

Rendement des variétés d'orge exploitées à double fin sous régime pluvial

Fethi Bouksila^{1*}, Ines Hajlaoui¹, Hafedh Nasr¹ et Adel Ben Abada¹

¹*Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie. bouksila.fethi@iresa.agrinet.tn*

المخلص: مردودية أصناف الشعير الاستغلال المزدوج تحت ظروف بعلية. قمنا بمقارنة مردودية أربعة أصناف جديدة من الشعير المستغلة للغرض المزدوج (قص في مرحلة الإشتاء يليها الحصاد عند مرحلة النضج) ومردوديتهم عندما يقع استغلالهم بطريقة تقليدية (بدون عملية القص). وقد أجريت التجربة خلال الموسم الفلاحي 2012-2013 علي تربة ذات قوام ناعم في منطقة شرفش (تونس)، ذات المناخ شبه الجاف. مراقبة التغير المكاني والزمني لرطوبة التربة وملوحتها اظهر إمكانية حدوث إجهاد مائي في مرحلة تشكيل حبوب الشعير. استنادا إلى مردودية المادة العلفية (المادة الخضراء و / أو التبن) والحبوب، يتضح أن الصنف PK30046 يمكن تصنيفه في فئة الشعير المخصص لإنتاج الحبوب. فقد تسبب استغلاله المزدوج في انخفاض في إنتاج الحبوب بنسبة 62 % بالمقارنة مع استغلاله بطريقة تقليدية (3.95 طن / هكتار). بالنسبة الاستغلال المزدوج للشعير، فإن صنف CHK37 لديه أفضل مردودية. مع أو بدون عملية القص، فإن مردودية الصنف CHK37 شبه متطابقة، حوالي 7 طن / هكتار من التبن و 4.2 طن / هكتار من الحبوب. الشعير / استغلال مزدوج / مردودية / مناخ شبه جاف

Abstract: Performance of dual purpose barley varieties under rainfed conditions. The yield of four new varieties of barley, operated under dual purpose (cut at tillering stage and harvested at maturity) was compared to that of a conventional practice (without cutting). The experiment was performed during the crop season 2012-2013, on fine textured soils of semiarid Cherfech (Tunisia). The spatial monitoring of soil moisture and salinity revealed the possibility of crop water stress at the seed stage. On the basis of the forage yield (green matter and / or straw) and grains, it appears that the variety PK30046 had cereal vocation. The barley cut caused a reduction of the grains by 62 % compared to the conventional practice (3.95 t / ha). For dual purpose, the variety CHK37 has the best performance. With or without cutting, the yield of CHK37 is almost the same; about 7 t/ha and 4.2 t/ha for straw and grains, respectively.

Barley / dual purpose / yield / semiarid

Résumé : Le rendement de quatre nouvelles variétés d'orge, exploitées à double fin (coupe au stade de tallage suivi d'une récolte à la maturité), a été comparé à celui d'une exploitation conventionnelle (sans coupe). L'expérimentation est réalisée durant la campagne agricole 2012-2013 sur

un sol à texture fine de Cherfech (Tunisie) à climat semi-aride. Le suivi spatio-temporel de l'humidité du sol et de sa salinité a révélé la possibilité d'un stress hydrique au stade grains. Sur la base du rendement en fourrage (matière verte et/ou paille) et en grains, il ressort que PK30046 est une variété à vocation céréalière. Son exploitation à double fin a engendré une chute de production en grains de 62 % par rapport à une exploitation conventionnelle (3,95 t/ha). Pour une exploitation mixte, la variété CHK37 a le meilleur rendement. Avec ou sans coupe, le rendement de CHK37 est quasiment identique, il est d'environ 7 t/ha en paille et 4,2 t/ha en grains.

Orge / double exploitation / rendement / semi-aride

1. INTRODUCTION

La céréaliculture en Tunisie est une activité ancienne et essentiellement pluviale. Les surfaces ainsi que les rendements sont dépendants largement des conditions climatiques, notamment la pluviométrie (Bachta, 2011). D'après la Direction Générale de la Production Agricole (DGPA), sur une période de 35 ans (1980-2014), la superficie moyenne annuellement cultivée en céréaliculture est d'environ 1,46 Million d'ha dont 37 % est cultivée en orge. Sur la même période, le rendement annuel moyen en céréale est de 1,1 t/ha et varie de 0,2 à 1,9 t/ha. En raison de la variabilité spatiale des propriétés pédoclimatiques, la superficie et la production des céréales décroît du nord vers le sud tunisien. D'après la DGPA, durant la campagne agricole 2013-14, le rendement annuel moyen des céréales était de 2,0 t/ha, 1,2 t/ha et 0,4 t/ha respectivement au nord, au centre et au sud tunisien. Dans les zones pluvieuses, où les conditions sont favorables, le blé dur est préféré à toute autre céréale. Dans les zones moins favorables (semi-aride et aride), l'orge manifeste sa supériorité par ses capacités d'adaptation et son aptitude à assurer un niveau de production acceptable malgré des conditions difficiles (Slama et al., 2005). Sur une période de 35 ans, la superficie moyenne annuelle cultivée en orge est de 0,54 Mha et varie de 0,31 Mha à 0,86 Mha. Quant au rendement de l'orge, il est en moyenne égal à 0,7 t/ha/an et varie de 0,1 à 1,6 t/ha/an avec un écartype de 0,4 t/ha. D'après Teulat-Merah et al (2001), certains génotypes échappent au stress hydrique en accomplissant leur cycle de développement en dehors des périodes de sécheresse.

