

## Comportement agronomique de lignées allochtones de blé dur dans un milieu semi-aride de Tunisie

Khaled Sassi  
Mohsen Boubaker

Département d'amélioration des plantes,  
Laboratoire d'amélioration des céréales,  
École supérieure d'agriculture du Kef,  
7119 Le Kef,  
Tunisie  
<sassi.khaled@iresa.agrinet.tn>  
<boubaker.mohsen@iresa.agrinet.tn>

### Résumé

Trente et une lignées de blé dur provenant de la Pépinière de la tolérance à la sécheresse du Centre international de la recherche agricole dans les régions sèches (*International Center of Agricultural Research in the Dry Areas*, ICARDA) ont été étudiées sous les conditions pluviales de la région semi-aride du Kef pendant les trois campagnes agricoles de 1996-1997, 1997-1998 et 1998-1999. L'objectif était d'évaluer leurs variations génétiques pour les principaux caractères agronomiques et leur valeur d'amélioration ainsi que d'effectuer une sélection basée sur la productivité moyenne. Tous les caractères observés ont montré de larges variations. Quelques lignées se sont mieux comportées que les deux variétés locales les plus couramment cultivées en Tunisie incluses dans l'essai en tant que témoins.

**Mots clés :** blé dur ; Tunisie ; génotype ; amélioration des plantes ; sélection ; rendement.

**Thèmes :** agronomie ; productions végétales.

### Abstract

#### **Agronomic behaviour of allochtones lines of durum wheat in a semi-arid environment of Tunisia**

Thirty one durum wheat lines coming from the drought tolerance observation nursery of the International Center of Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) were studied under the rainfed conditions of the semiarid Kef region (Tunisia) during the three growing seasons of 1996-1997, 1997-1998, and 1998-1999. The objective was to evaluate their genetic variations with regard to the major agronomic characters and their breeding values in order to make a selection based on the mean productivity. All the characters observed showed broad variations. Some lines behaved better than the local and most cultivated varieties in Tunisia included in the test as controls.

**Key words:** durum wheat; Tunisia; genotypes; plant breeding; selection; yields.

**Subjects:** agronomy; vegetal productions.

Les céréales (blé dur, blé tendre et orge) font partie des plus importantes cultures de la Tunisie où elles couvrent 1,5 million d'hectares, soit environ le tiers de la surface agricole utile de ce pays. Le secteur céréalier est très important dans la structure de la production agricole tunisienne compte tenu des superficies qu'il occupe et en raison de son poids dans la sécurité alimentaire du pays (60 % des apports caloriques de la population).

En Tunisie, le stress hydrique est considéré comme la contrainte la plus importante limitant la productivité des céréales

conduites sous régime pluvial. Il dépend de plusieurs facteurs, dont la quantité totale de pluie et sa répartition tout le long du cycle de développement de la plante, la demande évaporatoire de l'atmosphère et la capacité de stockage de l'eau par le sol ; il est souvent associé au stress thermique (Kramer, 1983 ; Blum *et al.*, 1989).

Les cultures céréalières tunisiennes sont exposées à deux types de stress hydrique. Le premier est causé par des déficits hydriques en cours de cycle, le second se produit pendant la phase de remplissage des grains (Boyer et McPherson, 1975).

Une solution permettant de limiter cette contrainte de production réside dans l'amélioration de la tolérance à la sécheresse et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau des cultures (Boubaker, 1995, 1997 ; Boubaker et Ben-Hammouda, 1997 ; Boubaker *et al.*, 1999).

Un rendement en grain élevé est l'objectif principal de toute amélioration céréalière. On assiste à un accroissement spectaculaire des rendements dans les régions de production intensive. En France, à partir de 1950, le rendement a été multiplié par cinq en 50 ans (Bourgeois, 2001). Dans cette révolution céréalière, divers éléments ont joué des rôles déterminants. Il s'agit principalement de l'amélioration variétale et de la rationalisation des techniques culturales. Cette stratégie d'augmentation de la productivité a été développée en réduisant la taille des plantes, et en augmentant leur indice de récolte

bien plus qu'en augmentant leur production de biomasse totale (Simmonds, 1979 ; Jenson, 1983). Elle a impliqué par ailleurs, une utilisation accrue des intrants.

Toutefois, les résultats obtenus par cette stratégie ont été décevants en conditions défavorables, surtout dans les régions à pluviosité faible. Dans les stations de recherche, les résultats sont souvent très supérieurs à ceux enregistrés chez les producteurs, les variétés étant soumises à des conditions optimales de développement. Toute différence est donc due au potentiel génétique de la variété. Pour obtenir une production élevée, il est nécessaire de maîtriser les facteurs de production.

