

STUDY OF THE BEHAVIOUR OF COMMON WHEAT (*AE. GENICULATA*) SUBJECTED TO WATER STRESS BY THE ANALYSIS OF SOME MORPHO- PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS

RAMDANE M.S., BENMANSOUR N., ROUIBI A., BENDJOUDI D.

Department of Biology, Faculty SNV, University SAAD DAHLAB Blida 1, Algeria

Abstract: Drought in Algeria and other Maghreb countries is widely recognized as the primary limiting factor in agricultural production and is a permanent constraint. The Figurant against this climatic factor must be considered through a multidisciplinary approach [1]. The study is carried out on eight genotypes of the species *Ae. geniculata* collected in several ecogeographic regions across northern Algeria. The study of the response to water stress in these eight genotypes and the control reveals the existence of a high variability for most of the parameters measured (morphological, physiological and biochemical). The results of morphological parameters show a marked decrease in plant height and leaf area in most genotypes with an increase in leaf specific weight of aerial and root parts. The results of physiological parameters show variability between genotypes and water situation. In most genotypes, there was a decrease in total chlorophyll levels and relative levels and an increase in the rate of water loss. The accumulation of osmotocums during a declaration of a water deficit remains a drought resistance parameter. Our results show that the water deficit is accompanied by a clear accumulation of soluble sugars in all genotypes especially G8 and control G9 (Wheat) but with a significant accumulation of proline in G8. In conclusion we can conclude that the eight genotypes studied showed the same mechanisms and strategies in response to water stress but with different degrees. The G8 genotype shows good resistance to water stress compared to the other genotypes studied.

Keywords: soft bleach, drought, water stress, *Ae. Geniculate*, climate factor.

Etude du comportement de blé tendre (*Ae. Geniculata*) soumis à un stress hydrique par l'analyse de quelques paramètres morpho-physiologiques et biochimiques.

Résumé : La sécheresse en Algérie et dans d'autres pays du Maghreb est largement reconnue comme le premier facteur limitant de la production agricole et constitue une contrainte permanente. La lutte contre ce facteur climatique doit être envisagée à travers une approche multidisciplinaire [1]. Notre étude est réalisée sur huit génotypes de l'espèce *Ae. geniculata* collectés dans plusieurs régions éco géographiques à travers le nord Algérien. L'étude de la réponse au stress hydrique chez ces huit génotypes et le témoin révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés (morphologiques, physiologiques et biochimiques). Les résultats des paramètres morphologiques montrent une diminution marquée de la hauteur de la plante et de la surface foliaire chez la plupart des génotypes avec une augmentation du poids spécifique foliaire des parties aériennes et racinaires. Les résultats des paramètres physiologiques montrent des variabilités entre génotypes et la situation hydrique. Chez la plupart des génotypes on a noté une diminution du taux de la chlorophylle totale et de la teneur relative et une augmentation du taux de déperdition en eau. L'accumulation des osmotocums lors d'une déclaration d'un déficit hydrique reste un paramètre de résistance à la sécheresse. Nos résultats montrent que le déficit hydrique s'accompagne d'une nette accumulation des sucres solubles chez tous les génotypes surtout le G8 et le témoin G9 (Blé) mais avec une accumulation importante de proline chez le G8. En conclusion nous pouvons conclure que les huit génotypes étudiés ont montré les mêmes mécanismes et stratégies en réponse au stress hydrique mais avec des degrés différents. Le génotype G8 montre une bonne résistance au stress hydrique par rapport aux autres génotypes étudiés.

Mots clés : blé tendre, sécheresse, stress hydrique, *Ae. geniculata*, facteur climatique.

Introduction

L'érosion génétique, notamment des blés, causée par l'utilisation des mêmes génotypes parentaux et l'introduction des techniques modernes devient de plus en plus inquiétante. Cette érosion a rendu les cultures de blé de plus en plus vulnérables à de nouveaux stress biotiques et abiotiques. L'insuffisance de la variabilité des blés cultivés peut être résolue par l'exploitation des formes sauvages apparentées. Cette dernière constitue des ressources importantes de gènes utiles pour l'amélioration de la qualité des produits finis et l'adaptation des plantes cultivées aux contraintes environnementales.

Cette variabilité chez les espèces sauvages apparentées aux blés cultivés tel que les *Aegilops* nous permet de chercher celle qui s'adapte le mieux aux contraintes environnementales.

En effet, l'*Aegilops* constitue une source de la variabilité génétique importante utilisable dans l'amélioration du blé résistant aux stress abiotique et biotique. Les recherches sur *Aegilops* ont généré de nouvelles populations dérivées

d'hybridation interspécifique et de l'incorporation des traits souhaitables des génomes étrangers comme l'*Aegilops geniculata* pour l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique des blés cultivés en Algérie.

L'espèce allotétraploïde *Aegilops geniculata* Roth est l'une des espèces les plus répandues du genre [2], montrant ainsi une vaste capacité d'adaptation aux contraintes de l'environnement. En Algérie, *Aegilops geniculata* se trouve dans des groupes morphologiques suivant une large gamme de conditions climatiques et géographiques, allant des plaines côtières du nord jusqu'aux hauts plateaux steppiques du sud, incluant les montagnes de l'Atlas Tellien.

En Algérie, la prospection réalisée par l'ICARDA en 1989 -1990, a permis d'identifier 71 accessions d'*Aegilops*, qui sont maintenues dans la banque de gène, dont 70 ont été complètement caractérisées par l'unité des ressources génétique d'ICARDA. Ces 71 accessions représentent 3 espèces : *Aegilops geniculata*, *Aegilops trincialis*, *Aegilops ventricosa* (Figure 01).

