

Etude de la stabilité du rendement de blé dur dans différentes régions de la Tunisie

M. Rezgui*, N. Ben Mechlia*, E. Bizid**, R. Kalboussi*** et R. Hayouni****

*INAT, 43 Av. Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie

**Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, 1060 Tunis, Tunisie

***Centre d'appui Chébika, CRDA-Kairouan, El-Hajjem, 3100 Kairouan, Tunisie

****Centre d'appui Sidi Ahmed Salah, CRDA-Kef, 7100 Kef, Tunisie

RESUME – Cette étude a été réalisée dans des environnements contrastés et sous quatre régimes hydriques en vue d'analyser la stabilité du rendement des variétés de blé dur (Karim, Razzak, Khiair et Om Rabii) les plus commercialisées en Tunisie. L'expérimentation a été conduite à Essaida, Chébika et Sidi Ahmed Salah durant 1996/97-1998/99. L'analyse statistique a été réalisée moyennant des régressions et la fonction de répartition. Les résultats obtenus montrent qu'en conditions pluviales, la différence inter-variétale ne s'exprime qu'à des rendements supérieurs à 30 q/ha avec une probabilité de dépassement de 25%. Karim a donné les meilleurs rendements suivi de Khiair. Cette dernière variété se montre la plus stable. L'adaptation de ces deux variétés semble expliquer leurs aires de culture au Nord de la Tunisie. Lorsqu'on irrigue, la différence inter-variétale ne s'exprime qu'à des rendements supérieurs à 60 q/ha. Khiair semble avoir une meilleure réponse aux environnements favorables. Toutefois, cette variété se montre avec Om Rabii sensible à la verse surtout après irrigation à l'évapotranspiration maximale. Cela est lié surtout à la hauteur. L'analyse statistique globale (sites, années et traitements hydriques confondus) montre la supériorité des variétés Khiair et Karim. Les variétés Om Rabii et Razzak demeurent relativement instables et moins productives. Il est donc préférable de cultiver Khiair et Karim si on dispose d'eau et que l'on vise des rendements objectifs élevés.

Mots-clés : Blé dur, stabilité, culture pluviale, irrigation.

SUMMARY – “Study of durum wheat yield stability in different regions of Tunisia”. This study was carried out in different environments. The objectives were to analyse the yield stability of the most used and productive durum wheat varieties (Karim, Razzak, Khiair and Om Rabii). The experience was carried out at Essaida, Chébika and Sidi Ahmed Salah during 1996/97-1998/99 years under four watering regimes. Regressions and distribution functions were used for statistical analysis. Under rainfed conditions, results showed that the difference between varieties is clearly expressed when the yield is more than 30 q/ha with 25% probability of occurrence. The genotype Karim gave the best yield followed by the genotype Khiair which is more stable. Under irrigation, the difference appeared at 60 q/ha. Khiair produced well under the favorable environments. However this cultivar is susceptible to lodging as is Om Rabii. Yield stability in the aggregate (site, year and treatment) showed the superiority of Khiair and Karim. Razzak and Om Rabii gave less yield and showed lower stability under the different environments and irrigation regimes.

Key words: Durum wheat, yield stability, rainfed crops, irrigation.

Introduction

La Tunisie est un pays importateur de céréales et les importations en blé dur fluctuent entre 28,7 mille tonnes en 1993 et 687,3 mille tonnes en 1995 (DGPDI, 1999). Cet écart est attribué essentiellement à la variation du rendement, étant donné la limitation de l'espace céréalier. Le rendement moyen de blé dur rapporté aux superficies emblavées durant la dernière décennie n'est que 9,8 q/ha (DGPDI, 1999). Ce rendement reste en deçà de celui enregistré par exemple en France (64,5 q/ha) ou au Royaume-Uni (77,1 q/ha) (Deumier, 1987). Mackey (1981) a estimé le rendement en grains potentiel du blé, dans des conditions contrôlées, à 375 q/ha. En conditions de plein champ, et quoiqu'il en soit, le rendement maximum n'a jamais dépassé sur des petites parcelles de recherche les 156,5 q/ha (Ketata, 1987). Par ailleurs, Casals (1996) a rapporté que le rendement en Europe n'a jamais dépassé 131 q/ha sur de grandes surfaces.