En milieu semi-aride de Tunisie, la stabilité du rendement est bien plus importante à prendre en considération que le rendement maximal possible, car les

conditions climatiques, la texture et la structure du sol, et les techniques culturales utilisées par les agriculteurs sont très rarement favorables à la culture (Boubaker, 1995). Ce milieu est contraignant principalement à cause des précipitations qui sont aléatoires ; on doit donc attacher plus d'importance à la régularité du rendement qui suppose la sélection d'une variété susceptible de subir sans grand dommage des techniques culturales plus ou moins appropriées, des risques d'attaques cryptogamiques, des conditions climatiques défavorables lors de la période végétative, de reproduction ou de maturation (Malton, 1985 ; Boubaker et Yamada, 1991 ; Boubaker, 1995). Cependant, de nombreuses contraintes n'ont pas permis d'avoir les effets escomptés, la nouvelle variété n'ayant pas répondu à l'exigence d'adaptation aux variations du milieu (Malton, 1985).

**Tableau 1. Nom ou croisement et pedigree des lignées introduites de blé dur incluses dans l'essai.**

Table 1. Name or crossbreeding and pedigree of the durum wheat lines introduced included in the trial.

Génotype	Nom ou croisement/pedigree	Génotype	Nom ou croisement/pedigree
01	Om rabi 5	17	Om rabi 5
02	Ru/Wascana ICD84-0665-6AP-TR-22AP-OTR	18	Rusomar-1 ICD-BM-Abl-406-0AP
03	Ru/Wascana ICD84-0665-6AP-TR-26AP-OTR	19	Stk/4/Jo/3/Cr//Cit 71 ICD83-0050-3AP-6AP-OTR
04	Rufom-9 ICD84-1257-7AP-TR-2AP-OTR	20	Om Rabi 3 L 0589-4L2AP-3AP0AP
05	Rufom-10 ICD84-1257-7AP-TR-3AP-OTR	21	Stk/4/Jo/3/Cr//Cit 71 ICD-BM-ABM-306-0AP
06	Rufom-6 ICD84-1257-7AP-TR-5AP-OTR	22	Chahba 88/Khb2 ICD85-0666-ABL-TR-5AP-OTR
07	Ru/Mrb15 ICD84-1257-7AP-TR-11AP-OTR	23	Korifla
08	Omguer-4 ICD-85-0988-6AP-TR-2AP-OTR	24	Khb 1//BD2014/Rabi ICD85-0305-ABL-2AP-OTR
09	Belikh-2 L92-6AP-1AP-1AP-0AP	25	GdoVZ 2512/Cit//Ruf/Fg/3/Nile ICD860615-ABL-OTR-1AP-OTR
10	Gerou 1 ICD79-1463-1AP-2AP-4AP-0AP	26	GdoVZ512/Cit//Ruff/Fg/3/GgoVZ449 ICD85-1517-ABL-1AP-OTR-4AP-OTR
11	GDOVZ512/Cit//Ruff/Fg/3/Nile ICD86-0615-ABL-OTR-2AP-OTR	27	Krf/Baladia Hamra//Krf ICD86-1753ABL-2AP-OTR-1AP-OTR
12	GDOVZ512/Cit//Ruff/Fg/3/DWL5023 ICD86-0883-ABL-OTR-4AP-OTR	28	Aw12/Bit ICD84-0322-ABL-5AP-TR-AP-6AP-OTR
13	Mrb3/Chen ICD85-0642-ABL-5AP-OTR-7AP-OTR	29	Carzio (Italy)
14	Mrb3/Chen ICD85-0642-ABL-28AP-OTR-2AP-OTR	30	ACSAD 71/4/Plc/Ibis/Gta/Bit/3/Gd ACSAD 88 9-42-0AP
15	Mrb SH/Heider ICD85-0910-ABL-2AP-OTR-12AP-OTR	31	Gta/Tc60//Stk/3/Chahba 88 ICD86-1031-ABL-3AP-OTR
16	Omtel-2 ICD-BM-BL-405-0AP	<b>Variétés témoins</b>	
		01	Karim
		02	Razzak

Une stratégie de sélection fondée sur des rendements moyens à travers des conditions environnementales différentes est efficace (Finlay et Wilkinson, 1963 ; Eberhart et Russell, 1966 ; Rosielle et Hamblin, 1981). Cette approche limite les effets des risques et augmente les profits des agriculteurs.

