

Evaluation of agronomic performances and nutritive value of some barley lines resistant to *Barley yellow dwarf virus* (BYDV)

Evaluation des performances agronomiques et de la valeur nutritive de lignées d'orge résistantes au *Barley yellow dwarf virus* (BYDV)

A. NAJAR¹, H. BEN GHANEM^{2*}, M. Zayani³, I. BELHADJ SLIMEN³, T. NAJAR³

¹Laboratory of Plant Protection, National Institute of Agricultural Research., Street HediKarray, 1004 El Menzah, University of Carthage, Tunisia

²Laboratory of Field Crops, National Institute of Agricultural Research., Street Hedi Karray, 1004 El Menzah, University of Carthage, Tunisia

³National Institute of Agronomy, 43 Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis-Mahrajène, University of Carthage, Tunisia.

*Corresponding author: hajeur_bg@yahoo.com

Abstract – This work aims to evaluate the agronomic performances and the nutritional quality of some barley lines resistant to the Barley yellow dwarf virus. Manel and Rihane cultivars were used as control lines. Plants were assessed for their tiller number, height, biomass and grain yield. Samples were then collected and analyzed for their total nitrogenous matter (MAT), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), neutral detergent fiber (NDF) and crude protein contents. Our results show that the resistant barley lines had greater agronomic performances than Manel and Rihane varieties. Moreover, they also have a higher nutritional value, reflected by a lower level of indigestible lignin and cellulose and a higher NDF content. The results of our trial show that these BYDV-PAV resistant lines could be promising to farmers for use in animal feed.

Keywords: Barley, BYDV, Agronomic performances, Nutritional value

Résumé - Cet essai a été conduit dans le but d'étudier les performances agronomiques et la valeur nutritive de lignées d'orge résistantes au virus de la jaunisse nanisante de l'orge (BYDV). Les variétés d'orge Manel et Rihane ont été utilisées en tant que témoin. Pour évaluer les performances agronomiques, nous avons enregistré le nombre de tiges et d'épis produits, la hauteur de la plante et les rendements biologique et en biomasse. Les teneurs des échantillons en protéines brutes ou matières azotées totales (MAT), en fibres insolubles dans les détergents acides (ADF), en lignines insolubles dans les détergents acides (ADL) et en fibres insolubles dans les détergents neutres (NDF) ont servi pour l'évaluation de la qualité nutritionnelle des variétés améliorées. Les lignées améliorées ont affiché des performances comparables et même supérieures aux témoins Manel et Rihane. Elles ont en outre une meilleure valeur nutritionnelle, reflétée par un taux plus faible en lignine et en cellulose indigestibles et une teneur plus importante en NDF. Les résultats de notre essai montrent que ces lignées résistantes au BYDV-PAV pourraient être prometteuses aux agriculteurs, pour leur utilisation en alimentation animale.

Mots clés : Orge, BYDV, Performances agronomiques, Valeur nutritionnelle



1. Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est la première céréale qui a été domestiquée dans les régions du Croissant Fertile. Depuis le début du siècle, Les fouilles archéologiques effectuées en Syrie et en Iraq ont dévoilé la présence de caryopses d'orge provenant d'épis modifiées par le processus de domestication (Wetzel al., 1971). Ces épis datent d'environ 10 000 ans, quelques centaines d'années avant l'apparition des blés cultivés diploïdes (en grain) et tétraploïdes (amidonnier). Pendant l'Antiquité et jusqu'au deuxième siècle av. J.C., l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du Croissant Fertile, d'Europe centrale et du bassin méditerranéen. L'orge est une monocotylédone, appartenant à la famille des Poacées. Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (Rasmusson, 1959). En Tunisie, l'orge est l'une des principales ressources alimentaires utilisées pour l'alimentation animale. L'orge couvre annuellement plus que 500 000 ha dont environ 10 à 15 % sont exploités en vert et en ensilage (Najar et al., 2013). Cependant, elle est sensible à différents stress abiotiques et biotiques dont les virus qui sont capables de réduire le potentiel de rendement de la plupart des cultivars d'orge. Mais le plus répandu est le virus de la jaunissement anisante de l'orge ou Barley yellow dwarf virus (BYDV) (Bouallegue et al., 2014; Najaret al., 2017a). Depuis sa découverte, ce virus a fait l'objet de plusieurs travaux. Il est reconnu comme ayant une large distribution mondiale et possède toutes les caractéristiques des virus des végétaux les plus graves (Plumb, 1983; Rochowet al., 1986). C'est pour cela que nous avons lancé ces dernières années en collaboration avec l'ICARDA un programme de screening vis-à-vis du BYDV pour la sélection de génotypes porteurs du gène de résistance Yd2 qui a fait ses preuves dans les programmes internationaux d'amélioration de l'orge (Ford et al., 1998). Ce programme a abouti à la sélection de plusieurs lignées résistantes au BYDV (Najaret al., 2017b). Nous nous proposons, dans le cadre de ce travail, d'évaluer en plus leurs performances agronomiques et leurs qualités nutritionnelles.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel végétal

L'étude a porté sur le comportement de 23 nouveaux génotypes d'orge résistants au BYDV en comparaison aux deux variétés témoins de grandes cultures Manel et Rihane. Ces nouvelles lignées ont été sélectionnées à l'INRAT par Najaret al. (2017b) pour leur résistance (BYDV). Elles ont été notées arbitrairement afin de préserver leur identité.

