

Experimental study of the effect of water stress on agro-physiological behaviors of lupine at the face of climate change

Etude Expérimentale de l'effet du stress hydrique sur les comportements agro-physiologiques du lupin face aux changements climatiques

A. BOUGHDIRI¹, G. TIBAOUTI¹, H. BAHROUNI², L. DHAOUADI³, B. BECHIR², A. SAIDI²

¹ School of Higher Education in Agriculture of Mateur, University of Carthage. Tunisia

² National Research Institute for Rural Engineering, Water and Forestry, Ariana, Tunisia

³ Regional Research Center for Oasis agriculture of Deguache, Tunisia.

*Corresponding author: amor.boughdiri@yahoo.fr

Abstract – This work aims to evaluate and analyze the agro-physiological behavior of lupine culture under the effect of water stress. Four water treatments T1, T2, T3 and T4 respectively corresponding to 80%, 70%, 50% and 35% of the retention capacity were applied. The plant material used is inoculated lupine and non uninoculated lupine. The results obtained showed that for increased water stress the treated species reduced their leaf area and perspiration by keeping relative water content. For the moisture regime corresponding to 35% Hcc, treated plants synthesize higher amounts of proline. At the young stage; the control treatment and the treatment which corresponds to 70% Hcc have too low levels of proline which does not exceed 250 µg / gMF. At 35% Hcc lupine does not show a significant increase in proline. Depending on the inoculation, the results obtained do not show a significant difference in a plant inoculated and not inoculated. In the aged stage proline; accumulation is more intense than in the young stage. The results show a variation of the proline content as a function of the inoculation. In fact, the quantities of proline formed are greater in non inoculated plants than inoculated ones.

Keywords: lupine, agro physiological behavior, water stress, inoculation

Résumé – Ce travail vise à évaluer et analyser les comportements agro-physiologiques de la culture du lupin sous l'effet du stress hydrique. Quatre traitements hydriques T1, T2, T3 et T4 correspondant respectivement au 80 %, 70 %, 50 % et 35 % de la capacité de rétention ont été appliqués. Le matériel végétal utilisé est le lupin inoculé et le lupin non inoculé. Les résultats obtenus ont montré que pour un stress hydrique accentué les espèces traitées ont réduit leurs surfaces foliaires et leurs transpirations en gardant une teneur relative en eau. Pour le régime hydrique qui correspond au 35 % Hcc, les plantes traitées synthétisent des quantités plus élevées en proline. Au niveau du stade jeune ; le traitement témoin et le traitement qui correspond à 70 % Hcc présentent des teneurs trop faibles en proline qui ne dépasse pas 250 µg/gMF. A 35 % Hcc le lupin ne montre pas une augmentation significative de la proline. En fonction de l'inoculation, les résultats obtenus ne montrent pas une différence significative chez une plante inoculée et non inoculée.

Au niveau du stade âgé ; l'accumulation des prolines est plus intense qu'au niveau du stade jeune. Les résultats montrent une variation de la teneur en proline en fonction de l'inoculation. En effet, les quantités de proline formées sont plus importantes chez les plantes non inoculées que celles inoculées.

Mots clés : lupin, comportement agro physiologique, stress hydrique, inoculation



1. Introduction

La Tunisie est confrontée à un certain nombre de facteurs d'origine naturels et anthropiques convergents qui sont à l'origine de l'état de dégradation assez avancée des sols. Il s'agit essentiellement de l'érosion hydrique, éolienne et de la salinisation. 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 assuré 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).

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 en eau des cultures (Hsia 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 (Nair et al., 2013, Para et al., 2007). Par conséquent, des nouvelles variétés et des améliorations des techniques culturales ont été introduites en agriculture (Reynolds et al., 2009). En conditions irriguées, les valeurs relativement élevées de l'efficacité de l'utilisation de l'eau peuvent être attribuées à un développement rapide de la surface foliaire (Zhang et al., 1998, Boughdiri, 2017).

Le déficit hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole dans le monde (Boyer, 1982).

D'où l'intérêt de notre étude sur l'effet de différents régimes hydriques sur les paramètres agro physiologiques chez une espèce fourragère : Lupin (*lupinus albus*).