Une large diversité génétique est à la base de la plupart des processus d'amélioration des plantes et doit être disponible afin d'améliorer le rendement potentiel (Fitzgerald, 1989). Des variétés commercialement acceptables peuvent émerger à partir de l'évaluation des ressources génétiques introduites. Le présent travail a été conduit dans le but d'évaluer 31 lignées allochtones de blé dur, d'origines génétiques diverses, et de sélectionner quelques lignées élites de blé préliminairement adaptées aux conditions des zones semi-arides de la région du Kef. Les lignées ont été testées dans des essais avancés de sélection pour la tolérance au stress hydrique et la stabilité du rendement afin de dégager les types d'interactions entre le potentiel génétique et le milieu de culture (Malton, 1985).

*Agricultural Research in the Dry Areas*, ICARDA) à Alep (Syrie) ont été choisies sur les principaux caractères agronomiques et testées sous les conditions pluviales faibles et modérées de la région semi-aride du Kef pendant les campagnes agricoles de 1996-1997, 1997-1998 et 1998-1999, afin d'évaluer la variabilité du rendement et ses composantes, ainsi que la précocité et la hauteur.

Toutes les lignées sont de type printemps. Avant la conduite des essais de rendement, les lignées ont été multipliées à la station expérimentale de l'École supérieure d'agriculture (Esa) du Kef pendant les campagnes agricoles précédentes.

Le microclimat du site expérimental est du type semi-aride supérieur à hiver froid. Le sol est peu évolué, d'apport alluvial, vertique, de texture limono-argilo-sablonneuse et de structure massive. Ce sol a 24,4 % d'humidité à la capacité au champ et 12,3 % au point de flétrissement permanent. L'analyse du sol a mis en évidence les caractéristiques physico-chimiques figurant dans le *tableau 2*.

Le précédent cultural de chaque essai est une jachère travaillée. La jachère n'est pratiquée que par peu de céréaliculteurs qui en tirent profit en agriculture pluviale en zones arides et semi-arides. Les précipitations mensuelles au site expérimental sont présentées au *tableau 3*.

Avant l'installation de l'essai, le sol a été préparé par des façons superficielles répétées en vue d'obtenir un bon lit de semences. Les niveaux des teneurs en phosphate et potasse au sol, détectés après analyse, étaient favorables à une production optimale de céréales. Aucun apport de ces deux éléments n'a donc été réalisé. Les engrais azotés à base d'ammonitrate (33,5 %) ont été apportés en deux fractions à raison de 100 kg/ha. Le premier apport d'ammonitrate a été réalisé après la levée et le second apport au début du tallage. L'épandage de l'ammonitrate était pratiqué manuellement de façon homogène sur toutes les parcelles. Les semis ont été effectués le 7 décembre 1996, le 29 novembre 1997 et le 2 décembre 1998 à raison de 250 grains/m<sup>2</sup> à l'aide d'un semoir expé-

## Matériel et méthode

Trente et une lignées (*tableau 1*) de blé dur provenant de la Pépinière de la tolérance à la sécheresse du Centre international de la recherche agricole dans les régions sèches (*International Center of*

**Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques du sol.**

Table 2. Physicochemical characteristics of the soil.

pH	M.O (%)	Calcaire (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Texture (%)
8	1,9	18	36	13	360	Argile = 58,5 Limon = 23,8 <b>Sable = 17,7</b>

MO : matière organique.

**Tableau 3. Répartition de la pluviométrie (mm) durant les trois campagnes agricoles.**

Table 3. Distribution of rainfall (mm) during the three cropping seasons.

Mois et saison	Pluviométrie		
	1996-1997	1997-1998	1998-1999
<b>Automne</b>			
Sept.	42,4	50,3	46,5
Oct.	31,1	40,1	53,1
Nov.	09,8	84,6	69,4
<b>Hiver</b>			
Déc.	16,9	81,0	18,1
Jan.	76,8	33,3	117,3
Fév.	34,5	21,0	13,9
<b>Printemps</b>			
Mars	22,5	49,0	36,6
Avr.	58,2	34,8	07,8
Mai	52,2	21,2	49,3
<b>Total</b>	<b>344,4</b>	<b>415,3</b>	<b>412,0</b>

mental de précision à des profondeurs homogènes. Chaque parcelle comporte 6 lignes espacées de 20 cm et de 5 m de longueur, soit 6 m<sup>2</sup>. Les mauvaises herbes ont été éliminées par désherbage manuel dans les parcelles, et par désherbage mécanique des allées à l'aide d'une déchaumeuse à dents. Un désherbage chimique a aussi été effectué au début du mois de février en utilisant Illoxan Super (Diclofop-méthyl) à raison de 2 L/ha et Granstar (Tribénuron-méthyle) à raison de 20 g/ha dilués dans 300 litres d'eau.