L'utilisation des variétés qui ont un degré élevé de stabilité de performance et des potentialités de rendements en pluvial et sous irrigation de complément est d'une grande importance. Pour choisir une

variété dans un milieu donné, plusieurs chercheurs sont souvent amenés à réaliser des analyses de stabilité ou d'interaction génotype-milieu selon différentes approches. Cette interaction peut être exploitée pour développer des variétés à adaptation spécifique (Brancourt-Hulmel *et al.*, 1997) ou à large adaptation (Allard et Bradshaw, 1964). Pour interpréter l'interaction G x E, on utilise généralement la technique de régression linéaire (Finlay et Wilkinson, 1963 ; Eberhart et Russel, 1966). Nachit *et al.* (1993) reprochent à cette méthode de confondre l'interaction avec les effets additifs et de ne pas tenir compte de la réponse génotypique non linéaire des génotypes à l'environnement.

La présente étude a été réalisée sous différents environnements afin d'étudier les potentialités et la stabilité du rendement de quatre variétés de blé dur les plus commercialisées en Tunisie.

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Quatre principales variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), ont été utilisées dans notre étude. Il s'agit des variétés Karim, Razzak, Khiar et Om Rabii. Les caractéristiques morphologiques et physiologiques des deux premières variétés ont été définies par Maamouri *et al.* (1988). La troisième et la quatrième ont été inscrites au catalogue officiel respectivement en 1993 et en 1996.

Protocole expérimental

Les essais ont été conduits en plein champ, dans trois sites pédoclimatiques différents situés à Essaida, Sidi Ahmed Salah et Chébika (Table 1) durant les campagnes 1996/97, 1997/98 et 1998/99.

Table 1. Caractéristiques pédoclimatiques des différents sites d'essai

Site	Essaida	S.A. Salah	Chébika
Etage bioclimatique	Semi-aride sup.	Semi-aride inf.	Semi-aride inf.
Pluviométrie annuelle	420	320	240
Réserve utile (mm/m)	130	150	160
Texture du sol	Limono-argileuse	Limono-argileuse	Argileuse

Description du dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comporte 16 traitements (4 variétés x 4 régimes hydriques), avec 3 répétitions, disposés en split bloc, réparties en 48 parcelles de 200 m² chacune. V1, V2, V3 et V4 désignent respectivement les variétés Khiar, Karim, Razzak et Om Rabii. T0, le traitement pluvial conditionné par le régime pluviométrique ; T1, T2 et T3 sont respectivement les traitements hydriques obtenus après irrigation des parcelles lorsque 90%, 60% et 30% de la réserve utile (RU) sont épuisés.

Conduite de l'essai

La dose de semis est de 350 grains/m² et la fertilisation a consisté en l'apport de 80 unités de P₂O₅ et 130 unités d'ammonitrite par hectare. La méthode de pilotage des apports d'eau consiste à maintenir l'humidité du sol au-dessus des seuils des niveaux de RU fixés. La dose d'apport est fixée à 40 mm en irrigation par aspersion et 80 mm en irrigation par planche.

Variables mesurées

Le stock d'eau est déterminé sur les parcelles de la variété Karim, une fois tous les 15 jours, par la méthode gravimétrique. Les échantillons de sol sont prélevés tous les 15 cm sur une profondeur totale de 105 cm.

La hauteur de la végétation (mesurée au stade floraison) et la verse (notée de 1 à 10 juste avant la récolte) sont prises conformément aux normes de l'ITCF (1991).

Le rendement en grains est estimé sur trois placettes d'observation de un mètre carré chacune installées sur chaque parcelle élémentaire.

Analyse statistique de la stabilité et des potentialités de rendement

La méthode statistique utilisée pour la mesure de la stabilité du rendement en grains est celle proposée par Finlay et Wilkinson (1963) et modifiée par Eberhart et Russel (1966) : les variétés les plus stables doivent avoir, une pente (b) = 1, un rendement élevé dans tous les environnements, un S_d - (carré moyen des résiduelles d'un modèle de régression ajusté) faible et un r - faible.

La variabilité du rendement en grains fait que la moyenne ou l'écart type ne permet pas d'exprimer convenablement la situation de terrain. L'analyse du comportement variétal au niveau des parcelles élémentaires selon la fonction de répartition permet de mieux déceler la stabilité des performances et les potentialités des variétés ce qui aide par conséquent à la prise de décision.