2. Matériel et Méthodes

2.1. Présentation du site expérimental

L'essai a été conduit à la station expérimentale de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, située dans le gouvernorat de Bizerte, au Nord Est de la Tunisie (Altitude 20 m, latitude 37°03'N, longitude 9°36'E). La région appartient à l'étage bioclimatique sub-humide. La pluviométrie enregistrée au cours du stade végétatif du blé a été de 300 mm

2.2. Protocole expérimental

Le semis de la culture du lupin a été effectué le 1er février 2016 dans des pots en plastique sous abri dans l'exploitation de l'école. La densité de semis a été de 10 graines par pot.

Tous les pots ont été maintenus à 80 % de leurs capacités au champ avant l'application du stress aux cultures. L'inoculation a lieu 19 jours après le semis avec un volume de 100 ml par pot. Un essai factoriel en blocs aléatoires complets a été adopté, le facteur 1 correspond à la présence ou à l'absence de l'inoculation (deux lots par espèce), le facteur 2 s'intéresse aux quatre traitements T1, T2, T3 et T4 correspondant respectivement au 80 %, 70 %, 50 % et 35 % de la capacité de rétention. Trois répétitions ont été appliquées.

2.3. Paramètres mesurés

2.3.1. Paramètres agro-physiologiques

2.3.1.1. Transpiration

La transpiration des feuilles a été déterminée en faisant recours à la formule suivante :

$$\text{Transpiration} = \frac{\text{Poids frais initial} - \text{Poids frais final}}{\text{Durée de transpiration} \times \text{surface foliaire}} \quad (1)$$

- Le prélèvement de la feuille a été effectué pour chaque espèce, pour chaque lot et pour chaque répétition.

2.3.1.2. Surface foliaire

La mesure de la surface foliaire a été réalisée en utilisant un logiciel « MESIRIUM », qui permet de mesurer la surface d'une image donnée à partir d'une échelle prédéfinie par le manipulateur sur l'image d'origine.

2.3.1.3. Teneur relative en eau (TRE)

La teneur relative en eau a été déterminée en appliquant la formule suivante :

$$TRE = \frac{P F - PS}{P_{sat} - PS} \times 100 \quad (2)$$

PF : poids frais de l'échantillon en g, Psat : poids à la saturation pendant 24 heures de l'échantillon saturée de l'échantillon, PS : poids sec de l'échantillon, amené à l'étuve à 60°C pendant 24 heures.

2.3.1.4. Dosage de la proline

La méthode utilisée pour le dosage de proline est celle de Toll et Lindesleyn (1955) et mise au point par Dreier (1974). Après avoir récupéré la phase supérieure, on procède enfin à la détermination des densités optiques des échantillons à l'aide d'un spectromètre réglé sur une longueur d'onde de 528 nm. Un blanc est préparé en remplaçant l'extrait par 1 ml d'eau distillée et en lui faisant subir tous les traitements et dans les mêmes conditions que l'extrait et les solutions étalons. La lecture finale se fait après étalonnage.

2.3.1.5. Teneur en chlorophylle

La mesure de la teneur en chlorophylle a été mesurée par un chlorophylle mètre, qui affiche automatiquement les valeurs de la teneur en chlorophylle sans endommager les feuilles des plantes. Ce paramètre est réalisé deux fois pour chaque : espèce, lot, traitement et répétition.

3. Resultats et Discussion

3.1. Effet du stress hydrique

3.1.1. Transpiration

L'analyse de la variance montre que la transpiration a été réduite par application de la contrainte hydrique. Au stade jeune et au stade âgé, une réduction de la transpiration a été enregistrée aussi bien que chez le traitement inoculé que le traitement non inoculé. Au stade jeune la réduction de la transpiration est progressive en passant par les différents régimes hydriques. En effet au niveau de traitement 35 % Hcc, la transpiration a été réduite de 48% et 31 % par rapport au témoin respectivement pour le lupin inoculé et non inoculé (figure 1). De même pour le stade âgé, la réduction de la transpiration est d'autant importante que le régime hydrique est élevé (figure 2).

