

Détermination et analyse des paramètres de rendement chez deux variétés d'avoine soumises à un stress hydrique dans un contexte de changement climatique

Boughdiri Amor¹, Tibaoui Gouider², Boubaker Hiba³, Dhaouadi Latifa⁴, Sellami Mohamed Habib⁵

^{1,2,3} Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, Route de Tabarka 7030, Mateur, Tunisie,

⁴ Centre de Recherche en Agriculture Oasienne BP62, Km1 Route de Tozeur 2260 –Degache – Tunisie,

⁵ Ecole Supérieure des Ingénieurs de Medjez El Bab, Route de Kef Km5-9070- Medjez El Bab, Tunisie,

Résumé

Ce travail vise à étudier l'effet de stress hydrique sur les paramètres de rendement de deux variétés d'avoine : Fréétissa V_1 (variété locale) et V_2 (variété candidate : présentée à l'inscription) sous différents régimes hydriques (25, 50, 75, 90% Hcc). Dans la première partie de travail, une étude a été effectuée sur le taux et la cinétique de germination en utilisant différentes concentrations (1,2,3,4,5,6,7 et 8%) de polyéthylène glycol 400 (PEG400). Les résultats obtenus montrent que l'augmentation des concentrations du milieu en PEG 400 a été traduite par une diminution importante du taux germinatif chez les deux variétés ($p < 0,001$). Dans la deuxième partie on s'est intéressé aux paramètres de rendement (rendement en graines par plante, poids de milles graines, rendement en matière sèche, etc) après 60 jours du stress. Les résultats obtenus montrent qu'après 60 jours de stress et à 25 % Hcc la variété V_1 (Fréétissa) et V_2 (variété locale) maintiennent 65 % et 58 % de leurs rendements en matière sèche par rapport au témoin. Le rendement maximal a été observé chez la variété V_1 à 90% RU avec une valeur de l'ordre de 58 ± 10 , et la valeur minimale est obtenue chez la variété V_2 à 25% RU (23 ± 5). L'analyse de la variance signale un effet hautement significatif du régime hydrique sur ce paramètre ($P < 0.0001$).

Mots clés : Variété, avoine, taux germinatif, stress hydrique, rendement,

Determination and analysis of yield parameters for two varieties of oats subjected to water stress in a context of climate change

Abstract

This work aims to study the effect of water stress and variability of response in two oat varieties V_1 (Fréétissa) and V_2 (candidate variety presented at the time of inscription for year 2018) under different stress levels (25, 50, 75 and 90% Hcc). In the first part of the work, the effect of water stress on germination rate and kinetics was studied using different concentrations (1,2,3,4,5,6,7, and 8%) of polyethylene glycol 400 (PEG400). The results obtained show that the increase in PEG400 concentrations of the medium results in a significant decrease in the germination rate in V_1 and V_2 ($p < 0,0001$). In the second part, we studied yield parameters (seed yield per plant, seed seed weight, dry matter yield, etc.) after 60 days of stress. The results obtained show that after 60 days of stress and at 25%, Hcc the variety V_1 (Fréétissa) and V_2 (local variety) maintain 65% and 58% of their yields in dry matter compared to the witness. The maximum yield was observed in variety V_1 at 90% RU with a value of the order of 58 ± 10 , and the minimum value is obtained in the variety V_2 at 25% RU (23 ± 5). Variance analysis indicates a highly significant effect of water regime on this parameter ($P < 0.0001$).

Key words: Variety, oat, water stress, parameters yield, germination rat

¹ Corresponding author: amor.boughdiri@yahoo.fr

INTRODUCTION

Les changements climatiques se caractérisent principalement par une diminution de la disponibilité de l'eau et une augmentation de la température. Vers les années 2050, les quantités de précipitations dans les pays du Nord de l'Afrique seraient réduites de 20 à 50 % par rapport aux valeurs moyennes actuelles (Raga et Prudhomme, 2002).