Les variétés Manelet Rihane sont deux variétés améliorées à six rangs. Elles résistent aux maladies et à la verse. La variété Manel est très productive surtout en zones favorables et sous régime irrigué. La variété Rihane est une variété précoce qui a un très bon tallage et une bonne productivité. Elle est moyennement résistante à l'hémithosporiose, à la rhynchosporiose et à l'oidium (Nasraoui, 2006).

2.2. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai au champ a été conduit dans l'unité d'Expérimentation Agricole de l'INRAT à Mornag durant la campagne agricole 2015/2016. La région appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver doux, la pluviométrie moyenne annuelle est égale à 465 mm. L'essai a été conduit selon un dispositif aléatoire complet à 3 répétitions. L'unité expérimentale considérée étant de 0.5 m².

Le semis a été réalisé manuellement avec une dose de 120 Kg/ha vers la moitié du mois de novembre 2015. La fertilisation a été constituée d'un apport de 100 Kg/ha d'ammonitrite (33% d'azote) au stade début tallage. La récolte a été réalisée à maturité à la fin du mois de Mai pour évaluer le rendement en biomasse et en grains.

2.3. Méthodologie de l'évaluation des performances agronomiques

Les paramètres agronomiques évalués par unité expérimentale ont concerné : le nombre de talles, le nombre d'épis, la hauteur, le rendement en grains et la biomasse. Par ailleurs, au stade montaison, le fourrage de chaque parcelle élémentaire a été coupé à 5cm afin d'évaluer le rendement fourrager.

2.4. Méthodologie de l'analyse de la qualité fourragère

Des échantillons représentatifs des deux lignées témoins et de chaque lignée d'orge ont été prélevés, pesés, séchés à 60°C puis broyés et conservés pour les analyses de la valeur nutritionnelle. Les teneurs des échantillons en protéines brutes ou matières azotées totales (MAT), en fibres insolubles dans les détergents acides (ADF), en lignines insolubles dans les détergents acides (ADL) et en fibres insolubles

dans les détergents neutres (NDF) ont été déterminées suivant les méthodes officielles de Kjeldahl (AOAC, 2000) et de Van Soestet al. (1991).

2.5. Analyse statistique

Les résultats relatifs aux performances agronomiques et à la composition chimique des lignées d'orge testées ont été analysés statistiquement selon le modèle d'analyse de la variance suivant :

$$Y = \mu + V_j + e_{ijk}$$

Où :Y est le paramètre étudié; μ : la moyenne; V_j : l'effet de la variété; e_{ijk} : l'erreur résiduelle

L'analyse de la variance a été effectuée avec la procédure ANOVA du GeneStat avec l'option L.S.D au seuil de 5%.

3. Résultats

3.1. Performances agronomiques

3.1.1. Le nombre de talles

Les résultats du test Duncan de comparaison des moyennes ne montre pas de différence significative ($p=0.078$) entre les lignées étudiées. Néanmoins, le nombre de talles le plus élevé a été dénombré chez les lignées d'orge 11 et 3 (respectivement 239 et 225 talles/0.5m²), alors que le nombre le plus petit a été observé chez la lignée 21 (137 talles/0.5m²). En comparaison avec la variété témoin Rihane, les lignées 9, 15, 1 et 14 ont développé un nombre de talles légèrement plus élevé (Fig. 1).

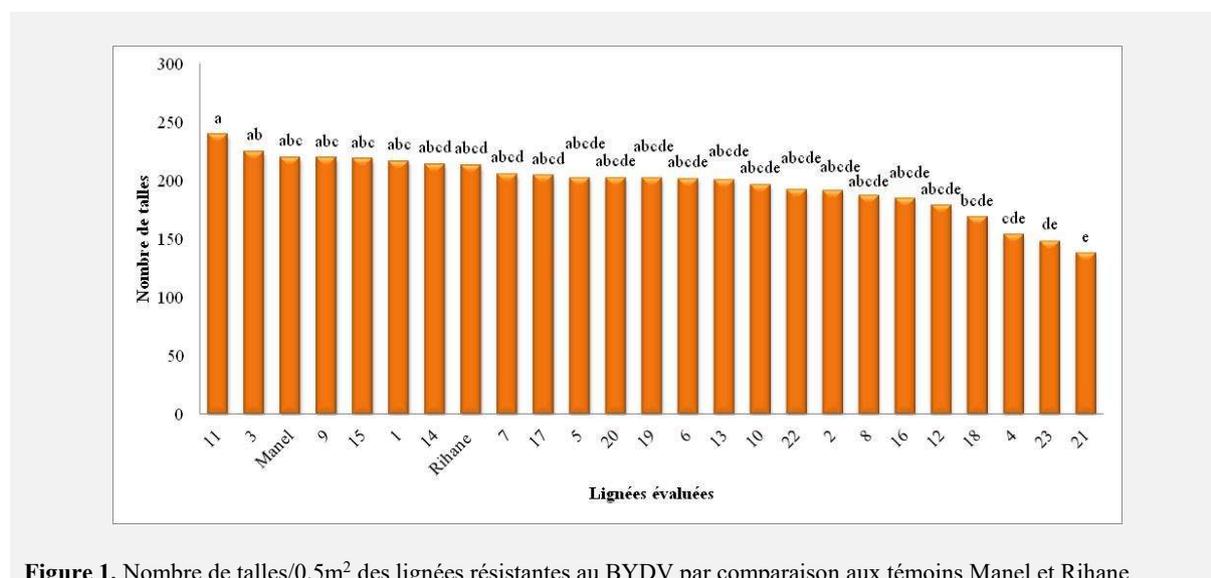


Figure 1. Nombre de talles/0.5m² des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel et Rihane