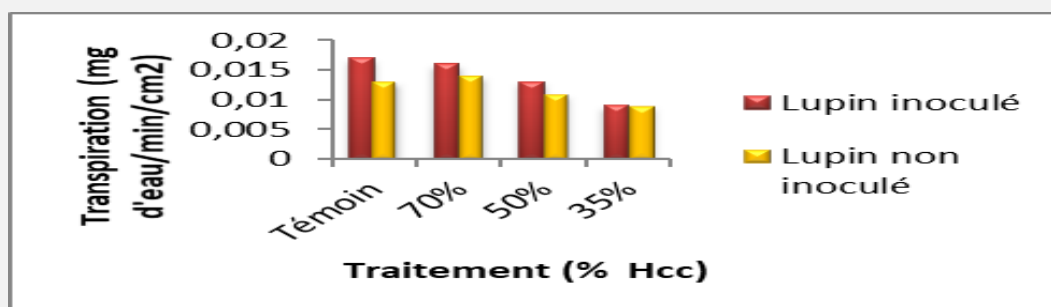


Figure 1. Variation de la transpiration en fonction des traitements au stade jeune

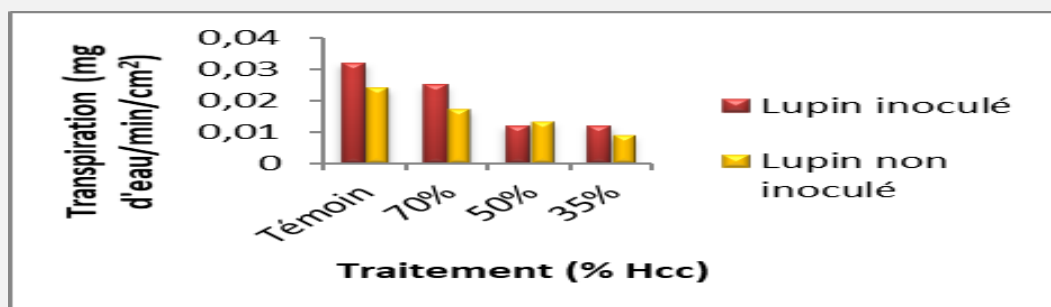


Figure 2. Variation de la transpiration en fonction des traitements au stade âgé

3.1.2. Surface foliaire

L'analyse statistique montre qu'une réduction significative de la surface foliaire en fonction des traitements hydriques. Cette réduction de la surface transpirante permet d'économiser l'eau, mais cette réduction peut s'accompagner par une réduction de la photosynthèse. Au stade jeune la surface a été réduite de 59 %, 53% par rapport au témoin pour un régime hydrique accentué, respectivement pour le lupin inoculé et le lupin non inoculé (figure 3).

Au stade âgé la réduction de la surface foliaire est très remarquable entre le témoin et les autres traitements hydriques. En effet le lupin cherche à diminuer la perte d'eau par transpiration en diminuant sa surface foliaire. En appliquant une contrainte hydrique sévère (35% Hcc), la réduction de la surface foliaire chez le lupin inoculé et non inoculé a été de 73% et 68% par rapport au témoin (figure 4).

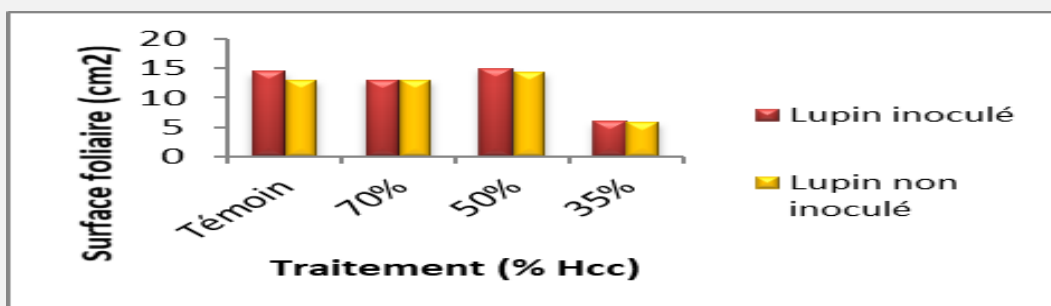


Figure 3. Variation de la surface foliaire en fonction des traitements au stade jeune

