

WATER DEFICIT EFFECTS ON MORPHO-PHYSIOLOGICALS PARAMETERS IN DURUM WHEAT

S. Chahbar*¹, M. Belkhodja²

¹Laboratory of Agro-Biotechnology and Nutrition in Semi-Arid Areas, Faculty of Natural Sciences and Life, University Ibn Khaldoun, BP 78, 14000 Tiaret, Algeria. e-mail :

²Department of Biology, Laboratory of Plant Physiology, University Oran 1 Ahmed Ben Bella, Oran, Algeria

Received: 04 June 2016 / Accepted: 20 August 2016 / Published online: 01 September 2016

ABSTRACT

Various morpho-physiological characters related to the water deficit (relative water content, rate water loss, stomatal density, stomatal resistance), were studied at five durum wheat genotypes under two hydrous conditions. The relationship between traits and adaptative strategies develops by each genotype have been described. Results obtained show that been present an appreciable variability intraspecific for the morpho-physiological parameters related to the adaptation to the water deficit. Tolerance of this condition has estimated through for relative water content who is explained by morpho-physiological parameters. Finally, the contribution of the morpho-physiological parameters in the adaptation of the durum wheat depends closely on the intensity of the hydrous deficit.

Key words: durum wheat, water deficit, adaptation, morphological parameters, physiological parameters.

Author Correspondence, e-mail: chasas77@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v8i3.28>

1. INTRODUCTION

La culture des céréales est principalement celle du blé dur représente l'une des principales cultures céréalières de la production agricole en Algérie. Néanmoins, sa production demeure



faible et irrégulière pour satisfaire une demande sans cesse croissante et assurer la sécurité alimentaire [4].

L'aire céréalière algérienne se situe principalement dans les hauts plateaux et les plaines intérieures, régions assimilées à l'étage bioclimatique semi-aride. Dans ces zones, les déficits hydriques fréquents et persévérants constituent un facteur de variations prononcées de potentialités productives du matériel végétal cultivé [7].

La sécheresse est largement reconnue comme le premier facteur limitant la production agricole mondiale [1, 23]. Globalement, 35% de la superficie cultivable peut être classée comme aride ou semi-aride, le reste des ces superficies, 25% au moins sont régulièrement soumises à des périodes de sécheresse [2].

La nature et l'étendue des effets de la contrainte hydrique dépendent de sa durée et de son intensité ainsi que des potentialités génétiques des plantes face à cette contrainte [5, 32]. Le stress hydrique se traduit par une série de modifications qui touche la croissance [3, 13, 32], les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques liée aux besoins en eau de la plante supérieurs aux quantités disponibles [21, 25].

L'un des premiers effets provoqués par le déficit hydrique est une réduction de croissance végétative en particulier le système foliaire [29, 30]. La réduction de la surface foliaire peut provenir d'une diminution de l'expansion foliaire et/ou d'une sénescence accélérée de la feuille [13, 15]. La teneur relative en eau des feuilles constitue l'un des principaux paramètres d'estimation de la résistance à la sécheresse. Elle est considérée comme un indicateur physiologique important dans l'état d'hydratation des plantes en fonction des régimes hydriques disponibles dans le substrat [6, 17, 21].

Lors d'un déficit hydrique du sol, la fermeture des stomates permet de préserver l'état hydrique de la plante et le stock d'eau du sol. Cependant, la fermeture complète des stomates empêcherait tout apport de CO₂ et ralentirait le métabolisme de la plante [31]. Le fonctionnement des stomates résulte alors de la balance entre le besoin de préserver l'état hydrique de la plante et la nécessité de maintenir un métabolisme minimal.

Lors d'un déficit hydrique, l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse et la conductance stomatique sont affectées [13, 19, 22]. La réduction de la photosynthèse, liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, est supposée dépendre à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du CO₂ et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le CO₂ [5].

L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact du stress hydrique sur quelques paramètres morphologiques et physiologiques de la résistance à la sécheresse de cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions contrôlées, comme la teneur relative en eau, la transpiration, la résistance stomatique, la densité des stomates au niveau des deux épidermes supérieur et inférieur afin d'apprécier leur réponse adaptative.

2. MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation est conduite dans une serre semi automatique au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* DESF.) Chen's, Waha, Bidi17, Hedba3 et Acsad1277 ont été choisis pour leur degré de résistance et d'adaptation au déficit hydrique afin d'étudier leurs comportements sous stress modéré (SH60) et sévère (SH30). Les graines préalablement désinfectées avec l'eau javellisée sont mises dans des boîtes de pétri. Après germination, les jeunes plantules sont repiquées dans des cylindres en P.V.C (Polychlorure de vinyle) (60cm de long et 15cm de diamètre). Le dispositif expérimental comprend trois traitements : Un traitement hydrique témoin conduit à la capacité au champ. Les deux autres traitements subissent des déficits hydriques à intensités différentes 30% (SH30) et 60% (SH60) de la capacité au champ. Chaque traitement est répété trois fois. Le substrat de culture est irrigué à la capacité au champ par l'apport quotidien d'une dose d'arrosage calculée à l'évapotranspiration journalière de chaque pot. Chaque semaine, l'eau d'irrigation est substituée par une solution nutritive commerciale de type ACTIVEG.