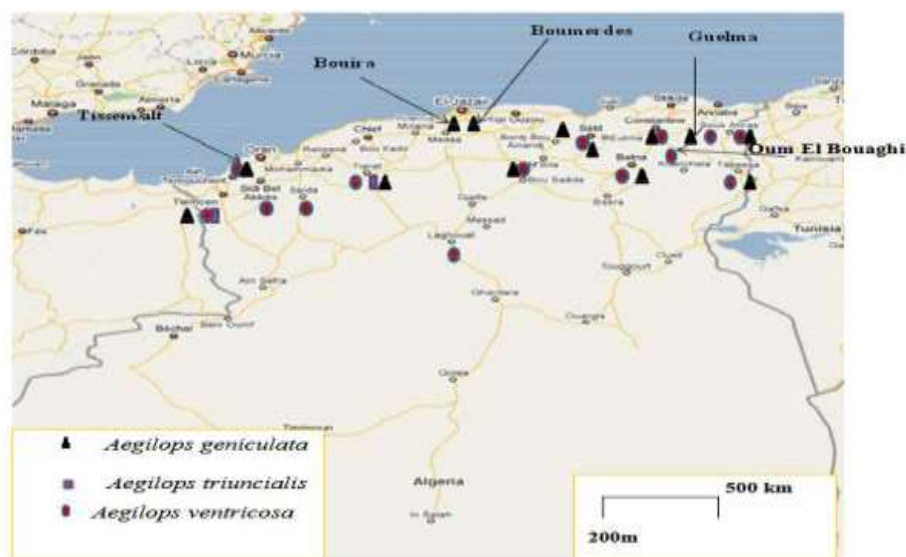


Figure 01. Répartition des trois espèces d'*Aegilops* tétraploïdes en Algérie selon la prospection de l'ICARDA (1989-1990).

La sélection des plantes dans des régions à forte contrainte hydrique implique une identification des mécanismes de résistance à la sécheresse et une analyse de leur interaction. Selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho physiologiques et biochimiques dans le but de trier les variétés sensibles des variétés résistances au stress hydrique.

L'objectif de notre étude est la valorisation de cette ressource phylogénétique apparentée au blé et notre étude consiste à voir le comportement de génotypes d'*Ae. geniculata* soumis à un stress hydrique par l'analyse de quelques paramètres morpho-

physiologiques et biochimiques, pour mieux comprendre les mécanismes d'adaptation à la sécheresse

Matériel et méthodes

-matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué d'une collection qui comporte huit (08) génotypes du genre *Aegilops* (*Aegilops geniculata* Roth) avec un témoin Blé (G9).

Les génotypes utilisés sont collectés sous différents étages bioclimatiques humide, subhumide, aride, subaride et saharien (Tableau 1).

Tableau 1. Génotypes utilisés et leur origine

Région	génotypes
Médéa	G1
Tizi Rached	G2
Sétif	G3
Messaad	G4
Tikjda 2	G5
Mila	G6
Mascara	G7
Ançor	G8
Blé (témoin)	G9

Protocole expérimentale

-Localisation de l'essai

L'essai a été réalisé dans une serre semi-automatique au niveau de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) de Baraki. Les 08 génotypes avec le témoin ont été semés sous serre dans un environnement contrôlé.

Le déroulement de l'essai est conditionné par des températures diurnes de 27°C et nocturnes de 12° C, ces températures sont maintenues par une climatisation artificielle.

-Conduite de l'essai

Le semis a été effectué dans des pots en plastique de 7 kilogrammes, contenant un

mélange équivalent de sol, de sable et de tourbe aux proportions respectives de 1/3 chacun, en deux traitements séparés (avec et sans déficit hydrique) (Figure 02). Chaque lot comporte quatre répétitions par génotype. Les pots sont maintenus à hydratation maximum jusqu'au stade

quatre feuilles bien développées. A partir de ce stade, les régimes d'irrigation sont ensuite modifiés : dans le cas du traitement témoin, le sol est maintenu constamment humide, alors que dans le cas des plantes soumises au déficit hydrique, l'arrosage est interrompu pendant environ 15 jours.



Figure 02. Dispositif expérimental de l'essai

-Mesures effectuées

Les mesures des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques de la partie aérienne et souterraine ont été réalisées au stade de quatrième feuille.

a- Les paramètres morphologiques

-La hauteur de la plante (HP « cm »)

La hauteur de la plante exprimée en centimètre (la hauteur est comprise entre le collet et le point d'insertion du rachis sur la tige).

-La surface foliaire (SF « cm² »)

La surface foliaire estimée en cm² est définie comme le produit de la longueur totale (L) par la largeur moyenne (l) de la feuille étandard par 0.607 (coefficient de régression de la surface de Spagnoletti-Zeuli et Qualset : $SF (cm^2) = (L \times l) \cdot 0.607$

-Le poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm² »)

Les feuilles sont pesées immédiatement pour obtenir le poids frais (PF) puis avec les mêmes feuilles on détermine la surface foliaire (SF) selon la méthode de Paul et ses collaborateurs. Le poids spécifique foliaire (PSF) est déterminé par la formule suivante de Araus et al :

$$PSF (mg / cm^2) = PF / SF$$

-La biomasse de la partie aérienne (BMA « g »)

La biomasse de la partie aérienne a été estimée par la quantité de la matière sèche déterminée par passage à l'étuve des MF PA à 80 °C pendant 48heures.

-La Biomasse souterraine (BMR)

La biomasse de la partie souterraine est obtenue par étuvage des racines à une température de 80°C pendant 48 heures.

b- Les paramètres physiologiques :**- La teneur relative en eau (TRE « % »)**

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Bars en déterminant le poids frais (PF) et le poids de pleine turgescence (PT) pour calculer la teneur relative en eau (TRE). La teneur relative en eau est calculée par la formule de Clark et Mac-Caig : $TRE (\%) = [(PF-PS) / (PT-PS)].100$

-Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10⁻³/cm²/mn »)

C'est une méthode qui permet l'identification des génotypes d'*Aegilops* adaptés à des conditions défavorables. Elle permet d'évaluer le taux de déperdition d'eau des feuilles excisées selon la formule de Monneveux :

$$TDE (g.10^{-3}/cm^2/mn) = ((pi - p2 h) / ps). (1 / SF .120 mn)$$

Avec : **pi** : Poids initial de la feuille ;

P2h : poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2 h) ;

PS : poids sec de la feuille (48 heures à 80°C) ;

SF : la surface foliaire de la feuille ;

-Le taux de chlorophylle totale (TCT « unité de SPAD »)

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles a été mesuré à l'aide d'une chlorophylle mètre SPAD 502. Cet appareil mémorise jusqu'à 30 mesures affichée une à une. Les valeurs classiquement retrouvées se situent entre 0 et 50 (unités SPAD). La moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité

SPAD), et le temps de chaque mesure est de l'ordre de deux secondes.

c-Paramètres biochimiques**-Dosage de la proline (« µg /100 mg MF »)**

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly modifiée par Monneveux et Nemmar. Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la qualité de proline dans l'échantillon.

