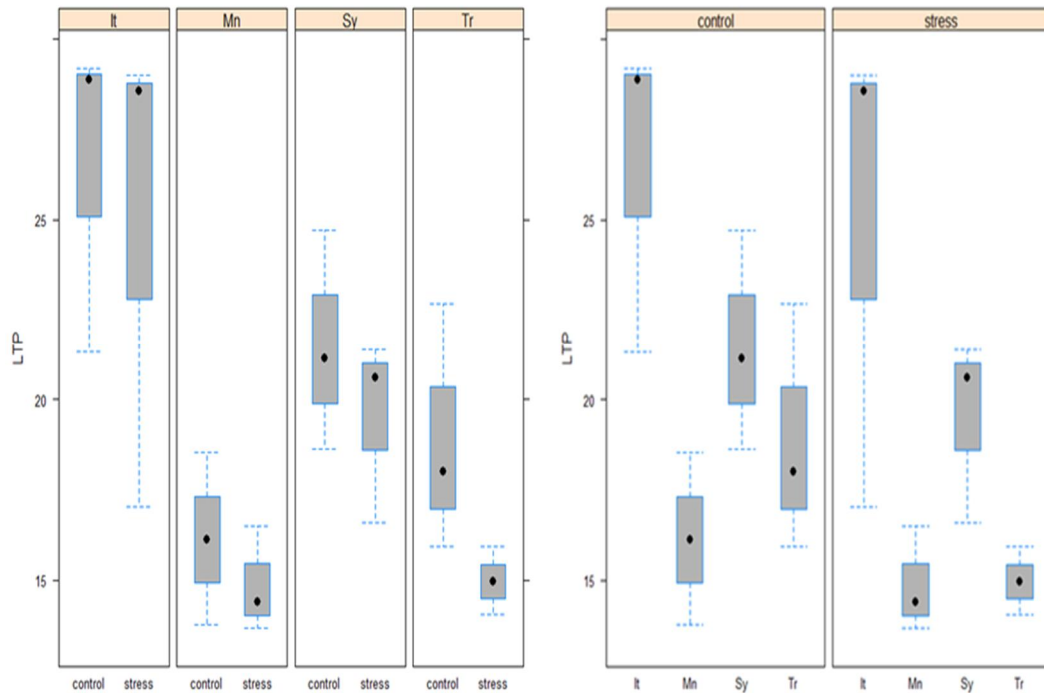


Figure 32 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la longueur de la tige principale.

1-3-4-Nombre de ramification par plante (NRM)

L'analyse de variance n'a pas montrée des différences significatives entre les populations de luzerne étudiées et aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs n'a été mise en évidence. L'effet du stress hydrique sur le nombre de ramification a par contre été significatif (tableau 27).

Les résultats obtenus sont compris entre 1,8 (Tr) et 0,733 (Sy) (tableau 28). la population italienne a développé le nombre de ramification le plus élevé en situation de stress hydrique et a enregistré la diminution la plus faible par rapport à l'état non stressé.

Hanson C.H. and Kehr W.R., 1972, et Siakhene N., 1984, indiquent que la croissance des tiges est plus affectée que celle des feuilles, du nombre de tiges par plant, de l'élongation des tiges, du nombre d'entrenœuds par tige, de la longueur des entrenœuds et des ramifications et qui sont tous réduits par le stress hydrique.

Résultats et discussion

Tableau n°27: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de ramification par plante (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	1,875 (A)	0,284	0,04571	*
Stressé	1,017 (B)	0,284		

Tableau n°28 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de longueur de nombre de ramification par plante (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	1,75	0,131	0,07994	.
Mn	1,5	0,346		
Sy	0,733	0,167		
Tr	1,8	0,436		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 29: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de ramification par plante (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	1,6	0,146	0,37302	.
It(NS)	1,9	0,146		
Mn(S)	1	0,387		
Mn(NS)	2	0,387		
Sy(S)	0,4	0,187		
Sy(NS)	1,067	0,187		
Tr(S)	1,067	0,487		
Tr(NS)	2,533	0,487		

Résultats et discussion

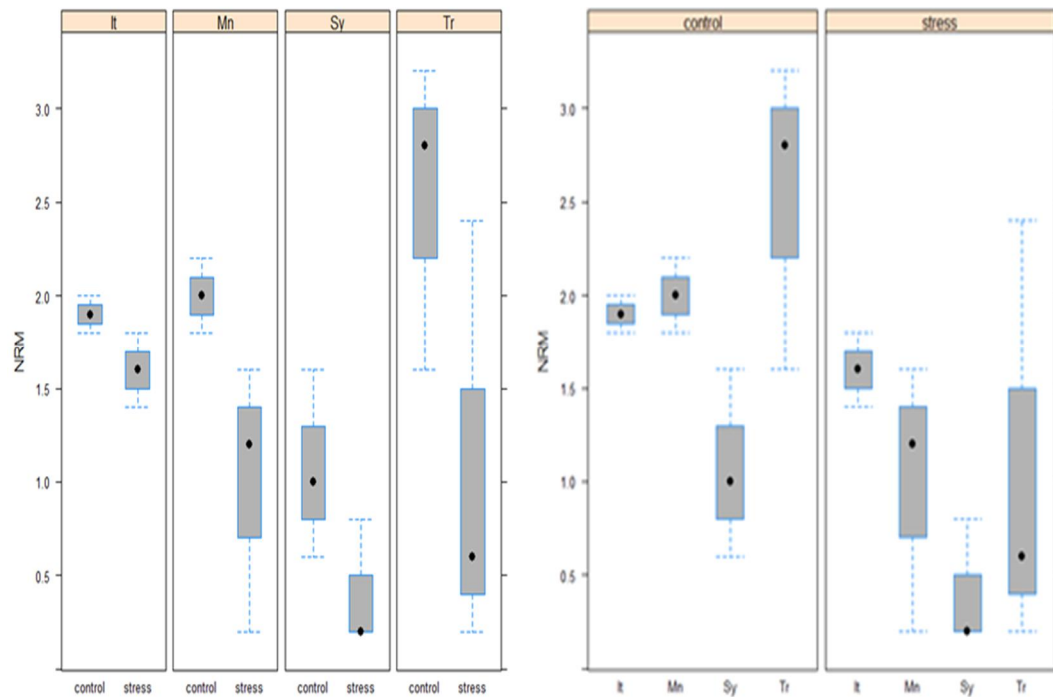


Figure 33 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre de ramification.

1-3-5-Nombre de feuilles (NF)

L'analyse de variance a montrée des différences hautement significatives entre les populations de luzerne étudiées et la comparaison entre les moyennes a fait ressortir 2 groupes homogènes. L'effet du stress hydrique sur le nombre de feuilles n'a pas été significatif et aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs (tableau 30).

Les résultats obtenus sont compris entre 50,267 (Sy) et 26,5 (Mn) avec une différence de plus de 24 feuilles (tableau 31). la population Triade a enregistré la perte la plus importante en nombre de feuilles (17 feuilles) en subissant l'effet du stress.

Selon BROWN et TANNER (1983), lorsque l'expansion des feuilles chez *M. sativa* est ralentie par un déficit hydrique, l'élongation de tous les entre-nœuds est réduite aussi.

Résultats et discussion

Tableau n° 30 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de feuilles (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	46,6	4,256	0,07607	.
Stressé	38,2	4,256		

Tableau n°31 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de longueur de nombre de feuilles (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	50,133(A)	2,164	0,0091	**
Mn	26,5(B)	3,904		
Sy	50,267(A)	1,816		
Tr	42,7(A)	7,514		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 32: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre de feuilles (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	48,4	2,419	0,5297	.
It(NS)	51,867	2,419		
Mn(S)	22,867	4,365		
Mn(NS)	30,133	4,365		
Sy(S)	47,4	2,03		
Sy(NS)	53,133	2,03		
Tr(S)	34,133	8,401		
Tr(NS)	51,267	8,401		

Résultats et discussion

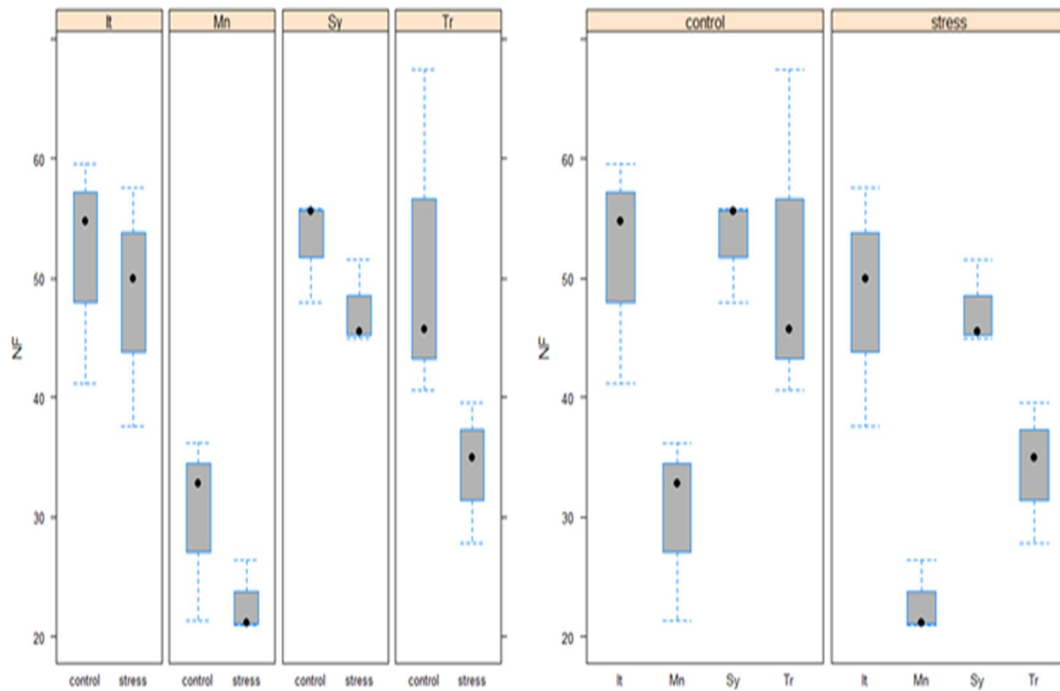


Figure 34 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre de feuilles.

1-3-6-Nombre d'entrenœuds

L'analyse de variance n'a révélé aucun effet population ni d'effet traitement pour le nombre d'entrenœuds (tableau 33). Les résultats obtenus sont compris entre 14,86 (Sy) et 10,96 (Mn) (tableau 34).

Hanson C.H. and Kehr W.R., 1972, et **Siakhene N., 1984,** indiquent que la croissance des tiges est plus affectée que celle des feuilles, du nombre de tiges par plant, de l'élongation des tiges, du nombre d'entrenœuds par tige, de la longueur des entrenœuds et des ramifications et qui sont tous réduits par le stress hydrique.