La détermination du rendement en biomasse et en grains chez les céréales a été utilisé par plusieurs auteurs comme paramètres de sélection à la sécheresse pour améliorer la production des céréales dans les zones sèches et l'obtention de variétés à rendement stable et élevé (Slama et al., 2005; Ouji et al., 2010). Dans un essai in situ dans la région du Kef (Nord-ouest de la Tunisie), Hayek et al. (2000) ont montré que pour une pluviométrie de 244

mm, enregistrée au cours de la saison de culture, le rendement en grain de deux variétés d'orge O10 et Rihane était respectivement de 3,04 t/ha et de 2,43 t/ha. En raison des hausses continues des prix de l'aliment concentré, les éleveurs font recours, de plus en plus, à la double exploitation de l'orge pour réduire les coûts de l'élevage. En Tunisie, la double exploitation des céréales concerne chaque année 45000 ha en moyenne, constituées essentiellement par l'orge, ce qui représente 16 à 20% des emblavures annuelles (Ouji et al., 2010). Dans la région de Béja (Tunisie), Ouji et al. (2010) ont conclu que les variétés 'Manel', 'Moumtez', 'Souihli 2', 'Souihli 1' et 'ACSAD 1424' sont les plus adaptées à la double exploitation et peuvent restituer rapidement leurs réserves pour assurer une bonne repousse. En Tunisie subhumide, Ben Youssef et al. (2001), recommandent les variétés Tej, Martin, Manel, ORDE1, ORDE6 et ORDE15 pour la culture d'orge à double fin.

L'objectif de ce travail est l'étude comparative de la performance de quatre nouvelles variétés d'orge pour une exploitation à double fin (fourragère et céréalière) dans le contexte agropédoclimatique tunisien.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site expérimental

L'expérimentation est réalisée durant la campagne agricole 2012-13, dans la station expérimentale de l'Institut National de Recherche en Génie rural et Forêts (INRGREF, Tunisie). Elle est située à Cherfech (gouvernorat de l'Ariana, nord de la Tunisie). Les coordonnées géographiques du site d'étude sont 36°57'45''N, 10°04'23''E. Le climat de la région est de type méditerranéen, caractérisé par des hivers doux qui reçoivent la majeure partie de la pluviométrie annuelle (450 mm en moyenne) et par des étés secs et chauds. La pluviométrie est très variable d'une année à l'autre et l'évapotranspiration annuelle moyenne est de 1370mm (calculée selon la formule de Penman). La station est équipée d'un réseau de drainage constitué de collecteurs à ciel ouvert, de profondeur égale à environ 2,5 m.

2.2. Dispositif expérimental

Quatre parcelles rectangulaires de 500 m² (100 m* 5 m) ont été utilisées pour l'expérimentation. Dans chacune des parcelles (500 m²), une variété d'orge a été semée manuellement, à raison de 130 Kg/ha. Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique, il est recommandé de semer l'orge durant la première quinzaine de novembre (Slama et al., 2005). C'est pourquoi, le semis des 4 variétés d'orge a été réalisé le 13 novembre 2012. Avant semis, le sol a été

préparé en adoptant les pratiques agricoles courantes des exploitants de la région. Au début de mois de novembre, le sol a été labouré par une charrue à disque sur une profondeur d'environ 0,25 m, suivi de deux croisements au cover-crop. La fertilisation a consisté en un apport de 150 kg/ha de DAP (di-ammonium de phosphate à 18% azote et 46 % P_2O_5) avant semis et deux apports de 150 Kg/ha d'ammonitres (33,5 % d'azote) réalisés respectivement juste après la coupe (février 2013) et à la fin du stade anthèse (fin mars 2013).

Le dispositif expérimental est complètement aléatoire à deux facteurs croisés (variété et coupe). Pour le facteur 'coupe', deux traitements ont été adoptés:

- Traitement (témoin): Il s'agit de la conduite conventionnelle de l'orge. Il vise uniquement la production de la paille et des grains. Ce traitement est réalisé sur une superficie (250 m²) occupée par chaque variété d'orge. A la fin du cycle végétal de l'orge, une récolte en grains et en paille a été affectée.
- Traitement avec coupe : une coupe a été effectuée au stade tallage sur la moitié de la parcelle (soit 250 m²) cultivée par chaque variété. La production de matière verte (MV) a été déterminée pour chaque variété d'orge. Pour des raisons techniques, la matière sèche n'était pas mesurée après séchage de la MV. A la fin de la saison agricole, la production en grains et en paille a été réalisée.