La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm, correspondant à son maximum d'absorption.

-Dosage des sucres solubles (« µg/100mg MF »)

L'extraction des sucres solubles est réalisée selon la méthode de Dubois *et al.* avec une masse de 100 mg de matière fraîche. La densité optique du tube est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 585 nm. La concentration est déterminée à partir d'une courbe étalon.

-Traitement et analyse statistique :

L'étude a porté sur le comportement des huit génotypes d'*Aegilops* comparés au témoin blé dur pour évaluer leurs adaptations à la contrainte hydrique, en se basant sur les paramètres cités précédemment afin de comprendre les mécanismes d'adaptation à la sécheresse. On rappelle que tous ces paramètres ont été mesurés sur la quatrième feuille bien développée.

Résultats et discussion

Paramètres morphologiques

-La hauteur de la plante (HP)

D'après les résultats obtenus (Figure,03) les valeurs moyennes de la hauteur des plantes les plus élevées sont celles des

génotypes G8 et G9 avec des valeurs dépassants 41 cm pour essais irrigués et dépassant 27 cm pour essais secs. Les valeurs les plus faibles ont été notés chez les génotypes G4 et G5 aussi bien pour les essais irrigués que secs.

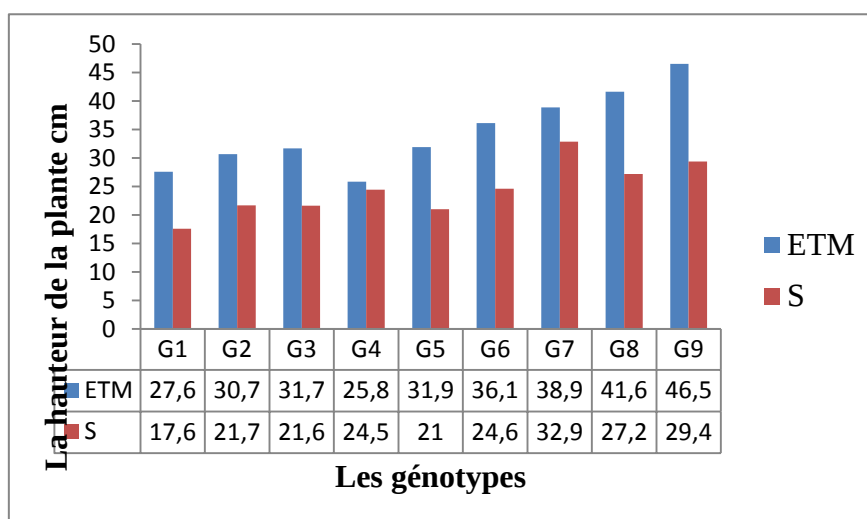


Figure 03. Variation de la hauteur de la plante chez les 08 génotypes d'*Aegilops* et le témoin avec les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Dans les conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la HP chez les différents génotypes étudiés et le témoin avec la hauteur la plus faible observée chez le génotype G1 (17.60 cm). La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement pour les zones arides [3]. Ces auteurs considèrent que la recherche de la tolérance à la sécheresse chez le blé passe par l'augmentation de la hauteur de la paille. Il y a des corrélations négatives entre l'efficacité d'utilisation de l'eau et la hauteur de la plante et les plantes naines valorisent mieux l'humidité du sol [4]. Par ailleurs ils concluent aussi que la hauteur du chaume est associée à un système racinaire capable d'aller en profondeur,

suggérant l'adaptation des variétés hautes dans des sols où il y a une humidité résiduelle exploitable en profondeur.

-Surface foliaire (SF « cm² »)

Les résultats de la surface foliaire moyennent du témoin (G9) (Figure 04) présente la surface la plus grande avec des valeurs de 16.01 cm² et 7.44 cm² respectivement pour les traitements irrigué et stressé. Cependant, le G6 présente la surface la plus grande comparativement aux autres génotypes étudiés (G1, G4, G5, G7, G8) ; (G2, G3) qui ont une SF très comparable entre eux. Le génotype G8 présente les surfaces les plus petites 4.320 cm² et 4.015 cm² respectivement pour les essais irrigué et stressé. (Figure 04).

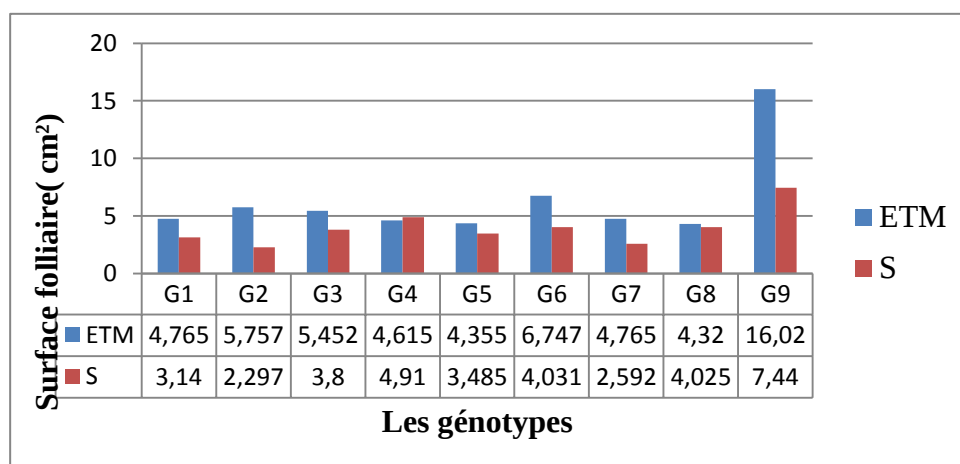


Figure 04. Variation de la surface foliaire chez les 08 génotypes d'*Aegilops* + le témoin et les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Le déficit hydrique a un effet négatif sur la réduction de la surface foliaire de la plante. Sous conditions non irriguées, on note une diminution de la surface foliaire des différents génotypes utilisés et le témoin. La surface foliaire la plus réduite est noté dans le génotype G2 (2.297 cm²), en revanche le génotype G8 affiche une réduction la plus faible de la surface foliaire dans l'essai irrigué (4.015 cm²). (Figure 04).