2.1. LES MESURES EFFECTUEES

2.1.1. La teneur relative en eau (RWC)

La teneur relative en eau exprimée par la RWC (Relative Water Content) est déterminée selon la méthode de Ladiges (1975), utilisée par Clarke *et al.*, (1982) et Rascio *et al.*, (1988) [8, 18, 23]. La teneur relative en eau est déduite par la formule suivante :

$$\text{RWC \%} = (\text{Pi} - \text{Ps}) / (\text{Ppt} - \text{Ps}) \times 100$$

Pi : poids frais initial ; Ppt : poids en plein turgescence ; ps : poids sec.

2.1.2. La perte d'eau par feuille excisée (rwl)

Le taux de déperdition d'eau (RWL, Rate Water Loss) par la feuille excisée est estimé selon la méthode de Horne *et al.*, 2000 [16]. La perte d'eau est déterminée après 20 et 60mn par la formule suivante:

$$\text{RWL } t \text{ (mg.cm}^{-2}\text{.mn}^{-1}\text{)} = (\text{Pi} - \text{Pt} / \text{Ps}) (1 / \text{Sf} * t)$$

Pi : Poids initial ; Pt : poids temps (20 et 60mn) ; PS : poids sec ; sf : Surface foliaire.

2.1.3. La résistance stomatique

La résistance des stomates à la diffusion de la vapeur d'eau est évaluée à l'aide d'un poromètre automatique de type AP4 DELATA-T DEVICES CAMBRIDGE UK, sur la dernière feuille. Des corrections des lectures sont effectuées en fonction des variations d'humidité relative de l'air et des températures foliaire et ambiante afin d'exprimer les résultats par rapport à 20°C.

2.1.4. La densité stomatique

La densité stomatique est obtenue selon la méthode de Dohman *et al.* (1991), utilisée par Denden et Lemeur (1999 et 2000) [9, 10, 11].

Le principe est basé sur l'obtention des empreintes foliaires en étalant quelques gouttes de vernis à ongle sur les deux épidermes (supérieur et inférieur) de la feuille. Les mesures ont porté sur le nombre de stomate par unité de surface au niveau des deux épidermes de la feuille.

Une étude statistique comportant une analyse de la variance du modèle GLM et le calcul de corrélations, est effectué par le logiciel SPSS.

3. RESULTATS

3.1. Teneur relative en eau (RWC)

L'analyse des résultats montre que la RWC est grandement influencée par la nature des variétés testées ($p < 0,05$). Ce paramètre dépend également et d'une manière hautement significative du régime hydrique appliqué ($p < 0,05$). Il faut noter que le comportement de ces variétés varie selon la contrainte appliquée. Ceci est justifié à travers la forte probabilité, établie à travers l'étude de l'interaction de deux facteurs d'étude ($p < 0,05$) (Tableau 1).

Tableau 1. Analyse de la variance de la RWC des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

	Effet variétal F1		Effet hydrique F2		Interaction F1xF2	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
RWC	8,322	0,000	41,622	0,000	3,045	0,012

La lecture des résultats révèle que la RWC fluctue pour les feuilles des plantes témoins entre une valeur maximale de $94,08 \pm 1,15$ % enregistrée pour la variété Chen's et une valeur minimale de $91,69 \pm 1,02$ % pour la variété Hedba3.

Sous le traitement (SH 60), la RWC atteint une valeur de $90,09 \pm 1,53$ % pour les feuilles des plantes de la variété Hedba3 pour chuter vers $79,89 \pm 3,23$ % dans celles des plantes de la variété Waha. Lorsque les plantes sont soumises au régime hydrique plus sévère (SH 30), les RWC des feuilles des plantes des variétés Bidi17 et Waha varient respectivement de $90,66 \pm 1,90$ % et $84,47 \pm 1,00$ % (Fig. 1).

