

Effet de stress hydrique sur le comportement de quelques écotypes de lupins collectés de différentes régions de la Tunisie dans un contexte de changement climatique

Boughdiri Amor¹, Gouider Tibaoui², Chaima Sdiri³

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

³ Institut National Agronomique de la Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, cité Elmahrajene 1001

RESUME

Ce travail a pour but l'étude de l'effet de stress hydrique, l'évaluation des variabilités des réponses et le degré de tolérance à la sécheresse chez le lupin blanc, bleu et jaune d'origine locale.

La première partie s'intéresse à l'effet de stress hydrique sur le taux et la cinétique de germination sous neuf différentes concentrations de polyéthylène glycol 1500 (PEG-1500) (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15 et 16%) avec un témoin (0%). Les résultats ont montré que les différentes doses n'ont pas influencé le taux de germination mais ont causé une diminution de la cinétique de germination de plus en plus que la concentration en PEG augmente.

Dans la deuxième partie, on a étudié l'effet de déficit hydrique sur les comportements agronomiques et physiologiques des plantes (la transpiration, la surface foliaire, le chlorophylle et la teneur relative en eau), biochimiques (accumulation de proline, de sucres totaux et de sucres réducteurs) après 20, 40 et 60 jours de stress. Les paramètres de rendement ont été étudiés après 60 jours de stress. Les régimes hydriques adoptés sont 90% (témoin), 75%, 50% et 25% de la réserve utile RU du sol. Les résultats obtenus montrent un effet significatif ($P < 0.0001$) des différents traitements hydriques sur les paramètres étudiés et que toutes les accessions ont développés les mêmes mécanismes de réponse avec des différents degrés de tolérance.

Mots clés : Accession, lupin, stress hydrique, paramètres agro-physiologiques, tolérance, mécanismes de réponses

Effect of water stress on the behavior of some ecotypes of lupines collected from different regions of Tunisia in a context of climate change

Abstract

This work aims to study the effect of water stress, the variability of response and the drought tolerance of white, blue and yellow lupine of local origin.

The first part focuses on the effect of water stress on germination rate and kinetics under nine different concentrations of polyethylene glycol 1500 (PEG-1500) (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15 and 16%) with a control (0%) The results showed that the different doses did not influence the germination rate but caused a decrease in the germination kinetics more and more that the PEG concentration increases.

In the second part, the effect of water deficit on the agronomic and physiological behavior of plants (transpiration, leaf area, chlorophyll and relative water content), biochemical (accumulation of proline, total sugars and reducing sugars) after 20, 40 and 60 days of stress. The performance parameters were studied after 60 days of stress. The water regimes adopted are 90% (control), 75%, 50% and 25% of the useful soil reserve RU. The results obtained show a significant effect ($P < 0.0001$) of the different water treatments on the parameters studied and that all the accessions have developed the same response mechanisms with different degrees of tolerance.

Key words: Accession, lupine, water stress, agro-physiological parameters, tolerance, response mechanisms

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 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)

La Tunisie est considérée parmi les pays les moins dotés en ressources en eau dans le bassin méditerranéen, la potentielle eau mobilisable est de l'ordre de 4800 million m³, représente un quota inférieur à 500m³/habitant/an. (Louati, 2004)

Selon Hsiao (2009), 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.

Au niveau mondial, L'Océanie (principalement Australie occidentale) produit 75,3% de la production mondiale de lupin avec 644 340 t de lupin produit annuellement (moyenne sur 5 ans, 2011 à 2016). Ceci représente une surface moyenne de 491 900 ha (ABARES, 2016). La Biélorussie, le Chili, l'Union européenne et la Fédération de Russie produisent une quantité de lupin relativement faible comparée à l'Australie (Keogh, 2010).

En Tunisie il n'existe que douze espèces du genre *Lupinus* L. qui sont totalement différenciées et forment de nos jours un groupe d'espèce isolé (Gladstones, 1974) en cours d'extinction.

Le stress hydrique est une contrainte multiforme qui s'exprime à différents niveaux de l'organisation de la plante. MAdhava Rao et al (2006) a défini le stress hydrique quand la demande des plantes en eau dépasse l'eau disponible pendant une période précise.

D'autre part, Rodriguez et al (2010) a considéré le stress hydrique comme l'un des stress environnementaux les plus importants qui affecte la productivité agricole.

Différents mécanismes adaptatifs sont alors mis en jeu par la plante pour maintenir un état hydrique favorable et ou tolérer le déficit.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui vise à étudier les comportements agronomiques et physiologiques de 3 écotypes de lupin dans les conditions de stress hydrique.