La réduction de la surface foliaire induite par le stress hydrique peut être due à une baisse de l'activité mitotique des cellules épidermique qui aboutit à une réduction de nombre totale des cellules de la feuille [5]. Elle peut être due également à une réduction de la taille de la cellule due à des changements anatomiques [6].

La diminution de la surface foliaire sous le régime hydrique limitant est un mécanisme adaptatif des plantes visant à limiter leur transpiration foliaire lorsque les conditions hydriques deviennent défavorables [7].

Chez le blé dur, le déficit en eau affecte son développement et ralenti son taux de croissance, et ceci engendre un faible tallage, une réduction de la surface foliaire

[8], ce qui se traduit par une réduction de biomasse [9].

Les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé. Aussi la réduction de la surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisant la transpiration mais peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique. Plusieurs caractéristiques morphologiques de la plante sont affectées par la contrainte hydrique au niveau foliaire, le stress hydrique provoque la réduction de la surface transpirante due à une réduction de la division et de l'expansion cellulaire.

-Poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm² »)

Les résultats (Figure 05) montrent une augmentation importante du poids spécifique foliaire des différents génotypes étudiés en fonction du stress hydrique.

Au niveau de l'essai conduit à l'ETM, le témoin blé présente le plus grand PSF (2.65 mg/cm), en revanche le génotype G1 (1.77 mg/cm²) présente le plus petit PSF. Les autres génotypes testés (G6 ; G7 et G8) ont un PSF très comparable.

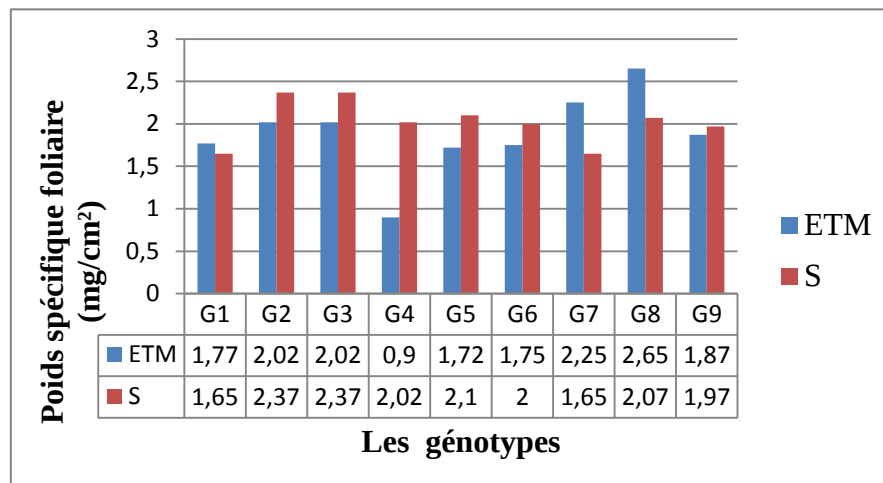


Figure 05. Variation de poids spécifique foliaire chez les 08 génotypes d'*Aegilops* + le témoin et dans les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Sous conditions non irriguée nous avons remarqué une augmentation du poids spécifique foliaire chez les différents génotypes d'*Aegilops* testées ; les valeurs dégagées variaient entre 1.65 mg/cm² et 2.37 mg/cm² respectivement pour le génotype G2 et G3.

Le témoin (blé). G9 est moins affecté à cette contrainte et présente une faible augmentation de PSF (1.87 mg/cm² à 1.97 mg/cm² respectivement pour l'essai irrigué et sec) (Figure 05).

Un poids spécifique foliaire élevé est un indicateur d'une meilleure capacité photosynthétique [10]. Le poids spécifique foliaire est un des marqueurs importants dans la réponse des plantes à la contrainte hydrique et peut être considéré comme un critère simple de sélection de génotypes présentant une efficacité élevée de l'utilisation de l'eau en conditions de déficit hydrique. Le processus de réduction

de la surface foliaire et l'augmentation du poids spécifique foliaire qui permet aux plantes de se « confronter » au manque d'eau par la réduction de la transpiration.

-Biomasse aérienne (BMA « g »)

La biomasse aérienne (Figure 06) montre une diminution importante chez les différents génotypes étudiés en fonction du stress hydrique appliqué.

Dans l'essai conduit à l'ETM, les résultats du témoin (G9) présente la biomasse la plus grande (0,285 g et 0,173g). Cependant pour les 08 génotypes d'*Aegilops*, le G4 présente la biomasse la plus grande et les génotypes G1, G3, G5, G6, G8 ont des biomasses comparables.

Cependant les valeurs les plus faibles c'est celle de G7 (0,07g et 0,07g respectivement pour les essais irrigué et sec).