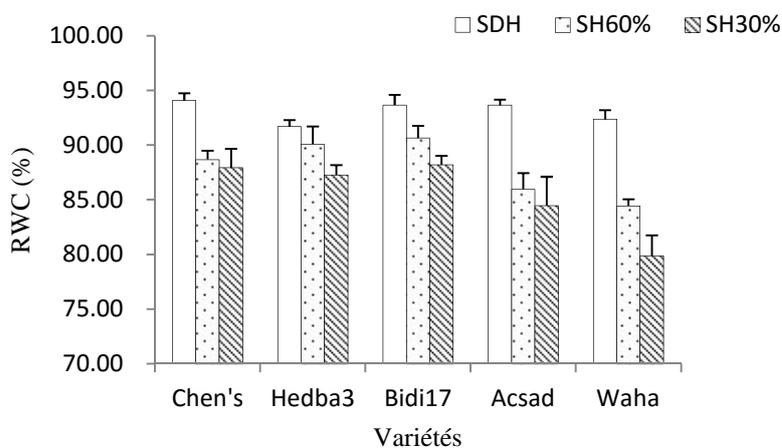


Fig.1. RWC des feuilles excisées (%) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

3.2. TRANSPIRATION

3.2.1. Première phase de déperdition d'eau (RWL1)

L'examen des résultats présentés dans le tableau 2 montre que l'élaboration de cette phase de perte d'eau est en relation avec la variabilité génotypique et le régime hydrique appliqué ($P < 0.05$, $P < 0.05$). L'interaction des deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence sur l'intensité transpiratoire ($P > 0.05$).

Tableau 2. Analyse de la variance de la RWL1 des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

	Effet variétal F1		Effet hydrique F2		Interaction F1xF2	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
RWL1	8.41822	0,000	4.34793	0.021	1.70002	0.139

La figure 2 indique que pour les plantes témoins, la transpiration au bout de 20 mn (RWL1) varie entre $0.04 \pm 0,02 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ pour Bidi17 et $0.004 \pm 0.0008 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ pour Acsad. Sous le traitement SH60, Les RWL1 passent de $0.06 \pm 0.01 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ enregistrée chez la variété Acsad à $0.008 \pm 0,002 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ pour Bidi17. Pour les plantes conduites sous traitement SH30, la plus haute valeur est estimée pour la variété Waha avec $0.054 \pm 0.01 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ et la plus faible donnée par les variétés Hedba 3 avec $0.018 \pm 0.007 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$.

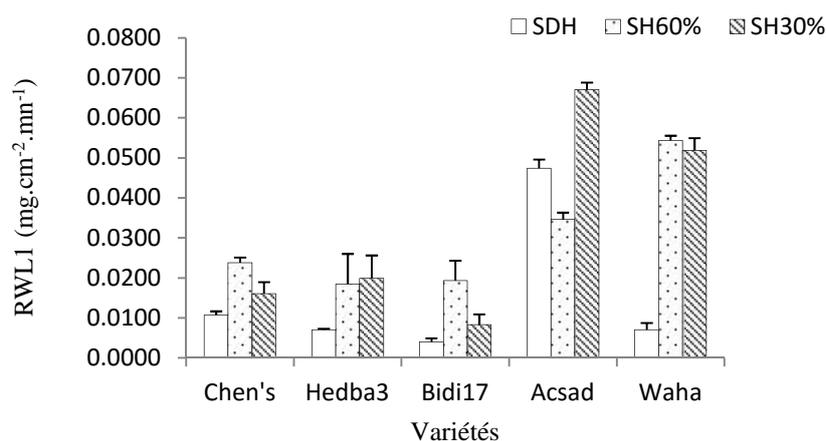


Fig.2. RWL1 ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$) déterminée à 20 mn pour des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

3.2.2. Deuxième phase de deperdition d'eau (RWL2)

L'étude analytique des résultats de la perte d'eau qui est essentiellement cuticulaire et résiduelle, montre que l'expression de cette étape présente une forte relation avec la variabilité génotypique ($P < 0.05$). Ainsi que l'alimentation hydrique ($P < 0.05$). L'interaction de ces deux facteurs provoque des fluctuations élevées sur cette perte d'eau ($P < 0.05$). Cet effet s'explique par le fait que la variabilité conduite extériorise des réponses différentes vis-à-vis du régime hydrique appliqué (Tableau 3).

Tableau 3. Analyse de la variance de la RWL2 des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

	Effet variétal F1		Effet hydrique F2		Interaction F1xF2	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
RWL2	12.4393	0,000	10.1899	0,000	2.5362	0.030

Les valeurs moyennes montrent que la variété Hedba3 semble être plus influencée par la contrainte imposée en comparaison avec les autres variétés. En effet, la RWL2 a augmentée de $0.016 \pm 0,002 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ sous le traitement SDH à $0.037 \pm 0.001 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ et $0.046 \pm 0.014 \text{ mg/cm}^2/\text{mn}$ respectivement à l'échelle des traitements SH60% et SH30%. Une progression de la RWL2 est affichée pour la variété Acsad de $0.065 \pm 0.0035 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ sous le traitement témoin à $0.172 \pm 0.003 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ sous le traitement SH60% (Fig. 3).