Afin de dégager les différences comportementales entre les variétés de blé dur testées, certains paramètres agronomiques ont été mesurés. La hauteur des plantes a été mesurée du collet à la base de l'épi terminal. Dix plantes ont été ainsi mesurées et la moyenne des dix valeurs a été retenue comme hauteur moyenne de chaque parcelle. Le nombre d'épis par unité de surface a été déterminé un mois après l'épiaison. Dix épis ont été prélevés au hasard au sein de chaque unité expérimentale en évitant d'échantillonner aux extrémités des lignes afin d'éliminer les effets de bordures. Ces épis ont été égrenés séparément par un batteur d'épis, puis le nombre moyen de grains par épi a été déterminé. Le poids de 1 000 grains a été déterminé à partir de trois échantillons de 1 000 grains. À maturité, chaque parcelle a été récoltée à l'aide d'une moissonneuse-batteuse. Les grains ont été nettoyés et la quantité récoltée a été pesée et rapportée à la surface récoltée. Le rendement en q/ha a été déterminé.

Les essais ont été conduits en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Les résultats obtenus lors de ce travail ont fait l'objet d'une analyse de variance. Les moyennes sont séparées par la plus petite différence significative (PPDS). Seuls les effets significatifs aux seuils de 1 % et de 5 % ont été considérés.

## Résultats et discussion

Les différences de rendement entre les lignées ont été significatives pour chaque campagne agricole. Toutes les lignées ont produit plus de rendement en grain pendant les années favorables que pendant les années défavorables. Les différences en rendement parmi les lignées testées sont dues au contrôle génétique de ce paramètre qui est influencé par des caractères morphologiques et physiologiques

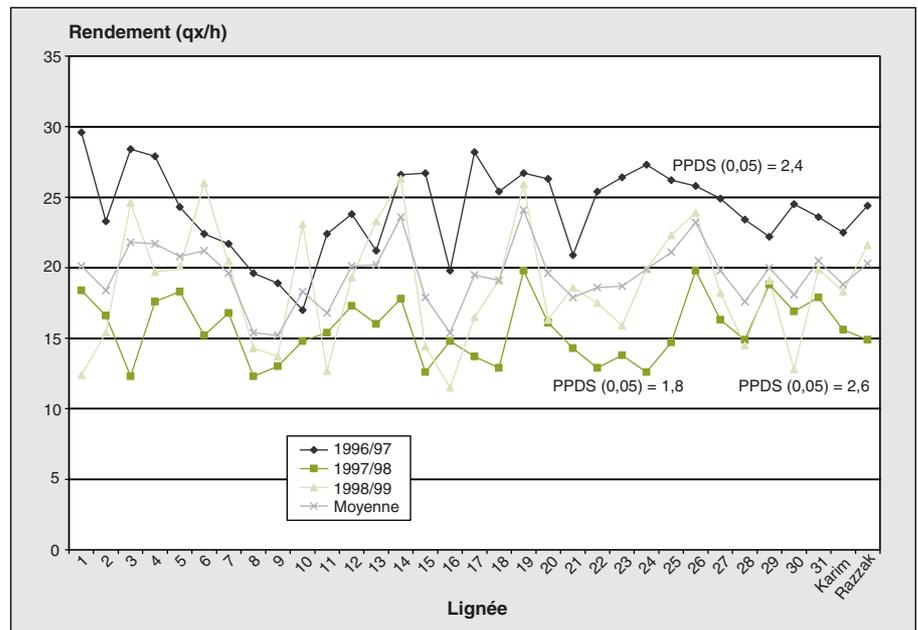


Figure 1. Rendement en grains et productivité moyenne (qx/ha) des lignées testées de blé dur.

Figure 1. Grain yield and mean productivity (qx/ha) of the durum wheat lines tested.

PPDS : plus petite différence significative.

tels que le degré de tallage, la longueur et la densité de l'épi, la fertilité de l'épi et le poids du grain. Tous ces caractères sont influencés par les processus photosynthétiques et métaboliques de la plante. Ces processus doivent être maximisés et

équilibrés afin d'obtenir le maximum de rendement possible (Boyer et McPherson, 1975).