3.1.2. Le nombre d'épis

Le nombre d'épis le plus élevé a été dénombré chez les lignées d'orge 9 (184 épis/ 0.5m²), alors que le nombre le plus faible a été trouvé chez la lignée 12 (104 épis/0.5m²). En comparaison avec la variété témoin Manel, les variétés 1, 2, 7, 9 et 19 ont développé plus d'épis/2 m (respectivement 163, 152, 161, 184 et 160 épis/0.5m²) (Fig. 2). Au seuil de 5%, l'analyse de la variance n'a pas révélé une différence significative ($p=0.057$) entre les lignées étudiées.

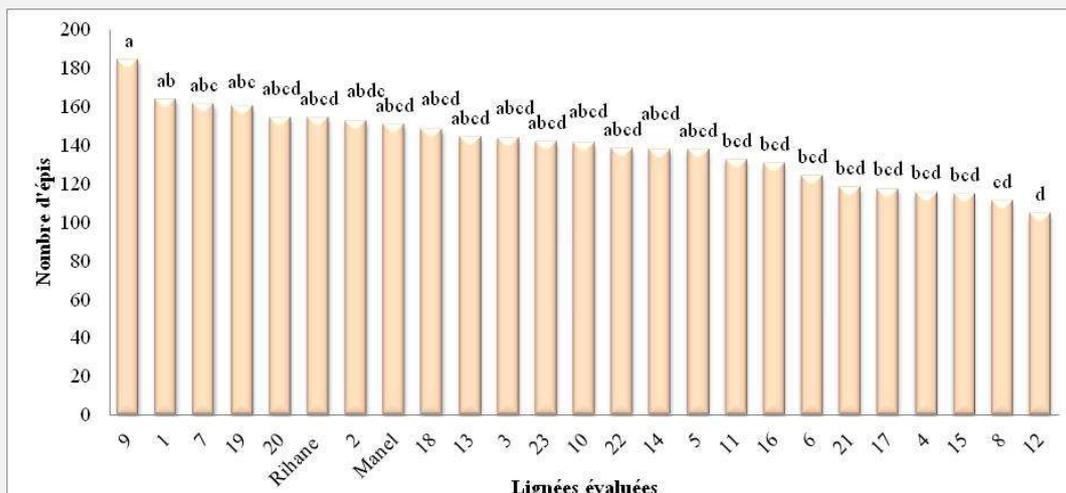


Figure 2. Nombre d'épis /0.5m² des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel et Rihane

3.1.3. Hauteur de la plante

Une légère différence a été décelée entre les différentes lignées. La hauteur la plus élevée a été enregistrée chez les variétés 4 et 21 (90 cm), alors que la hauteur la plus faible a été enregistrée chez la lignée 8 (68 cm) (Fig. 3).

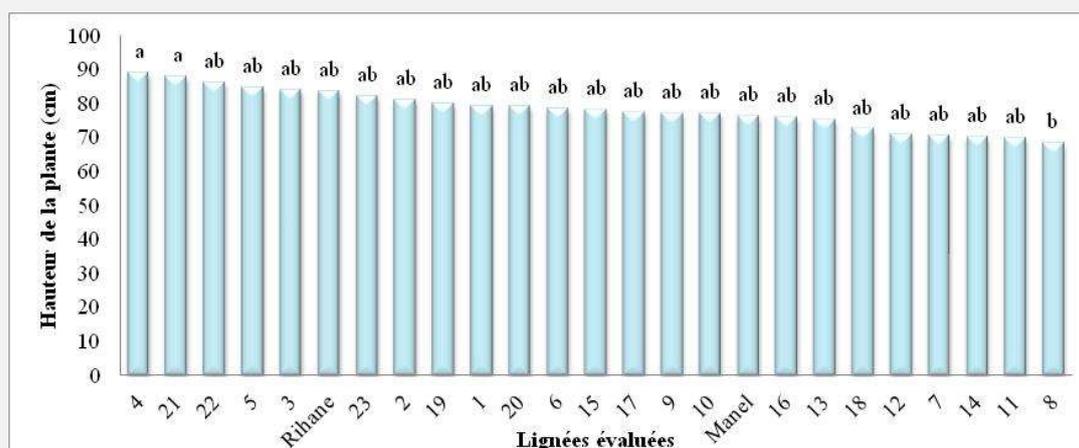


Figure 3. Hauteur de la plante (en cm)/ 0.5m² des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel et Rihane

3.1.4. Rendement Fourrager

L'analyse de la variance indique une différence significative ($p=0.02$) entre les lignées étudiées au seuil 5%.