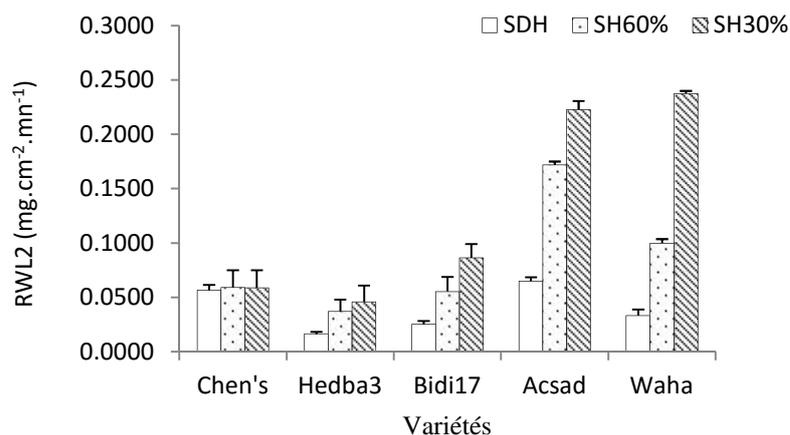


Fig.3. RWL2 ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$) déterminée à 60 mn pour les plantes des variétés de blé conduites sous différents traitements hydriques à SH60 et SH30 au stade floraison.

3.3. Résistance stomatique

Un effet variétal très hautement significatif de la variabilité et du régime hydrique imposé sur la résistance stomatique est décelé à travers l'analyse des résultats obtenus. L'interaction entre les deux facteurs présente des variations importantes pour l'élaboration de ce paramètre. En effet, une distinction est notée chez les variétés testées en relation avec les variations du régime hydrique appliqué (Tableau 4).

Tableau. 4 : L'analyse de la variance de la résistance stomatique (*rs*)des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal(F1)		Effet hydrique(F2)		Interaction(F1XF2)	
	Test f	probabilité	Test f	probabilité	Test f	probabilité
Résistance stomatique	4.965	0,003	79,826	0,000	6,247	0,025

L'analyse des résultats montre que la *rs* est affectée par le déficit hydrique de manière significative et proportionnelle à l'intensité du régime hydrique appliqué. Pour les feuilles des

plantes témoins, la rs est limitée entre $2,02 \pm 0,46 \text{ s.cm}^{-1}$ pour Bidi17 et $0,96 \pm 0,14 \text{ s.cm}^{-1}$ chez la variété Acsad. Sous le traitement SH60 de la capacité au champ, les rs fluctuent entre $3,94 \pm 0,99 \text{ s.cm}^{-1}$ chez la variété Acsad et $1,78 \pm 0,4 \text{ s.cm}^{-1}$ enregistrés chez la variété Bidi17. Au niveau du lot SH30 de la capacité au champ, la plus importantes valeur $13,12 \pm 0,21 \text{ s.cm}^{-1}$ est affichée chez la variété Hedba 3 et la plus faible donnée est estimée pour la variété Chen's avec $4,79 \pm 0,36 \text{ s.cm}^{-1}$ (Fig. 4).

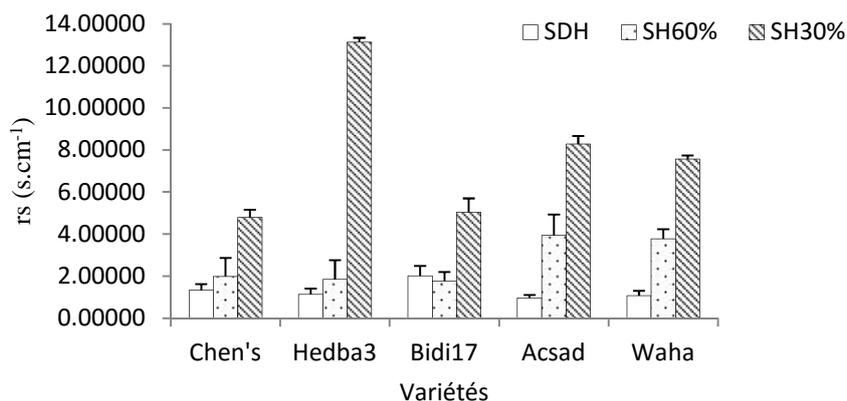


Fig.4. Résistance stomatique (s.cm^{-1}) des feuilles des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

3.4. Poids spécifique foliaire (PSF)

L'analyse des résultats montre que le poids spécifique foliaire a été affecté par le manque d'eau de manière significative et proportionnelle à l'intensité du stress hydrique appliqué ($p < 0,05$). L'expression de ce caractère reste toutefois indépendant de la variabilité conduite ($P > 0,05$). Néanmoins, le comportement de ces variétés varie selon la contrainte appliquée. Ceci est justifié à travers la forte probabilité, établie à travers l'étude de l'interaction de deux facteurs d'étude ($p < 0,05$) (Tableau 5).