L'eau reste le facteur le plus limitant de la production agricole dans les régions du monde où les pluies ne sont pas suffisantes pour satisfaire les besoins hydriques des cultures (Hsiao et al., 2009). Ainsi, l'amélioration de son utilisation par les espèces cultivées sous conditions pluviales ou irriguées a fait l'objet de plusieurs études (Turner et al., 2004, Nair et al., 2012, Para et al., 2007, Boughdiri, 2017). Par conséquent, de nouvelles variétés et des améliorations des techniques culturales ont été introduites en agriculture (Turner, 2004 ; Reynolds et al., 2009).

De ce fait, ces changements imposent la réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux nouvelles conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité. Dans ce contexte, la reconstitution du couvert végétal est loin d'être assurée par les mécanismes naturels de régénération, elle nécessite de plus en plus le recours à la réintroduction d'espèces autochtones productives de bonne valeur pastorale et adaptées aux conditions variées et variables des zones arides (Tibaoui, 2008).

Certaines cultures fourragères sont caractérisées par une grande capacité de résistance à des variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus (Morad, 1995). Beaucoup de plantes peuvent supporter sans dommage apparent une perte d'eau de 30 %. Cette valeur peut atteindre 40 % pour le maïs et 70 % pour la luzerne (Morard, 1995).

La tolérance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître, du point de vue agronomique par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles. La tolérance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phonologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Ces dernières interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (Passioura, 2004).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Présentation de la zone d'étude

L'essai a été réalisé sous abri à l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, appartenant au gouvernorat de Bizerte à 70 Km au Nord-Ouest de la Tunisie et à l'étage bioclimatique subhumide qui se caractérise par un hiver doux et pluvieux avec une moyenne de pluviométrie de 533 mm et un été chaud et sec. Les coordonnées GPS sont: l'attitude est de 37°03'N et la longitude est de 9°37'E.



Fig. 1- Localisation de la zone d'étude

Matériel végétal

L'étude a porté sur deux variétés d'avoine : V1 (Féritissa) et V2 (Variété candidate) qui sont les plus utilisées dans la région vu leurs valeurs nutritives.

Protocole expérimental

Des études contrôlées ont été menées au laboratoire et sous abri:

◆ Au laboratoire

L'essai de germination est réalisé en appliquant différents niveaux de potentiel hydrique simulé à l'aide d'une solution de Polyéthylène glycol (PEG 400, une densité de 1.13 g/cm³).

Pour chaque variété on effectue 8 traitements avec des différentes doses de PEG : 1, 2, 3, 4, 5, 6,7 et 8% et un témoin (eau distillée : 0% PEG) avec quatre répétitions pour chaque traitement.

Pour chaque répétition, 25 graines sont mises dans des boîtes de pétri de diamètre 10 centimètres sur une couche de coton. Cette étude permet de déterminer :

- La cinétique de germination : le nombre des graines germées par unité de temps
- Le taux de germination : pourcentage des graines germées

$$\text{Taux de germination \%} = \frac{\text{Nombre totale des graines germées}}{\text{Nombre initiale des graines semées}} * 100 \quad (1)$$

❖ **Sous abri**

Le semis a été effectué le 19 janvier 2018, à raison de 25 graines par pot. Le nombre des pots par variété est 12. Les pots sont en plastique, de diamètre moyen 30 cm et de hauteur 29 cm. Les pots sont placés sous l'abri pour contrôler l'alimentation hydrique et répartis selon les traitements hydriques correspondants : **T0** : 90% de la capacité de rétention de l'eau (témoin) **T1** : 25% de la capacité de rétention de l'eau, **T2** : 50% de la capacité de rétention de l'eau, **T3** : 75% de la capacité de rétention de l'eau. Le dispositif expérimental adopté est un dispositif factoriel en bloc complet aléatoire avec trois répétitions dont le premier facteur est l'effet variétal et le second facteur est l'effet des différents traitements hydriques (figure 2).