Les lignées 1,10, 9, 13 et 3 ont produit les biomasses les plus importantes variant de 1.140 kg/0.5m² à 1.04 kg/0.5m² par comparaison aux cultivars témoins Manel et Rihane. Les rendements les plus faibles ont été enregistrés pour les variétés 17, 20, 18, 2, 19 et 8 qui n'ont pas dépassé 0.8 kg/0.5m² (Fig. 4).

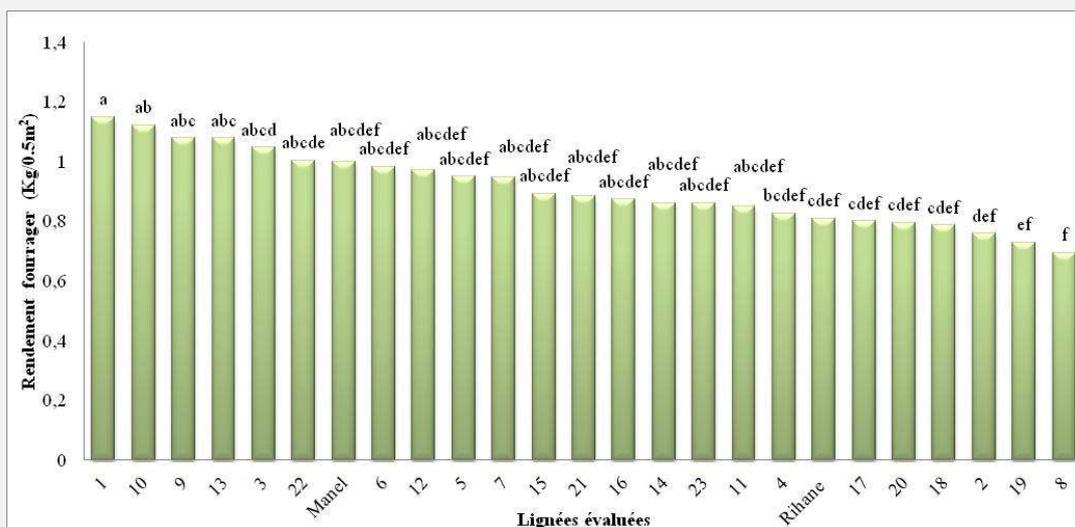


Figure 4. Rendement fourrager (Kg/0.5m²) des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel et Rihane

3.1.5. Rendement biologique

L'analyse de la variance relative à la biomasse sèche aérienne révèle l'absence d'un effet variétal. Néanmoins une légère différence par comparaison au meilleur témoin est décelée. En effet les lignées 13, 20, 22 affichent des rendements biologiques plus élevés par rapport au meilleur témoin Rihane (Fig. 5).

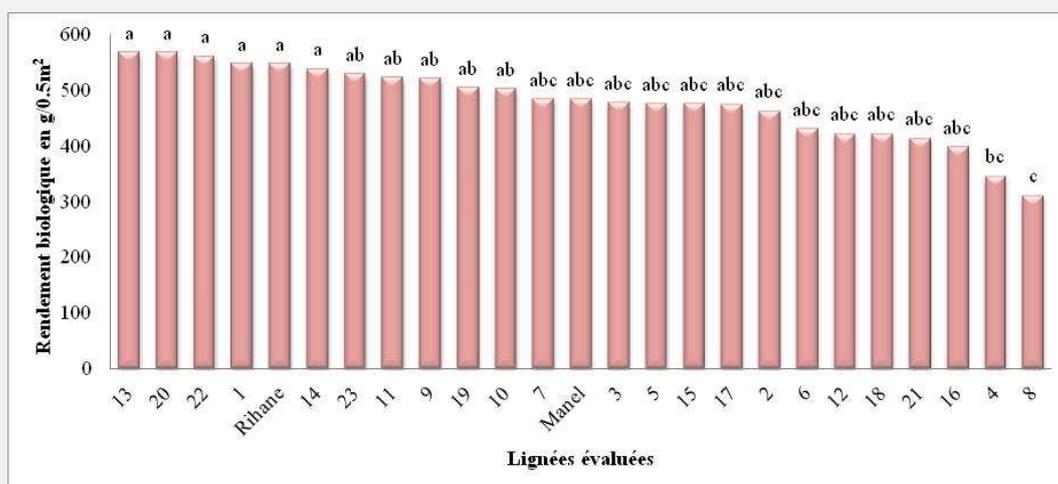


Figure 5. Rendement biologique en g/0.5m² des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel et Rihane

3.1.6. Rendement en grains

Le rendement en grains dépend significativement de la variété (p=0.017). Les lignées 19, 13, 22 ont donné des rendements supérieurs à celui du témoin le plus performant Rihane et ont atteint respectivement 256g, 253g et 243g par unité expérimentale. Il est intéressant de signaler que deux lignées uniquement (16 et 8) ont affiché des rendements significativement inférieurs à Rihane (Fig. 6).