Pour évaluer le rendement en paille et en grains des 4 variétés étudiées, quatre petites parcelles de 0,25 m² ont été choisies aléatoirement au sein de chaque grande parcelle expérimentale (250 m²). Ainsi, nous pouvons considérer que nous sommes en présence d'un dispositif expérimental complètement aléatoire à deux facteurs étudiés croisés (variété et coupe).

2.3. Matériel végétal

Quatre variétés d'orge (PK30046, PK30118, CHK38, CHK37) ont été utilisées dans notre étude. Ces dernières ont été fournies par l'ICBA (International Center for Biosaline Agriculture) pour évaluer leurs performances en exploitation mixte. La faculté germinative et le poids de mille grains sont respectivement de 93 % et 25 g pour PK30046 ; de 96 % et 28 g pour PK30118, de 81 % et 30 g pour CHK38, de 79 % et 30 g pour CHK37.

2.4. Paramètres pédoclimatiques

La pluviométrie, la température, l'humidité, vitesse du vent, l'insolation et l'évaporation Piche sont mesurés à un pas de temps journalier à l'aide d'une station météorologique installée à environ 200 m de la parcelle expérimentale. Durant la campagne agricole 2012-2013, la pluviométrie totale et l'évaporation Piche étaient respectivement de 700 mm et de 1598 mm (Figure 1). La pluviométrie était largement supérieure à la moyenne

annuelle (environ 450 mm). De septembre 2012 à mai 2013 (récolte en juin), la pluviométrie était de 461 mm. La pluviométrie des mois de janvier (57,2 mm) et février 2013 (113,5 mm) permettront d'augmenter considérablement la réserve en eau du sol.

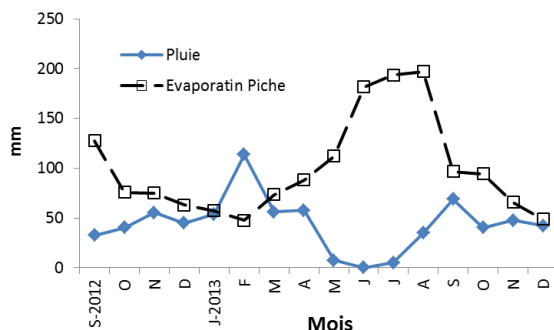


Figure 1 : Pluviométrie et évaporation Piche mensuelle durant la campagne agricole 2012-13.

Dans chaque parcelle cultivée par une variété d'orge (500 m²), au niveau de 3 sites, 5 prélèvements d'échantillons de sols ont été effectués (0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-1,0 et 1,0-1,5 m). Trois périodes de prélèvements d'échantillons de sols ont été effectuées : avant semis (novembre 2012), stades anthèse (mars 2013) et grains (Mai 2013). Les trois dates de suivi des propriétés des sols couvrent la période de sensibilité de la culture aux stress hydrique et salin. Les 60 échantillons de sols prélevés avant semis (5 profondeurs * 3 profiles * 4 parcelles) ont été utilisés pour la détermination au laboratoire des caractéristiques physico-chimiques initiales des sols selon les méthodes standards (USDA, 1954). Les analyses de laboratoire réalisées sont la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée (ECe), le pH, la matière organique MO, P₂O₅ assimilable, K₂O assimilable, la teneur en eau pondérale (Hp), la teneur eau pondérale au point de flétrissement permanent (pF 4,2) et à la capacité aux champs (pF2,7) et les fractions granulométriques. La densité apparente des sols (Da) a été déterminée par la méthode des cylindres pour 5 profondeurs de sol (0,1, 0,3, 0,5, 0,7 et 0,9 m). Les teneurs en eau volumique (θ) ont été estimées à partir des valeurs observées de la Da et de Hp. Les échantillons de sols prélevés aux mois de mars et mai 2013 ont été utilisés pour la détermination de Hp et ECe afin d'évaluer les risques d'un stress hydrique et/ou salin de l'orge.

Au mois de mars 2013, au voisinage immédiat des 12 sites de prélèvements des échantillons de sols (3 sites * 4 parcelles), des piézomètres de longueur

2,5 m ont été installés pour le suivi spatio-temporelle de la profondeur et de la salinité de la nappe superficielle. Le suivi spatio-temporel des caractéristiques de la nappe permettrait d'évaluer les risques de chute de rendement de l'orge suite à une hydromorphie temporelle ou permanente.