Fig. 2- Disposition des pots sous abri

Paramètres mesurés

❖ **Capacité de rétention de l'eau CR**

Quatre pots ont été remplis d'eau de robinet pour déterminer la capacité de rétention du sol, qui a été faite en quatre étapes:

- Pesée de quatre pots identiques à ceux utilisés dans l'essai (12 kg substrat + 1 kg gravier) : c'est le poids initial P_i
- Mise des pots dans un seau rempli d'eau de robinet pendant 24 heures,
- Ressuyage des pots pendant 12 h afin d'évacuer l'eau libre,
- Une deuxième pesée des pots est effectuée afin d'obtenir le poids à la rétention (P_r après ressuyage).

La différence entre les deux poids définit donc la capacité de rétention d'eau.

$$CR = P_r - P_i \quad (2)$$

❖ **Germination**

Les tests de germination ont démarré avec 25 graines par boîtes de Pétri et 4 boîtes par traitement pour les 9 traitements.

- Le taux de germination final : C'est le rapport du nombre total de graines germées par le nombre total de graines mises en germination.

- La cinétique de la germination : C'est le nombre des graines qui germent par unité journalière.

Rendement en matière sèche (MS) et rapport de la partie aérienne et racinaire (P_a/P_r)

Afin de déterminer le rendement en matière sèche on prélève durant les trois stades du stress 20,40 et 60 jours une plante entière par variété, pour chaque traitement et pour chaque répétition. On sépare la partie aérienne de la partie souterraine et on les pèse immédiatement au laboratoire pour déterminer leurs poids frais (P_f).

On met les échantillons dans l'étuve à 60 °C pendant 48 heures. Après dessèchement, on détermine le poids sec (P_s).

Le rapport entre la partie aérienne (P_a) et la partie racinaire (P_r) est déterminé à l'état frais et l'état sec. Le rendement en matière sèche est obtenu en appliquant la formule suivante :

$$\text{Rdt. Ms/plante} = P_f * \text{taux MS} \quad (3)$$

$$\text{Avec : } \text{taux MS}(\%) = \frac{P_s}{P_f} * 100 \quad (4)$$

❖ **Matières Azotées Totale (MAT) ou protéines brutes**

La teneur en matières azotées Totales (MAT) ou en Protéines Brutes (PB) des échantillons est déterminée selon la méthode de Kjeldahl après 60 jours du stress.

RESULTATS ET DISCUSSION

Effet du stress hydrique sur la germination Taux de germination

Les résultats obtenus montrent que, quelle que soit la variété, la capacité germinative des graines en condition du stress est réduite comparativement au témoin et ceci pour les traitements de PEG 400 appliqués (figure 3). En effet, le taux de germination est réduit de 94% à 24% et de 91% à 28% respectivement chez la variété Frétissa (V₁) et la variété candidate (V₂).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des différents pourcentages de PEG400 (témoin, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8%) sur les deux variétés d'avoine.

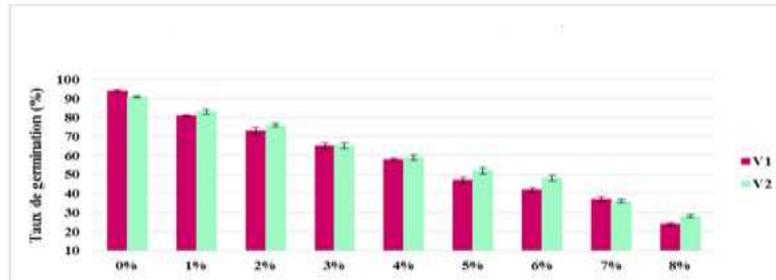


Fig. 3- Variation du taux de germination en fonction des traitements

Cinétique de la germination

L'analyse de la cinétique montre généralement une première phase de latence, due à l'imbibition des graines, une deuxième phase exponentielle où l'on assiste à une accélération de la germination et enfin une troisième phase caractérisée par un palier indiquant un arrêt de germination. Chez le témoin (0% PEG), la phase de latence est très courte et ne dure qu'un seul jour ; la phase exponentielle de germination dure 6 jours, avant d'atteindre la phase stationnaire où la germination s'arrête après un maximum de germination. L'effet dépressif du déficit hydrique sur la germination se manifeste au cours de l'une ou de l'ensemble de ces trois phases, selon le degré d'abaissement du potentiel hydrique. Cet effet se traduit par un ralentissement de la vitesse de germination visible dès le traitement de 5% PEG et qui s'accroît par la suite chez les deux variétés étudiées (figure 4 et 5).