Tableau n°33: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entrenœuds (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
Nstressé	13,375	0,279	0,11143	.
Stressé	12,883	0,279		

Résultats et discussion

Tableau n°34 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entrenœuds (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	12,88	0,32	0,07513	.
Mn	10,96	0,33		
Sy	14,86	0,34		
Tr	12,8	0,10		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n°35 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de nombre d'entrenœuds (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	12,8	0,357	0,15771	.
It(NS)	12,967	0,357		
Mn(S)	10,6	0,369		
Mn(NS)	11,333	0,369		
Sy(S)	14	0,385		
Sy(NS)	15,733	0,385		
Tr(S)	12,133	0,121		
Tr(NS)	13,467	0,121		

Résultats et discussion

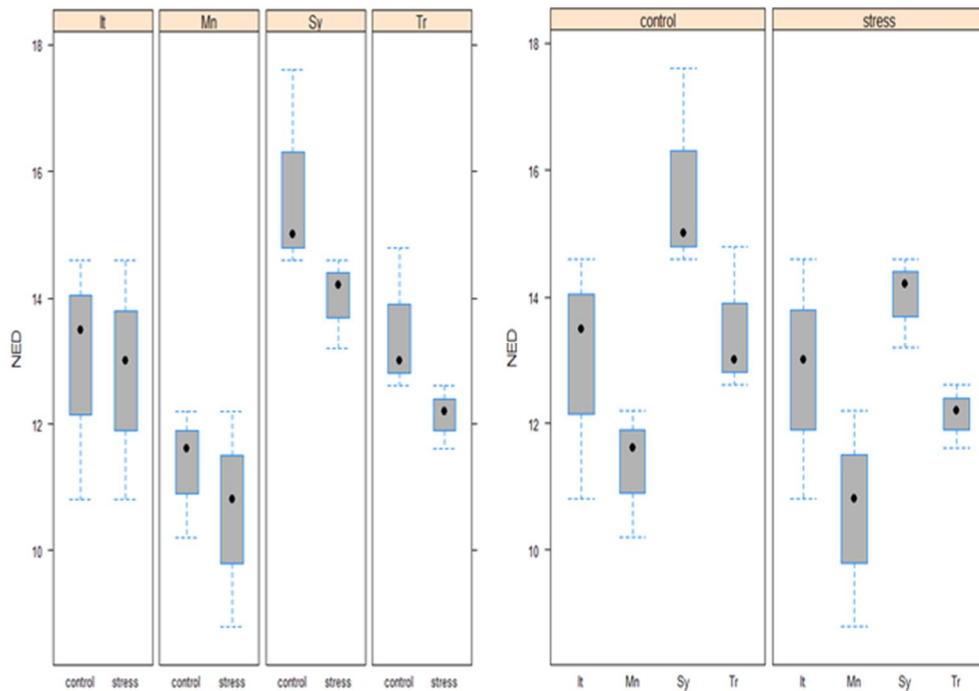


Figure 35 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le nombre d'entrecœuds.

1-3-7- Croissance du rameau après application du stress hydrique (DC)

L'analyse de variance a montrée des différences hautement significatives entre les populations de luzerne étudiées et la comparaison entre les moyennes a fait ressortir deux groupes homogènes, qui regroupent Syrier, Triade et Italienne d'un côté et Menea d'un autre. L'effet du stress hydrique sur les populations pour la croissance du rameau a été très hautement significative, par contre aucune interaction entre les deux facteurs étudiés (tableau 36).

Chez *Medicago sativa* L, en signalant que les plantes stressées ont présenté des rameaux plus petits que celles qui n'ont pas été stressées **GOSSE et al. (1982)** et **HALL (1993)**.

Les résultats obtenus sont compris entre 23,16 cm (It) et 10,54 cm (Mn) avec une différence de 12 cm (tableau 37).

Résultats et discussion

Tableau n° 36 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de différence de croissance (effet du régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
Non stressé	20,408 (A)	0,879	0,00081	***
Stressé	16,62 (B)	0,879		

Tableau n°37 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de différence de croissance (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	23,16 (A)	1,193	0,00473	**
Mn	10,547 (B)	0,547		
Sy	21,467 (A)	1,233		
Tr	18,883(A)	0,402		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 38: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de de différence de croissance (effet d'interaction des deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	26,003	2,062	0,26304	.
It(NS)	31,697	2,062		
Mn(S)	19,9	0,744		
Mn(NS)	32,627	0,744		
Sy(S)	28,44	1,694		
Sy(NS)	34,12	1,694		
Tr(S)	17,95	2,889		
Tr(NS)	28,15	2,889		

Résultats et discussion

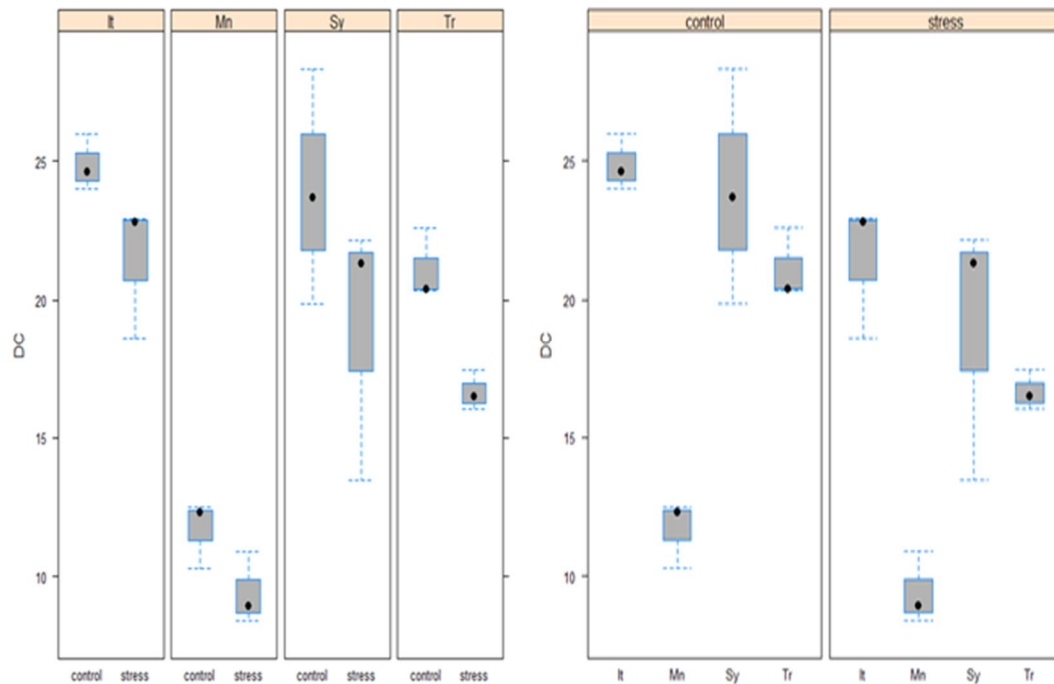


Figure 36 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour la différence de croissance.

1-4-Paramètres de rendements

1-4-1- Rendement en matière fraîche (PF)

L'analyse de variance n'a pas montré de différences significatives entre les populations de luzerne étudiées. L'effet du stress hydrique sur le poids frais a été significatif, par contre aucune interaction entre les niveaux des deux facteurs n'a été mise en évidence (tableau 39).

Les résultats obtenus sont compris entre 88,5 g/m² (Sy) et 70,5 g/m² (Tr) avec une différence de 18g/m² (tableau 40). La population triade a enregistré une réduction en biomasse de plus de 43% alors que Syrier a enregistré une réduction en biomasse de moins de 10%.

Selon **Durant et al. (1989)** l'effet du déficit hydrique sur la morphogenèse des parties aériennes explique entre 80 et 100% des différences de production en biomasse aériennes.

Résultats et discussion

Tableau n° 39 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matières fraîches (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	90,25(A)	4,2	0,01402	*
Stressé	66,917(B)	4,2		

Tableau n°40 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matières fraîches (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	83,667	4,459	0,75098	.
Mn	71,667	2,186		
Sy	88,5	2,623		
Tr	70,5	6,788		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 41 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matières fraîches (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	73,333	4,985	0,08728	.
It(NS)	94	4,985		
Mn(S)	59,333	2,444		
Mn(NS)	84	2,444		
Sy(S)	84	2,932		
Sy(NS)	93	2,932		
Tr(S)	51	7,589		
Tr(NS)	90	7,589		

Résultats et discussion

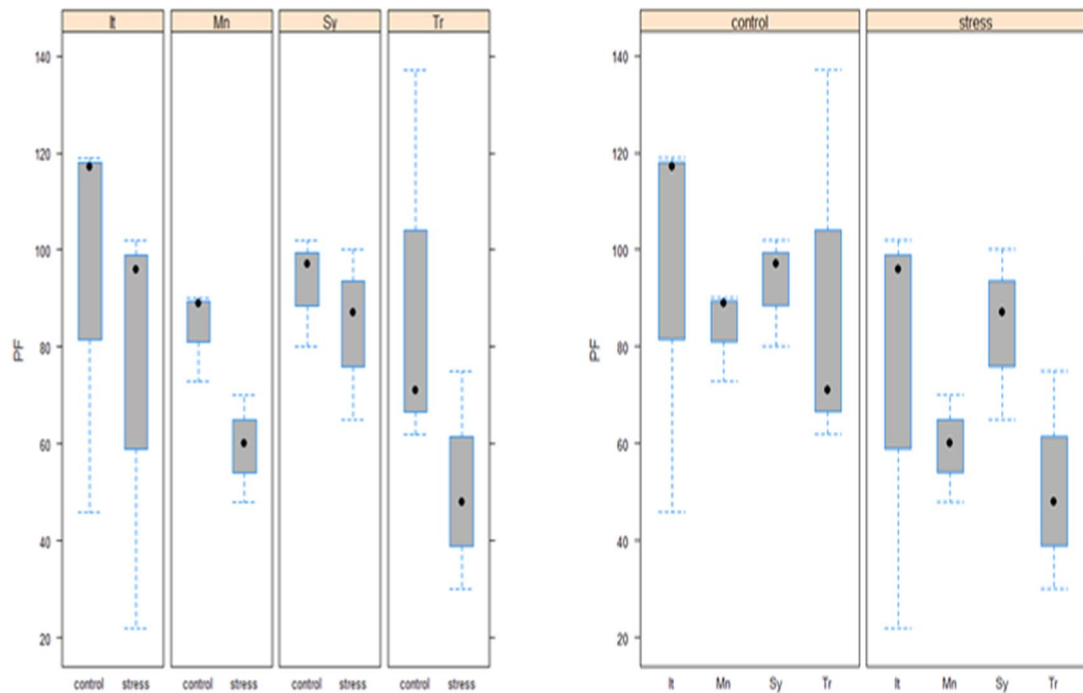


Figure 37: Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour rendement en matière fraîche.

1-4-2- Rendement en matière sèche (PS)

L'analyse de variance n'a pas montrée des différences significatives entre les populations de luzerne étudiées et l'effet du stress n'a pas été significative sur les plantes que ce soit en stressé ou en irrigué.

La population Syrier a donné le poids sec le plus élevé avec 31,28 g/m² alors que Triade a donné le poids le plus faible avec 23,05 g/m² (Tr). Menea a enregistré la réduction de poids la plus importante avec 39% de moins par rapport à son poids en situation irrigué par contre Syrier a fait preuve de plus de stabilité pour ce paramètre avec seulement 16%.

Mauries (1998) signale également la diminution du poids sec et du taux de croissance des feuilles de luzerne en condition de stress hydrique.

Résultats et discussion

Tableau n° 42 : Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matière sèche (effet de régime hydrique).

Traitement	Moy	ET	Prob	Signification
N stressé	31,648	1,707	0,05747	.
Stressé	23,073	1,707		

Tableau n°43: Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matière sèche (effet population).

Pop	Moy	ET	Prob	Signification
It	28,85	1,844	0,63045	.
Mn	26,263	0,665		
Sy	31,28	1,515		
Tr	23,05	2,584		

* : significatif, ** : hautement significatif, *** : très hautement significatif

Tableau n° 44: Moyennes et résultats de l'analyse de variance pour le rendement en matière sèche (effet d'interaction de deux facteurs).