2.5. Traitements statistiques

Pour le traitement statistique des données collectées, le logiciel Statgraphics Centurion (version 45.2.06) a été utilisé. Ainsi, des analyses de la variance (ANOVA) à un et deux facteurs ont été réalisées. Pour la comparaison multiple des moyennes, nous avons fait recours au test de Newman-Keuls. L'objectif était d'étudier l'effet des variétés, du traitement (coupe) et leur interaction sur le rendement en paille et en grains.

3. RESULTATS

3.1. Suivi spatio-temporel de la teneur en eau du sol et de sa salinité

Les valeurs moyennes initiales (avant semis) des propriétés physico-chimiques des sols des parcelles cultivées par les 4 variétés d'orge figurent au tableau 1. D'après le triangle USDA (1954), la texture du sol est fine, elle est limoneuse à limono-argileuse. Dans la couche du sol 0-1,0 m, le taux moyen d'argile ($\phi < 2 \mu\text{m}$) et de limon ($2 \mu\text{m} - 50 \mu\text{m}$) sont respectivement de 34 % et de 50 %. Dans la couche du sol 0- 0,4 m, correspondant à la densité racinaire maximale de l'orge (Khaldoun et al., 1990), la capacité de rétention en eau maximale et la réserve en eau utile sont respectivement égale à 167 mm et 73 mm. La salinité initiale des sols est faible, inférieure à 2 dS/m dans la couche 0-0,6 m. Dans la couche de sol 0-0,4 m, le suivi spatio-temporel de la teneur en eau dans les quatre parcelles, a montré que la moyenne de la teneur en eau volumique θ (%) était d'environ 30,9, 31,7 et 19,1 respectivement en novembre 2012, Mars et Mai 2013. D'après la figure 2, durant les mois de novembre 2012 et mars 2013, le stock d'eau dans le sol était largement supérieur à celui du point de flétrissement permanent (pF 4,2).

Le suivi spatio-temporel des profils salins a montré que la salinité maximale des sols (ECe) dans la couche 0-0,6 m était inférieure à 3,5 dS/m durant les 3 périodes de mesures et pour l'ensemble des parcelles (Figure 2). Durant les mois de novembre 2012 et mars 2013, le profil salin est descendant et la salinité des sols en surface était inférieure à 2 dS/m. Au mois de mai 2013, la quasi-absence de pluie a engendré une accumulation des sels en surface. A partir de 0,6 m de profondeur du sol, le gradient de salinité est croissant et la ECe dépasse 5 dS/m.

Tableau 1 : Valeurs moyennes des propriétés de sol, prélevés avant semis, dans les quatre parcelles cultivées en orge. (Argile A, limon L, sable S, densité apparente Da, teneur en eau volumique (θ , cm^3/cm^3), matière organique MO).

Couche sol (m)	A	L	S	Da	θ (%)		ECe dS/m	θ %	pH	K ₂ O ppm	P ₂ O ₅ ppm	MO %
					pF 2,7	pF 4,2						
0 - 0,2	30	50	17	1,57	41	23	1,4	32,9	8,3	43	74	1,23
0,2 - 0,4	36	49	13	1,60	41	23	1,5	29	8,4	37	75	0,95
0,4 - 0,6	39	49	9	1,62	43	24	1,5	27	8,4	30	15	0,54
0,6 - 1,0	30	51	16	1,67	45	22	3,4	23	8,4			
1,0 - 1,5	28	43	26	1,67	45	27	4,2	23	8,4			

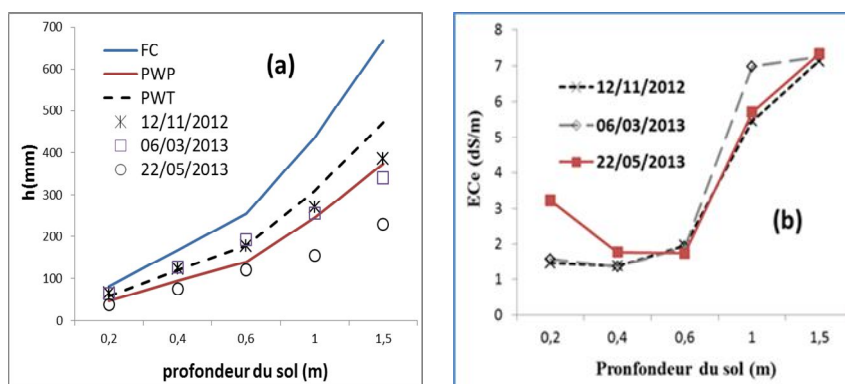


Figure 2 : (a) Evolution temporelle du stock d'eau cumulé (h, mm) et de la salinité des sols (ECe, dS/m) (b). FC, PWP et PWT sont la hauteur d'eau équivalente respectivement à la capacité au champ, au point de flétrissements permanent PWP et à la réserve facilement utilisable.