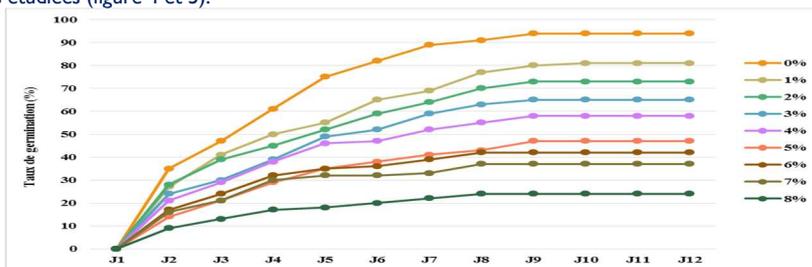


Fig. 4- Cinétique de germination pour la variété V1

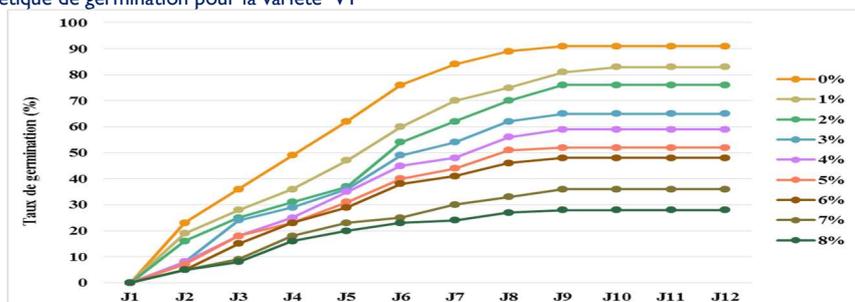


Fig. 5- Cinétique de germination pour la variété V2

Effet du stress hydrique sur les paramètres de rendement

Rendement en matière sèche

Le rendement en matière sèche (g MS/plante) chez les deux variétés soumises à différents niveaux de stress hydrique (figure 6), diminue en augmentant l'intensité de stress. En effet après 60 jours de stress et à 25 % Hcc la variété V1 (Frétissa) et V2 (variété locale) maintiennent 65 % et 58 % de leurs rendements en matière sèche par rapport au témoin. Ces résultats se concordent avec celles de Lazali et al (2013).

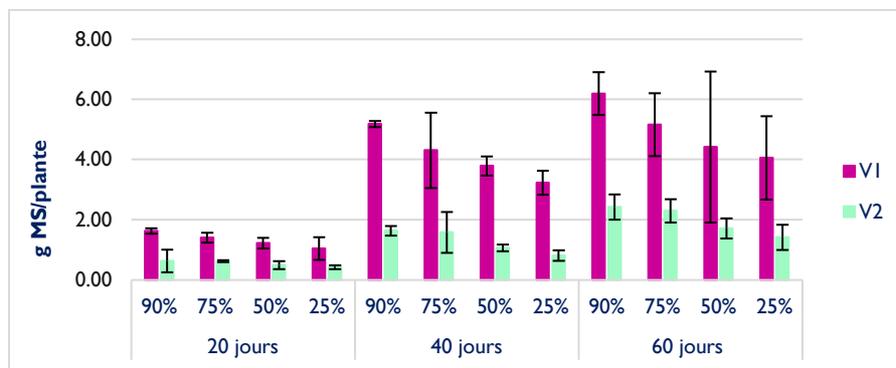


Fig. 6- Variation du rendement en matière sèche en fonction des traitements

Rapport de la partie aérienne et racinaire sèches

Après 60 jours du stress les résultats montrent que les valeurs les plus faibles sont enregistrées chez la variété locale V2 (figure 7). En effet, devant la contrainte hydrique imposée, la réduction de la masse végétative concerne essentiellement la partie aérienne que la partie racinaire. Ceci indique que la plante consacre les possibilités de facteurs de croissance pour la protection de ses racines susceptibles d'assurer sa nutrition hydrique et minérale.