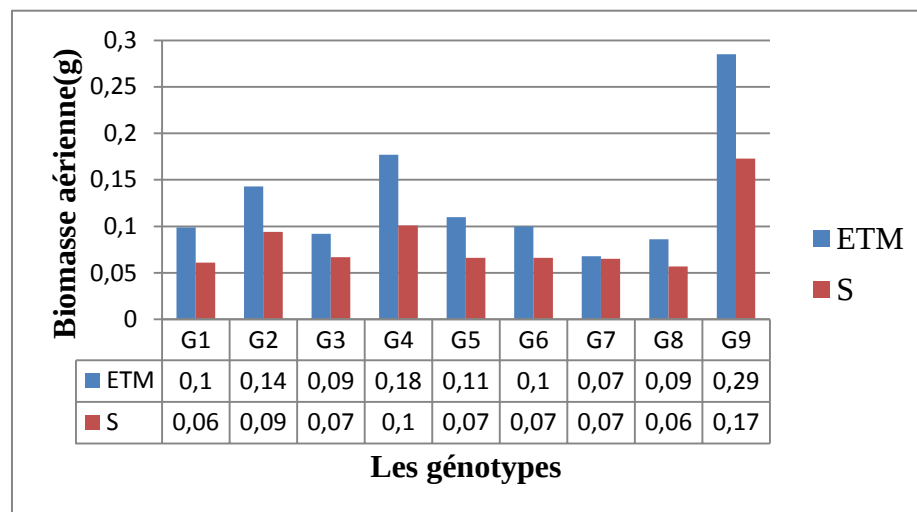


Figure 06. Variation de la biomasse aérienne chez les 08 génotypes d'*Aegilops* et le témoin dans les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Sous conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la BMA chez le témoin et les différents génotypes testés. Le témoin G9 affiche la biomasse aérienne la plus faible, 0,173 g. Le G7 affiche la BMA la plus faible (0,065g) (Figure 06).

La biomasse aérienne accumulée est la résultante de la contribution de plusieurs caractères tels que la hauteur du chaume, la durée de la phase végétative, la vitesse de croissance et le nombre de grains produits par unité de surface. La surface de la feuille étendard et le poids spécifique foliaire sont des indicateurs de la capacité photosynthétique au cours de la phase de remplissage du grain. Identifier les génotypes qui accumulent tous ces caractères sous contraintes est intéressant vu qu'ils sont plus aptes à valoriser le milieu et à tolérer les contraintes climatiques. La répercussion du déficit hydrique se traduit par la diminution de la

matière sèche durant la période végétative et reproductrice et par conséquent une diminution des rendements [11].

Les plantes résistantes à la sécheresse sont capables de produire une quantité de matière sèche après réhydratation, comparées aux plantes témoins.

-Biomasse racinaire (BMR « g »)

Les résultats de l'essai conduit à l'ETM (Figure 07) montre le génotype G4 qui a la biomasse racinaire la plus grande et le génotype G8 la biomasse la plus petite. Les autres génotypes (G2, G3, G5 et G6) et (G1 et G7) présentent BMR très comparables.

Les valeurs de la BMR chez le témoin blé (G9) varient entre 0,032 g et 0,022 g. (Figure 07)

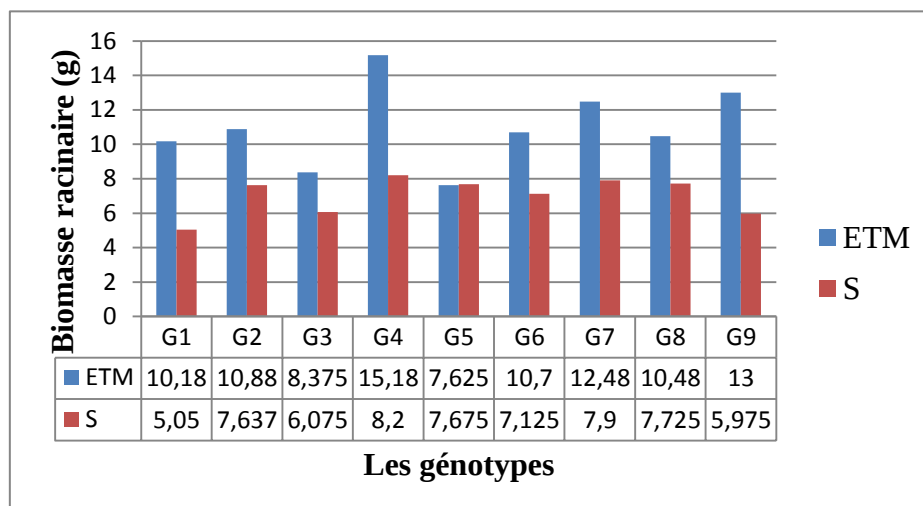


Figure 07. Variation de la biomasse racinaire chez les 08 génotypes d'*Aegilops* + le témoin et les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Sous conditions de stress, nous avons observé une diminution de la biomasse racinaire chez les différents génotypes testés. La BMR la plus faible a été constaté chez le génotype G4. (0,0257g), par contre le génotype G7 affiche la BMR la plus élevée (0,006 g) (Figure 07).

La croissance racinaire est réduite lors d'une contrainte hydrique, mais de façon moins marquée que celle des parties aériennes. L'optimisation de l'absorption d'eau est liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques des racines [12].

La croissance racinaire en conditions sèches peut être maintenue par l'ajustement osmotique qui limite la baisse du potentiel de turgescence.

Les résultats de notre étude sont comparables à ceux obtenus par beaucoup d'auteurs [13]. Ces résultats montrent que le déficit hydrique inhibe plus la croissance du système racinaire que celle des organes aériens. En effet, le déficit hydrique chez le blé dur réduit la profondeur maximale des

racines, le volume total racinaire, le nombre total des racines et la matière sèche racinaire. Ainsi, sous conditions favorables d'alimentation en eau, il peut exister un équilibre entre les différents paramètres racinaires avec une tendance à l'allongement. Lorsque l'alimentation hydrique est limitante, l'accroissement en longueur des racines rompt cet équilibre, mais cette réponse au stress hydrique dépend du génotype.

Paramètres physiologiques

- La teneur relative en eau (TRE « % »)

La teneur relative en eau (Figure 08) est considérée comme un excellent indicateur de l'état hydrique de la plante. C'est un paramètre influençable pour toutes variations de potentialité absorbante des plantes. Les teneurs en eau les plus élevées ont été enregistrées chez les génotypes irrigués avec une valeur maximale de 98.1% enregistrée chez le témoin blé G9 et une valeur minimale de 82.1% enregistrée chez le génotype G2 (Figure 08).