Régime H	Moy	ET	Prob	Signification
It (S)	26,003	2,062	0,26304	.
It(NS)	31,697	2,062		
Mn(S)	19,9	0,744		
Mn(NS)	32,627	0,744		
Sy(S)	28,44	1,694		
Sy(NS)	34,12	1,694		
Tr(S)	17,95	2,889		
Tr(NS)	28,15	2,889		

Résultats et discussion

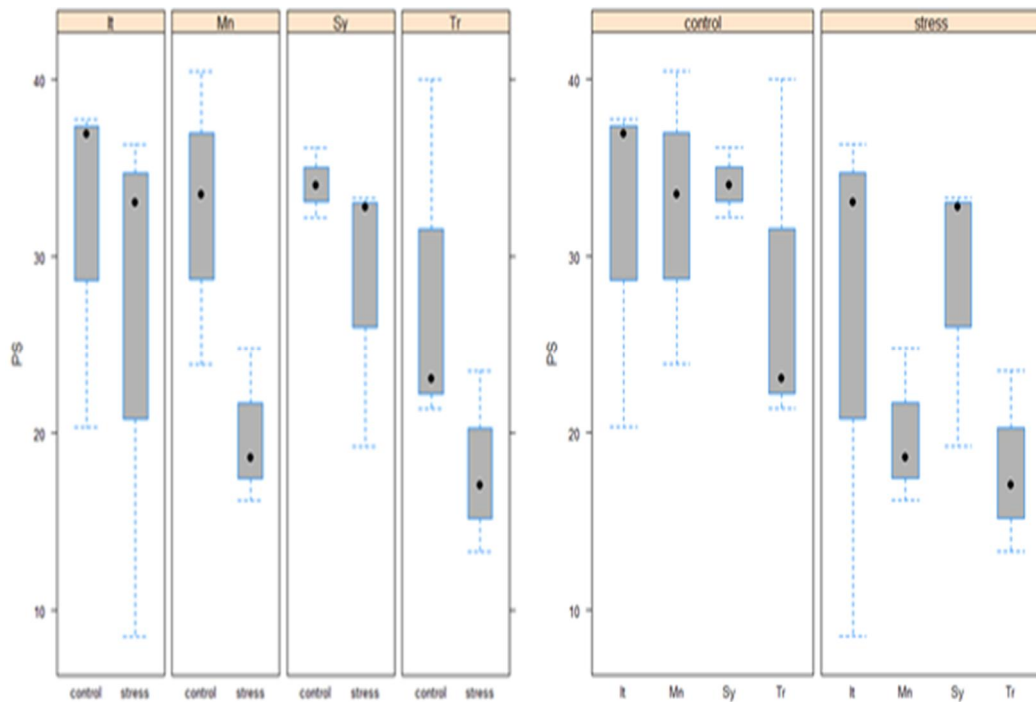


Figure 38 : Comportement des populations de luzerne en situation stressée et non stressée pour le rendement en matière sèche.

1-4-3-Indices de tolérance ou de sensibilité au stress.

1-4-3-1- Indice de tolérance au stress (STI)

L'indice de tolérance au stress montre clairement que la population Syrier est la plus tolérante au stress (0.90) par rapport au reste des populations, suivie de la population Italienne (0.78), Menea (0.71) et Triade (0.57) qui a été la moins tolérante. La matrice des corrélations fait ressortir une corrélation significative (0.98) entre l'indice de tolérance au stress et le rendement en condition de stress (Y_{si}) ainsi qu'avec l'indice de sensibilité au stress (SSI) avec 0.99, par contre la corrélation est hautement significative et négative (-1.0) avec l'indice de tolérance (TOL).

Selon **Golabadi et al. (2006)**, qui affirment que la sélection pour la tolérance au stress (TOL) diminuerait le rendement sous déficit hydrique et l'augmenterait sous des conditions hydriques optimales ; ils concluent alors que la sélection selon l'indice de tolérance ne peut être valorisée que sous des conditions hydriques favorables.

Résultats et discussion

1-4-3-2- la productivité moyenne (MP)

La productivité moyenne de chaque population a respecté le même classement des populations pour l'indice de tolérance. Triade a été la moins productive avec 352.50 alors que Syrier a donné la meilleure productivité (442.50), suivi de L'italienne (418.33) et de Menea (358.33). la corrélation est significative (0.98) entre la productivité moyenne et le rendement en condition de stress (Y_{si}).

Hols (2001) affirme que la MP ne peut augmenter le rendement sous les deux conditions hydriques que si la variation génétique sous environnement stressé est plus que le double de celle sous environnement non-stressé et que la corrélation génétique entre les rendements dans les environnements contrastés est hautement négative.

1-4-3-3- Indice de sensibilité au stress (SSI)

L'indice de sensibilité au stress, nous a permis de confirmer le classement des populations les plus tolérantes, puisque celles qui ont été les plus sensibles ont été les moins tolérantes au stress hydrique. La population la plus sensible est toujours Triade (- 1.192) et la population la moins sensible à l'application du stress hydrique est Syrier (-2.494). L'indice de sensibilité au stress a donné une corrélation significative et positive (0.95) avec le rendement en condition de stress (Y_{si}) par contre la corrélation est hautement significative et négative (-1.0) avec l'indice de tolérance (TOL).

Sio-SeMardeh et al. (2006), aboutissant aux mêmes résultats, assurent que les génotypes ayant de basses valeurs de SSI sont identifiés comme résistants alors que les génotypes ayant les valeurs de SSI très élevées sont sensibles au stress hydrique ; ils affirment que les moyennes du SSI à travers les régions et les années paraissent être des indices de sélection appropriés pour distinguer les cultivars résistants.

Des travaux antérieurs montrant des relations négatives entre le SSI et les rendements ont été rapportées sur blé (**Clarke et al., 1992 ; Golabadi et al., 2006**) et sur haricot (**Ramirez et Kelly, 1998 et Porch, 2006**).

Résultats et discussion

1-4-3-4-indice de tolérance (TOL)

L'indice de tolérance (TOL) montre que la population triade est la moins tolérante au stress hydrique (195) par rapport aux autres populations, suivie par la population Menea (123,33), italienne (103,33) et syrier (45) qui a été la plus tolérante (tableau 45). En effet selon **Sio-SeMardeh et al. (2006)**, avec un essai similaire sur des cultivars de blé tendre, concluent que plus les valeurs de la TOL sont élevées plus la réduction du rendement sous stress hydrique est grande et plus la sensibilité au stress est élevée.

La matrice des corrélations fait ressortir une corrélation significative et négative (-0.96) avec le rendement en condition de stress (Y_{si}), ainsi qu'à une corrélation hautement significative et négative (-1.0) avec l'indice de tolérance au stress (STI) (fig 39)

Tableau n°45 : Résultats des indices de tolérance au stress.

	Ysi	Ypi	SSI	TOL	MP	STI
It	366,67	470,00	-2,017	103,33	418,33	0,78
Mn	296,67	420,00	-1,732	123,33	358,33	0,71
Sy	420,00	465,00	-2,494	45,00	442,50	0,90
Tr	255,00	450,00	-1,192	195,00	352,50	0,57

Résultats et discussion

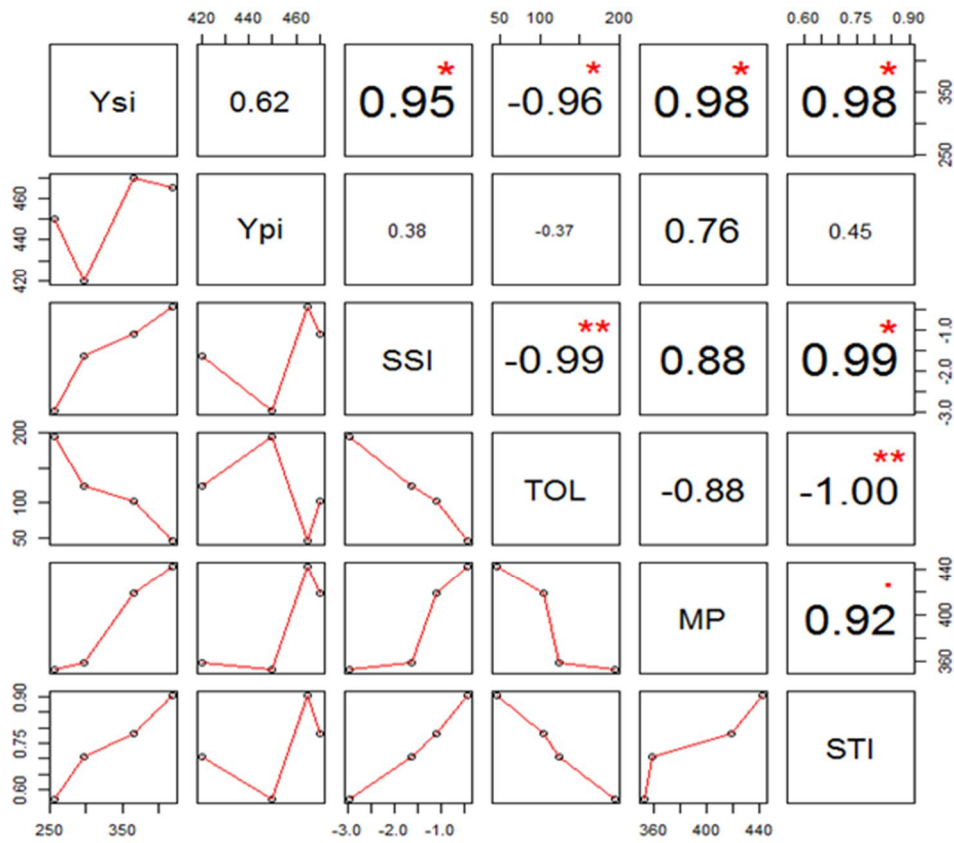


Figure 39 : Matrice des corrélations entre les rendements en Biomasse verte obtenus en Irriguée (Ypi) et en condition stressée (Ysi) avec les indices de tolérance au stress.

Résultats et discussion

2-Analyse en composante principale :

L'Analyse en composante principale (ACP) est une méthode statistique multidimensionnelle, son objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau des données, elle permet d'observer les corrélations entre les variables et les individus lorsque les variables sont proches du cercle, on peut dire quelle sont bien représentées (CHIBA, 1998).

2-1-Variance expliqué totale

Les résultats de l'ACP relatifs aux valeurs propres des facteurs et aux pourcentages d'inertie (% de variance) expliqué par chaque axe (Dimension) sont indiqués dans le tableau 46. Plus de 69% de l'information est fournie par l'axe 1 et 21% par l'axe 2, ce qui permet de se limiter au plan 1-2 (90.81 %) pour la lecture de la variabilité observé des individus et des corrélations avec les paramètres étudiés.

Tableau 46 : variance expliqué par les différents axes.

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
Variance	8.281	2.617	1.102
% de variabilité	69.010	21.808	9.182
Variance cumulée	69.010	90.818	100.000

2.2 Qualité de représentation des variables étudiées

Le plan factoriel 1 et 2 permet de visualiser les corrélations entre variables, les variables nombre d'entre-nœuds (NED), nombre de feuilles (NF), teneur en proline (TP) et la surface foliaire (SF) sont fortement corrélée et sont bien projetée sur l'axe1, alors que sur l'axe 2 seule la variable nombre de ramification (NRM) a été bien projeté et par conséquent peuvent être expliqué par rapport a ces axes respectifs et par rapport aux variables corrélées a l'axe 1 ou l'axe 2.