Résultats et discussions

Pluviométrie et irrigation

La Table 2 représente les conditions pluviométriques et les volumes d'eau amenés par irrigation dans les différents environnements. L'année 1998/99, qui a reçu la pluviométrie la plus importante au cours du cycle, a subi une sécheresse à partir du stade épiaison ce qui explique les fortes doses appliquées.

Table 2. Pluviométrie durant le cycle et doses d'irrigation (de 1995/96 à 1998/99)

Site	Année	Pluviométrie durant le cycle cultural (mm)	Apports d'eau d'irrigation (mm)		
			T1 (-90% RU)	T2 (-60% RU)	T3 (-30% RU)
Essaida	1996/97	227	80	160	240
	1997/98	296	40	120	160
	1998/99	362	80	160	240
S.A. Salah	1996/97	215	280	320	
	1997/98	211	160	240	280
	1998/99	239	200	280	320
Chébika	1996/97	100	200	240	
	1997/98	115	160	240	280
	1998/99	126	240	280	320

Evaluation de la verse

L'étude de la verse dégage une différence variétale qui s'accroît quand la dose d'irrigation est importante (T3). Om Rabii semble être la plus sensible à la verse. Khiair et Karim occupent une position intermédiaire (Table 3). La compacité de l'épi de Khiair et la grosseur de grains de Karim favorisent la verse surtout après la pluie ou l'irrigation (Rezgui et Hamza, 1995). La différence inter-variétale est liée à la hauteur de la paille. Razzak étant plus court (90 cm en moyenne contre 93 cm pour Karim, 94 cm pour Khiair et 103 cm pour Om Rabii) résiste à la verse. La rigidité de sa tige peut être aussi à l'origine de la résistance à la verse (Maamouri *et al.*, 1988).

Table 3. Evaluation de la verse en pluvial et en irrigué à Essaida (campagne 1997/98)

Traitement hydrique	Karim	Khlar	Razzak	Om Rabii
Pluvial (T0)	2,33	2,67	2,00	4,00
Irrigué (T3)	3,67	3,67	2,33	4,67

Etude des potentialités de rendement

La Fig. 1 montre qu'au niveau du pluvial (T0) la différence inter-variétale s'exprime lorsqu'on dépasse les 30 q/ha : les variétés Karim et Khlar ont affiché des rendements supérieurs à 43 q/ha avec une probabilité de dépassement de 30%. Pour Razzak et Om Rabii, les rendements ont atteint les 35 q/ha avec une probabilité inférieure à 25%. Il serait donc intéressant de choisir la variété Karim ou Khlar si on conçoit un rendement objectif supérieur à 30 q/ha.

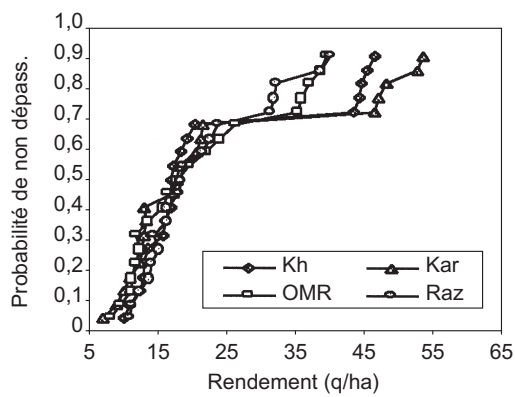


Fig. 1. Fonction de répartition des rendements en pluvial.

En irrigué, la différence s'exprime à partir de 60 q/ha et lorsqu'on irrigue à l'ETM (T3), les rendements de toutes les variétés dépassent toujours les 50 q/ha. Khlar et Karim ont donné les meilleurs rendements et semblent avoir une meilleure réponse à l'irrigation. A Chébika, où on enregistre le maximum d'énergie lumineuse, Karim a donné sous T2 un rendement maximal de 109,7 q/ha et un rendement moyen de trois échantillons de 101,8 q/ha. En fait, Austin *et al.* (1989) attribuent le rendement potentiel au rayonnement intercepté.