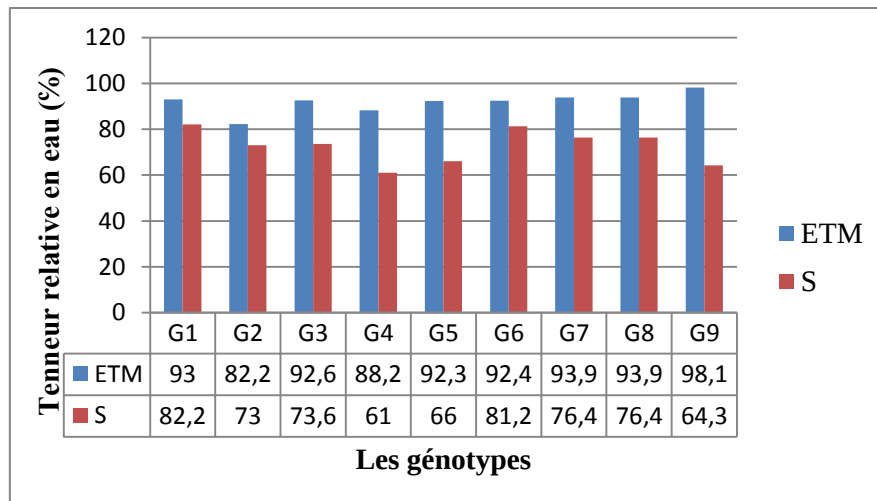


Figure 08. Variation de la teneur relative en eau chez les 08 génotypes d'*Aegilops* et le témoin avec les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

En revanche, on note une diminution de la teneur relative en eau chez l'ensemble des génotypes étudiés sous condition de stress. La valeur minimale de la TRE a été notée chez le génotype G4 avec 66,99% et une valeur maximale (82.17%) enregistrée chez le génotype G1. La réduction de la teneur en eau la plus importante a été notée chez le témoin blé G9.

La diminution de la teneur relative en eau indique la gravité de la déshydratation. Un stress hydrique intense induit une baisse de la teneur relative en eau, et une réduction des potentiels hydriques et osmotiques de la feuille [14]. On note que la teneur TRE diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Aussi la teneur relative en eau est considérée comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress. Cette teneur relative en eau est d'un intérêt majeur dans les travaux de la sélection, car

elle serait d'une forte héritabilité. Ainsi il est noté que les génotypes qui maintiennent une teneur relative en eau élevée en présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants.

-Le taux de déperdition de l'eau (TDE « $\text{g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ »)

L'évaluation de la perte de l'eau par la feuille excisée constitue l'une des principales stratégies d'économie en eau en situation de déficit hydrique.

Sous condition de bonne alimentation hydrique (Figure 09), les valeurs du taux de déperdition en eau changent entre une valeur maximale de $-0,0005 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ chez le génotype G1 à de valeur minimale $-0,0024 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ chez le génotype G7. Le témoin G9 présente une même valeur que le génotype G1. À la suite de ces valeurs, on peut donc observer que le taux de déperdition présente une variabilité phénotypique entre les populations.

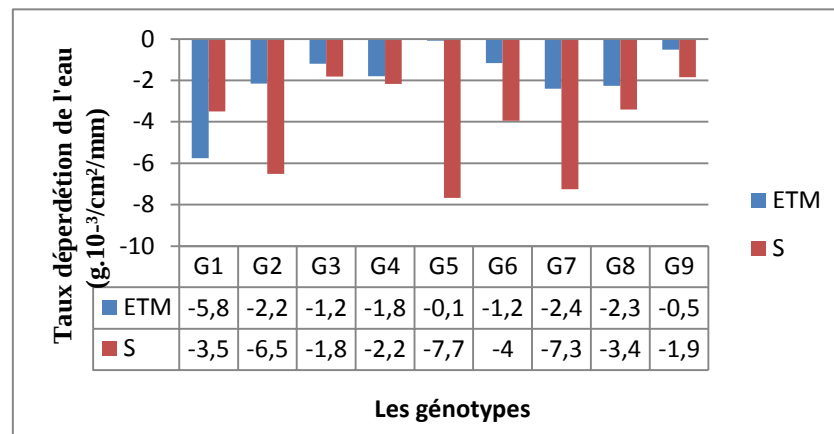


Figure 09. Variation du taux déperdition en eau chez les 08 génotypes d'*Aegilops* + le témoin et les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Sous les conditions de stress hydrique, on note une augmentation du taux de déperdition de l'eau au fur et à mesure que le stress hydrique s'accroît. Les valeurs obtenues se situent entre $-0,0018 \text{ g.10}^{-3}/\text{cm}^2/\text{mn}$ et $-0,0052 \text{ g.10}^{-3}/\text{cm}^2/\text{mn}$ respectivement pour les génotypes G3 et G5.

Le témoin G9 présente un taux de déperdition faible en eau allant de $-0,0018 \text{ g.10}^{-3}/\text{cm}^2/\text{mn}$ par rapport aux autres génotypes d'*Aegilops* testés.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par beaucoup d'auteurs qui ont montré que les feuilles des plantes stressées relient directement la perte d'eau à la surface foliaire, donc plus la surface

est large plus le taux de déperdition augmente. Certaines variétés ont la particularité de l'enroulement des feuilles lors d'un déficit hydrique. Cet enroulement leur permet la diminution des pertes d'eau par la transpiration circulaire [15].

Taux de la chlorophylle totale (unité du SPAD)

Sous les conditions de l'ETM (Figure 10) le témoin G9 présente le plus grand taux de chlorophylle (43.352 U SPAD) et le génotype G4 présente le plus petit taux de chlorophylle (21.475 U SPAD). Au vu des résultats obtenus on peut donc observer que le taux de la chlorophylle totale présente une variabilité phénotypique entre les populations.