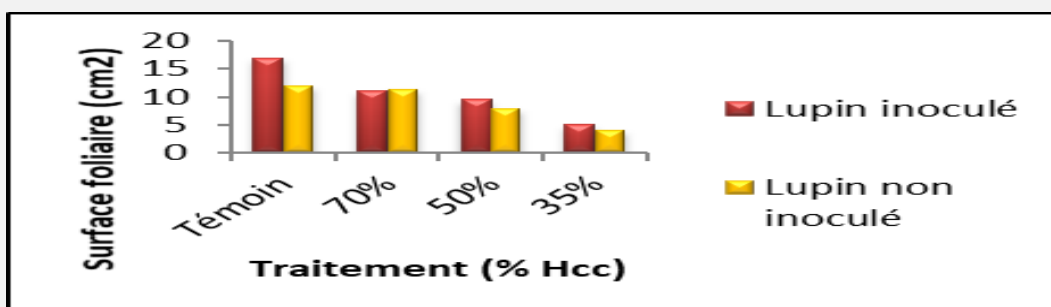


Figure 4. Variation de la surface foliaire en fonction des traitements au stade âgé

3.1.3. Teneur relative en eau

La teneur relative en eau varie avec les différents régimes hydriques appliqués et l'inoculation. Plus que le stress hydrique augmente, plus la teneur relative en eau est réduite chez les deux types de lupin. Pour les deux stades (figure 5 et 6), et à 35 % Hcc la plante a pu garder une teneur relative en eau élevée, 23,5 et 23 % du témoin respectivement pour le lupin inoculé et le lupin non inoculé. Au stade âgé, les taux de réduction ont été de 21 et 24 %. A la lumière de ces résultats on constate que le lupin a pu garder une teneur relative en eau élevée car elles sont capables de maintenir un niveau hydratant élevé dans les tissus. Elles ont pu économiser l'eau à travers la fermeture des stomates. Les plantes capables de retenir le maximum d'eau dans leurs tissus sont considérées comme étant les plantes le plus adaptées pour survivre dans des milieux déshydratés.

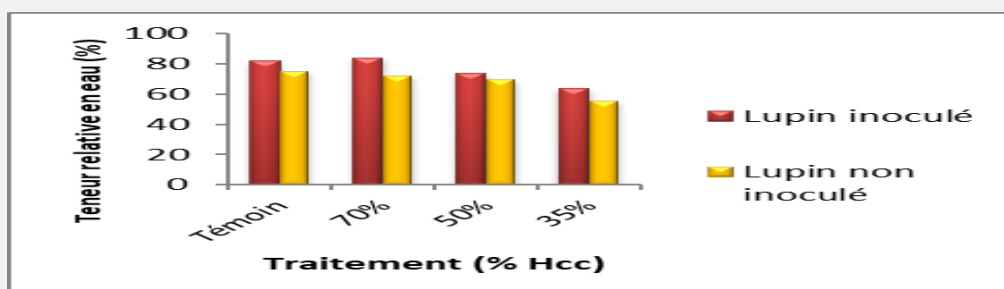


Figure 5. Variation de la teneur relative en eau en fonction des traitements au stade jeune

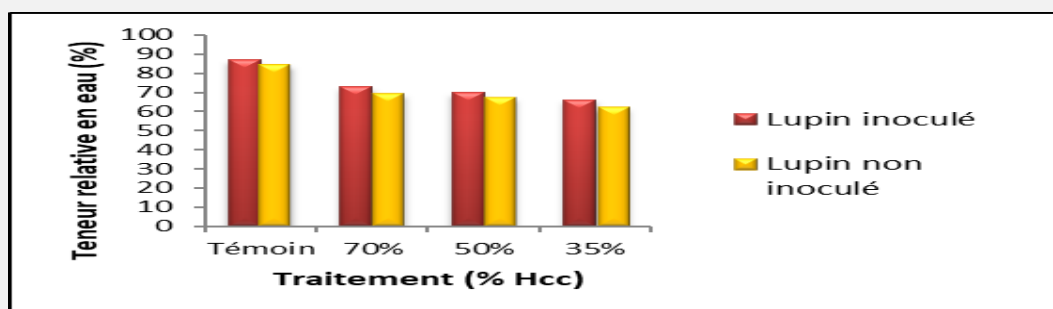


Figure 6. Variation de la teneur relative en eau en fonction des traitements au stade âgé

3.1.4. Teneur en chlorophylle

L'analyse statistique montre une variation hautement significative ($Pr < 0.0001$) de la teneur en chlorophylle en fonction des traitements. La synthèse de la chlorophylle varie avec les traitements hydriques appliqués sur l'espèce étudiée. Plus le traitement est accentué plus la teneur en chlorophylle diminue.