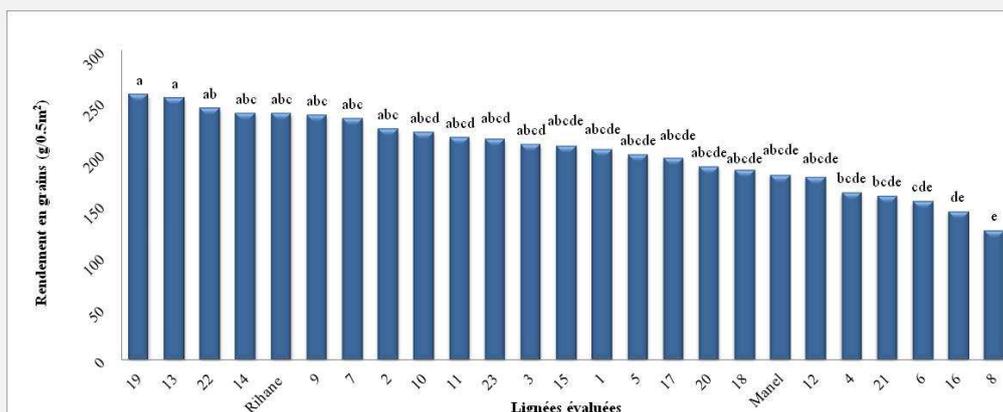


Figure 6. Rendement en grains (g/0.5m²) des lignées résistantes au BYDV par comparaison aux témoins Manel e Rihane

3.2. Qualité fourragère

3.2.1. Matière sèche (%MS)

La lignée 8 a donné le rendement en matière sèche le plus élevé (28,1 g), alors que la lignée 12 a donné le rendement le plus faible (20,51 g) (Fig. 7). Toutefois, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différences significatives entre les variétés étudiées.

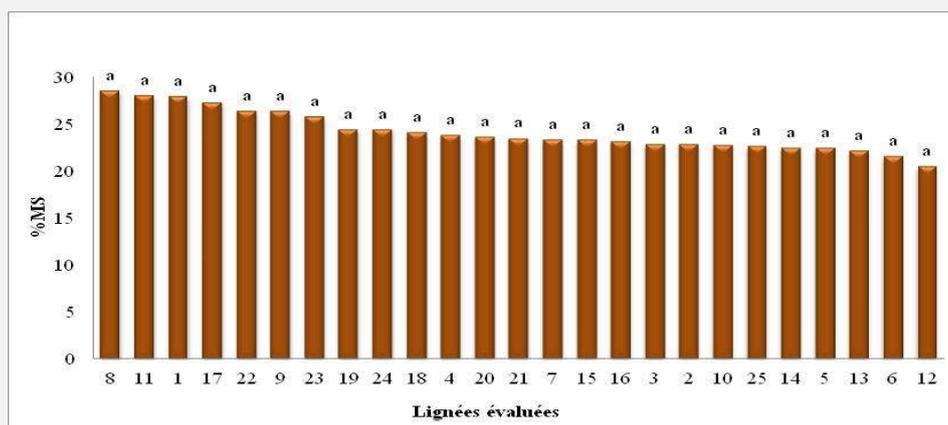


Figure 7. Rendement en matière sèche des lignées résistantes au BYDV par comparaison à Manel et Rihane

3.2.2. La teneur en (%) NDF

La teneur en NDF la plus élevée a été calculée chez la variété 8 (54,77 %), alors que la plus faible correspond à la variété 10 (49,23 %). Cependant, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différences significatives entre les lignées évaluées et Manel et Rihane, abstraction faite de la lignée 10 qui affiche le pourcentage NDF le plus faible (Fig. 8).

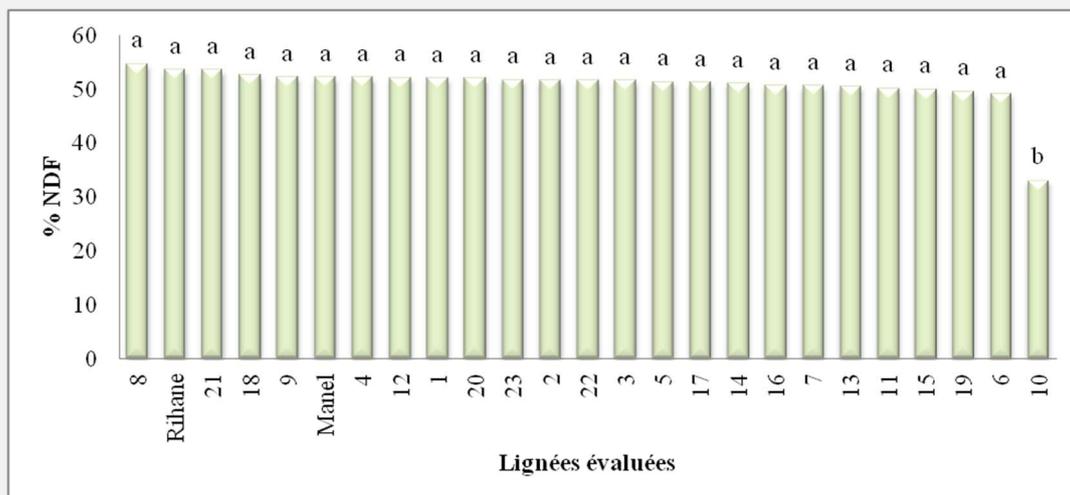


Figure 8. Teneur en NDF (%) des lignées résistantes au BYDV par comparaison à Manel et Rihane

3.2.3. Teneur en (%) ADF

Tel qu'illustré dans la Fig. 9, c'est la variété Manel qui affiche la teneur en ADF la plus élevée, suivie des lignées 18, 4, 8 et finalement la variété témoin Rihane. Les lignées restantes ont des teneurs ADF inférieures. Toutefois, l'analyse de la variance n'a pas révélé des différences significatives entre les variétés étudiées.