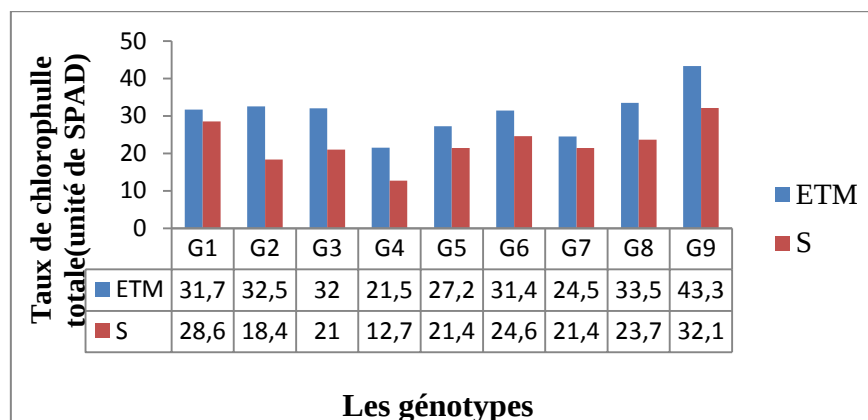


Figure 10. Variation de Taux de chlorophylle totale chez les 08 génotypes d'*Aegilops* et le témoin avec les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Le taux de la chlorophylle totale diminue en présence du stress hydrique chez tous les génotypes étudiés. Le génotype G1 enregistre un taux maximal alors que le G4 une teneur minimale (Figure 10).

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique 4). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse [17].

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau.

Cette diminution de taux de chlorophylle totale est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistant [18].

D'autre part, on note que les génotypes qui maintiennent un taux de chlorophylle élevé en présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants

Paramètre biochimique

-Teneur en proline

Sous l'essai conduit à l'ETM, au vu des résultats (Figure 11), le génotype (G6) présente la grande accumulation de proline, par contre le G3 présente la faible accumulation de proline. Les autres génotypes étudiés (G4, G5, et G9) et (G1, G2, G7, G8) ont des valeurs comparables (Figure 11).

Le témoin G9 présente une accumulation faible en proline (111,67 µg/100mg MF et 248,33µg/100mg MF) par rapport aux génotypes étudiée.

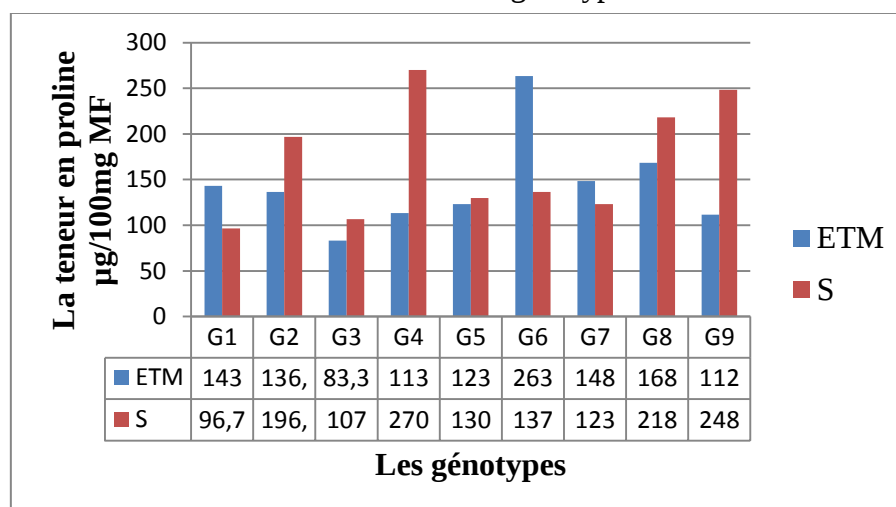


Figure 11. Variation de la teneur en proline chez les 08 génotypes d'*Aegilops* et le témoin dans les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Dans les conditions de stress nous avons observé une grande accumulation de proline chez les différents génotypes testés et le témoin.

L'accumulation de proline a déjà été étudiée par plusieurs chercheurs et sur plusieurs espèces.

Ils montrent que l'augmentation de la teneur en proline serait reliée directement à l'application du stress hydrique. Plus le

niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent marquées [04].

La proline accumulée pourrait jouer un rôle d'osmotique. En plus de son rôle d'osmoprotecteur, la proline joue un rôle dans le renforcement du système antioxydant et de lutte contre les dommages du stress [19]. Elle pourrait également intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique ou constituer une réserve d'azote utilisée par la plante après la période du stress.

Il est rapporté que l'accumulation de la proline résulte de la perturbation du métabolisme des protéines causée par une protéolyse membranaire. Le processus

d'accumulation de la proline dans les tissus foliaires est considéré comme un critère d'adaptation aux stress. L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées [04]).

3.1. Teneur en sucre

Dans les conditions de l'essai conduit à l'ETM, les résultats (Figure 12) on note que le G8 présente une grande accumulation de sucre, alors que le G7 présente une faible accumulation de sucre. Les autres génotypes étudiées (G2, G3, G4, G5, G6 et G9) ont des valeurs comparables (Figure 12).

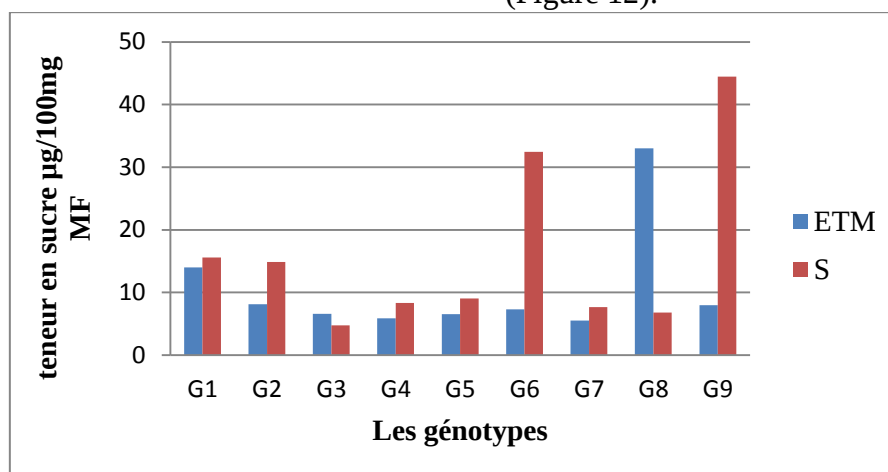


Figure 12. Variation de la teneur en sucre chez les 08 génotypes d'*Aegilops* + le témoin et les deux régimes hydriques (sec et irriguée).