MATERIEL ET METHODES

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

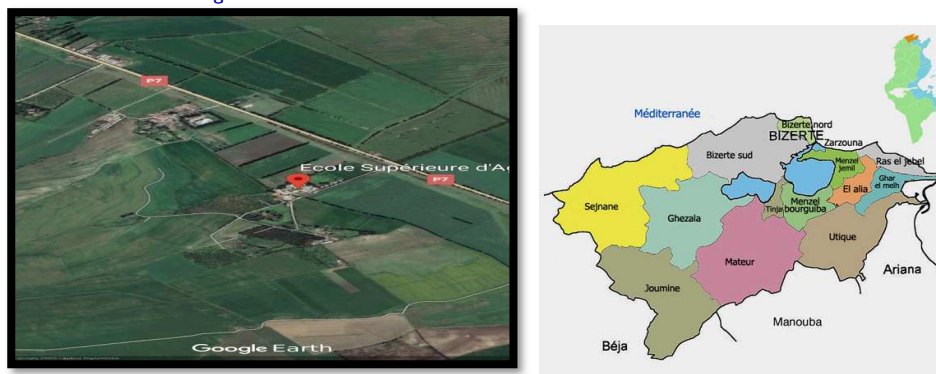


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Matériel végétal

Vue l'importance fourragère de lupin et son importance dans la substitution de soja, on a envisagé d'étudier le comportement des accessions de lupin bleu, jaune et blanc vis-à-vis au stress hydrique.

Elles sont dénommées respectivement A1, A2, A3, A4, A5 et A6 dont A1, A2, A3 et A5 sont des lupins bleus, A4 lupin jaune et A6 lupin blanc. Ces accessions proviennent essentiellement des régions du Nord de la Tunisie : Nabeul et Bizerte.



Figure 2: Les différentes accessions utilisées

Protocole expérimental

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).

Le substrat de culture formé par le sol de Sajnene et tourbe a été préalablement bien mélangé puis subit un tamisage pour éliminer les débris et finalement mis dans l'étuve à 60°C pendant 24h dans le but de séchage.

Les pots ont été remplis de substrat de culture avec des proportions appropriées :

- ♣ 150g de gravier au fond du pot pour assurer un bon drainage
- ♣ 5kg350 de sol de Sejnane+tourbe

→ Poids final du pot = 5kg772

On a maintenu les plantes sous une irrigation régulière qui garantit 100% de leur réserve utile pendant 8 semaines avant de commencer l'application de stress

Le semis a été fait le 14 Février 2019.

On a semé 5 graines par pot avec 4 pots par accession désignant 4 traitements dont chacun est répété 3 fois (15 graines par traitement par accession)

Ces gaines ont été préalablement scarifiées, mises dans l'eau distillée stérile pendant 24 h et sont par la suite transférées et mises en germination dans 72 pots plastiques dont leurs dimensions sont :

- ♣ Diamètre supérieur : 25.5cm
- ♣ Diamètre inférieur : 15.5cm
- ♣ Hauteur : 23cm
- ❖ Détermination des niveaux de stress

L'évaluation de l'impact du stress hydrique sur les accessions de lupin se fera à travers 4 niveaux de potentiel hydrique :

- ♣ T0 : lot témoin, le sol est maintenu à 90 % de sa capacité au champ
- ♣ T1 : le sol est maintenu à 75 % de sa capacité au champ
- ♣ T2 : le sol est maintenu à 50 % de sa capacité au champ
- ♣ T3 : le sol est maintenu à 25 % de sa capacité au champ

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

Paramètres mesurés et méthodes utilisées

Les paramètres mesurés au sein du laboratoire sont : la surface foliaire, la transpiration, la teneur relative en eau, la proline, les sucres totaux, rendement en grains.

Ainsi, les stades pendant lesquelles on fait les prélèvements sont les suivants :

- ♣ Stade jeune : 20jours après l'application du premier stress
- ♣ Stade intermédiaire : 40 jours après l'application du premier stress
- ♣ Stade âgé : 60 jours après l'application du premier stress

Surface foliaire

Le principe de la détermination de la surface foliaire consiste à détacher une feuille par accession, par traitement et par répétition, les étaler sur une feuille blanche et bien attacher leurs extrémités. Puis on a tracé un segment de 1 cm pour préciser l'échelle et on a pris des photos. A la fin, toutes les images ont été traitées par un logiciel « Mesurim » et tous les résultats ont été affichés sur l'écran en cm².