L'interaction génotype x année sur le rendement en grains présentée à la figure 1 a été significative. Ces résultats

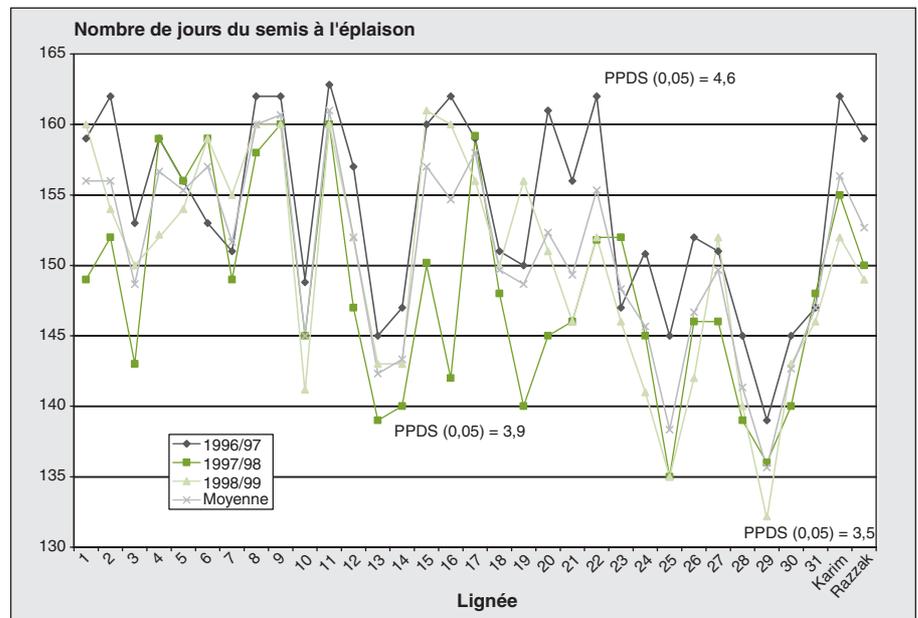


Figure 2. Nombre de jours du semis à l'épiaison des lignées testées de blé dur.

Figure 2. Number of days from sowing to heading of the durum wheat lines tested.

PPDS : plus petite différence significative.

confirment que le rendement est aussi sous la dépendance des conditions environnementales influençant la croissance de la plante de blé et de leur interaction avec la constitution génétique de la plante. Comme illustré dans ces essais, le rendement potentiel varie d'une saison à une autre et dépend des variations des quantités de pluie ainsi que de leur répartition. Cette interaction génotype x environnement représente un des problèmes les plus importants que l'améliorateur doit résoudre. Si cette interaction est très accentuée il sera recommandé de créer des variétés spécifiquement adaptées à chaque type de milieu (Finlay et Wilkinson, 1963 ; Eberhart et Russell, 1966 ; Rosielle et Hamblin, 1981). Cet objectif est difficile à atteindre lorsque les conditions du milieu sont très variables et imprévisibles. Dans la région semi-aride du Kef, la quantité de pluie et sa répartition sont aléatoires. L'améliorateur doit par conséquent concentrer ses travaux de sélection sur la recherche de variétés spécifiquement adaptées ayant un fort potentiel de rendement et une résistance aux maladies.

Face aux différentes causes de baisse du rendement, l'améliorateur de céréales a essayé différentes stratégies de lutte culturale ou de lutte génétique. Dans la plupart des cas, ces deux voies sont susceptibles d'apporter une certaine protection.

En raison de la difficulté à regrouper dans une même variété l'ensemble des caractères recherchés, les améliorateurs sont contraints de tolérer des imperfections. Chaque cultivar possède à la fois des qualités et des défauts et, de ce fait, se trouve plus ou moins bien adapté à un milieu particulier. On connaît assez bien le potentiel des variétés, mais beaucoup moins leur comportement différentiel lorsque les conditions culturales varient.

Toutes les lignées testées sont résistantes aux principales maladies attaquant le blé, elles résistent à la verse, ont une hauteur de paille moyenne et ont des épis fertiles et assez précoces. Ce matériel génétique a été préliminairement retenu par le programme d'amélioration du blé de l'Esra du Kef. Cependant, il est nécessaire d'évaluer le potentiel génétique du rendement pendant plusieurs années sur plusieurs sites. Deux témoins (Karim et Razzak) ont été inclus dans les essais préliminaires de rendement. Ce sont actuellement les variétés de blé les plus cultivées par les agriculteurs dans la zone considérée. Le gain génétique réalisé par la mise au