Tableau 47 : Qualité de représentation des variables étudiées sur l'axe 1

	corrélation	p. value
NED	0.97	0.03

Résultats et discussion

NF	0.97	0.03
TP	0.97	0.03
SF	-0.95	0.05

Tableau 48 : Qualité de représentation des variables étudiées sur l'axe 2

	corrélacion	p. value
NRM	0.97	0.03

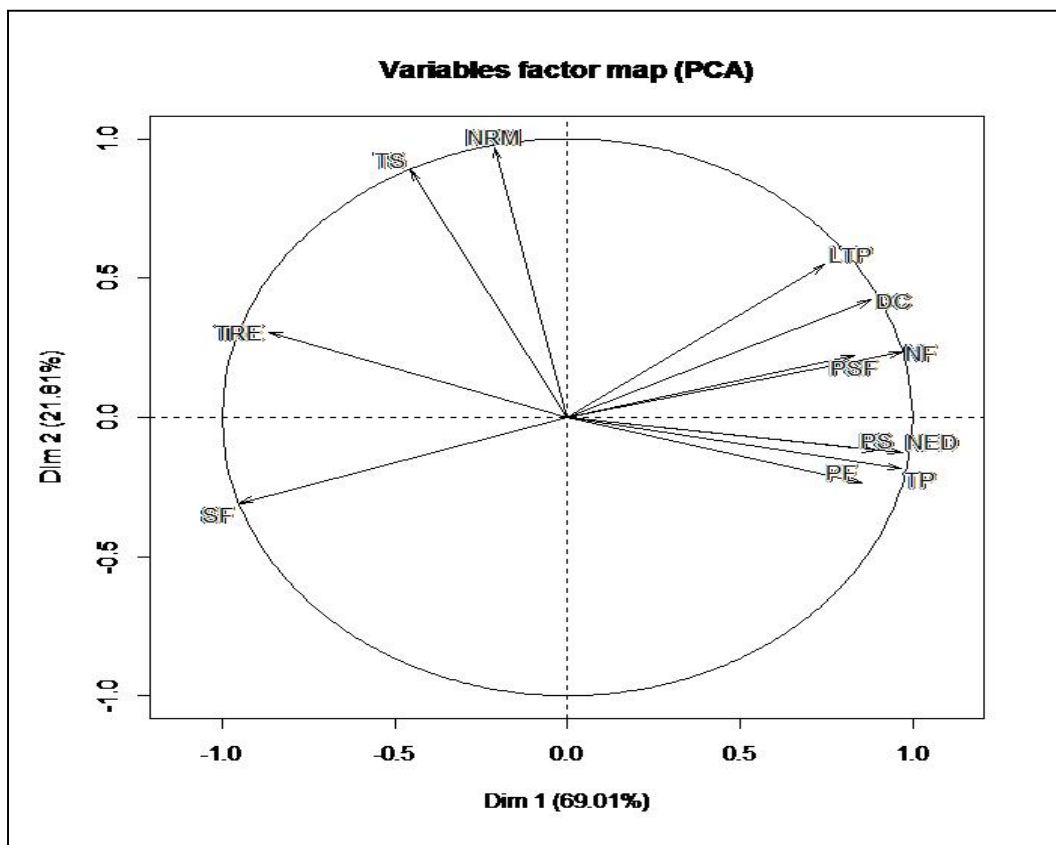


Figure 40 : Cercle des corrélations pour les variables sur le plan factoriel 1-2

Les variables LTP, DC, NF, PS, PF, NED et TP sont corrélées entre elles positivement par rapport à l'axe 1 et négativement avec les variables TRE et SF. Alors que sur l'axe 2 les variables TS et NRM sont corrélées positivement.

Résultats et discussion

2-3- Qualité de représentation des populations étudiées

La population Menea et Syrier participent à la construction de l'axe 1, alors que sur l'axe 2 c'est Italy et Syrier qui participent le plus à sa construction. La population Triade par contre a contribué au calcul de l'axe 3 avec en deuxième position la population Menea.

Populations	Cont axe 1	Cont axe 2	Cont axe 3
Italy	11.163	<u>54.553</u>	9.283
Menea	<u>45.850</u>	5.432	<u>23.718</u>
Syrier	<u>36.267</u>	<u>38.663</u>	0.070
Triad	6.719	1.352	<u>66.929</u>

Sur l'axe 1 on remarque que Menea et Syrier sont tout-à-fait à l'opposé l'une de l'autre ce qui implique que Menea développe contrairement à Syrier un nombre d'entre-nœuds (NED), un nombre de feuilles (NF) et une teneur en proline (TP) plus importantes en situation de stress hydrique que celles développées par Menea. Par contre la population Menea réussit à former en condition stressée des feuilles avec des surfaces foliaires plus importantes (SF).

La comparaison entre les populations sur l'axe 2, fait ressortir un comportement différent entre Syrier et Italy pour le paramètre nombre de ramification (NRM) où Italy donne un nombre plus élevé en situation de stress que Syrier.

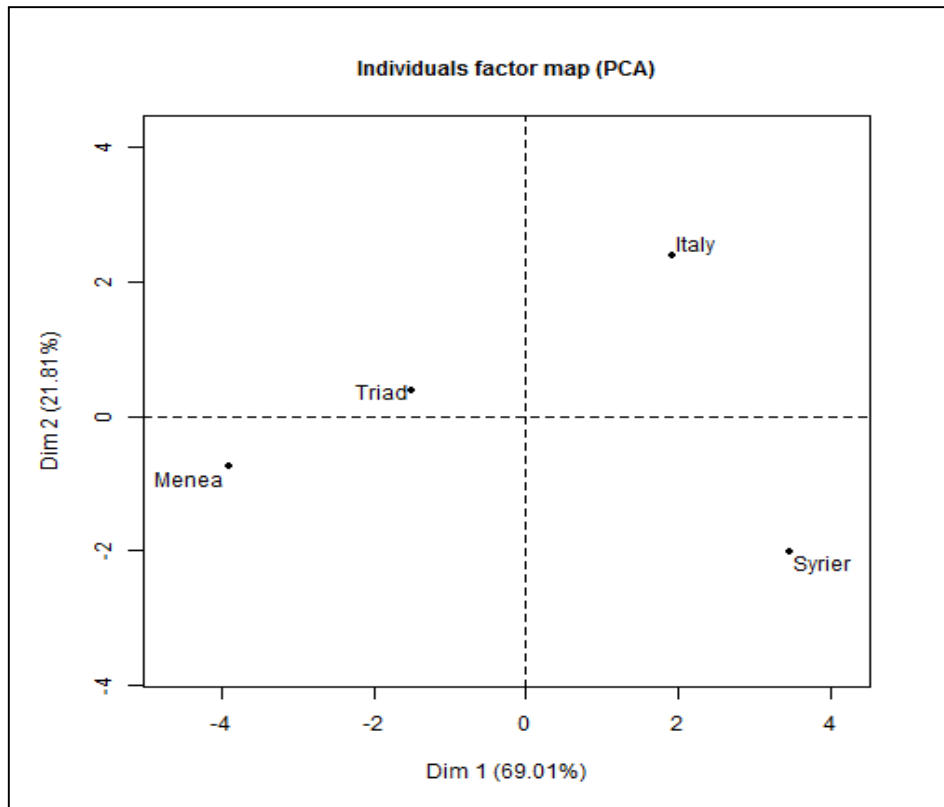


Figure 41 : Représentation des populations de luzerne sur le plan 1-2

3-Matrice des corrélations

L'analyse des résultats de la matrice des corrélations (figure 42) montre :

-Une corrélation positive entre le nombre de ramification par plante (NRM) et la teneur en sucre(TS) avec un coefficient de corrélation positive ($r=0,95$).c.-à-d. que plus le nombre de ramification par plante est élevée plus la synthèse de sucre est important.

Le nombre de feuilles(NF) est corrélée positivement avec le nombre d'entre nœuds(NED) avec un coefficient de corrélation : $r=0,92$ et une corrélation négative et hautement significative ($r = -1,0$) avec la surface foliaire (SF) ce qui montre que les plantes caractérisée par un nombre d'entre nœuds élevée développent aussi un nombre de feuilles élevée mais avec des surfaces foliaires réduites.

Une corrélation significative mais négative($r = -0,97$) entre la croissance des rameaux après application du stress (DC) et la surface foliaire (SF) et une corrélation positive avec le nombre de feuilles (NF) ($r =0.96$), suggérant que les plantes qui développent des rameaux assez longs en situation de stress produisent en même temps un nombre

Résultats et discussion

élevé de feuilles mais avec des surface réduites pour faire face au stress hydrique appliqué.

Une corrélation hautement significative entre le rendement en matière fraîche (PF) et le rendement en matière sèche (PS) avec coefficient de corrélation positive ($r=0,99$) se qui implique que pour les quatre populations de luzerne étudiées plus la plante développe une biomasse aérienne fraîche importante plus sa biomasse en matière sèche sera importante aussi en condition de stress hydrique.

Une corrélation significative a été enregistré entre la teneur en proline (TP) et le rendement en matière fraîche (PF) ainsi qu'avec le rendement en matière sèche (PS) avec respectivement $r=0.95$ et $r= 0.96$, supposant que plus la plante développe de biomasse (sèche ou fraîche) plus elle produit de proline pour faire face au stress hydrique.

Résultats et discussion



Figure 42 : Matrice des corrélations entre les différentes variables étudiées.

Conclusion générale

L'objectif recherché au début de cette expérimentation était d'avoir une idée sur le comportement de quelques populations de luzerne (*Medicago sativa* L) vis-à-vis d'un stress hydrique appliqué sur plusieurs cycles successives.

Le choix d'implanter l'essai dans une région aride (Ain El-hdjel) avait comme objectif de mettre les plantes dans des conditions réelles qui reflètent la situation climatique de la région et par conséquent avoir des résultats plus proches de la réalité que ceux obtenus dans des conditions contrôlées.

Les résultats obtenus montrent clairement que le comportement des populations de luzerne est différent en fonction des paramètres étudiés et des stratégies adoptées.

Pour la plus part des caractères étudiés nous avons obtenu une différence significative entre le traitement stressé et le traitement non stressé, mais à l'exception de quelques paramètres les populations étudiées se sont comportées de la même manière.

Les rendements en biomasse fraîche et sèche qui représentent le résultat final recherché par l'éleveur permettent de mettre Syrier et Italy en tête de classement suivis de Menea et Triade. Dans le même sens les indices de tolérances au stress aussi permettent de dire que Syrier a été la plus tolérante au stress hydrique et que Triade a été la plus sensible parmi ces populations.

Cependant les quatre populations ont adoptées des stratégies différentes dans leurs réactions vis-à-vis du stress appliqué :

La population Syrier et Italy qui ont été les plus tolérantes ont développées des rameaux plus longs, un nombre de ramification plus important, des feuilles petites mais plus nombreuses ainsi qu'un nombre élevé d'entre nœud mais aussi une teneur en proline élevée. En contre partie elles ont développée des feuilles avec des surfaces plus petites. Tous ces paramètres ont fait que ces deux populations ont données le rendement le plus élevé.

Les populations Menea et Triade qui étaient réputées par leur rusticité, ont été les plus sensibles dans notre essai. La stratégie de ces deux populations a été tout à fait contraire aux deux précédentes. Elles ont développées peu de feuilles mais avec de grandes surfaces, des teneurs en sucre plus élevée et aussi avec des teneurs relatives en eau plus importantes.

La matrice de corrélations a permis de conforter ces résultats par les conclusions suivantes :

- En situation de stress les plantes qui ont développé des rameaux assez longs ont produits en même temps un nombre élevé de feuilles.

- les plantes caractérisée par un nombre d'entre nœuds élevée développent aussi un nombre de feuilles élevée mais avec des surfaces foliaires réduites.
- les plantes caractérisée par une production en matière fraîche élevée ont données aussi des rendements en matière sèche aussi élevé.
- plus la plante développe de biomasse (sèche ou fraîche) plus elle produit de proline pour faire face au stress hydrique.

Les résultats obtenus dans cet essai bien que satisfaisants méritent d'être confirmé à travers des essais pluriannuels ou si possible aussi dans des essais multifocaux. Les populations étudiées ne représentent qu'un échantillon simple de la biodiversité existante en Algérie notamment dans les zones marginales et les oasis qui cultivent cette plante depuis très longtemps.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelguerfi, A. (1987)**. Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. *Céréaliculture*. **16**: 1-5.
- Abdelguerfi, A. (1992)**. L'utilisation des luzernes annuelles dans les systèmes de pâturage en Algérie. *Herba*. **5**: 45-51.
- Adem, L. (1978)**. Réponse de la luzerne (*Medicagosativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Thèse Mag. Univ. Al hadj lakhar Batna. 28 p.
- Adjahossou, D. F. (1983)**. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (*Elaeis Guineensis* Jacq). Thèse de doctorat d'Etat en sciences naturelles. Université Paris VII. 203 p.
- ANDI, (2013)**. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- ANRH. (2014)**. Une agence au service du développement du secteur de l'eau. Document de l'Agence National des Barrages. 3 p.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P. et Royo, C. (2002)**. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for?. *Annals of Botany*. **89**: 925-940.
- Arrandeau, M. (1989)**. Breeding strategies for drought. In : Drought Resistance in cereals, Baker, F.W.G. (ed.) Cab International, Wallingford, pp. 107-116.
- Baameur, M. (1998)**. Comportement de quelques variétés introduites et populations sahariennes de luzerne (*Medicago Sativa* L.) dans la région d'Ouargla, Mem.Ing. Agro. Sah. Inst. Hydro. Agro. Sah. Ouargla. 80 p.
- Barrs, B. (1968)**. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum*) au stress hydrique. Thèse de magistère en Biotechnologies Végétales. Université Mentouri Constantine. 25 p.
- Bensalem, M. et Vieira Da Silva, J. P. (1991)**. Polymorphisme variétal de résistance à la sécheresse chez les céréales à paille: cas du blé" in l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Ed. AUPEL-UREF. John Libbet. Paris. p: 25-34.