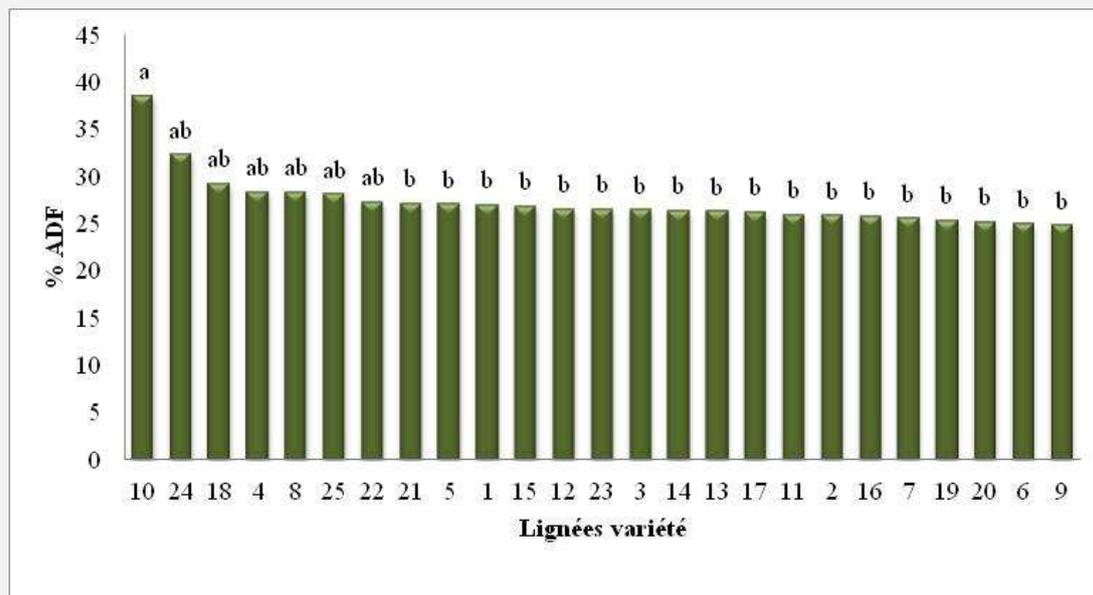


Figure 9. Teneur en ADF (%) des lignées résistantes au BYDV par comparaison à Manel et Rihane

3.2.4. Teneur en (%) ADL

La teneur en ADL la plus élevée a été enregistrée pour la variété témoin Manel (19,49 %). Les lignées résistantes 20, 3, 10, 13, 23, 21, 9 et 4 ont des teneurs supérieures à celle du témoin Rihane. La teneur la plus faible a été enregistrée dans la lignée 2 (3,93 %) (Fig. 10). L'analyse de la variance montre un effet significatif ($p=0.025$) de la variété sur la teneur en fibres non digestibles.

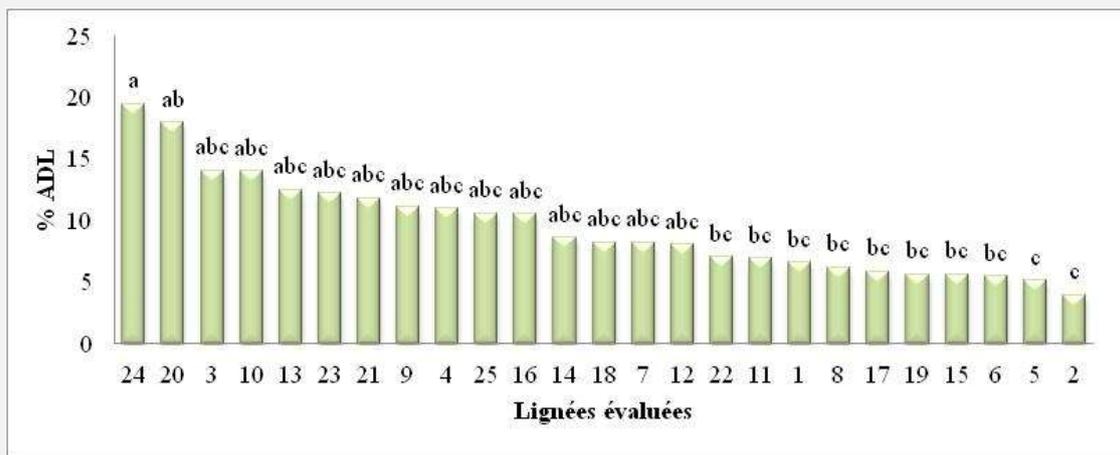


Figure 10. Teneur en ADL (%) des lignées résistantes au BYDV par comparaison à Manel et Rihane

3.2.5. Teneur en (%) MAT

Bien que la teneur la plus élevée en MAT ait été enregistrée chez la lignée 1 et la teneur la plus faible ait été mesurée chez la lignée 12, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différence significative entre les lignées étudiées. Les variétés 1, 22 et 9 ont des teneurs en protéines brutes supérieures à celles de Rihane, alors que les variétés 16, 6 et 12 ont des teneurs inférieures à celle de la variété Manel (Fig. 11).