Au stade jeune (figure 7), face à une contrainte hydrique, la teneur en chlorophylle diminue. En effet la plante témoin (non traitée) synthétise une quantité importante de la chlorophylle qui est de 35 SPAD. En contre partie, la plante traitée à 35 % Hcc a réduit la synthèse de la chlorophylle de 37,5 % et 48,5 % par rapport au témoin pour le lupin inoculé et le non inoculé.

Au stade âgé (figure 8) une diminution progressive a été observée en fonction des différents traitements hydriques. Pour le régime 35 % de Hcc, la teneur en chlorophylle a été en moyenne de 50 % de témoin pour les deux cultures étudiées.

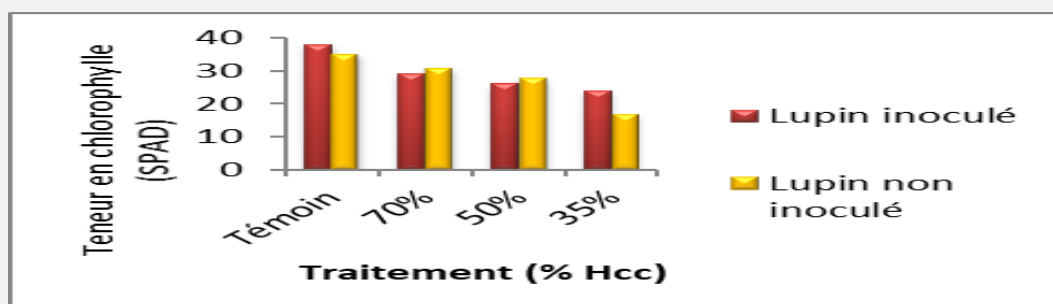


Figure 7. Variation de la teneur en chlorophylle en fonction des traitements au stade jeune

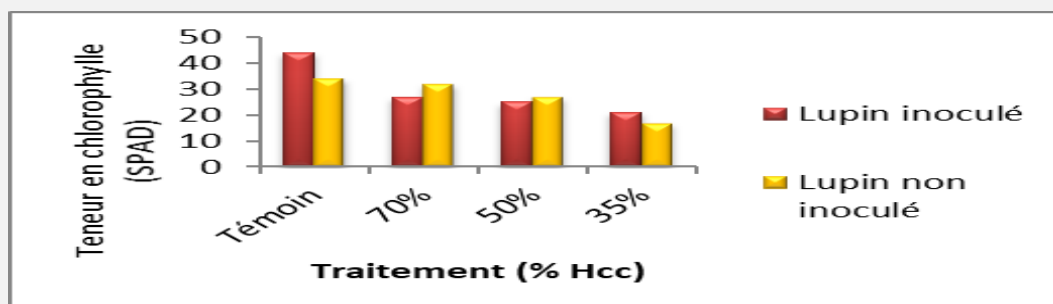


Figure 8. Variation de la teneur en chlorophylle en fonction des traitements au stade âgé

3.1.5. Teneur en proline

L'analyse de la variance montre un effet significatif du stress hydrique sur la quantité de proline dans les feuilles. Les résultats montrent une évolution remarquable de la production de proline en passant du témoin vers le régime hydrique le plus accentué.

Au niveau du stade jeune (figure 9) le traitement témoin et 70 % Hcc présentent des teneurs trop faibles en proline qui ne dépasse pas 250 $\mu\text{g}/\text{gMF}$.

A 35 % Hcc le lupin ne montre pas une augmentation significative de la proline. En fonction de l'inoculation, les résultats obtenus ne montrent pas une différence significative chez une plante inoculée et non inoculée.

Au niveau du stade âgé (figure 10) l'accumulation des prolines est plus intense qu'au niveau du stade jeune. Les résultats montrent une variation de la teneur en proline en fonction de l'inoculation. En effet, les quantités de proline formées sont plus importantes chez les plantes non inoculées que celles inoculées.