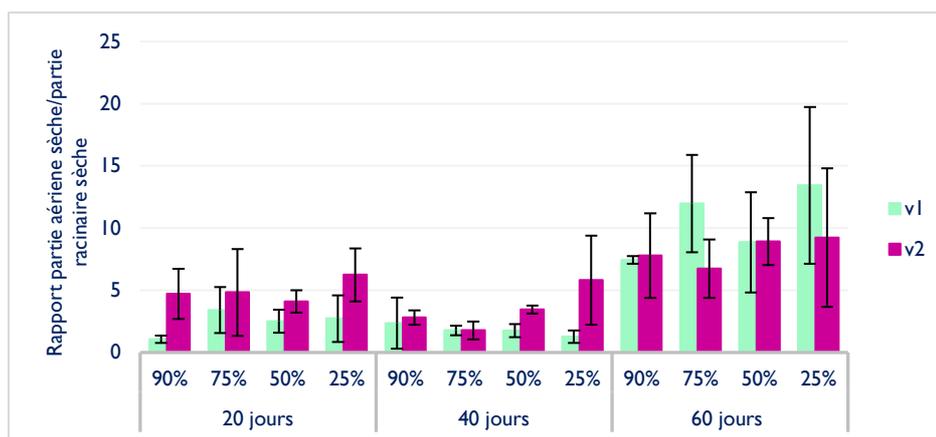


Fig. 7- Variation du rapport partie aérienne sèche /partie racinaire sèche

Rapport de la partie aérienne et racinaire fraîches

Après 60 jours du stress les résultats montrent que la variété V1 (Frétissa) a tendance à développer mieux sa partie racinaire par rapport à sa partie aérienne (figure 8). Pour la variété candidate V2, les résultats montrent que le volume racinaire est réduit par la réduction de l'humidité du sol.

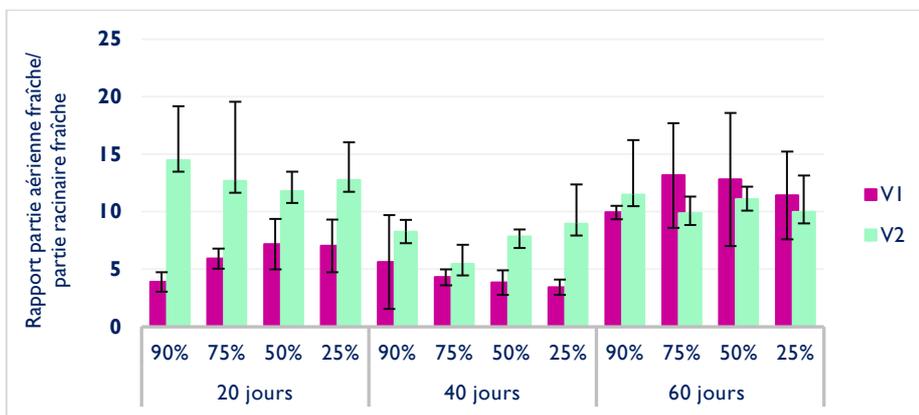


Fig. 8- Variation du rapport partie aérienne fraîche et racinaire fraîche

Effet sur le rendement en graines par plante

Le rendement maximal est obtenu chez la variété V1 à 90% RU avec une valeur de l'ordre de 58 ± 10 , et la valeur minimale est obtenue chez la variété V2 à 25% RU (23 ± 5) (figure 9). L'analyse de la variance signale un effet hautement significatif du régime hydrique sur ce paramètre ($P < 0.0001$). Le test de NEVMAN-KEULS au seuil 5% classe le rendement en graines par plante selon les niveaux de stress en trois groupes. Le premier groupe A comprend au niveau 90% RU auxquels les variétés présentent un rendement élevé avec une moyenne de 55.33. Le deuxième groupe B contient les traitements hydriques 75 et 50 % RU avec des moyennes de l'ordre de 44.16 et 42.33 respectivement. Le dernier groupe C renferme le traitement à 25% RU avec une moyenne de 28.33.