3.2. Suivi spatio-temporel des caractéristiques de la nappe superficielle

Durant le mois de novembre 2012, lors des prélèvements d'échantillons de sol, la nappe était plus profonde que 1,5 m. Durant les mois de mars et mai 2013, la moyenne de la profondeur de la nappe superficielle (Dgw) dans les 4 parcelles était de 1,6 m et a varié de 1,46 m à 1,76 m. La conductivité électrique des eaux de la nappe (ECgw) a varié de 7,4 dS/m à 12,5 dS/m avec une moyenne de 9,4 dS/m et un écartype de 1,23 dS/m. Par conséquent, aucun risque d'hydromorphie des sols est observé durant le cycle végétal de l'orge et qui pourrait affecter le rendement de l'orge.

3.3. Rendements des variétés d'orge

L'étude de l'impact des traitements (variété et coupe) sur le rendement en paille et en grain devrait permettre de classer les variétés d'orge en fonction

de leurs vocations (céréalière, fourragère ou mixte). L'ANOVA à deux facteurs, révèle la présence d'une interaction très hautement significative ($\alpha \leq 0.001$) entre variétés et traitements et ce pour les deux variables étudiées (rendement en grains et en pailles) (Tableau 2). Dans ce cas, il n'est pas possible de comparer les variétés indépendamment des traitements et vice versa, puisque les deux facteurs agissent l'un en fonction de l'autre. Il faut donc effectuer une analyse de la variance à un critère pour comparer les variétés dans chacune des deux traitements (coupe et sans coupe).

Tableau 2. Analyse de la variance à deux facteurs (variété et coupe) du rendement en matière sèche (paille) et en grains.

Variable	Rendement Matière sèche		Rendement Grains	
Traitement	F-observé	Pr > F	F-observé	Pr > F
Variété	18,17	< 0.0001	41,59	< 0.0001
Coupe	44,51	< 0.0001	78,95	< 0.0001
Variété-Coupe	12,40	< 0.0001	24,71	< 0.0001

Rendement en matière verte.

Pour les variétés d'orge qui ont subis une coupe, le rendement moyen de la matière verte (MV) est de 17,22 t/ha. Contrairement à PK30046 et CHK37, les rendements en MV de PK30118 (21,6 t/ha) et CHK38 (20,24 t/ha) étaient supérieurs à la moyenne des 4 variétés (Figure 3).

Rendement en paille

Pour les variétés qui ont subi une coupe, le rendement moyen en paille est de 5,11 t/ha. Il a varié de 3,28 t/ha à 6,63 t/ha respectivement pour PK30046 pour CHK37. Pour la conduite conventionnelle, le rendement moyen en paille des 4 variétés d'orge est de 6,45 t/ha avec un coefficient de variation (CV) égale à 11 %. Le meilleur rendement est observé pour la variété CHK37 (7,31 t/ha) et PK30046 (6,67 t/ha) (Figure 4). La moyenne du rendement en fourrage (matière verte et paille) était de 17,2 t/ha, une valeur supérieure au rendement en fourrage de PK30046 (15,76 t/ha) et CHK37 (21,19 t/ha). Le meilleur rendement en fourrage est obtenu avec les variétés PK30118 (26,52 t/ha) et CHK38 (25,86 t/ha).

L'analyse de la variance à un seul facteur confirme l'effet hautement significatif du traitement 'coupe' sur la production de la paille des 4 variétés d'orge (Tableau 3). Avec le traitement coupe, seules les variétés PK30118 et CHK38 ont une différence non significative de leurs rendements en paille (Figure 4). Pour le traitement témoin (sans coupe), il y a une interaction hautement significative entre les variétés et le rendement en MS (Tableau 3). La comparaison multiple des moyennes relative à la variable paille montre

qu'il existe deux groupes différents de la production de paille. Le premier groupe est composé des variétés PK30046, PK30118 et CHK38 (Figure 4). La variété PK30046 s'associe également à CHK37 pour composer le deuxième groupe. Par conséquent, la variété CHK37 se distingue des 3 autres variétés (Figure 4). Les variétés PK30118 et CHK38 ont permis d'obtenir le meilleur rendement en matière fourragère (verte et paille).

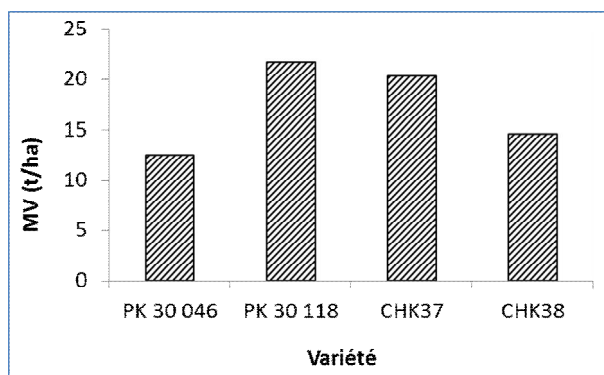


Figure 3 : Rendement en matière verte (MV) des quatre variétés d'orge

Tableau 3 : Effet variété par traitements sur le rendement

Variables	Paille		Grains	
Traitements	F- observé	Pr > F	F- observé	Pr > F
Sans coupe	7,13	0,003	11,35	0,0003
Avec Coupe	20,83	<0, 0001	53,36	<0,0001