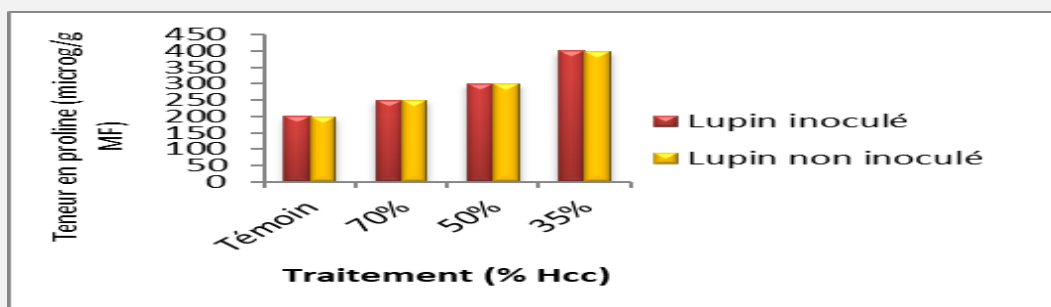


Figure 9. Variation de la teneur en proline en fonction des traitements au stade jeune

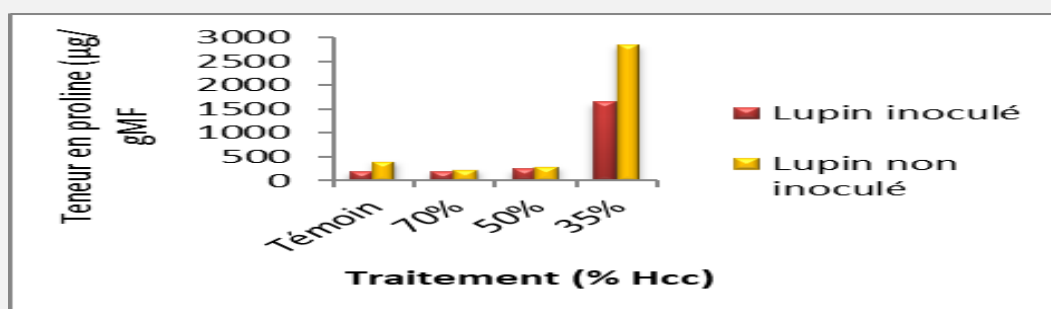


Figure 10. Variation de la teneur en proline en fonction des traitements au stade âgé

4. Conclusion

Au niveau de traitement 35 % Hcc, la transpiration a été réduite de 48% et 31 % par rapport au témoin respectivement pour le lupin inoculé et non inoculé. En appliquant une contrainte hydrique sévère, la réduction de la surface foliaire chez le lupin inoculé et non inoculé a été de 73% et 68% par rapport au témoin au stade âgé. Pour les deux stades, et à 35 % Hcc la plante a pu garder une teneur relative en eau élevée, 23,5 et 23 % du témoin respectivement pour le lupin inoculé et le lupin non inoculé au traitement. La teneur en chlorophylle a été en moyenne de 50 % de témoin pour les deux cultures étudiées. En effet au stade âgé, les quantités de proline formées sont plus importantes chez les plantes non inoculées que celles inoculées. Le lupin se comporte par la synthèse des métabolites de tolérance au stress hydrique qui est la proline. Ces mécanismes d'adaptation aux conditions de déficit hydrique, permettent à l'espèce étudiée de survivre et de maintenir une bonne capacité de production en matière sèche et en protéines.

5. Références

- Amor Boughdiri (2017)**. Thèse de doctorat en sciences agronomiques à l'INAT. Efficacité de l'utilisation de l'eau, efficacité de l'irrigation de complément chez une variété du blé dur Karim et essai de modélisation : Cas du périmètre public irrigué de Lakhmess à Siliana. 210 p.
- Boyer., (1982)**. Plant productivity and environment. Sci, New series. 218: 443-448 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.
- Kameli, L., Losel, D.M ; (1995)**. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress "Plant. Physiol, 145, pp. 363.
- Nair, D., Murray-Rust H., Sakthiavel R., Makin, I. (2013)**. A water-productivity framework for understanding and action. In Kiinje, 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) pp 179-198.
- 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'hedysarum cornosome desf, et recherche d'écotypes-cultivars tolérant à la sécheresse et à la salinité. Thèse Doctorale d'Etat en Sciences Agronomiques. INAT. Tunisie. p209.
- Zhang J.H., Sui X.Z., Li B., Su B.I., Li J.M., Zhou, D.X., (1998).** An improved water use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. *Field crops, Res.* 59, 91-98, Zhu.