- Benyoucef, M. T. (1972).** Valeur alimentaire comparée de fourrage verts et conservés au stade floraison (Luzerne, Ray-Gras et au stade pâteux maïs). Thèse ingénieur. INA El-Harrach. p: 1-41.
- Bidinger, F., Wictombe J.R. (1989).** Evaluation of specific deshydration tolerance traits for improvement of drought resistance in cereals, Bakker, F.W.G. (ed.) Cab International, Wallingford, pp. 151-164.
- Blum, A. (1988).** Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press. Boca Raton. FL.
- Bois, J. F., Couchat, P. H. et Moutennet, P. (1984).** Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 10 p.
- Bonnano, et Macke. (1983).** Relation du genre *Scorpiurus* L. avec certains facteurs du milieu en Algérie. Thèse Ing. Inst. nat. agro. El-Harrache. Alger. 16 p.
- Bootsma, A., Boisvert, J. B., Dejong, R. et Baier, W. (1996).** La sécheresse et l'agriculture canadienne. Une revue des moyens d'action. *Sécheresse*. 7: 277-285.
- Boudebous, I. (2009).** Comportement et caractérisation de quelques populations sahariennes et variétés introduites de luzerne pérenne (*Medicagosativa* L.). M.I.A.S, ITAS. Ouargla. P: 5-9.
- Bourgeois Bach, S. (2005).** Culture et utilisation de luzerne. Proconseil. Moudon. Association pour le développement de la culture fourragère. Domaine de changins.
- Bradford, K. J. et Hsiao, T.C. (1982).** Physiological responses to moderate water stress. In : Encyclopedia of plant Physiology. Physiological Plant Ecology: II) water relations and Carbon Assimilation. Springer Verlag. Berlin.
- Brown P. W., TANNER, C. B. (1983).** *Alfalfa* stem and leaf growth during water stress. *Agro. J.* 75 (5) : 799-804.
- Camille, M. (1980).** Fourrage. Ed. La maison. rustique. Paris. 302 p.
- Casals, M. L. (1996).** Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement de blé dur Thèse de doc en agronomie. INRA Paris Grignon. p: 9-14.

-Chaabena, A. (2001). Situation des cultures fourragères dans le sud-est septentrionale du Sahara algérien et caractérisation de quelques variétés introduites et population sahariennes de la luzerne cultivée, thèse de Magis. Agro. INA EL Harrach, 141 p.

-Chaabena, A. et Abdelguerfi, A. (1999), de 08 au 10-11-1999. Résumé de séminaire, Qu'en est-il de la production fourragère dans l'agriculture saharienne?. Centre universitaire d'Ouargla. 1p.

-Chaabena, A., Abdelguerfi, A., Eddoud, A., Chehma, A., Babahani, S., Bradai, L., Benamor, H., Souta, H., Rahmani, A., Benhia, A., Bouziani, I., Maamri, K., Touati, R., Trabelsi, H., et Achour, L. (2006). Séminaire sur la diversité des fabacées fourragères et leurs symbiotes : Application biotechniques, agronomiques et environnementales. 19 à 22-02-2006. Alger. 5 p.

-Childers, W.R., (2008). Encyclopédie Canadienne. (<http://www.thecanadianencyclopedia.com>).

-Christian, K. R. (1977). Effects of environment on the growth of alfalfa. *Advances in Agronomy*. **29**: 183-227 .

-Clark et Mac-Caig, (1982). Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum*) au stress hydrique. Thèse de magistère en Biotechnologies Végétales. Université Mentouri Constantine. 25 p.

-Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 621 p.

-DavoudSadeghzadeh, A., Abdol Karim, K., Mohammad Reza, H., Ahmed, A. et Khoshnood, A. (2009). Assessment of drought tolerance in Iranian fenugreek landraces. *Journal of Food, Agriculture et Environment*. **7** (3 et 4): 414 - 419.

-De-Raissac, M. (1992). Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro., El-harrache. Alger. 10 p.

-Di Maroc et Tricoli I. (1992). Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 9 p.

- Djanoune, S. (1996).** Etude Monographique de la Commune de AIN-EL-HADJEL et Elaboration D'un Programme de Vulgarisation Agricole. Mém. ing. 4 p.
- Djebbar, R. (1991).** Effet de stress hydrique et de fertilisation phosphaté sur des populations de *Medicago truncatula*. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 9 p.
- Durant, J. L., Lemaire G., Gosse, G. et Cartier, M. (1989).** Analyse de la conversion de l'énergie solaire en matière sèche par un peuplement de luzerne (*M.sativa* L.) soumis à un déficit hydrique. *Agronomie*. **9**: 599-607.
- Emberger, L. (1971).** Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson et Cie. France. 120p.
- Fernandez, G. C. J. (1992).** Effective selectioncriteria for assessing plant stress tolerance. In Kuo. C.G. Ed. Proc. ofSym. Taiwan, 13-16 Aug.
- Fischer, R. A. et Maurer, R. (1978).** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* **29**:897-912.
- Gaft, D.F. (1980).** Photoplasmictolerance of extrem water stress" in "adaptation of plants to water and light temperature stress" (N.C Turner and P.J Kramer) Ed.Wileyinterscience. New York, p : 89-103
- Golabadi, M., Arzani, A. et Mirmohammadimaibody, S. A. M. (2006).** Assessment of droughttolerance in segregating populations in durumwheat. *Afr. J. Agric. Res.***1**(5): 162-171.
- Gosse, G., Chartier, M., Lemaire, G. et Guy, p. (1982).** Influence des facteurs climatiques sur la production de luzerne. Fourrages. **90**:113-133.
- Haguet, C. (1990).** Effet de la fertilisation potassique et du stress hydrique sur la physiologie d'espèces spontanées de luzerne annuelles. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 16 p.
- Hall, M. H. (1993).** Alfalfa growthflowering release from droughtstress. *Agro. J.* **85** (5): 991-994.
- Hanson, C.H. et Kehr, W.R. (1972).** Alfalfa science and technology. American.

- Hattab, R. et Derrguine, G. (1993).** Effet de stress hydrique et de fertilisation phosphatée sur des populations de *Medicago truncatula*. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 13-17 p.
- Haveaux, A. (1988).** Effet de stress hydrique par arrêt d'arrosage sur le métabolisme cellulaires des plantules d'acacia. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 8 p.
- Hireche, Y. (2006).** Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Université al hadj lakhdar. Thèse de magistère. Batna. p: 10-12.
- Hnatyszyn, M. et Guais, A. (1988).** Les fourrages et l'éleveur. Agriculture d'aujourd'hui. Science- techniques et application. 450 p.
- Hols, T. (2001).** Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments. *Euphytica*. **120**(2): 235-245.
- Hossain, A. B. S., A. G. Sears, T. S. Cox et G.M. Paulsen, (1990).** Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci*. **30**: 622-627.
- Huyghe, C., Bournoville, R., Couteaudier, Y., Duru, M., Gensollen, V., Lherm, M., et Peraud, J. L. (2005).** Prairie et cultures fourragères en France: entre logiques de production et enjeux environnement. Ed. INRA. 209 p.
- Institut Technique des Céréales et Fourrages. (1988).** Luzerne, étude agrice. Ed. ITCF. France. 6p.
- Ismailiet, M., Briske, D. D. et Weaver, R. V. (1983).** Effet de stress hydrique et de fertilisation phosphatée sur des populations de *Medicago truncatula*. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger 14 p.
- Kameli, A. et Losel, D.M. (1995).** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *Plant. Physiol*, **145**: 363-366.
- Kramer, P.J. (1980).** Drought, stress and the origin of adaptation in adaptation of plants to water and high temperature stress (NC Turner and PJ Kramer, ed), Wiley interscience, New York. 21 p.

- Lapeyronie, A. (1982).** Les productions fourragères méditerranéennes. Edit. G. P. Maisonneuve et Laroses. 118 p.
- Levitt, G. (1980).** Effet de stress hydrique par arrêt d'arrosage sur le métabolisme cellulaires des plantules d'acacia. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 68 p.
- Levitt, J. (1980).** Responses of plants to environmental stresses. I-Chilling, freezing and high temperature. Academic Press. New York. USA. 607 p.
- Madjoubi, A. (1988).** Effet de la fertilisation potassique et du stress hydrique sur la physiologie d'espèces spontanées de luzerne annuelles. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 29 p.
- Mauriès, M. (1994).** La luzerne aujourd'hui. Editions France Agricole. Paris. 254 p.
- Mauriès, M. (1998).** Module de production et gestion du système fourrager" cahier luzerne. C. E. E.
- Mauriès, M. (2003).** Luzerne culture, récolte, conservation, utilisation. Ed. France Agricole. 239 p.
- Mazliak, M. (1974).** Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 6 p.
- Merah, O. (2001).** Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean condition. *Journal of Agricultural Science*. **137**:139-145.
- Merrien, A., Blanchet, R. et Gelfi, N. (1981).** Relation ship between water supply. leaf area development and survival and production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Agronomie*. **1**: 917-922.
- Monneveux, P., Nemmar, M. (1986).** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez blé dur (*Triticum durum*). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycles de développement. *Agronomie*, 6 (6): 583-590.
- Morgan, J.M. 1992.** Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Aust.J. Plant Physiol*. 19: 67-76.

- Munns, R., King, W. (1988).** Abscisic acid is not the only stomatal inhibitor in the transpiration stream of wheat. *Plant physiol.* 88: 703-708.
- Nedjai, M. (1973).** Nutrition et alimentation des ruminants: Cas concertés. Ed. Institut Technique d'élevage. 20 p.
- Ouchai, M. (1990).** Effet de stress hydrique et de fertilisation phosphatée sur des populations de *Medicago truncatula*. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 17 p.
- Ouinten, M. (1989).** Effet de la fertilisation potassique et du stress hydrique sur la physiologie d'espèces spontanées de luzerne annuelles. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 29 p.
- Passioura, J. (2004).** Increasing crop productivity when water is scarce: from breeding to field management. In proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane. Australia. 12 p.
- Paul, M. H., Planchon, C. et Ecochard, R. (1979).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum*) au stress hydrique. Thèse de magistère en Biotechnologies Végétales. Université Mentouri Constantine. 25 p.
- Pugnaire, F. I., Endolz, L. S. et Pardos, J. (1993).** Constraints by water stress on plant growth In: Pessarakli P. Handbook of plant and crop stress. New York: Marcel Dekker. p: 247-259.
- Quezel, P. et Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I. Ed. CNRS. Paris. 566 p.
- Quezel, P. et Santa, S., (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre nat. rech. sci. Paris. T. p: 1- 565 .
- Ramade, F. (2003).** Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Dunod. Paris. 690 p.
- Rekika, D. (1997).** Identification et analyse génétique des caractères physiologiques liés au rendement en conditions de sécheresse chez le blé dur. Intérêt potentiel des espèces sauvages apparentées pour l'amélioration de ces caractères. Thès. Doct. UFR de génétique et Amélioration des plantes. Montpellier. ENSA-M/ INRA, France, 158pp.