Transpiration

Pour la réalisation de cette expérience, on a découpé pour chaque accession une feuille par traitement et par répétition. On l'a recouvert par un papier aluminium et l'a mis dans une glacière afin de préserver son poids frais et les transporter au laboratoire où on a pesé les feuilles immédiatement à l'aide d'une balance sensible aux milligrammes. On a obtenu le poids frais.

La pesée de chaque feuille se répète toute les vingt minutes jusqu'obtenir un poids constant qui est le poids final.

Ainsi, l'évolution de la quantité d'eau transpirée est exprimée selon la formule suivante :

$$\text{Transpiration (mg d'eau/min/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Poids frais} - \text{Poids final}}{\text{Durée de transpiration} \times \text{Surface foliaire}} \quad (1)$$

Teneur relative en Eau : TRE

Le concept de la détermination de la TRE consiste à détacher une feuille et la peser immédiatement pour obtenir le poids frais **Pf** puis cette partie sectionnée a été mise dans une boîte de pétri, submergée d'eau distillée et mise à l'obscurité pendant 24h. A la fin, la feuille a été récupérée et délicatement essuyée par un papier buvard pour éliminer l'eau de surface, par la suite on l'a pesé à l'aide d'une balance de précision pour obtenir le poids de saturation **Psat** ou le poids en plein turgescence **Ppt** et l'a fait sécher dans l'étuve à 60°C pendant 24h pour obtenir le poids sec **Psec**. En appliquant la formule de **Barrs (1968)** on a pu déterminer la TRE :

$$\text{TRE (\%)} = \frac{\text{Pf} - \text{Psec}}{\text{Ppt} - \text{Psec}} \times 100 \quad (2)$$

Dosage de proline

C'est un acide aminé jouant un rôle important dans la structure des protéines et fait exception des vingt acides aminés. La proline est synthétisée à partir de l'acide glutamique via la pyrroline 5-carboxylate mais également de l'arginine et l'ornithine. Il est oxydé par la ninhydrine formant ainsi un complexe colorant dont l'intensité de coloration est liée à la quantité de proline présente dans l'échantillon. L'accumulation de la proline est l'une des manifestations les plus remarquables chez les plantes soumises au stress hydrique.

La méthode utilisée est celle de **Toll et Lindsley (1955)** simplifiée et mise au point par Dreider et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986).

Sucres totaux

Les sucres solubles totaux sont: saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides. Les techniques de dosage modifiées selon **Dubois et al (1956)**.

Sucres réducteurs

La méthode utilisée pour le dosage des sucres réducteurs est celle de **Millier (1959)** à l'aide de l'acide dinitrosalicylique DNS qui est considéré comme un moyen de détermination de la teneur en sucres réducteurs libres présents dans les échantillons à doser :

Teneur en chlorophylle

L'appareil utilisé pour cette action est Le SPAD-502. Il s'agit de mesurer l'absorption énergétique dans des bandes de longueur d'onde correspondant au rouge et à l'infra :

Rendement en grains

Le nombre des grains est déterminé le 12 juin 2019 au stade mature des graines. En effet on a déterminé le nombre des plantes et leur poids en grains pour chaque écotype, chaque traitement et chaque répétition. Ce paramètre est déterminé selon la relation suivante :

$$\text{Rendement en grains (g/plante)} = \frac{\text{poids des graines}}{\text{nombre de plante}} \quad (3)$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Effet de stress hydrique sur les paramètres agro-physiologique

La surface foliaire

L'analyse des résultats montre une réduction hautement significative ($P < 0.0001$) de la surface foliaire en fonction des traitements et de la durée de stress.

En effet, au premier stade il y a une réduction par rapport au témoin de 57% chez l'accession A1, 37% chez l'accession A2, 61% chez l'accession A3, 51% chez l'accession A4, 75% chez la cinquième accession et 70% chez la sixième accession

Par contre au deuxième stade on a une réduction de la surface foliaire 57%, 72%, 57%, 74%, 70% et 75% chez les accessions respectivement A1, A2, A3, A4, A5 et A6

Ainsi, pendant le troisième stade la surface foliaire est réduite par rapport au témoin de 61%, 82% et 75% chez respectivement les accessions A1, A2 et A3 mais les accessions A4, A5 et A6 n'ont pas pu supporter le régime hydrique sévère 25% pendant ce stade et on a observé la mort des plantes qui ont subi ce régime