Rendement en grain

Pour la conduction conventionnelle, le rendement moyen en grain est de 3,71 t/ha avec un CV égale à 13%. Le rendement varie d'environ 3,3 t/ha pour PK30118 et V35 et augmente à environ 7 t/ha pour PK30046 et CHK37 (Figure 4). Durant la campagne agricole 2012-2013, dans le gouvernorat de l'Ariana, la moyenne du rendement en orge était de 1,8 t/ha (DGPA), soit un rendement inférieur à celui obtenu par les variétés étudiées. A l'échelle nationale, ce rendement relativement faible, pourrait s'expliquer par les variétés utilisées mais aussi aux pertes dues souvent à une mauvaise maîtrise de la récolte par les moissonneuse batteuses. Pour l'exploitation de l'orge à double fin, le rendement en grains est de 4,19 t/ha pour CHK37, d'environ 2,7 t/ha pour PK30118 et V35, et de 1,51 t/ha pour PK30046. L'ANOVA a

révélé l'effet très hautement significatif de la coupe sur la production en grains des 4 variétés (Tableau 3). Les variétés PK30118 et CHK38 ne présentent pas de différence significative de leurs rendements moyens en grains (Figure 5).

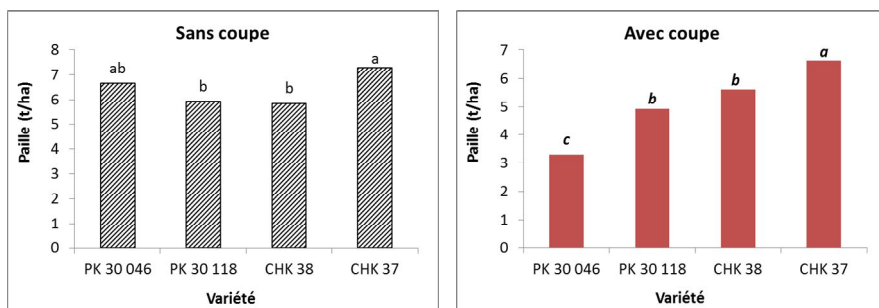


Figure 4 : Rendement moyen en paille des variétés avec et sans coupe. Les lettres différentes désignent des moyennes significativement différentes.

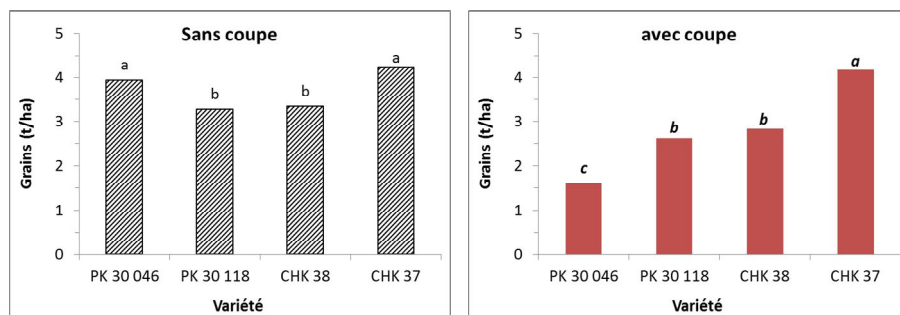


Figure 5 : Rendement moyen en grains des variétés avec et sans coupe. Les lettres différentes désignent des moyennes significativement différentes.

Pour le traitement témoin (sans coupe), il y a également un effet très hautement significative du traitement sur le rendement en grains. Dans le cas de la conduite conventionnelle, les 4 variétés d'orge ont été classées dans deux groupes dont le rendement en grain moyen est différent (PK30046 - CHK37) et (PK30118 - CHK38) (Figure 5).

4. DISCUSSION

Le suivi spatio-temporel de la teneur en eau et de la salinité de la couche racinaire de l'orge durant les mois de novembre 2012, mars et mai 2013 a montré un faible risque de stress salin de l'orge. La salinité des sols était inférieur au seuil de tolérance de l'orge et ne pourrait affectés la production

de l'orge (Mass and Hoffman, 1976). Durant les mois de novembre 2012 et mars 2013, le stock d'eau dans le sol était largement supérieur à celui du point de flétrissement permanent (pF 4,2). Ce résultat pourrait s'expliquer par les 454 mm de pluie enregistrée de septembre 2012 à avril 2013. Au mois de mai 2013, la pluviométrie enregistrée de 7,5 mm était insuffisante pour compenser l'évapotranspiration. En effet, au mois de mai (stade grain), la teneur en eau était inférieure à celle au point de flétrissement permanent. Par conséquent, à partir du mois de mai, le stock d'eau dans la zone racinaire pourrait affecter la production de l'orge. La présence d'un collecteur de drainage au voisinage des parcelles expérimentales a permis de maintenir le toit de la nappe loin de la zone racinaire de l'orge. Durant la saison agricole 2012-2013, aucun risque d'hydromorphie temporelle ou permanente n'a été observé et qui pourrait engendrer une chute de production de l'orge. Sur la base des résultats des propriétés des sols, il ressort que les variations de la production de l'orge peuvent être attribuées principalement aux variétés d'orges utilisées.