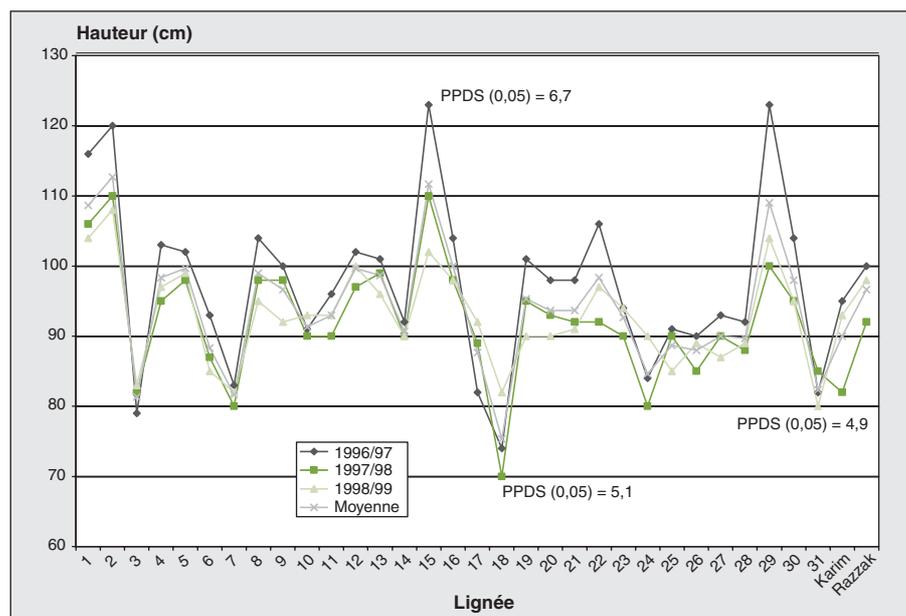


Figure 3. Hauteur des plantes (cm) des lignées testées de blé dur.

Figure 3. Plant height (cm) of the durum wheat lines tested.

PPDS : plus petite différence significative.

point de nouvelles variétés est l'écart en rendement entre le témoin et la nouvelle variété. La figure 1 présente les résultats du rendement moyen des lignées testées comparées aux témoins.

La productivité moyenne au cours des trois campagnes agricoles des lignées

introduites a été comparée à celle des témoins. Elle peut aider les améliorateurs pour identifier les variétés qui produisent des rendements élevés en années bonnes et en années mauvaises (Rosielle et Hamblin, 1981) et permettre ainsi d'augmenter le rendement dans des milieux stressés et

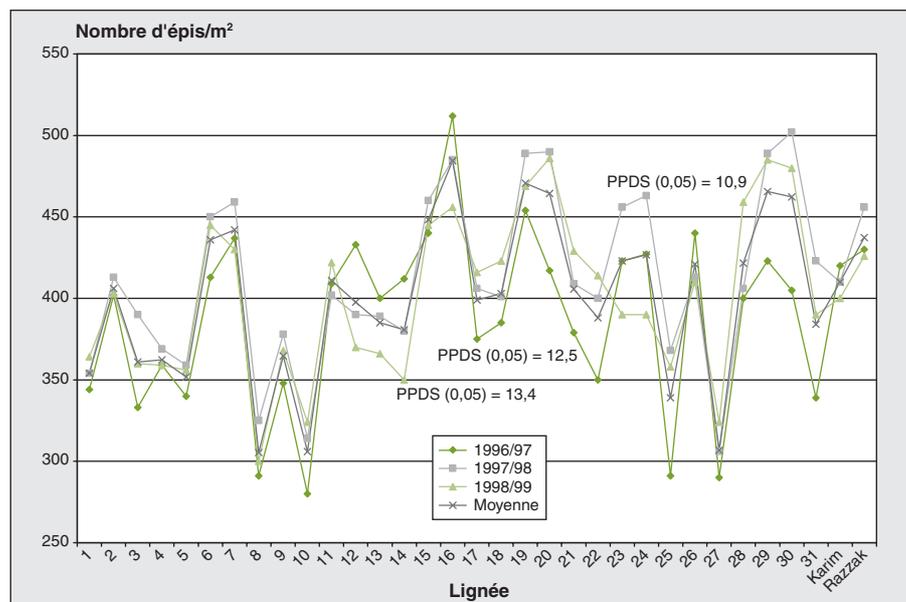


Figure 4. Nombre d'épis/m² des lignées testées de blé dur.

Figure 4. Number of ears/m² of the durum wheat lines tested.

PPDS : plus petite différence significative.