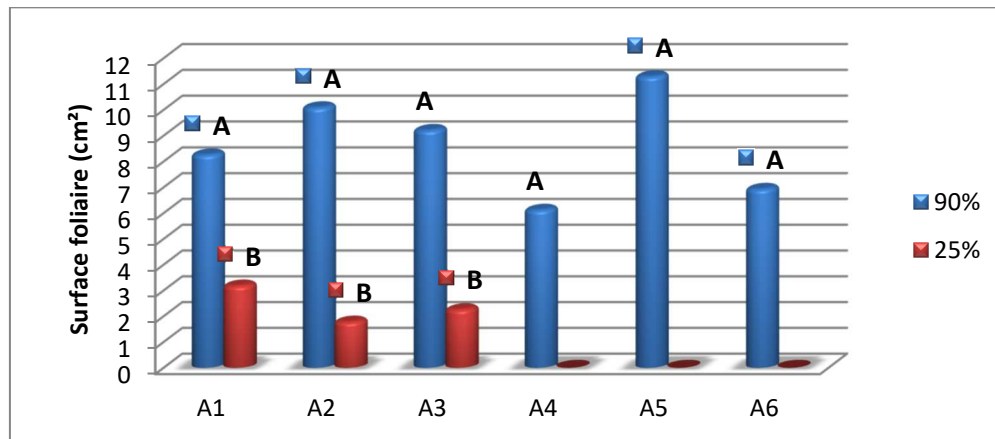


Figure 1: Variation de la surface foliaire après 60 jours de stress

La transpiration

L'analyse de la variance montre une réduction hautement significative de la transpiration en fonction des traitements, des accessions et de stade de stress hydrique

En outre après 20 jours de stress la transpiration est réduite par rapport au témoin de 43%, 62%, 58%, 27%, 71% et 71% chez respectivement les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6. Cette diminution est aussi remarquable après 40 jours de stress par rapport au témoin et a atteint 60%, 75%, 65%, 71%, 70% et 77% respectivement chez les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6. Cette diminution est aussi remarquable après 60 jours de stress par rapport au témoin et a atteint 67%, 77% et 80% chez les accessions A1, A2 et A3 mais les accessions A4, A5 et A6 n'ont pas pu supporter le régime hydrique sévère 25% pendant ce stade et on a observé la mort des plantes qui ont subi ce régime.

En effet, en condition de stress hydrique, la plante ferme ses stomates pour éviter de se dessécher. Cette fermeture est provoquée par une modification de la turgescence des cellules de la feuille induite par la déshydratation.

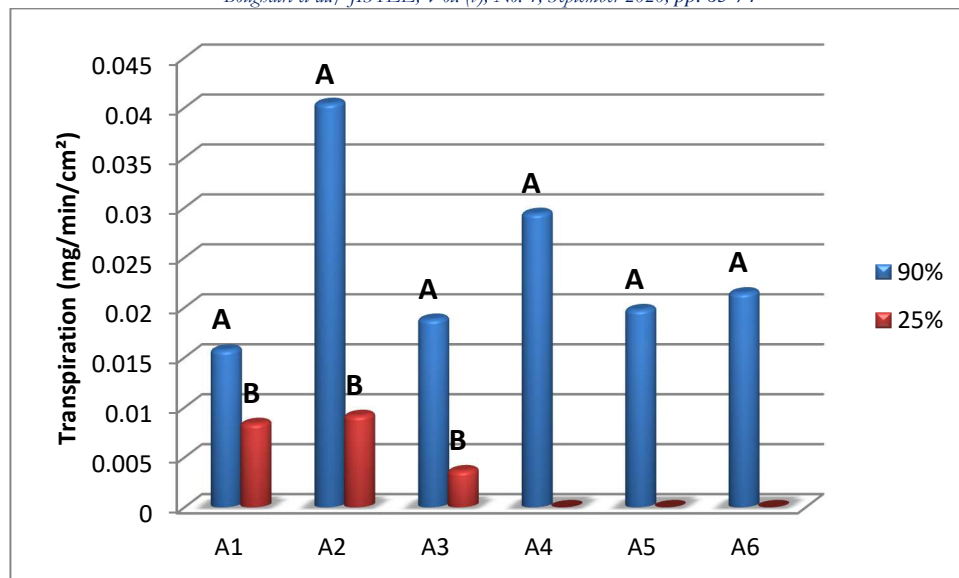


Figure 4: Variation de la transpiration après 60 jours de stress

La teneur en eau

L'analyse de la variance montre une réduction significative de la teneur en eau en fonction des traitements, des accessions et de stade de stress hydrique

En outre après 20 jours de stress, la teneur en eau est réduite par rapport au témoin 36%, 32%, 37%, 21%, 45% et 29% chez respectivement les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

D'autre part, après 40 jours la diminution de la teneur en eau par rapport au témoin a atteint 36%, 41%, 38%, 39%, 41% et 32% respectivement chez les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

Cette diminution est aussi remarquable après 60 jours de stress par rapport au témoin et a atteint 36%, 43% et 51% chez les accessions A1, A2 et A3 mais les accessions A4, A5 et A6 n'ont pas pu supporter le régime hydrique sévère 25% pendant ce stade et on a observé la mort des plantes qui ont subi ce régime.