La fonction de répartition de tous les traitements confondus (Fig. 2), montre la supériorité de Karim et Khlar qui semblent permettre non seulement un rendement minimal sécurisant en conditions pluviales mais aussi d'atteindre des rendements relativement élevés en irrigué. Il est donc préférable de cultiver Khlar ou/et Karim si on dispose d'eau et que l'on vise des rendements objectifs élevés.

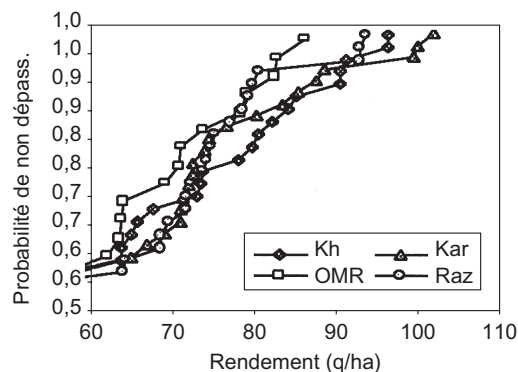


Fig. 2. Fonction de répartition des rendements pour tous les traitements.

Stabilité du rendement en grains

L'analyse effectuée pour chaque traitement hydrique, montre que Khiar est plus stable que les autres variétés en conditions pluviales (T0). La variété Karim affiche le rendement le plus élevé. Quant aux variétés Razzak et Om Rabii, elles se montrent les moins productives (Table 4).

Table 4. Paramètres de stabilité de rendements en pluvial (T0) et en irrigué (T2 et T3)

	b			r ²			Sd ²			Moy. (q/ha)		
	T0	T2	T3	T0	T2	T3	T0	T2	T3	T0	T2	T3
Khiar	1,09	1,00	1,35	0,99	0,99	0,93	2,89	5,5	14,18	23,86	74,37	78,00
Karim	1,30	1,13	1,09	0,97	0,96	0,80	10,46	32,87	33,50	24,88	75,33	74,40
Razzak	0,74	0,99	0,86	0,94	0,91	0,65	7,49	56,06	43,23	22,00	66,48	74,16
Om Rabii	0,87	0,88	0,69	0,96	0,97	0,51	7,15	11,39	51,00	21,80	64,39	69,06

Quand on pratique l'irrigation déficitaire (T1 et T2), la variété Khiar se montre relativement stable mais moins productive que Karim. Pour l'irrigation à l'ETM (T3), la variété Karim se montre la plus stable mais moins productive que Khiar (Table 4). Cette dernière présente la pente (b) la plus élevée et semble être adaptée aux environnements favorables. Karim et Khiar semblent très bien répondre à l'apport d'eau. La variété Razzak a donné de bons rendements en conditions favorables. Sa résistance à la verse semble expliquer cette similitude au niveau du rendement.

L'analyse statistique globale (tous sites, années et traitements hydriques confondus) montre que Om Rabii est non seulement la moins productive mais aussi la moins stable dans tous les environnements. Karim et Khiar semblent être relativement stables. Elles occupent les premières places en pluvial et se montrent les plus productives en conditions favorables. En effet, Gate *et al.* (1992) ont noté qu'une variété à haut potentiel peut présenter une forte aptitude à tolérer la sécheresse. De même Johnson et Geadelmann (1989) et Whitehead et Allen (1990) ont recommandé que la sélection pour la tolérance au stress hydrique doit se faire de préférence sous des conditions favorables. Ces conditions produiraient ainsi des lignées adaptées à la fois aux environnements stressants et non stressants. Pour Ceccarelli (1989), la sélection pour la résistance au stress doit se faire sous conditions défavorables.

Conclusion

En conditions pluviales, la variété Karim affiche le rendement le plus élevé. La variété Khiar se montre la plus stable. La fonction de répartition permet de déceler une différence inter-variétale lorsqu'on dépasse les 30 q/ha. Il serait intéressant de choisir Karim ou Khiar si on conçoit un rendement objectif supérieur à 30 q/ha.

Lorsqu'on pratique l'irrigation déficitaire (T1 et T2), la différence inter-variétale s'amplifie si on dépasse 60 q/ha. Khiar conserve sa stabilité et elle donne avec Karim le meilleur rendement. Cette dernière variété a donné un rendement maximal de 109,7 q/ha.