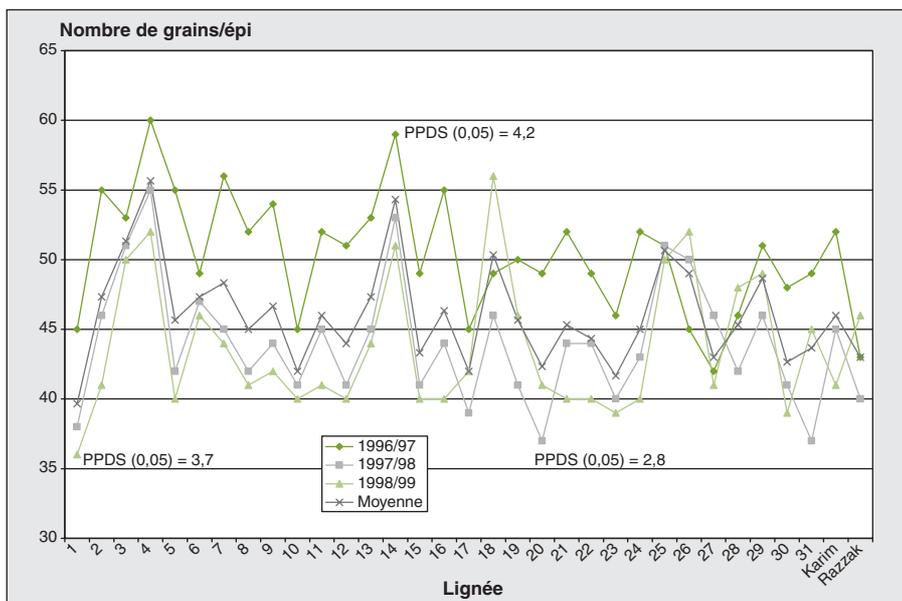


Figure 5. Nombre de grains/épi des lignées testées de blé dur.

Figure 5. Number of grains/ear of the durum wheat lines tested. PPDS : plus petite différence significative.

non stressés. Des différences significatives ont été observées parmi les productivités moyennes des lignées testées. Les lignées dont la performance a dépassé de 18 % la moyenne des témoins ont été retenues comme prometteuses. Ces

lignées, par rendement en grains décroissant sont : n° 19, n° 7, n° 14 et n° 26. Elles ont respectivement produit 122,9 %, 120,4 %, 120,4 % et 118,4 % du rendement moyen général des témoins. Elles peuvent donc devenir des variétés adap-

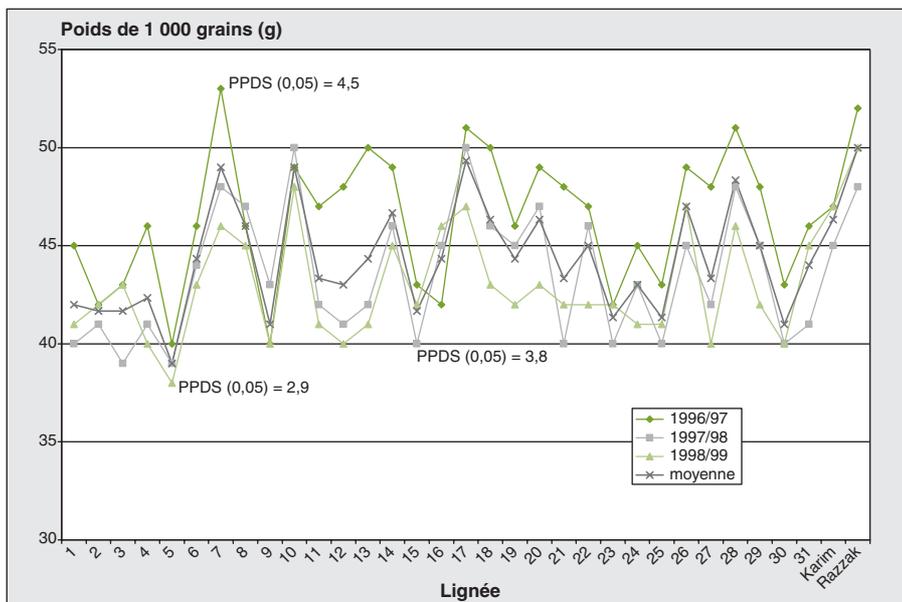


Figure 6. Poids de 1 000 grains (g) des lignées testées de blé dur.