- Riviere, J. (1995).** Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 54 p.
- Robelin, M. (1969).** L'alimentation en eau des plantes fourragères. *Fourrages*. **38**: 30-40.
- Rochat, O. (2005).** Culture et utilisation de la luzerne. Association pour le développement de la culture fourragère (ADCF). Domaine de changins, 1260 Nyon.
- Rosielle, A. A. et Hambelen, J. (1981).** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci*. **21**:943-946.
- Rosielle, A. A. et Hambelen, J. (1981).** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *CropSci*. **21**: 943-946.
- Rosielle, A. A. et Hambelen, J. (1981).** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop. Sci*. **21**: 943-946.
- Salem, et Zouaoui, . (1988).** Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 15 p.
- Salma, A. (2002).** caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé (*Triticum durum*) au stress hydrique. Thèse de magistère en biotechnologie végétales. Université de Mentouri Constantine.P38.
- Sarda, B. (1993).** Comparaison des réponses physiologiques et biochimiques à l'intensité du stress hydrique chez deux espèces de luzerne annuelle. Thèse Ing. Inst.nat.agro. El-harrache. Alger. 50 p.
- Schoutteten, F. (2004).** La luzerne. Fiche Technique. *Agro-industrie*. Chapagne-Ardenne.5 p. (<http://nutrition-luzerne.Org>).
- Siakhene, N., (1984) (b).** Effet de la fertilisation potassique et du stress hydrique sur la physiologie d'espèces spontanées de luzerne annuelles. Thèse Ing. Inst. nat. agro. El-Harrache. Alger. 29 p.
- Siakhene, N., (1984). (a).** Effet de stress hydrique sur quelque espèces de Luzernes annuelles ; Mém. Ing. Agr. INA El Harrach. p: 1-84.

- Sio-SeMardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. et Mohammadi, V. (2006).** Evaluation of droughtresistance indices undervariousenvironmental conditions. *Field Crops Res.* **98** (2-3): 222-229.
- SMM, (2015).** Rapport de données climatiques du Station Météorologique de M'sila.
- Stebbins, G. L. (1975).** L'écologie comparative de quelques espèces de légumineuses de la flore méditerranée. La flore du bassin méditerrané. Essai systématique synthétique. Paris. P: 386-361.
- Suttie, J. M. (2004).** Conservation du foin et de la paille pour les petits paysans et les pasteurs. Collection FAO. 97 p.
- Vance, C. P.,Graham, P. H. et Allan, D. L. (2000).** *Biological Nitrogen Fixation: Phosphorus -A Critical Future Need?* In: Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. 38. Springer Netherlands. p: 509-514 .
- Vartanian, N., Lemeé, G. (1984).** La notion d'adaptation à la sécheresse. Labdu phytotron. CNRS. Gf sur Yvelle.
- Vidal, A. et Pagnonec, J. C. (1985).** Effet de l'alimentation en eau sur quelques caractères morphologiques et anatomiques des feuilles de soja (*Glycine max L. Miller*). *Les cloques.* **37** : 199-223.
- Waligora, C. (2010).** Introduire la luzerne de l'azote en quantités industrielles. *Technique Cultivar-mars*.p: 42-45.
- Werry, J. (1987).** Effets physiologique du stress hydrique sur dix populations de *Medicagoiliaris*. Thèse Ing.Inst.nat.agro. El-Harrache. Alger. 9 p.
- White, J. W., Castillo, J. A., Ehleringer, J. R., Garcia, J. A. et Singh, S. P. (1994).** Relations of carbon isotope discrimination and other physiological traits to yield in commonbean (*Phaseolus vulgaris*) underrainfed conditions. *Journal of Agricultural Science.* **122**:275-284.
- Williams, R. J. (1983).** Tropical legumes. In Genetic Resources of Forage Plants: McIvor. J.G. and Bray. R. A. (eds). CSIRO. Melbourne. p: 17-37 .

- Witcombe, J. R., Hollington, P. A., Howarth, C. J., Reader, S. et Steel, K. A. (2009).** Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B.* **363**: 703-716.
- Yekhlef, N. (2001).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum*) au stress hydrique. Thèse magistère en Biotechnologie Végétale. Université Mentouri Constantine.P40.
- Young, N. D., Mudge, J. et Ellis, T. H. (2003).** Legume genomes more than peas in a pod. *Curr Opin. Plant Biol.* **6**: 199-204.
- Zeghida, A., Amrani, R., Djennadi, F., Ameroun, R., Khaldoun, A. et Belloucif, M. (2004).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Thèse magistère en Biotechnologies Végétales. Université Mentouri Constantine. Pp25.

Annexes

Annexe 01

Analyse du sol



Fig01 : Dosage de calcaire



Figure02 : dosage de MO



Figure 03 : PH kcl

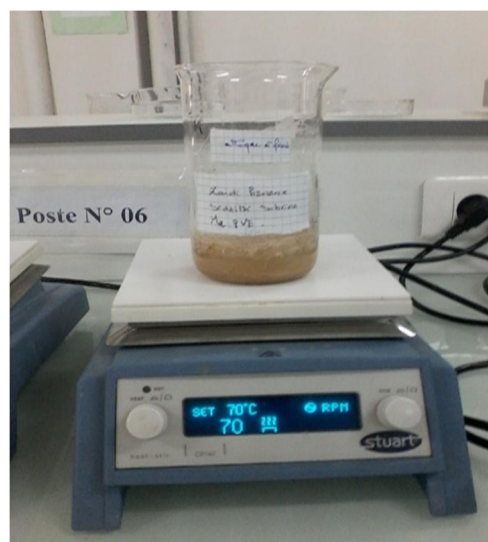


Figure 04 : analyse granulométrique

Annexes

Annexes 02

Les données climatiques de M'sila

Tableau n°01 : les précipitations mensuelles et annuelles 1988-2012 :

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot
1988	11	2	18	34	34	23	0	0	24	18	27	22	213
1989	1	8	1	28	14	41	0	26	33	7	20	16	195
1990	27	0	19	36	100	14	12	0	14	1	20	32	275
1991	3	31	62	10	11	0	2	11	19	77	15	17	258
1992	24	11	13	4	44	9	25	0	1	3	35	14	183
1993	0	16	9	5	30	0	0	0	18	0	41	20	139
1994	14	26	15	6	0	0	0	14	45	44	9	4	177
1995	11	7	40	7	0	3	0	1	16	7	11	35	138
1996	62	26	32	23	46	6	7	3	3	0	6	24	238
1997	30	7	5	40	36	8	1	33	61	33	50	13	317
1998	10	18	10	46	60	8	0	2	39	6	9	5	213
1999	52	6	16	12	1	21	0	12	31	47	26	58	282
2000	0	0	5	3	25	2	2	2	54	15	7	31	146
2001	25	2	5	25	0	0	0	5	45	17	15	18	157
2002	11	6	1	5	5	0	2	16	7	13	26	13	105
2003	73	11	2	17	29	28	1	3	47	83	29	25	348
2004	5	5	31	36	75	10	2	29	11	8	11	29	252
2005	1	18	6	6	0	7	3	3	31	16	28	6	125
2006	26	50	1	14	26	3	29	5	20	0	29	22	225
2007	5	12	17	80	26	6	0	4	23	100	5	0	278
2008	5	5	6	0	16	6	2	3	35	57	10	26	171
2009	30,7	17,1	5,3	33,5	0,2	7,5	0,5	2,9	29	4,4	4	19,2	154,3
2010	7,12	35,05	22,1	20,31	3,56	3,3	3,05	6,1	6,11	9,4	11,43	3,31	130,84
2011	3,56	7,63	12,19	22,11	12,69	37,85	2,03	2,04	14,73	36,06	10,62	10,93	172,44
2012	0	03	31	21	04	1	0	1	04	59	27	9	160
Moy	17,50	13,19	15,38	21,36	23,94	9,79	3,74	7,40	25,23	26,43	19,29	18,90	202,16

Station météorologique de M'sila (2012)

Annexes

Tableau n°02 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales 1988-2012 :

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
1988	05,7	04,1	06,0	11,0	16,1	20,3	24,8	25,5	18,5	14,3	09,6	02,7	13,22
1989	02,2	04,1	07,7	09,0	15,2	17,9	23,6	24,6	19,3	14,2	09,5	07,6	12,91
1990	05,2	05,5	08,7	09,3	15,8	21,6	21,9	22,1	20,6	14,0	08,9	02,9	13,04
1991	01,5	03,5	07,8	08,6	11,1	19,4	23,7	22,3	19,8	13,7	06,6	03,4	11,78
1992	01,5	02,0	06,8	09,3	14,6	17,0	22,0	22,4	19,4	13,0	08,0	04,5	11,71
1993	03,0	03,8	05,8	09,8	15,6	22,3	24,3	24,4	19,1	15,2	09,4	04,2	13,08
1994	04,7	04,3	09,6	08,5	17,4	21,7	24,2	26,1	20,1	14,7	08,4	03,4	13,59
1995	03,5	05,7	06,9	09,0	16,4	19,5	24,8	22,8	17,5	14,2	08,2	06,3	12,90
1996	07,2	04,7	07,5	10,3	14,5	19,1	23,7	23,5	16,8	11,2	07,9	06,4	12,73
1997	06,0	05,5	06,1	10,7	17,0	21,4	24,8	24,1	18,9	14,0	08,5	05,6	13,55
1998	03,8	05,2	06,4	10,9	13,9	21,9	24,6	24,1	20,4	11,5	08,0	03,2	12,83
1999	05,1	04,0	07,7	12,2	19,0	23,3	25,2	26,3	20,5	17,4	08,7	05,4	14,57
2000	00,9	04,0	08,5	11,7	20,6	21,4	25,8	23,8	20,3	13,6	09,1	05,5	13,77
2001	04,5	04,2	11,0	11,3	16,2	22,2	25,3	25,4	20,3	17,9	08,4	03,4	14,18
2002	02,6	04,2	09,0	11,6	16,4	22,4	25,1	24,0	18,9	14,9	09,9	06,8	13,82
2003	04,8	04,5	08,6	12,3	16,7	23,6	26,8	25,1	19,4	16,4	09,4	04,2	14,32
2004	03,3	05,1	08,0	9,7	11,9	19,6	23,4	24,9	18,7	15,5	06,0	05,0	12,59
2005	-00,4	01,5	07,7	11,5	18,4	21,7	26,1	23,1	18,4	15,1	07,7	03,9	12,89
2006	02,1	03,5	07,6	13,0	18,8	21,6	24,0	23,5	18,0	16,0	09,5	05,7	13,61
2007	03,0	06,6	05,9	11,5	14,9	21,2	24,0	24,1	19,0	15,0	06,3	02,7	12,85
2008	02,9	05,6	06,4	10,3	16,3	20,7	24,7	24,4	19,9	13,9	06,9	02,9	12,91
2009	04,5	02,2	06,2	06,2	16,5	20,9	26,2	24,2	18,7	13,4	07,5	05,3	12,65
2010	05,2	06,5	09,1	12,0	14,1	20,4	24,8	24,7	19,4	13,5	08,9	04,3	13,58
2011	03,9	03,6	07,4	12,4	16,0	19,9	24,6	24,4	20,9	14,1	09,4	03,8	13,37
2012	-02,9	-05,0	02,2	04,0	08,8	18,9	17,9	20,8	14,4	04,6	02,4	-01,2	7,08
Moy	3,35	4,30	7,38	10,55	15,69	20,94	24,25	24,12	19,09	14,56	8,12	4,60	12,94

Station météorologique de M'sila (2012)

Annexes

Tableau n°03: Moyennes mensuelles et annuelles des températures maximales 1988-2012 :