Malgré cette diminution, les accessions ont pu garder un pourcentage de teneur relative en eau important.

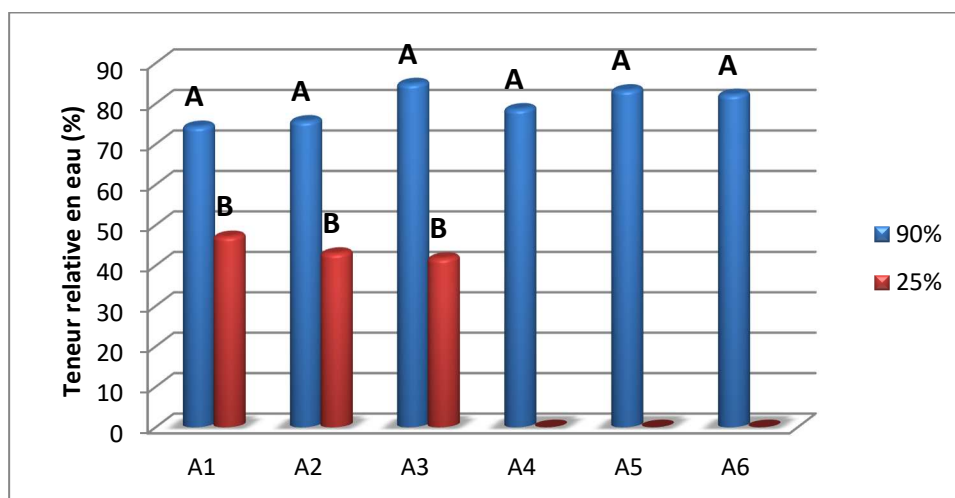


Figure 5: Variation de la teneur relative en eau après 60 jours de stress

Teneur en chlorophylle

L'analyse de la variance montre une réduction significative de la teneur en chlorophylle en fonction des traitements et de stade de stress hydrique

En outre après 20 jours de stress la teneur en eau est réduite par rapport au témoin 28%, 42%, 32%, 34%, 31% et 47% chez respectivement les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

D'autre part, après 40 jours la diminution de la teneur en eau par rapport au témoin a atteint 41%, 53%, 62%, 47%, 48% et 60% respectivement chez les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

Cette diminution a continué après 60 jours de stress par rapport au témoin et a atteint 27%, 36% et 68% chez les accessions A1, A2 et A3 mais les accessions A4, A5 et A6 n'ont pas pu supporter le régime hydrique sévère 25% pendant ce stade et on a observé la mort des plantes qui ont subi ce régime.