Tableau 2. Analyse de la variance du poids spécifique foliaire (PSF) des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal(F1)		Effet Hydrique(F2)		Interaction(F1XF2)	
	Test f	probabilité	Test f	probabilité	Test f	probabilité
Poids spécifique foliaire	2.526	0.061	5.985	0.006	2.827	0.018

Les résultats illustrent qu'au niveau du traitement témoin, c'est la variété Bidi17 qui inscrit la valeur la plus importante avec 3.89 ± 0.06 , à l'opposé 2.42 ± 0.39 présentée par la variété Waha. Au niveau du traitement SH60 le PSF le plus important est enregistré pour la variété Acsad (4.17 ± 0.39) le plus faible PSF est observé pour la variété Chen's (3.11 ± 0.40). Au niveau du traitement SH30 le PSF oscille entre 4.82 ± 0.29 enregistrée pour la variété Acsad et 3.68 ± 0.26 observée pour la variété Bidi17 (Fig.5).

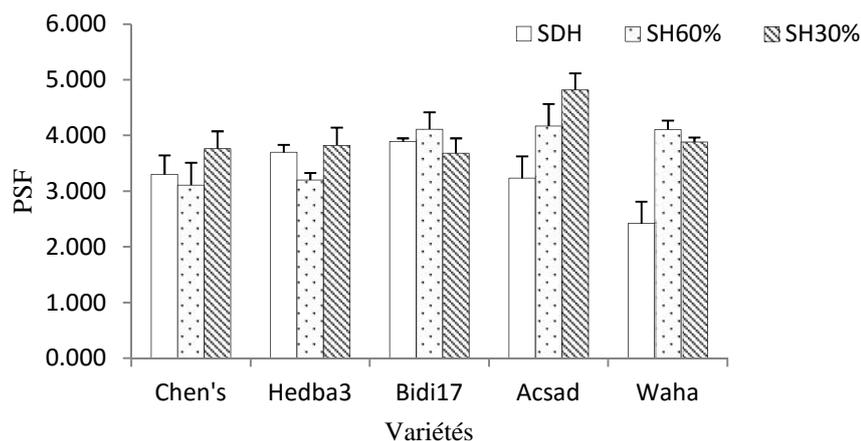


Fig.5. Poids spécifique foliaire des plantes des variétés de blé dur conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

3.5. La densité stomatique

3.5.1. La densité stomatique ventrale

L'analyse statistique démontre que la densité stomatique estimée à la face ventrale de la feuille est indépendante du régime hydrique et de la variété ($P > 0,05$). L'interaction entre le déficit hydrique et la variabilité testée, aucune distinction n'est notée pour les variétés testées sous contrainte hydrique ($P > 0,05$) (Tableau 6).

Tableau 6. Analyse de la variance de la densité stomatique (stomates par unité de surface = stomate/ us) de la face ventrale des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal(F1)		Effet Hydrique(F2)		Interaction(F1XF2)	
	Test f	probabilité	Test f	probabilité	Test f	probabilité
Densité stomatique (stomates/us)	0,348	0,843	0,008	0,991	1,325	0,269

Les valeurs affichées révèlent que pour les feuilles des plantes témoins, une nette augmentation de la densité stomatique est observée chez la variété Waha avec 43.33 ± 2.72 stomates/us et une valeur minimale égale à 37.66 ± 4.70 stomates/us chez la variété Bidi 17. Sous le traitement SH60, la densité stomatique chute remarquablement de 45.33 ± 3.00 stomates/us pour la variété Hedba3 à $40,66 \pm 3.64$ stomates/us pour Chen's. Le traitement SH30 influe sur la densité stomatique des feuilles de la variété Waha jusqu'à une valeur de 53.00 ± 2.72 stomates/us pour baisser sensiblement à 46.00 ± 4.66 stomates/us Acsad (Fig. 6).

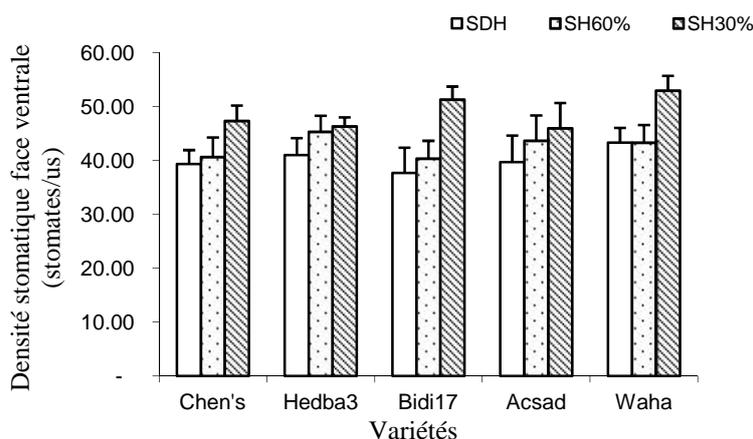


Fig.6. Densité stomatique de la face ventrale (stomates/us) des feuilles des plantes des variétés de blé dur conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison

3.5.2. La densité stomatique dorsale

Les données enregistrées à travers l'estimation de la densité stomatique montrent que l'expression de ce caractère s'avère se réaliser indépendamment du régime hydrique appliqué ($P > 0,05$), aucune influence variétale sur l'expression de ce paramètre ($P > 0,05$) et de l'interaction de ces deux facteurs ($P > 0,05$) ne se révèlent. Ce qui indique que les variétés testées ont manifesté des comportements similaires sous les traitements hydriques (Tableau7).