Dans les conditions non irriguées, on note une accumulation remarquable du sucre chez les différents génotypes testés et le témoin.

On note qu'il y a augmentation progressive de la teneur en sucres solubles en fonction de l'accentuation de la sévérité du stress hydrique. L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu. Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de

stress. Les sucres simples (glucose, galactose, saccharose, et fructose) améliorent la résistance aux différents stress. Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules. On note que lorsque la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves

d'amidon et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court. Aussi on note que les sucres glucose, fructose et le saccharose représentent des osmotocums beaucoup moins puissants que la proline, ils participent aussi au maintien de la balance de la force osmotique.

Conclusion

Les aires céréalières en Algérie se situent en majeure partie dans les zones où les variations de nutrition hydriques constituent un facteur limitant à toute tentative d'amélioration de la productivité du blé. L'étude de la réponse au stress hydrique chez les huit génotypes d'*Aegilops* et le témoin révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres étudiés (morphologiques, physiologiques et biochimiques). L'effet du stress hydrique est bien marqué entre le génotype témoin et les génotypes stressés. L'étude des paramètres morphologiques, montre une diminution marquée de la hauteur de la plante et de la surface foliaire chez la plupart des génotypes. Cependant une augmentation du poids spécifique foliaire des parties aériennes et racinaires a été constatée. L'étude des paramètres physiologiques montre des variabilités entre génotypes et la situation hydrique. Chez la plupart des génotypes une diminution du taux de la chlorophylle totale et de la teneur relative et une augmentation du taux de déperdition en eau ont été observés. L'accumulation des osmotocums lors d'une déclaration d'un déficit hydrique reste un paramètre de résistance à la sécheresse. Les résultats de notre étude montrent que le déficit hydrique s'accompagne d'une nette accumulation des sucres solubles chez tous les génotypes. Cependant une accumulation importante de proline a été constatée chez le G8.

En guise de cette contribution nous pouvons conclure que les huit génotypes

d'*Aegilops* étudiés ont montré les mêmes mécanismes et ont suivies les mêmes stratégies en réponse au stress hydrique mais avec des degrés différents. Le génotype G8 a montré une bonne résistance au stress hydrique par rapport aux autres génotypes étudiés.

Les résultats de notre modeste étude contribuent à enrichir les travaux visant à créer des génotypes résistants au stress hydrique et peuvent ouvrir beaucoup de perspectives pour les sélectionneurs impliqués dans des études visant l'amélioration des performances génétiques du blé contre les contraintes environnementales.

Références Bibliographiques

- [1] Monneveux P. (1991). Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In : l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu arides. (Éd). Aupelf-Uref. J. Eurotxt.L. Paris: 165 -186 p.
- [2] Van Slageren MW., (1994). Wild wheat: A monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopurum* (Jaub. & Spach.) Eig. (poaceae). Wageningen Agricultural University, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas: Veenman Drukkers, Wageningen, 512pp.
- [3] Meziani ; Bammouna ; Aamou M. et Brinis L., (1992). Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différents zones agronomique de l'Algérie. Intolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranées. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA (les colloque N°64) ,191-203.
- [4] Siddique K. H. M., Kirby E. J. M. et Perry M. W. 1989. Ear stem ratio in old and modern wheat varieties: Relationship with improvement in number of grains per

ear and yield. Field Crops Research. 21: 59-78.

[5] Matthews LR, 1986. The effect of water stress on the leaf area of cucumis melo. A thesis Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, 70 p.

[6] Clarke J.M. and Mecaig T.N., (1982). Excised. Leaf water retention capability an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Can J. Plant Sci. 62: p 571-578.

[7] Lebon e, (2006). Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INRA laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux, 4 p.

[8] Lamaze T., Tousch D., Sarda X., Grignon C., Depigny-This D., Monneveux P. et Belhassen E., (1994). Résistance de plantes à la sécheresse: mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45 : 75-85.

[9] Villegas D., Aparicio N., Blanco R. et Royo C., (2001). Biomass accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. Annals of Botany

[10] Arus J. L; Febreroa; Vendrellp., 1991.E pidermal cobnductance in different parts of durum wheat grown under mediterranean condition. The role of epienticular waxes and stomata plant cell environ .14 :545-558.

[11] Tanner C.B. et Sinclair T.R.,1983. Efficient water uses in crop production: In Taylor, H.M, Jordan, W.R, Sinclair, T.R. (Eds). Limitations to efficient water Use in Crop Production. American Society of Agronomy Madison WI.: 29-43.

[12] Raven P., Johnson G.B., Mason K., Losos J., Singer S.R. (2011). Biologie. 2e édition. De Boeck, Paris, pp. 1277. Thèse de doctorat, Université des Frères MENTOURI Constantine.

[13] Benlaribi M., Monneveux P. et Grignac P., 1990. Etude des caractères d'enracinement et leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Agronomie, 10: 305-322.

[14] Muller J. E; Whitsiti M. S., 1996.Plant cellular responses to water deficit. Plant growth regulation 20 :124-129.

[15] Zadri. F. (2009) : Obtention d'hybrides F1 issus du croisement *Aegilops* X Blé dur (*Triticum durum* Desf) Amélioration à la tolérance à la sécheresse. Thèse de magistère. Université Constantine. P 23-24.

[16] Atti S, Bonnell R, Smith D, Prasher S. (2004). Response of an indeterminate soybean (*Glycine max* (L.) Merr) to chronic water deficit development during under reproductive greenhouse conditions. Can. Wat. Ress. J., 29 (4) : 209-222.

[17] Bezzalla A. (2005). Essai d'introduction de l'arganier (*argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Mémoire de Magistère en Sciences agronomique, Université Al Hadj Lakhadar- Batna, Batna, p.143

[18] Thameur A. Lachiheb B, Ferchichi A. (2012). Drought effect on growth, gas exchange and yield, in two strains of local barley Ardhaoui, under water deficit conditions in southernTunisia. Science directe. Journal of Environnemental Management 113. 495 e 500.

[19] Moulineau C. (1993). Variations sous contrainte hydrique de la teneur en acides aminés libres foliaires du mil. 233-44.