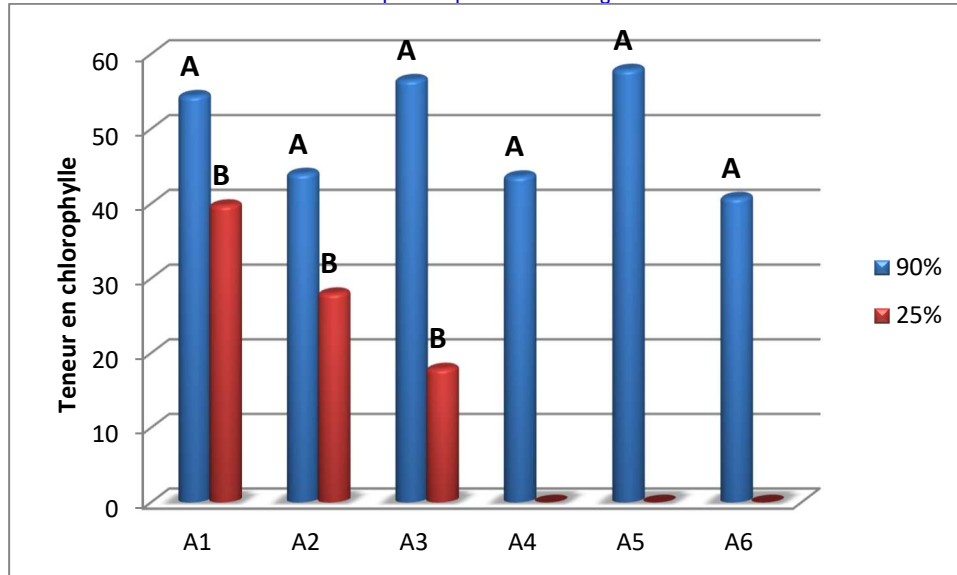


Figure 6: Variation de la teneur en chlorophylle après 60 jours de stress

Teneur en proline

L'analyse statistique des résultats obtenus révèle l'existence d'une différence hautement significative ($P < 0.0001$) des niveaux de stress (25, 50, 75 et 90%), des accessions et les stades (20, 40 et 60 jour).

Après 20 jours de stress la teneur en proline a augmenté par rapport au témoin de 67%, 68%, 69%, 78%, 69%, 82% chez respectivement les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6

D'autre part, après 40 jours l'augmentation de la teneur en proline par rapport au témoin a atteint 88%, 74%, 86%, 81%, 73%, 89% respectivement chez les accessions A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

Après 60 jours de stress il y a une augmentation par rapport au témoin qui a atteint 84%, 84% et 86% chez les accessions A1, A2 et A3 mais les accessions A4, A5 et A6 n'ont pas pu supporter le régime hydrique sévère 25% pendant ce stade et on a observé la mort des plantes qui ont subi ce régime.

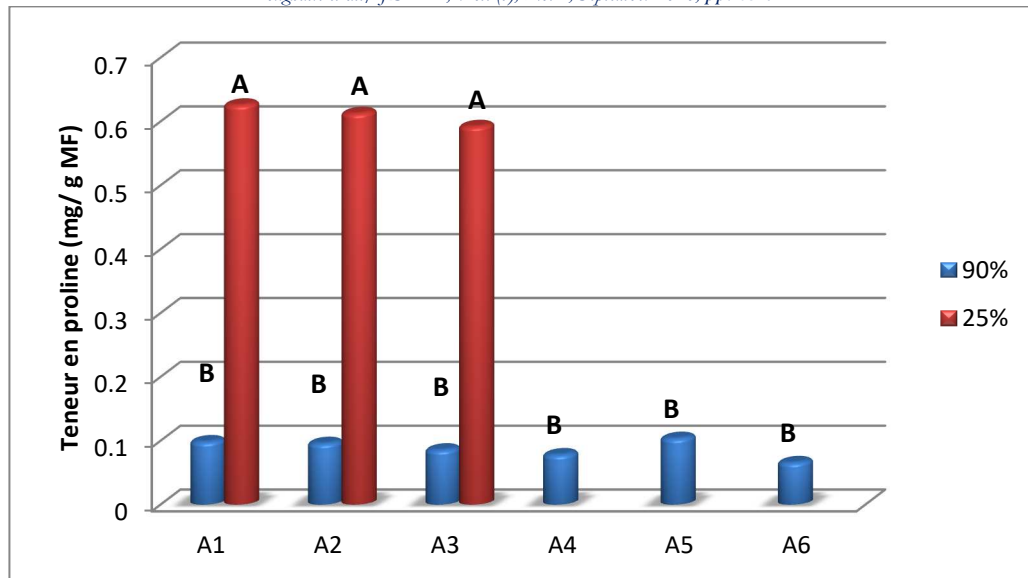


Figure 2: Variation de la teneur en proline après 60 jours de stress

Teneur en sucres totaux

L'analyse statistique des résultats obtenus montre une différence hautement significative ($P < 0.0001$) des niveaux de stress hydrique et la durée de stress.

La teneur en sucres totaux augmente corrélativement avec l'intensité de stress chez toutes les accessions.

Les fortes concentrations sont observées au niveau du traitement 25% RU. En effet, après 20 jours du stress l'augmentation de la teneur en proline enregistre des valeurs par rapport au témoin de 36%, 86%, 56%, 55%, 55% et 40% respectivement chez A1, A2, A3, A4, A5 et A6. Par contre, après 40 jours de stress on a remarqué une augmentation de 82%, 88%, 76%, 71%, 83%, 83% par rapport au témoin respectivement chez A1, A2, A3, A4, A5. Au dernier stade l'augmentation atteint 83%, 89% et 78% seulement chez A1, A2 et A3 car A4, A5 et A6 n'ont pas pu tolérer le régime sévère 25% RU.