Tableau 7. Analyse de la variance de la densité stomatique (stomate/ us) de la face ventrale des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal (F1)		Effet Hydrique (F2)		Interaction (F1XF2)	
	Test f	probabilité	Test f	probabilité	Test f	probabilité
Densité stomatique	0,372	0,826	1,940	0,161	1,614	0,162

Les résultats révèlent que pour les feuilles des plantes témoins la densité stomatique de la face dorsale oscille entre une valeur maximale 39.66 ± 5.23 stomates/us enregistré pour la variété Bidi17 et une valeur minimale $30,66 \pm 2,33$ stomates/us donnée pour la variété Acsad. Sous condition déficitaire SH60% de la capacité au champ, la variété Hedba 3 a enregistré la valeur la plus élevée de $41,33 \pm 2,84$ stomates/us, contrairement à Acsad qui a donné une densité stomatique la plus faible 37.33 ± 1.81 stomates/us. Au niveau du lot SH30 de la capacité au champ ces valeurs passent de $47,33 \pm 2.4$ stomates/us pour la variété Waha à $41,33 \pm 3.92$ stomates/us pour la variété Bidi 17 (Fig.7).

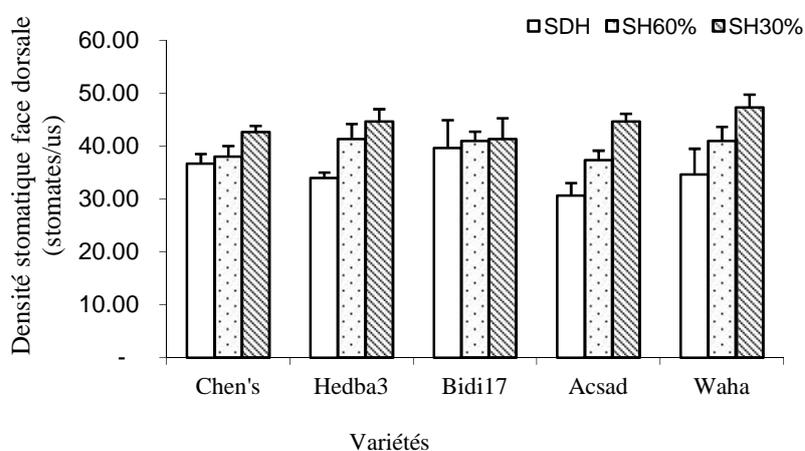


Fig.7. Densité stomatique de la face dorsale (stomates/us) des feuilles des plantes des variétés de blé dur conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

4. DISCUSSION

L'état hydrique de la plante, exprimé par la teneur relative en eau, s'est montré sensible aux variations des disponibilités en eau dans le sol. En effet, une comparaison entre l'évolution de la RWC des cinq variétés de blé étudiées a montré que la RWC diminue au fur et à mesure que le déficit hydrique s'accroît. Ces constatations se confirment par la nette relation négative et significative révélée entre le déficit hydrique et la RWC ($r = -0,551^{**}$).

Thameur *et al.*, 2012 notent que cette diminution de la RWC est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes [27]. Par contre une RWC élevée dans des conditions de stress a été observée chez le soja. D'autre part, Matin *et al.*, 1989 et montrent que les génotypes qui maintiennent une RWC élevée en présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants [20]. Parmi les variétés testées, la variété Bidi 17 est la variété la plus

tolérante au déficit hydrique appliqué, en minimisant les effets de ce stress sur la préservation de leur hydratation.

La transpiration estimée à travers la perte d'eau par la feuille excisée à deux temps différents 20 mn et 60 mn est fortement influencée par l'accentuation du déficit hydrique avec des coefficients de corrélations de $r=0,501^{**}$ et $r=0,310^*$ respectivement pour RWL1 et RWL2. En effet, le déficit hydrique augmente considérablement le taux de déperdition de l'eau. Cette hausse devient plus nette au fur et à mesure que l'intensité du stress s'accroît. Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées [8].

Les résultats obtenus démontrent que l'augmentation de la RWC est accompagnée par une nette dépression des deux phases de la transpiration ($r=-0.550^{**}$; $r=-0.746^{**}$). Ces données se confirment à travers les travaux de Clarke *et al.* (1989, 1991) qui indiquent que la transpiration est un paramètre déterminant des variations de l'état hydrique de la plante et conditionne sa productivité. Le contrôle de la transpiration chez le blé constitue une importante caractéristique d'adaptation aux situations hydriques très limitantes [31, 32].