Figure 6. Weight of 1,000 grains (g) of the durum wheat lines tested. PPDS : plus petite différence significative.

tées au milieu semi-aride ou être utilisées dans un programme de croisement destiné à transférer des gènes favorables au rendement en grains.

Bien que le rendement en grains soit le critère de sélection le plus important pour l'adaptation variétale, le poids de 1 000 grains, la précocité, la hauteur des plantes, le rendement en paille et la résistance aux maladies et aux insectes sont également des critères importants. Les variétés précoces échappent au stress hydrique de fin de saison. La grosseur des grains est non seulement une composante du rendement mais aussi un facteur de qualité. Les variétés courtes résistent à la verse et répondent mieux à l'irrigation et à la fertilisation azotée. La résistance aux maladies est le moyen le plus efficace, le moins cher et le plus durable pour assurer la protection des cultures. Les lignées testées dans cet essai ont cependant montré une certaine sensibilité aux maladies les plus redoutables en Tunisie que sont les rouilles et les septorioses. La variabilité génétique pour ces caractères était présente mais très étroite étant donné que les lignées testées ont subi une forte pression de sélection contre les maladies les plus redoutables. La plupart des lignées introduites se sont mieux comportées que les témoins en ce qui concerne les principaux caractères agronomiques de production étudiés (figures 2 à 6).

## Conclusion

Il s'est avéré à la fin de cette étude qu'il existe des différences significatives parmi les lignées testées. Certaines lignées sont particulièrement plus performantes que les deux témoins comme c'est le cas des lignées n° 7, n° 14, n° 19 et n° 26. Comparées aux témoins, ces lignées ont montré les meilleures performances du point de vue du rendement, du poids de mille grains ainsi que du nombre de grains par épi. Elles ont montré une bonne précocité, surtout la variété 14 qui était similaire au témoin le plus précoce (Karim). De plus, les lignées sélectionnées se distinguent par une résistance à la verse ainsi qu'aux maladies cryptogamiques présentes dans le site expérimental. Ces lignées s'avèrent très prometteuses. D'autres travaux devraient être entrepris dans la région semi-aride de Tunisie afin d'en confirmer la supériorité génétique. ■

## Références

- Blum AL, Golan G, Mayer J. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crop Res* 1989 ; 22 : 289-96.
- Boubaker M, Yamada T. Screening spring wheat genotypes (*Triticum* sp.) for seedling emergence under optimal and suboptimal temperature conditions. *Jpn J Breed* 1991 ; 41 : 381-7.
- Boubaker M. Potential of variety blends in wheat under variable environmental conditions. *Agricoltura Mediterranea* 1995 ; 125 : 362-7.
- Boubaker M. High vs. low stress yield test environments for identifying drought tolerant durum wheat cultivars. *Tropicultura* 1997 ; 15 : 71-3.
- Boubaker M, Ben-Hammouda M. Screening durum wheat for drought tolerance at the seedling growth stage. *Agricoltura Mediterranea* 1997 ; 127 : 267-74.
- Boubaker M, Ben-Hammouda M, Sakouhi L. Adaptation et stabilité du rendement de trois espèces céréalières dans les régions semi-arides et arides de la Tunisie. *Sécheresse* 1999 ; 10 : 273-9.
- Bourgeois L. OGM et débat public OGM : avancée ou recul de la sécurité alimentaire? *OCL* 2001 ; 8 : 278-86.
- Boyer JS, McPherson HG. Physiology of water deficits in cereal crops. *Adv Agron* 1975 ; 27 : 1-23.
- Eberhart S, Russell WA. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci* 1966 ; 6 : 36-40.
- Finlay KW, Wilkinson GH. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust J Agric Res* 1963 ; 14 : 742-54.
- Fitzgerald PJ. Plant germplasm : An essential resource in our future. In : Stalker HT, Chapman C, eds. *Scientific management of germplasm characterization, evaluation and enhancement*. Rome : International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), 1989.
- Jenson NF. Crop breeding as a design science. In : Wood DR, ed. *Crop Breeding*. Madison (Wisconsin) : American Society of Agronomy and Crop Science, 1983.
- Kramer PJ. *Water relations of plants*. New York : Academic Press, Inc, 1983.
- Malton PJ. Analyse critique des objectifs, méthodes et progrès accomplis à ce jour dans l'amélioration du sorgho et du mil : une étude de cas de l'ICRISAT/Burkina Faso. In : *Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest*. Purdue (Indiana) : Université de Purdue, 1985.
- Rosielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci* 1981 ; 21 : 943-6.
- Simmonds NW. *Principles of crop improvement*. London; New York : Longman, 1979.