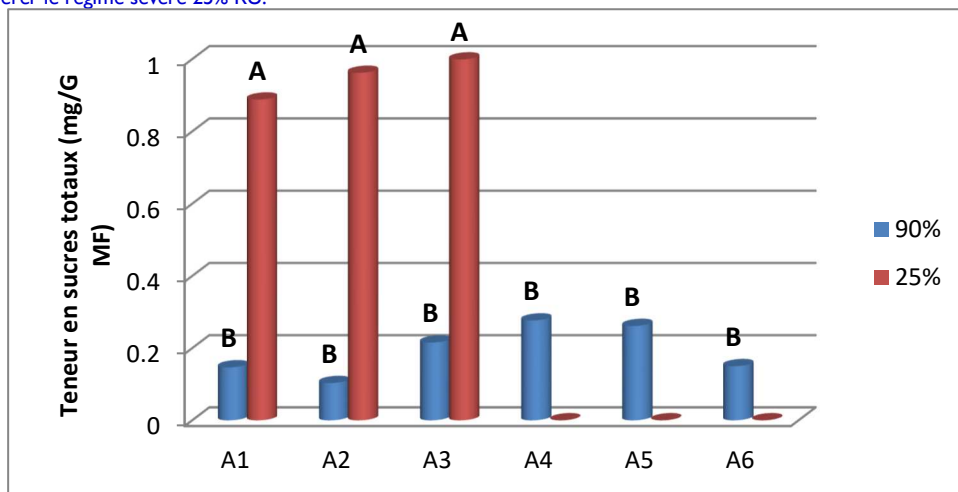


Figure 3: Variation de la teneur en sucres totaux après 60 jours de stress

Teneur en sucres réducteurs

L'analyse statistique des résultats obtenus montre une différence hautement significative ($P < 0.0001$) des niveaux de stress hydrique, des accessions et la durée de stress.

La comparaison entre l'évolution de la quantité de sucres réducteurs de toutes les accessions étudiées en fonction des stades de stress montre qu'il y a une augmentation des teneurs en sucres réducteurs au fur et à mesure que l'intensité du stress s'accroît.

En effet les teneurs en sucres les plus élevées sont observées au niveau du traitement 25% RU. En effet, après 20 jours de stress l'augmentation de la teneur en proline enregistre des valeurs par rapport au témoin de 44%, 35%, 26%, 44%, 38% et 39% respectivement chez A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

Par contre, après 40 jours de stress on a une augmentation de 17%, 15%, 32%, 51%, 53% et 58% par rapport au témoin respectivement chez A1, A2, A3, A4, A5 et A6.

Au dernier stade l'augmentation atteint 25% pour A1 et 40% pour A2 et A3. Le reste des accessions n'ont pas pu tolérer le régime sévère 25% Hcc.

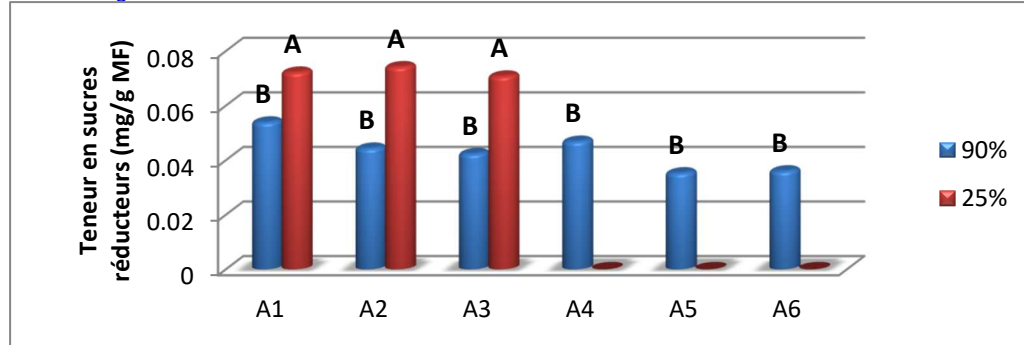


Figure 4: Variation de la teneur en sucres réducteurs après 60 jours de stress

Rendement en grains

Les résultats obtenus mettent en lumière l'effet de stress hydrique sur les plantes. En effet, toutes les plantes qui ont subi un déficit hydrique soit elles ont fleuri puis subit un avortement de leurs fleurs soit n'ont pas fait une floraison dès le début. De ce fait, on n'a obtenu que les gousses du traitement témoins. Une légère différence entre les accessions A1 et A3. Puis en second lieu les accessions A2 et A5. L'accession A4 n'a pas abouti à des gousses