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
1988	15,0	15,9	19,2	23,1	29,2	32,7	39,4	38,3	31,4	27,1	19,0	13,3	25,30
1989	13,9	16,0	21,7	21,2	28,4	31,1	37,2	37,5	31,1	25,6	20,1	17,5	25,11
1990	13,5	20,6	20,4	21,3	25,9	34,8	36,8	35,5	33,6	26,8	18,2	12,1	24,96
1991	13,3	13,4	18,2	19,9	24,7	33,7	38,8	37,7	32,4	22,8	17,1	12,7	23,73
1992	12,2	15,5	17,8	21,8	27,2	30,2	35,6	37,5	33,5	25,5	19,9	9,1	23,82
1993	14,4	13,8	18,6	22,8	28,9	36,0	38,4	37,9	31,2	26,4	17,9	14,8	25,09
1994	14,4	16,6	22,0	21,2	32,5	35,8	39,7	40,5	31,6	24,1	20,2	15,4	26,17
1995	13,9	19,4	17,9	22,0	30,0	33,7	38,5	36,8	39,3	25,9	19,5	15,6	26,04
1996	14,5	13,4	18,0	21,6	26,9	31,4	34,8	37,5	30,6	25,3	20,1	15,9	24,17
1997	14,6	19,5	21,1	22,5	30,1	36,8	39,0	37,4	30,6	25,2	17,8	14,8	25,78
1998	14,3	15,7	20,6	23,7	23,9	34,7	39,4	37,4	32,3	23,9	19,2	14,7	24,98
1999	13,6	14,5	19,9	25,0	32,6	37,0	38,5	40,6	32,6	27,6	17,4	12,7	26,00
2000	12,4	17,6	20,8	24,5	31,7	34,3	38,9	38,2	32,4	23,9	19,5	15,9	25,84
2001	13,9	16,3	24,3	23,9	18,2	36,4	39,3	38,2	31,8	29,7	18,5	13,7	25,35
2002	14,2	18,6	22,1	24,6	29,5	36,0	37,8	35,9	31,5	26,8	19,1	15,6	25,98
2003	12,9	13,2	19,6	24,0	29,8	36,2	40,5	38,3	31,4	25,7	18,4	13,2	25,27
2004	14,5	18,0	20,7	21,4	24,3	33,7	38,3	39,3	32,3	28,1	18,5	14,2	25,28
2005	13,3	13,3	21,6	24,7	23,2	36,3	41,0	38,1	31,1	26,6	18,2	13,5	25,08
2006	12,5	14,0	20,9	26,8	32,0	36,0	39,5	38,0	30,9	22,5	20,9	14,7	25,73
2007	16,4	17,5	18,8	22,2	28,6	36,4	39,2	38,7	32,0	25,5	18,0	15,2	25,71
2008	15,9	17,7	20,7	26,1	29	34,4	40,5	39,1	32	24,2	17,3	12,6	25,79
2009	13,0	14,9	19,0	20,3	30,3	37,0	41,5	39,7	30,5	26,8	20,9	16,5	25,87
2010	15,5	16,80	20,10	24,60	26,90	35,30	40,40	39,30	32,60	25,60	18,70	15,30	25,93
2011	15,8	16,1	18,9	25,9	28,8	33,5	39,3	39,7	34,6	25,9	19,6	15,6	26,14
2012	18,4	21,5	26,1	31,7	36,4	43,3	46,2	44,8	38,5	36,0	28,1	19,3	32,53
Moy	14,25	16,21	20,36	23,06	28,36	34,65	39,14	38,02	32,47	25,68	19,28	14,15	25,66

Station météorologique de M'sila (2012)

Annexes

Tableau n°04 : Humidité Moyenne en % de 1988-2012 :

Année	jan	fev	Mar	avr	Mai	Juin	juil	Aou	sep	oct	Nov	dec	Moy
1988	69	59	56	53	50	44	29	33	42	50	68	72	52,08
1989	68	60	49	56	45	48	33	38	61	59	63	69	54,08
1990	75	55	57	62	62	41	45	44	49	56	74	72	57,67
1991	67	67	64	58	50	41	35	36	53	67	68	73	56,58
1992	73	67	63	54	53	46	51	33	45	54	66	70	56,25
1993	61	64	59	46	50	39	36	33	52	55	73	76	53,67
1994	77	70	57	57	40	38	33	35	62	75	76	79	58,25
1995	74	67	66	56	47	50	39	40	60	64	68	79	59,17
1996	81	77	74	68	60	53	46	43	54	59	65	72	62,67
1997	71	63	58	60	48	44	40	48	61	64	74	75	58,83
1998	76	69	53	56	62	47	41	47	58	62	74	69	59,50
1999	76	58	62	54	51	49	49	42	60	65	73	78	59,75
2000	75	65	56	54	53	45	39	39	50	65	68	70	56,58
2001	74	65	51	47	45	32	31	37	55	54	67	70	52,33
2002	69	60	53	49	39	33	38	46	52	53	69	73	52,83
2003	79	73	62	58	52	42	35	41	55	70	78	84	60,75
2004	85	67	69	67	65	44	36	40	48	52	76	83	61,00
2005	75	67	57	50	36	44	33	39	61	67	75	80	57,00
2006	76	80	71	51	51	34	38	40	54	51	71	82	58,25
2007	75	71	69	71	55	46	33	37	59	67	75	76	61,17
2008	73	63	63	48	49	44	29	41	55	78	80	88	59,25
2009	85,9 4	79,3 2	69,2	72,9	43,5	38,5	29,9	40,5	61,9	60,2	66,2	76,8	60,41
2010	69,4	67	58,4	55,2	43,7	34,7	27,1	29,7	39,5	55,2	25,6	58,6	47,01
2011	63,2	60,8	57,1	50,6	46	39,6	29,3	28,9	40,6	53,8	68,9	71,1	50,83
2012	78	67	56	71	42	33	25	25	39	57	76	76	53,75
Moy	73,8 2	66,4 4	60,3 9	56,9 9	49,5 3	41,9 9	36,0 1	38,2 4	53,0 8	60,5 3	69,5 1	74,9 0	56,79

Station météorologique de M'sila (2012)

Annexes

Tableau n°05 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent en m/s 1989-2012 :

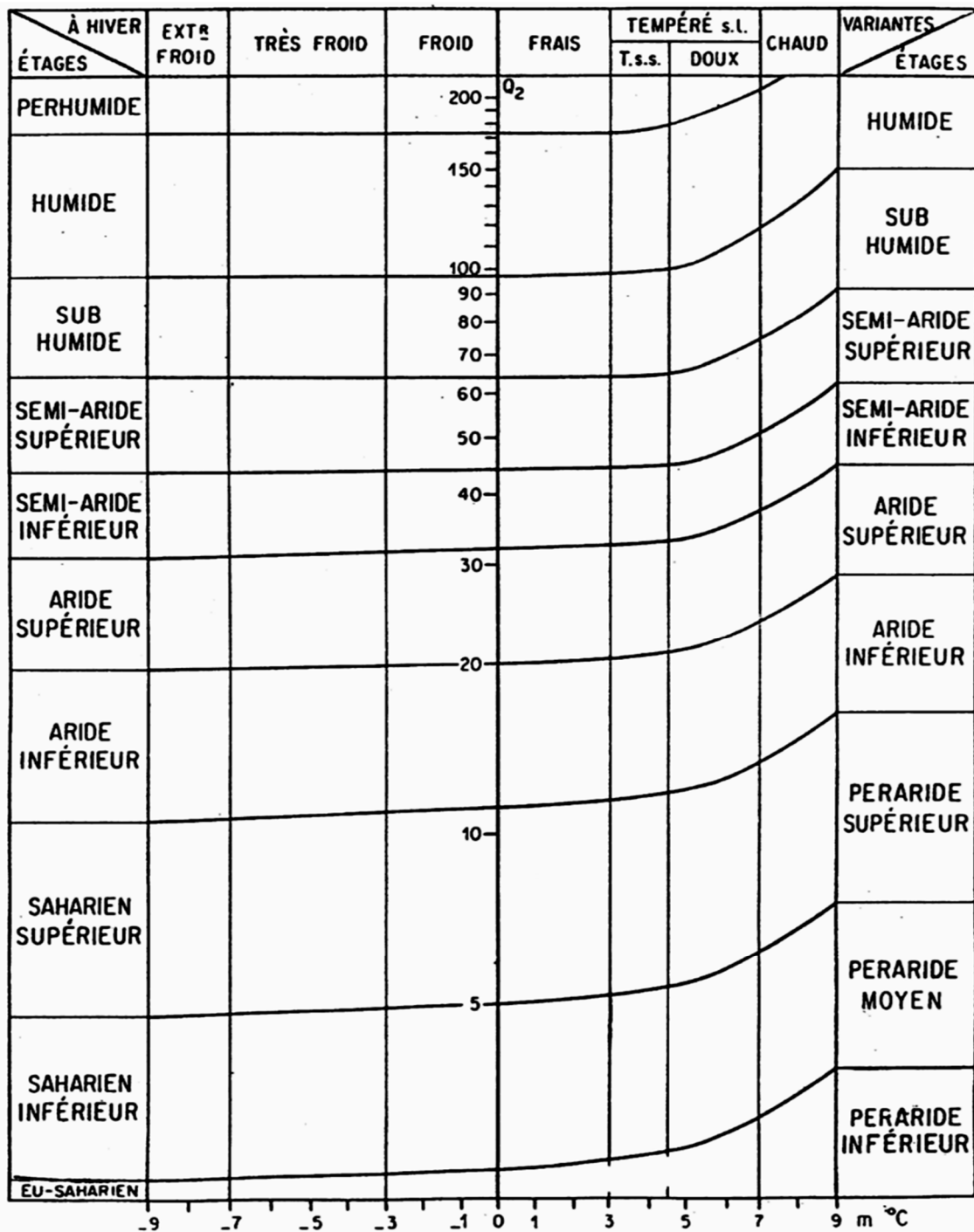
Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
1989	2,6	4,8	5,4	6,7	5,4	3,8	4,7	4,2	4	3,5	3,8	3,9	4,4
1990	3,9	3,5	4,4	4,8	4,1	4,4	4,1	3,6	3,6	4	3,7	3,9	4,0
1991	2,8	4,7	5,7	5,5	4,8	5	4,8	3,9	3,8	3,3	2,6	3,1	4,2
1992	2,3	2,7	4,1	5,1	4,1	5,6	3,3	3,1	3,7	4,3	3,4	3,1	3,7
1993	2,2	2,8	4	4,3	5	4,9	5	3,7	5,1	4,7	2,5	2,8	3,9
1994	3,7	4,5	2,3	5,6	3,7	4,9	2,9	3,2	3	2,2	1,5	2,4	3,3
1995	3,3	3,3	2,8	2,8	3,3	3,9	4,1	5,1	4,1	3,4	4,1	3,7	3,7
1996	4,4	4,5	2,5	3,9	2,8	2,8	2,2	2,7	1,7	3,7	3	4,9	3,3
1997	4,4	3,5	3,5	4,5	5	6,3	6,2	5,4	3,7	3,8	4,3	4,9	4,6
1998	3,9	3,2	4,5	5,9	5,1	4,3	4,8	6,1	4,5	4,1	3,7	3,3	4,5
1999	4,3	4,8	4,6	5,4	4,7	4,5	4,6	3,9	4,5	3,7	4,2	4,3	4,5
2000	2,6	2,3	4,3	7	5,1	4,9	5,4	3,4	3,4	4,6	4,4	3,9	4,3
2001	5,2	4,7	5	5,1	5,5	5,5	5,1	4,1	4,3	3	3,4	3,4	4,5
2002	2,7	4,2	5	5,7	6,1	4,7	5,2	4,3	4,5	4,3	5,3	4,7	4,7
2003	4,3	4,6	4,2	5,8	3,3	4	4,9	4,1	4,5	4,6	4	5,1	4,5
2004	4,4	3,9	4,3	5,1	5,5	3,7	4,2	3,7	3,6	3,2	3,6	4,2	4,1
2005	4	4,1	4	5,8	5,1	4,6	5,2	4,7	3,6	3	3,6	3,2	4,2
2006	4	4	5	4,9	3,7	5,5	3	4	3,3	3,6	3,9	2,7	4,0
2007	2,7	4,9	5	4,5	4,9	5,3	4,2	3,9	3,2	4,1	3,8	4,6	4,3
2008	2,9	3,5	5,3	5,6	5,2	4,5	3,7	3,2	3,6	2,1	3	2,7	3,8
2009	4,20	3,96	4,06	3,82	4,30	3,33	3,68	3,30	3,19	3,22	2,98	4,31	3,7
2010	4,95	5,34	4,81	3,98	5,17	4,21	3,15	3,13	3,82	3,60	4,21	4,70	4,3
2011	3,3	5,6	5,1	4,5	5,5	4,7	4,6	3,6	3,5	3,9	4,2	4,3	4,4
2012	3,7	4,7	4,5	5,8	4,1	3,9	3,1	2,7	4,3	2,9	2,4	4,3	3,87
Moy	3,61	4,09	4,35	5,09	4,59	4,55	4,25	3,88	3,77	3,62	3,57	3,85	4,11

Station météorologique de M'sila (2012)

Annexes

Annexe 03

Climagramme d'Emberger



Annexes

Annexe 04

Protocole expérimental du dosage de proline

- préparation de la courbe d'étalonnage de proline.