Face au stress hydrique, on observe d'autre part, une hausse de la résistance stomatique et par conséquent une baisse de la conductance stomatique. Cette augmentation se confirme par la nette relation positive exprimée entre le degré du déficit hydrique et ce paramètre ($r=0,975^{**}$). Une forte résistance stomatique est observée chez les plantes qui ont subi le stress le plus sévère, cette résistance devient plus importante pour la variété Hedba3. De nombreuses études ont démontré des relations entre le potentiel hydrique foliaire et la résistance stomatique [26]. Le point critique du potentiel foliaire qui correspond au début de l'augmentation de la résistance stomatique est souvent pris comme un repère de l'apparition d'un stress hydrique. Elazab *et al.*, 2012 confirment que les variétés à forte résistance stomatique sont plus sensibles au déficit de vapeur et à la baisse du potentiel hydrique foliaire que les variétés à faible résistance [13, 32]. Motzo *et al.*, 2013 pensent que cette résistance stomatique se manifeste par une présence de nombreux stomates de petites tailles et à fermeture rapide [7, 20, 22]. Une forte résistance est proposée comme un paramètre favorable à l'adaptation à la sécheresse. Les résultats obtenus lors de cette recherche indiquent que l'augmentation de la résistance stomatique permet une meilleure protection de la teneur en eau à travers une nette réduction de la transpiration. Ceci se confirme à la suite de la relation négative établie entre la transpiration (RWL) et la résistance stomatique ($r=-0.959^{**}$).

Les stomates jouent un rôle primordial dans la régulation de la balance hydrique de la plante. La réduction de la perte en eau par la fermeture des stomates est un moyen d'adaptation des plantes à la sécheresse [26, 27]. Les résultats obtenus montrent une forte relation positive entre le stress hydrique et la densité des stomates au niveau des deux épidermes de la feuille supérieur ($r = 0,690^{**}$) et inférieur ($r = 0,703^{**}$).

Ces résultats sont en concordance avec ceux d'Erchidi *et al.*, (2000), confirmant ainsi la présence de stomates de petite taille et en grand nombre permet une régulation beaucoup plus efficace de la transpiration que la présence de stomates de taille importante et en nombre faible [14]. Selon Slama en 2002, l'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au déficit hydrique si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique [27]. L'accroissement de la densité stomatique peut augmenter l'assimilation nette du CO₂ et diminuer la perte en eau. En effet, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide [26, 27].

5. CONCLUSION

La sécheresse constitue la principale contrainte abiotique responsable de la faiblesse du rendement des céréales et celui du blé dur. La résistance à la sécheresse est un phénomène complexe faisant intervenir devant les contraintes environnementales, de nombreux mécanismes d'adaptation interagissant entre eux et les conditions du milieu. L'identification des mécanismes de résistance demeure déterminante dans toutes manipulations de création de matériel végétal tolérant à cette contrainte abiotique. Le travail entrepris se fixait comme objectifs la sélection des paramètres d'ordre divers impliqués dans la fonction de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur. Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que la teneur relative en eau représente l'une des premières caractéristiques altérées en situations d'alimentation hydriques limitantes. Il se dégage de cette étude que le déficit hydrique est accompagné d'une forte augmentation de la densité des stomates. Ainsi, au niveau des traitements maintenus à des faibles teneurs en eau, le nombre de stomates par unité de surface croît considérablement en comparaison avec celui des traitements plus hydratés. La variété waha a manifesté une augmentation dans le nombre de stomates sous stress sévère et modéré. A l'opposé la variété bidi17 et sous les mêmes conditions présente une densité plus faible.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Amigues, J.P., Debaeke, P., Ltier, B., Lemaire, G., Seguin, B., Tardieu, F. et Thomas, A. (2006) Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à risque accru de manque d'eau (Sécheresse et agriculture). Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72 p.
2. Araus JL (2004). The problem of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology* 144, 229–272.
3. Araus JL, Slafer GA, Royo C, Serret MD (2008). *Critical Reviews in Plant Sciences* 27, 377–412. doi:10.1080/07352680802467736.
4. Attab S. ; Brinis L, 2012. Etude comparative de la réponse physiologique de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à l'infection par *Blumeria graminis* f.sp.tritici agent causal de l'oïdium. *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 25 : 82 – 87.
5. Attia, 2007 ; Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénolique de la vigne *Vitis vinifera* L.: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées Thèse de doctorat Univ Toulouse. France. 194 p.
6. Boutraa T, Akhkha A, Al-Shoaibi A; Alhejeli A. 2010. Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (*Triticum durum*) grown in Saudi Arabia. *Journal for science of Taibah university* 3:39-48.
7. Brinis L – 1995 : Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques. Traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur- Thèse de Doctorat – Univ. Annaba.
8. Clarke J.M. and Mc Caig T.N., 1982. Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 62 : 571-578.
9. Denden M., Lemeur R., 1999- Mesure de la transpiration par le modèle de Penman-Monteith. Edit. *Sécheresse*; vol. 10 : pp39-44.
10. Denden M., Lemeur R., 2000-Modélisation de la résistance stomatique en fonction des caractéristiques morphologiques et anatomiques des stomates, du rayonnement et du potentiel hydrique. *Secheresse*.Ed. Jhon Libbey,11, 1 :29-36.
11. Dohman AJ, Gash JHC, Roberts J, James W., 1991- Stomatal and surface conductance of tropical rainforest. *Agric Forest Meteo* ; 54, pp. 303-18.
12. Drake PL ; Froend RH ; FranksPJ. 2013 ; Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 64, No. 2, pp. 495–505, doi:10.1093/jxb/ers347 10.1093/jxb/ers347.