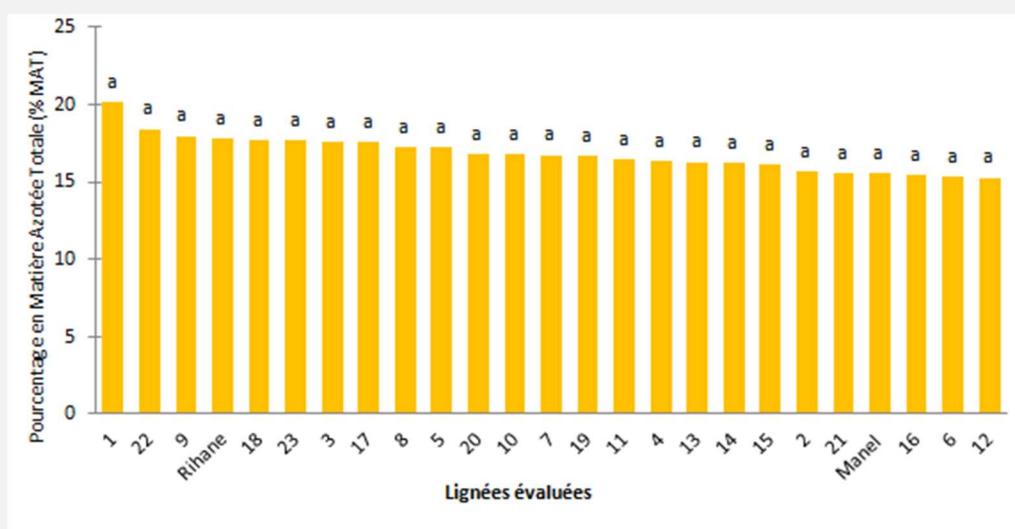


Figure 11. Pourcentage de MAT (%) des lignées résistantes au BYDV par comparaison à Manel et Rihane

4. Discussion

Ce travail vise à comparer les performances agronomiques et les valeurs nutritionnelles de nouvelles lignées d'orge résistantes au virus de la jaunisse nanisante (BYDV), par comparaison aux deux variétés de grandes cultures Manel et Rihane.

En premier lieu, nous nous sommes intéressés au tallage et au nombre d'épis produits. Nos résultats montrent que la majorité des lignées résistantes ont un tallage et une épiaison comparables et même supérieures aux variétés témoins Manel et Rihane. En effet, le nombre de talles par plante reflète le rendement en matière sèche. Ce paramètre est largement influencé par la température et le niveau d'apport d'éléments nutritifs d'une part (Meynard, 1980), et par les caractéristiques variétales et les techniques culturales d'autre part (Gonde et al., 1986). De plus, le nombre de talles émises par plante dépend de la variété mais aussi des conditions climatiques, de la fertilisation azotée et de la profondeur

du semis (Soltner,1990). Le nombre d'épis par unité de surface est un paramètre important qui conditionne le rendement. Il varie plus en fonction des conditions pédoclimatiques mais aussi des variétés (Bouzerzour et al., 1997).

La hauteur de la plante est aussi un critère de sélection important (Mezianiet al., 1992). La hauteur du maître brin est un paramètre hautement influencé par le tallage des plantes. Une différence apparente est remarquée pour l'ensemble des lignées. Elle est justifiée par les pluies abondantes enregistrées au moment du stade montaison.

Quant aux rendements fourrager et biologique, ces deux paramètres sont intimement liés à la surface foliaire de la plante et renseignent clairement sur le développement global d'un génotype donné. Ils servent en tant que critère de sélection pour la tolérance aux stress abiotiques (Menguzza et al., 2000). En effet, certaines études ont rapporté qu'une grande surface foliaire des plantes leur permet de mieux contribuer au transfert des assimilats des feuilles vers les épis et donc au remplissage des grains (Ben Naceur et al., 2001). Toutefois, d'autres auteurs tel que Blum (1996), ont suggéré qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit les pertes en eau de la plante. En tenant compte des rendements fourrager, biologique et en grains, nos résultats sont en faveur des lignées 13 et 22. Ces dernières étaient même plus performantes que les deux témoins de grandes cultures Manel et Rihane.

En ce qui concerne la valeur nutritionnelle des variétés étudiées, il n'y a pas une différence significative entre les valeurs de matière sèche analysée pour les différentes lignées. Ce résultat est expliqué par le fait que toutes les lignées y compris les variétés témoins Manel et Rihane appartiennent à la même classe végétale. Concernant la teneur en fibres, nos résultats montrent que les lignées témoins Manel et Rihane ont des teneurs importantes en fibres non digestibles (ADL), et des teneurs moins élevées en fibres totales NDF. Les lignées résistantes au BYDV présentent une meilleure valeur nutritionnelle avec un taux plus faible en lignine et en cellulose indigestibles et une teneur plus importante en NDF. Cette différence en pourcentage d'ADL est probablement liée au génotype. En effet, le pourcentage de lignine varie généralement d'une variété à une autre comme ça été rapporté dans plusieurs études précédentes pour les fourrages de manière générale et l'orge en particulier (Tremblay et al., 1995). On peut donc conclure que les lignées 2 et 5 sont les lignées les plus digestibles et par suite elles peuvent être recommandées pour les éleveurs au lieu des témoins Manel et Rihane. Finalement, il est intéressant de noter que la résistance au virus de ces nouvelles lignées n'a pas négativement influencé leur teneur en protéines brutes. Nos résultats s'accordent bien avec ceux rapportés par Najjar et al. (2013).