Lorsqu'on irrigue à l'évapotranspiration maximale (T3), la variété Karim se montre la plus stable mais un peu moins productive que Khiar. Ces variétés semblent répondre très bien à l'apport d'eau. La variété Razzak a donné des rendements relativement élevés en conditions favorables. Sa résistance à la verse semble expliquer cette similitude au niveau du rendement. La fonction de répartition de tous les traitements confondus, montre la supériorité de Karim et Khiar qui semblent permettre non seulement un rendement minimal sécurisant mais aussi d'atteindre des rendements relativement élevés.

Il est important de signaler que le rendement moyen de toutes les variétés est de loin supérieur à celui national. La valorisation de cette marge de progrès passe par un choix judicieux des variétés les plus productives ou/et les plus stables et des techniques culturales (entre autres l'irrigation) qui répondent à des objectifs de rendements variés.

Références

- Allard, R.W. et Bradshaw, A.D. (1964). Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.*, 4 : 503-508.
- Austin, R.B., Ford, M.A. et Morgan, C.L. (1989). Genetic improvement in the yield of winter wheat : A further evaluation. *J. Agric. Sci. Camb.*, 112 : 295-301.
- Brancourt-Hulmel, M., Biarnès-Dumoulin, V. et Denis, J.B. (1997). Point de repère dans l'analyse de la stabilité et de l'interaction génotype-milieu en amélioration des plantes. *Agronomie*, 17 : 219-246.
- Casals, M.L. (1996). *Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement de blé dur*. Thèse de Doctorat, Univ. Paris-Grignon.
- Ceccarelli, S. (1989). Wide adaptation : How wide. *Euphytica*, 40 : 197-205.
- Deumier, J.M. (1987). Bilan de quelques années d'irrigation du blé. *Persp. Agric.*, 114 : 11-16.
- DGPDIA (1999). *Annuaire des Statistiques Agricoles 1998*. Direction Générale de la Planification, du Développement et des Investissements Agricoles, Ministère de l'Agriculture, Tunis.
- Eberhart, S.A. et Russel, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6 : 36-40.
- Finlay, K.W. et Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agr. Res.*, 14 : 742-754.
- Gate, P., Bouthier, A. et Moynier, J.L. (1992). La tolérance des variétés à la sécheresse : Une réalité à valoriser. *Persp. Agric.*, 169.
- ITCF (1991). *Pratique de l'Expérimentation au Champ. Cas des Céréales à Paille*. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris.
- Johnson, S.S. et Geadelmann, J.L. (1989). Influence of water stress on grain yield response to recurrent selection in maize. *Crop Sci.*, 29 : 558-564.
- Ketata, H. (1987). Actual and potential yields of cereal crops in moisture-limited environments. Dans : *Drought Tolerance in Winter Cereals*, Srivastava, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E. et Varma, S. (éds). John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK.
- Maamouri, A., Deghaies, H. El Falah, M. et Halila, H. (1988). *Les Variétés de Céréales Recommandées en Tunisie*. Documents Techniques, No. 103. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Tunis.
- Mackey, J. (1981). Cereal production. Dans : *Cereals : A renewable Resource, Theory and Practice*, Pomeranz, Y. et Munck, L. (éds). Amer. Asso. of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota, USA, pp. 5-23.
- Nachit, M.M., Nachit, G. et Ketata, H. (1993). Analyse des effets additifs et multiplicatifs des interactions génotype x environnement chez le blé dur dans le bassin méditerranéen. Dans : *Tolérance à la Sécheresse des Céréales en Zone Méditerranéenne. Diversité Génétique et Amélioration Variétale*, Monneveux, Ph. et Ben Salem, M. (éds), Montpellier, 15-17 Déc. 1992, pp. 159-170.
- Rezgui, M. et Hamza, M. (1995). *Utilisation des Paramètres Ecophysiologiques comme Indicateurs de la Contrainte Hydrique pour Trois Variétés de Blé Dur*. Les Annales de l'INRGREF, No. spécial, Economie de l'Eau en Agriculture, pp. 18-32.
- Whitehead, W. F. et Allen, F.L. (1990). High vs. low-stress yield test environments for selecting superior soybean lines. *Crop Sci.*, 30 : 912-918.