Préparation de la solution mère de proline S1

20mg de proline sont mis dans une fiole jaugée de 100 ml sur lequel on verse du méthanol à 40% jusqu'à atteindre 100 ml.

Préparation de la solution mère S2

-10 ml de la solution mère S1 est porté dans une nouvelle fiole jaugée de 100 ml, on ajuste à 100ml avec du méthanol 40%, on obtient une solution S2 de 20 ug /ml de proline.

-10 fioles jaugées de capacité 10ml sont prises et numérotées de 1 à10.

-on porte dans chacune d'elle 1 à10ml de la solution S2, puis chacune est ajusté à 10 ml avec du méthanol 40%.

-ensuite 11 tubes à essai sont numérotés de T0à T10 dont chacun contiendra : T0=1ml du méthanol qui servira à faire le zéro à la lecture de la DO.

T1= 1ml prélevé de la fiole n° 1 ,2ug de proline

T2=1ml prélevé de la fiole n°2, 4ug de proline

T3=1ml prélevé de la fiole n°3 ,6ug de proline

T4=1ml prélevé de la fiole n°4, 8ug de proline

T5=1ml prélevé de la fiole n°5, 10ug de proline

T6=1ml prélevé de la fiole n°6,12ug de proline

T7=1ml prélevé de la fiole n°7,14ug de proline

T8=1ml prélevé de la fiole n°8,16ug de proline

T9=1ml prélevé de la fiole n°9,18ug de proline

T10=1ml prélevé de la fiole n°10,20ug de proline

Annexes

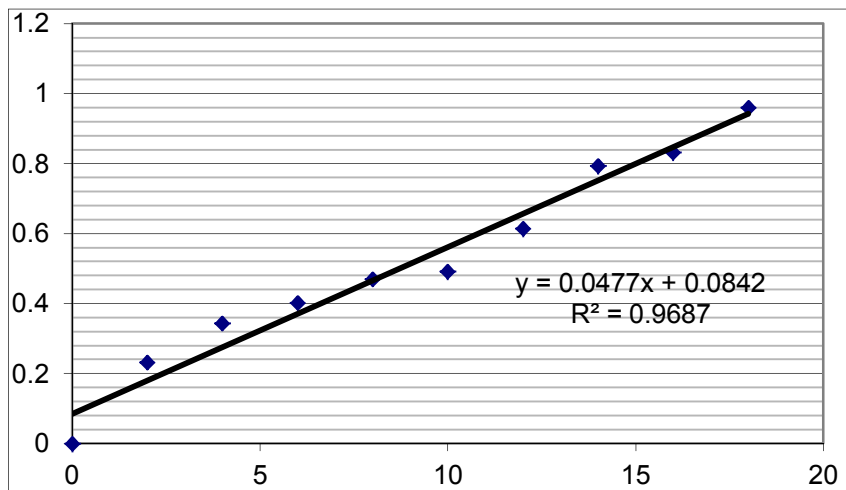


Figure n°05 : courbe d'étalonnage de proline.

-préparation du réactif de proline.

On mélange dans une bouteille en verre :

300ml d'acide acétique

80 ml d'acide ortho phosphorique D=1.7

} solution A

120ml d'eau distillée

Soit n le nombre de tube à dosé (extraits et étalons)

On met dans un bécher

(n+4) 25mg de ninhydrine

(n+4) ml de la solution A

(n+4) ml de la solution A

(n+4) ml d'acide acétique

} solution B



Agiter

Annexes

Annexe 05

Protocole expérimental du dosage des sucres solubles

-préparation du réactif des sucres solubles

Il est préparé 4 heures avant le dosage et se garde au frais

Il est constitué de 0.2g d'anthrone pure dissout dans un litre de H₂SO₄.

Préparation de la courbe d'étalonnage des sucres totaux

-Préparation de la solution mère S1

100mg de glucose sont portés dans une fiole jaugée de 100ml complétée à 100ml avec de l'éthanol 80%, on obtient une solution mère S2 de concentration en glucose égale à 100mg/ml.

10 fioles jaugées de capacité de 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10, dans lesquelles on met respectivement de 1ml à 10ml (à l'aide d'une pipette de 10ml) puis ajustées à 10ml avec de l'éthanol 80%.

11 tubes à essai sont numérotés de T0 à T10

T0 contient 2ml éthanol 8% qui servira à faire le zéro lors de la lecture de la densité optique

T1=2ml prélevée de la fiole n° 1, soit 10ug de glucose

T2=2ml prélevée de la fiole n°2, soit 20ug de glucose

T3=2ml prélevée de la fiole n°3, soit 30ug de glucose

T4=2ml prélevée de la fiole n°4, soit 40ug de glucose

T5=2ml prélevée de la fiole n°5, soit 50ug de glucose

T6=2ml prélevée de la fiole n°6, soit 60ug de glucose

T7=2ml prélevée de la fiole n°7, soit 70ug de glucose

T8=2ml prélevée de la fiole n°8, soit 80ug de glucose

T9=2ml prélevée de la fiole n°9, soit 90ug de glucose

T10=2ml prélevée de la fiole n10, soit 100ug de glucose.

Annexes

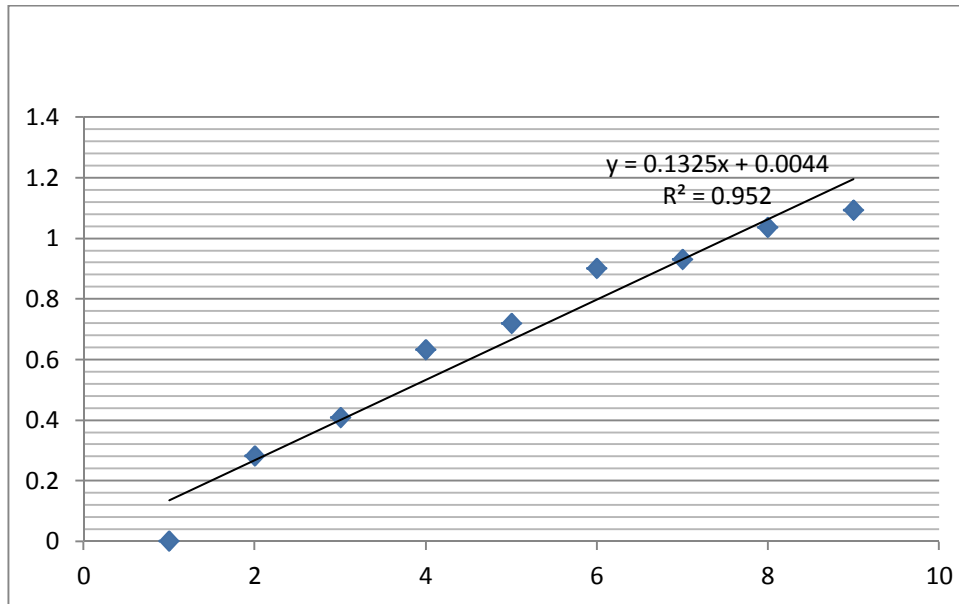


Figure n°06: courbe d'étalonnage de sucre.

Annexes

Annexe 06

La teneur relative en eau des feuilles



Figure n°07: Transport d'échantillon.

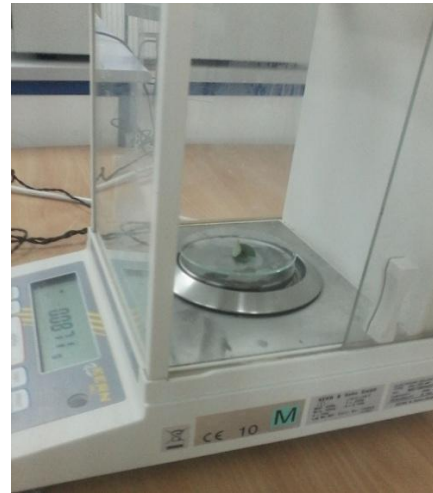


Figure n°08: Pèse des feuilles.



Fig n°09 : les feuilles dans l'eau distillée.



Figure n°10 : les feuilles dans l'étuve.

Annexes

Annexe 07

Poids sec



Figure n°11: l'échantillon à l'état frais.



Figure n°12 : l'échantillon à l'état sec.



Figure n°13 : pèse de poids sec d'échantillon.

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم اربعة انواع من البرسيم او الفصة المعمرة *Médicago sativa L* تحت الاجهاد المائي الذي طبق في بداية الازهار، قمنا بدراسة مختلف المعايير المورفولوجيا ، الفيزيولوجية و البيوكيميائية تحت تاثير الاجهاد المائي المطبق على ثلاثة مراحل تحت مستوى 80% من السعة الحلقية. وكذلك درسنا بعض معايير تحمل الاجهاد لتحديد النبتة المقاومة للجفاف

النتائج المتحصل عليها اثبتت مقاومة و تكيف نبات البرسيم او الفصة للاجهاد المائي مع انخفاض المساحة الورقية وارتفاع محتوى الماء النسبي للاوراق ، بالاضافة الى المردود الاجمالي في النهاية ، اظهرت الدراسة ان استجابة الاصناف النباتية المدروسة تحت للاجهاد المائي تكون بنفس الطريقة ولكن بنسب مختلفة

الكلمات المفتاحية

الاجهاد المائي، معدل الاستنزاف ، فزيولوجية، مورفولوجية، بيوكيميائية ، مؤشر الاجهاد

Résumé

Cette étude a pour but d'apprécier chez quatre populations de luzerne pérenne *Médicago sativa* l'effet du déficit hydrique qui appliqué au stade début floraison.

On a étudié différents paramètres morphologiques, physiologiques, et biochimiques sous stress hydrique. Ce dernier est appliqué à trois cycles avec un taux de tarissement de 80% de la réserve utile en eau du sol. Ainsi que on a étudié des indices de tolérances au stress afin d'identifier les génotypes tolérants à la sécheresse.

Les résultats obtenus montrent une résistance et adaptation des populations de luzerne pérenne *Médicago sativa.L* à la sécheresse avec une diminution de la surface foliaire et une augmentation de la teneur relative en eau et le rendement.

On conclue à la fin, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes manières de réponse chez toutes les populations, mais à des pourcentages différents.

Les mots clé :

Stress hydrique, populations, taux de tarissement, physiologique, morphologique, biochimique, l'indice de stress.

Abstrat

This study aims to evaluate four populations of the plant *Medicago sativa L*. the effect of water deficit applied to early flowering.

We studied different morphological parameters, physiological, and biochemical under water stress. The latter is applied to three cycles with a rate of depletion 80% of the usable soil water reserves , And were studied stress tolerance indices to identify genotypes tolerant to drought.

The results obtained show resistance and adaptation of the plant *Medicago sativa.L* to drought with a decrease in leaf area and an increase in relative water content and yield

It concluded at the end, the study showed that water stress response causes the same ways in all populations, but at different percentages

Key words :

Water stress, populations, depletion rate, physiological, morphological, biochemical, the stress index.