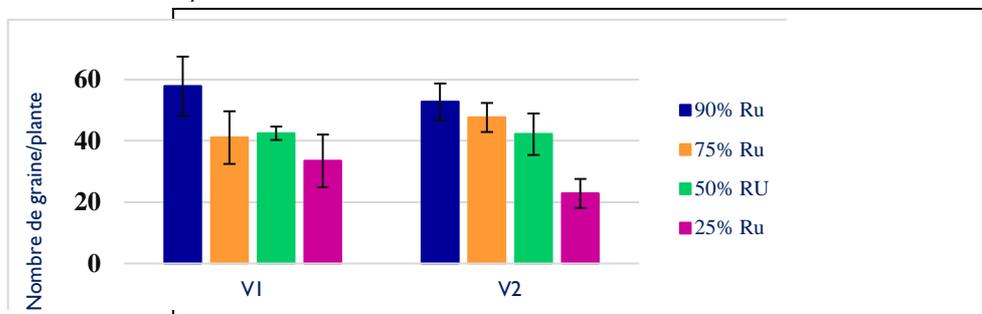


Fig. 9- Variation du rendement en graines par plante en fonctions des traitements hydriques

Poids de Milles graines (PMG)

L'effet du stress hydrique sur les composantes de PMG a montré que c'est le traitement 25% RU qui a présenté les valeurs significativement les plus faibles par rapport aux autres traitements et par rapport au témoin (figure 10). La variété V1 maintient 77% du PMG en condition de stress hydrique sévère (25% RU) par rapport au témoin (90% RU), alors que la variété V2 maintient 67% du PMG par rapport au témoin.

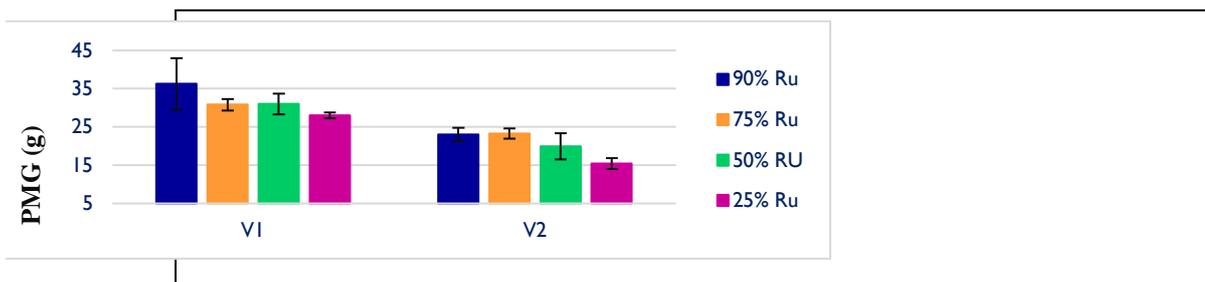


Fig. 10- Variation du PMG en fonction des traitements hydriques

Teneur en matières azotées totales (MAT)

L'intensité du stress augmente le pourcentage de la matière azotée totale. La valeur maximale enregistrée a été de 7.9% chez la variété V2 à 25% RU. Cela confirme les résultats de Cole et al. (1970), Snaydon (1972), Carter & Sheaffer (1983) et G. Lemaire (1998) qui ont montré que la sécheresse avait tendance dans certains cas à augmenter la teneur en azote alors que dans d'autres situations, ces teneurs n'étaient pas augmentées ou étaient même réduites.