13. Elazab A, Molero G., Serret MD. Araus JL. 2012. *Functional Plant Biology*, 2012, 39, 379–393. <http://dx.doi.org/10.1071/FP11237>.
14. Erchidi AE, Benbella M, Talouizte A. 2000: Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. *Options méditerranéennes, série A (Séminaires méditerranéens)* ; 40 : 279-82.
15. Hacini N. 2014. Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives.
16. Horne FR., Kahn A., 2000 – water loss and viability in *Ziziana* (Poaceae) seeds during short- term desiccation. *Am. J. Bot.* Vol. 87, pp 1707-1711.
17. Huseynova I M., Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought. *Biochimica et Biophysica Acta* 1817 (2012) 1516–1523.
18. Ladiges PY., 1975- Some aspects of tissue water relation in three populations of *Eucaliptus viminalis* Labill.-*New phytol*, 75, pp. 53-62.huseynova, 2012).
19. Lawlor DW, Cornic G., 2002- Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Edit. Plant Cell Environ* Vol. 25: pp 275–294.
20. Matin, M.A., Brown, J.H., and Ferguson, H. (1989). Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron. J.* 81: 100-105.
21. Mefti M., Abdelguerfi A., Chebouti A., 2002 - Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques espèces de *Médicago truncatula* (L.)Gaertn. *Edit. Revue Sécheresse*, pp173-176.
22. Motzo R, Pruneddu G., Giunta F.2013. The role of stomatal conductance for water and radiation use efficiency of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Science direct. Europ. J. Agronomy* 44. 87– 97.
23. Passioura JB (2006). *Agricultural Water Management* 80, 176–196. doi:10.1016/j.agwat.2005.07.012
24. Rascio a., Cedola m., Sorrentino Gpastore d. And Wittmer g., 1988- pressure volume curves and drought resistance in two wheat genotypes. *Edit.Physiol. Plant*, 73, pp. 122-127.

25. Richards RA, Rebetzke GJ, Watt M, Condon AG, Spielmeyer W, Dolferus R (2010). *Functional Plant Biology* 37, 85–97. doi:10.1071/FP09219.
26. Slama A., 2002 - Etude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie.
27. Slama A., Salem M., Ben Naceur M., Zid E., 2005 - Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanisme de résistance. Edit. Sécheresse, Vol. 16, pp 225- 229.
28. Tauqeer AY., Min D., Chen X, Condon AG., Hu Y G. 2013. The association of carbon isotope discrimination ($\delta^{13}C$) with gas exchange parameters and yield traits in Chinese bread wheat cultivars under two water regimes. *Agricultural water management* Volume 119, Pages 111–120.
29. Thameur A. Ferchichi A., López-Carbonell M 2011. Quantification of free and conjugated abscisic acid in five genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) under water stress conditions. *Science direct. South African Journal of Botany* 77. 222–228.
30. ThameurA., 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 southern Tunisia. *Science direct. Journal of Environmental Management* 113. 495 e 500.
31. WU Xiao-li, BAO Wei-kai 2012. Statistical Analysis of Leaf Water Use Efficiency and Physiology Traits of Winter Wheat Under Drought Condition. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(1): 82-89.
32. Yousfi S, SerretMD, Márquez AJ, Voltas J, Araus JL (2012). *New Phytologist* 194, 230–244. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.04036.
33. Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo, and P. Monneveux. 2001a. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth: Potential interest for wheat improvement. *Crop Sci.* 41:1321–1329.
34. Zaharieva, M., P. Monneveux, M. Henry, R. Rivoal, J. Valkoun, and M.M. Nachit. 2001b. Evaluation of a collection of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth and identification of potential sources for useful traits. *Euphytica* 119:33–38. [\[CrossRef\]](#)

How to cite this article:

Chahbar S, Belkhodja M. Water deficit effects on morpho-physiologicals parameters in durum wheat. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2016, 8(3), 1166-1181.