Le rendement minimal en matière verte (12,48 t/ha) observé par les 4 variétés étudiées était largement supérieur à ceux obtenus par d'autres variétés d'orge d'autres régions de la Tunisie. En effet, dans la région de Béja, le rendement maximal de 10 variétés d'orge était de 3,16 t/ha pour la variété 'ACSAD 1424' (Ouji et al., 2010). Ce résultat pourrait s'expliquer en partie par l'aptitude des quatre variétés étudiées à la croissance et à la production fourragère, aux propriétés pédoclimatiques de l'expérimentation et aux pratiques agricoles (date de semis, date et quantité des apports en engrais, etc.). L'examen de la moyenne des rendements en paille et en grains des 4 variétés révèle qu'il y a un effet 'coupe' significatif (5 %). L'étude comparative des rendements en paille des 4 variétés montre que la coupe réalisée sur PK30046 a engendré une chute du rendement en paille de 51 % par rapport à celles sans coupe (de 6,67 t/ha à 3,28 t/ha avec coupe). Cette chute de production en paille est de 17 %, 9 % et 4% respectivement pour les variétés PK30118, CHK37 et CHK38. Par conséquent, contrairement à PK30118 et CHK38, la variété PK30046 ne pourrait pas être préconisée pour une exploitation fourragère. L'exploitation de l'orge à double fin a engendré également une chute du rendement moyen en grains pour les 4 variétés d'environ 25 % (de 3,71 t/ha à 2,77 t/ha). La diminution du rendement en grains est de 62 % pour PK30046, d'environ 19 % pour PK30118 et CHK38, et de 1% pour CHK37. Le coefficient de variation du rendement en grains, relativement important (40 %), montre clairement que les variétés d'orge ne réagissent pas de la même manière à la coupe. Nos résultats corroborent ceux de Ben Youssef et al. (2001) qui constatent que la coupe de 15 génotypes d'orge a réduit le rendement en paille de 34% et celui

en grain de 19%. Une réduction d'environ 30 % du rendement moyen en grains après la coupe de l'orge a été également observée par Slim et al. (1985) et Ouji et al. (2010). D'après Chakroun et al. (2001) et Ouji et al. (2010), cette réduction, due à la coupe, est principalement liée à une réduction de la taille des grains, puis à celle du nombre d'épis par m² occasionnée par un retard de croissance et un décalage de la date de l'épiaison.

L'étude comparative des rendements moyens en fourrage (matière verte et/ou paille) et en grains des 4 variétés d'orge permet de les classer comme suit :

- Variété à vocation céréalière: Il s'agit de PK30046. En exploitation conventionnelle (sans coupe), le rendement est de 6,68 t/ha et de 3,95 t/ha, respectivement en paille et en grains. Pour le traitement avec coupe, le rendement en paille de PK30046 était inférieur à celui des 4 variétés. Son exploitation mixte a engendré une chute du rendement en paille et en grains supérieure à 50 %.

- Variétés à vocation fourragère. Ce groupe est composé de PK30118 et CHK38. Le rendement en matière fourragère (matière verte et paille) est le plus élevé (26 t/ha) par rapport aux autres variétés. Avec coupe, le rendement en paille est d'environ 5,3 t/ha et de 2,7 t/ha en grains. La coupe a engendré une chute de rendement en paille de 4 % pour CHK37 et 17 % pour PK30118. L'ANOVA à un seul facteur, a révélé qu'avec ou sans coupe, il n'y a pas de différence significative de leurs rendement moyen (grains ou paille). Toutefois, vu leurs rendements en grain (avec et sans coupe) par rapport à ceux d'autres variétés étudiées en Tunisie (Ouji et al., 2010 ; Khaldoun, 1989; etc.), les variétés PK30118 et CHK38 peuvent également être utilisées pour une exploitation mixte.

- Variétés à vocation mixte: Il s'agit de CHK37. Avec ou sans coupe, le rendement en paille (environ 7 t/ha) et en grains (environ 4,2 t/ha) est le plus élevé. La coupe a engendré une chute de rendement de 9 % et de 1 %, respectivement en paille et en grains. Contrairement aux autres variétés, CHK37 arrive à restituer rapidement ses réserves pour assurer une bonne repousse après la coupe.