5. Conclusion

L'objectif de cet essai était de comparer les performances agronomiques et la valeur nutritionnelle de génotypes d'orge résistants au virus de la jaunisse nanisante avec ceux des variétés locales Manel et Rihane. Les résultats de notre essai montrent bien que certaines de ces lignées résistantes ont montré des performances agronomiques comparables et même supérieures aux lignées témoins. Elles ont en outre une valeur nutritionnelle meilleure, reflétée par un taux plus faible en lignine et en cellulose indigestibles et une teneur plus importante en NDF. Les résultats de notre essai montrent que ces lignées résistantes au BYDV-PAV pourraient être prometteuses aux agriculteurs, pour leur utilisation en alimentation animale.

6. Références

- Ben Naceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Meddahi ML, Selmi M (2001)** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* 12 :167-174.
- Blum A (1996)** Improving wheat grain filling under stress by stem reserve utilization. In : Braun HJ, Altay F, Kronstas WE, Beniwal SPS, McNab A (eds). *Prospects for global improvement. Proc. Of the 5th Int. Wheat Conf. Ankara, Turkey*, pp. 135-142.
- Bouallegue M, Mezghani-Khemakhem M, Bouktiley D, Makni H, Makni M (2014)**. Molecular characterization of bar yellow dwarf virus in Tunisia. *Acta Virol.* 58: 214–222.
- Bouzerzour H, Bahlouli F, BenMammed A, Djekoun A (1997)** Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse. *Sci Technol* 13:59-64. 77.

- Gonde P, Ratomahenina R, Arnaud A, Galzy P (1986)** Purification and properties of the exocellular β -glucosidase of *Candida molischianan* (Zikes) Meyer and Yarrow capable of hydrolyzing soluble cellodextrins. *Can J BiochemCellBiol* 363:1160-1166.
- Menguzza S, Navari-Izzo F, Izzo R (2000)** NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots, and cell sap of wheat seedlings. *J Plant Physiol* 156 :711-716.
- Meziani L, Bammoun A, Hamou M, Brinis L (1992)** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agronomique de l'Algérie. In. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétales. Montpellier (France) INRA (Les colloques N°64) .p : 191-203.
- Meynard JM (1980)** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence des différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de DoctoratIng "Sci. Agr" INAParis- Grignon, p. 274.
- Najar A, Hamdi I, Versani A (2017)** Barley yellow dwarf virus in barley crops in Tunisia : Prevalence and molecular characterization. *Phytopathmedit* 56: 111-118.
- Najar T, Najar A, Ben Ghanem H, Mehouchi M (2013)** Composition chimique et valeur nutritive des différents génotypes d'orge résistants au virus de la jaunisse nanisante de l'orge (BYDV) récoltés à différents stades de coupe. *Rev. INAT* 28:173-181.
- Najar A, Hamdi I, Varsani A (2017a)** Barley yellow dwarf virus in barley crops in Tunisia: Prevalence and molecular characterization. *Phytopathol. Mediterr.* 56:111-118.
- Najar A, Ben Ghanem H, Kumari S, Sayed H, Rezgui S, Baum M (2017b)** Sélection de lignées d'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour leur résistance au barley yellow dwarf virus (BYDV) et évaluation de leurs performances agronomiques. *Can. J. Plant Sci.* 97: 1-9.
- Nasraoui B (2006)** Les champignons parasites des plantes cultivées : biologie, systématique, pathologie, maladies. Centre de Publication Universitaire, Tunisie, 456p.
- Parameswaran KVM, Graham RD, Aspinall D (1981)** Studies on the nitrogen and water relations of wheat. Growth and water use in relation to time and method of nitrogen application. *Irrigation Science.* 3:29-44.
- Plumb RT (1984)** Chemical and cultural control of Barley yellow dwarf. In Burnett PA (ed) Barley yellow dwarf, a Proceedings of the workshop. CIMMYT, Mexico, pp 52-57.
- Rasmusson DC, Schaller CW (1959)** The inheritance of resistance in barley to the yellow dwarf virus. *Agron J* 51 : 661-664.
- Rochow WF, Muller I, Tufford LA, Smith DM (1986)** Identification of luteoviruses of small grains from 1981 through 1984 by two methods. *Plant dis* 70:461-464.
- Soltner D (1990)** Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles.
- Tremblay GF, Pageau DJ, Drapeau R (1995)** Effet de la fertilisation azotée et du stade de coupe sur le rendement, la composition chimique et la digestibilité in vitro des céréales plantes entières. *Ann. Zootech* 44:454.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991)** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74:3585-3597
- Wet JM, Harlan JR (1971)** The origin and domestication of *Sorghum bicolor*. *Econ Bot* 25:128-135.