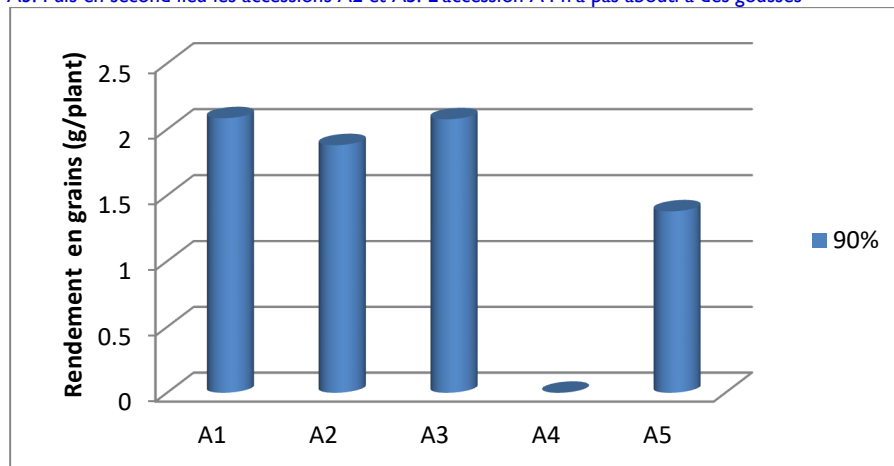


Figure 5: Variation du rendement en grains en fonction des accessions après 60 jours de stress

CONCLUSION

Les expériences effectuées au sein de laboratoire de production fourragère et sous abri à l'ESAM, nous permet de mettre en lumière l'impact de stress hydrique sur six accessions de lupin blanc, bleu et jaune d'origine locale.

Dans le régime hydrique le plus sévère (25% RU) et après 60 jours d'application de stress, trois accessions A1, A2 et A3 de lupin ont réagi en diminuant leurs surfaces foliaires respectivement de 61%, 82% et 75%, leurs teneurs en eau de 36%, 43% et 51%, leurs transpirations de 67%, 77% et 80% et leurs teneurs en chlorophylle de 27%, 36% et 68% par rapport au témoin en synthétisant des métabolismes de tolérance (proline, sucres réducteurs et sucres totaux). D'où et déjà toutes les accessions ont réagi de la même façon en condition de stress hydrique mais avec des fréquences différentes. Ces mécanismes d'adaptation aux conditions de déficit hydrique, permettent aux accessions de survivre et de produire des gousses.

Ces résultats doivent attirer l'attention des chercheurs et des agriculteurs sur l'importance de cette espèce dans les systèmes des cultures et dans la substitution du soja, matière première coûteuse sur les marchés internationaux.

A son terme, ce travail ouvre plusieurs perspectives de recherche :

- Il est impératif de faire une étude plus poussée des caractéristiques nutritionnelles du Lupin et l'impact de son utilisation sur les performances animales.
- Il faut également poursuivre le travail de prospection et de collecte de cette espèce et l'étendre à d'autres zones écologiques
- L'amélioration génétique du matériel biologique collecté doit être réalisée pour mettre des écotypes locaux de lupin bien adaptés et productives à la disposition des agriculteurs.

Références Bibliographiques

- Abares. (2016). Agricultural commodity statistics 2016. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences.
- Gladstones, J. S., (1974). Lupins of the Mediterranean region and Africa. Western Australian Department of Agriculture, technical bulletin 26: 1-48
- Hsiao D, (2009). Sélection in vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- Keogh, R. C., & Robinson. (2010). Pollination aware: the real value of pollination in Australia. Victorian Collections.
- Louati M.E.H., Mellouli, H.J., and El Echi M.L. (2004). Tunisia. In Drought Preparedness and Mitigation in the Mediterranean: Analysis of the organizations and Institutions. Results of the research carried out within the MEDROPLAN project "Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning". Contract N° ME8/AIDCO/2001/0515/59770-P027 of the European Commission. Options méditerranéennes, Serie B: Etudes et Recherches N° 51, CIHEMA. Iglesias A and Moneo M. (eds) pp. 155-190.
- Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S et Janardhan Reddy K. (2006). Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 1-14 p.
- Raga S, Prudhome M. (2002). Yield potential debate : germplasm vs. methodology, or both. In M.P.Reynolds, S.Rajaram et A.McNab, eds. Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. Workshop Proc., Cd.Obregon, Mexico, 28-30 Mar. Mexico, DF, and CIMMYT.
- Rodriguez-Gamir J., Primo-Millo E., Forner J.B., Forner Giner M.A. (2010). Citrus rootstock responses to water stress. Scientia Horticulturae 126. Pp: 95-102.