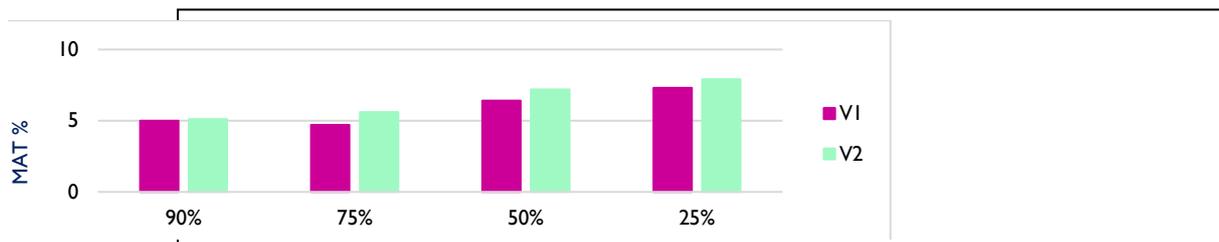


Fig.11 - Variation de la MAT chez les deux variétés en fonction des traitements hydriques

CONCLUSION

Deux variétés d'avoine V1 (Féritissa) et V2 (variété candidate) font l'objet de l'étude au laboratoire et sous abri. L'essai de germination effectué au laboratoire en utilisant des différentes doses de PEG (1,2,3,4,5,6,7 et 8%) a permis de conclure qu'en augmentant les concentrations de ce dernier on observe un ralentissement de la cinétique de germination et une réduction importante du pouvoir germinatif chez les deux variétés. Le rendement en matière sèche chez les deux variétés soumises à différents régimes hydriques diminue en augmentant le niveau de stress. Après 60 jours du stress la variété V1 (Féritissa) a tendance à développer mieux sa partie racinaire par rapport à sa partie aérienne. Le rendement moyen a été de 58 graines/plante enregistrée pour un niveau de stress de 90 % de RU et le rendement le plus faible a été de 23 graines/plante qui correspond à un régime de 25 % de RU. La meilleure valeur de la teneur en matières azotées totales a été de 7,9 % chez la variété Féritissa pour un traitement accentué (25% RU).

REFERENCES

- Boughdiri A. (2017). Efficacité de l'utilisation de l'eau et efficacité de l'irrigation de complément du blé : Essai de modélisation : Cas du périmètre public irrigué de Lakhmess à Siliana. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques de Tunisie. INAT. Tunisie. 238 p.
- Hsia D. (2009). Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- Lazalhaki, M., Ounane, S.D., Chaker, H., Alkama N., Nouar, S. (2013). Reponses morpho-physiologiques et biochimiques de la symbiose rhizobia-arachide au stress hydrique. Algerian journal of arid environment vol. 3, n° 1.
- Monneveux, PH et M. Nemmar (1986). Contribution à l'étude de la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum*.L) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). *Agronomie*, 6. : 383-590
- Morard P. (1995). Les cultures hors sol, publications agricoles, Agen.
- Nair, D., Murray-Rust H., Sakthiavel R., Makin, I. (2013). A water-productivity framework for understanding and action. In Kijine, J. W.; Barker, R. Molden. D. (Eds.). *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Wallingford, UK: CABI; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI) Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series
- Para, T. and Hachum A.Y. (2007). Improving Water Productivity in the Dry Areas of West Asia and North Africa. In CAB International 2003 – *Water Productivity in Agriculture: Limits and opportunities for improvement*. Kijne W; and Molden D. (eds) pp179-198.
- Raga S., Prudhome M. (2002). Yield potential debate: germplasm vs. methodology, or both. In M.P.Reynolds, S. Rajaram & A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*. Workshop Proc., Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. Mexico, DF, CIMMYT.
- Reynolds M. P., Singh R. P., Ibrahim A., Ageeb O. A., Larqué-Saavedra A. et Quick J.S. (2009). Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica*, 100: 84-95.
- Tibaoui G. (2008). Diversité biologique locale d'hedysaum cornosomae desf et recherche d'écotypes cultivars tolérants à la sécheresse et à la salinité. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques - Tunisie. INAT. Tunisie. 209 p.
- Turner N.C. (2013). Optimizing water use. In: Nösberger J, Geiger HH, Struik PC (eds) *Crop Science, Progress and Prospects, Third International Crop Science Congress* Hamburg. CABI, Wallingford, pp. 119-135.