5. CONCLUSION

L'orge constitue une solution à un système de production basée sur l'élevage, du fait qu'en plus de la production céréalière (grains), elle peut constituer une source de fourrage pour le bétail. L'objectif de ce travail est d'étudier l'aptitude de quatre nouvelles variétés d'orge pour une exploitation à double fin (fourrage et céréale) dans le contexte pédoclimatique tunisien.

Le suivi spatiotemporel des propriétés physico-chimiques des sols et des propriétés de la nappe superficielle a montré que la salinité dans la couche racinaire était inférieure au seuil de tolérance de l'orge que la nappe était assez profonde pour engendrer des problèmes d'asphyxie des cultures. En raison d'une pluviométrie d'environ 700 mm, aucun risque de déficit hydrique n'était observé jusqu'au mois d'avril 2013. Durant le stade de grain (à partir de Mai 2013), la teneur en eau observée pourrait engendrer un déficit hydrique pour l'orge. D'après les résultats des rendements en biomasse (verte et paille) et grains, il s'avère que la variété PK30046 est essentiellement à vocation céréalière. Pour une conduction conventionnelle (sans coupe), son rendement en grain était 3,95 t/ha et en matière fourragère était inférieur à la moyenne. La production en biomasse des variétés PK30118 et CHK38 est la plus importante (environ 26 t/ha). La coupe a engendré une diminution du rendement en paille de moins de 20 %. Les variétés d'orge PK30118 et CHK38 sont essentiellement à vocation fourragère. A l'exception de la production de la matière verte, la variété CHK37 a permis d'obtenir le meilleur rendement en grains et en paille. Son exploitation en vert n'a pas affecté significativement la production en paille et en grains. Le rendement avec ou sans coupe est d'environ 7 t/ha et 4,2 t/ha respectivement en paille et en grains. En raison de la pluviométrie importante enregistrée durant l'expérimentation, il est recommandé de poursuivre l'expérimentation durant des années moins humide pour évaluer l'impact d'un éventuel stress hydrique sur le rendement de ces variétés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Monsieur Hamrouni Hédi, Directeur de la Direction des sols du Ministère de l'agriculture Tunisien pour les analyses de la fertilité des sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bachta, M.S., 2011 - La céréaliculture en Tunisie. Une politique de régulation à repenser. *Collection Notes d'Analyse du CIHEAM*, 64. Valable à http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=9076
- El Jaafar, S., Lepoivre, P., Semal, J., 1995 - Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? In : Ed. AUPELF-UREF. John LibbeyEurotext.Paris © 1995. Valable à <http://www.bibliotheque.auf.org/>
- Hayek T., Ben Salem M., Zid, E., 2000 - Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse : Cas du blé, de l'orge et du triticale. In : Durum

wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza: CIHEAM, 2000. p. 287-290. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40). Seminar on DurumWheatImprovement in the MediterraneanRegion: New Challenges, 2000/04/12-14, Zaragoza (Spain). <http://om.ciheam.org/om/pdf/a40/00600046.pdf>

Khaldoun, A., 1989 - Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. *Fourrages*, **117**, 77-88

Khaldoun, A., Chery, J., Ponneveux, P., 1990 - Etude des caractères d'enracinement et leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeumvulgare* L.). *Agronomie*, **10**, 369-379.

Mass, E.V, and Hoffman, G.J., 1976 - Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, **103**, 2, 115-134.

Ouji, A., Rouaissi, M., Ben Salem, M., 2010 - Comportementvariétale de l'orge (*Hordeumvulgare* L.) en double exploitation. *Annales de l'INRAT*, **83**, 103-117.

Radhouane, L., Aissa, N., Romdhane, L., 2014 - Effets d'un stress hydrique appliqué à différents stades de développement sur l'aspect quantitatif et qualitatif des semences chez un écotype autochtone de sorgho grain (*Sorghum bicolor*). *Journal of Applied Biosciences*, **74**, 6149– 6156.

Slama, A, Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid, E., 2005 - Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*, **16** (3), 225-9.

Teulat-Merah B., Zoumarou W., Douimi R., Ben Salem M., Bahri H., This D., 2001 - Etude de la tolérance à la sécheresse chez les céréales : l'orge comme modèle biologique, approche QTL. *In: Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes*. Hamon Serge (ed.). Paris (FRA); Montréal: IRD; AUF, p 493-516. (Colloques et Séminaires). Journées Scientifiques du Réseau AUF: Biotechnologies Végétales : Amélioration des Plantes et Sécurité Alimentaire. Montpellier (FRA), 2000/07/03-05. ISBN 2-7099-1472-7. Valable à <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010028514>

USDA, 1954 - Diagnostic and improvement of saline and alkali soil. *Agriculture Handbook*, **60**, U.S. Dept. of Agriculture.