

## Production du blé dur en fonction de la variété et du régime hydrique en Tunisie

Moncef Ben-Hammouda, Mohsen Boubaker

La croissance en hauteur d'une plante permet la compétition pour la lumière au sein de la communauté végétale [1]. La croissance racinaire, quant à elle, joue un rôle important en conditions de stress hydrique et la croissance différentielle des racines des céréales représente l'un des caractères morphologiques les plus étudiés en agronomie des zones arides [2-4].

La capacité de tallage d'une céréale est essentiellement déterminée par la variété, la densité de semis et l'apport de fertilisation azotée [5]. L'évolution de la masse et des surfaces foliaires est corrélée à celle de la teneur en matière sèche totale durant la première moitié de la saison de culture. C'est pourquoi des plantes formant des feuilles précocement peuvent croître à un meilleur rythme [2]. Les différences de taille entre variétés font que la production de matière sèche est davantage liée aux indices de surface foliaire (ISF) qu'au taux d'assimilation nette de CO<sub>2</sub> [6].

Les variétés de blé dur Karim, Razzak et Khiar, largement cultivées dans la plaine du Kef (située dans la zone semi-aride

M. Ben-Hammouda : Laboratoire de physiologie de la production végétale, École supérieure d'agriculture du Kef, Le Kef-7100, Tunisie.

<benhammouda.moncef@iresa.agrinet.tn>  
M. Boubaker : Laboratoire d'amélioration des céréales, École supérieure d'agriculture du Kef, Le Kef-7100, Tunisie.

Tirés à part : M. Ben-Hammouda

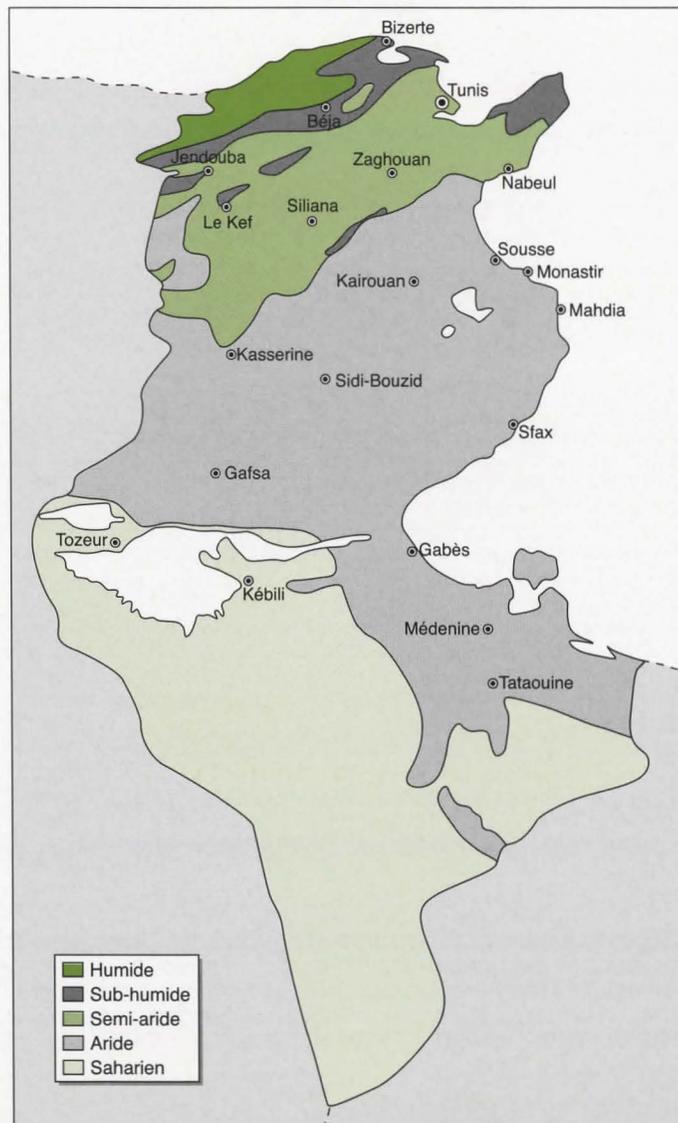
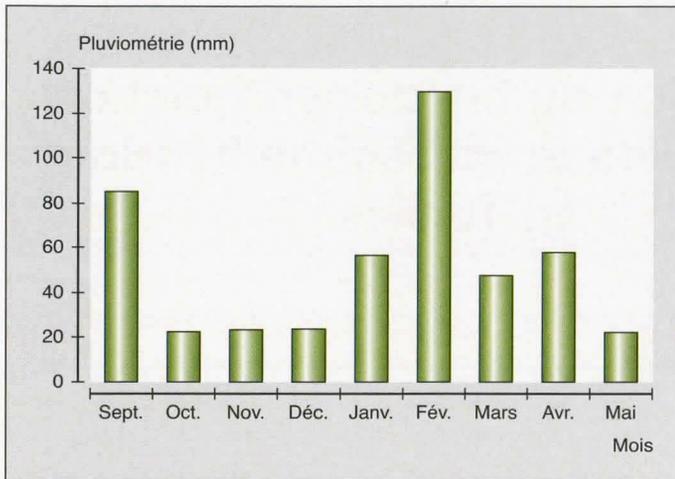


Figure 1. Carte des étages bioclimatiques de la Tunisie.

Figure 1. Map of the bioclimatic zones of Tunisia.



**Figure 2.** Pluviométrie mensuelle (mm) en cours de culture pour la saison de 1995-1996 dans la plaine de Kef (Tunisie).

**Figure 2.** Monthly rainfall (mm) during the growing season of 1995-1996 in the plain of Kef (Tunisia).

## Summary

### Durum wheat production in Tunisia according to variety and water regime

M. Ben-Hammouda, M. Boubaker

*Experimentation was carried out to test the response of three durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties (Karim, Khiar, Razzak) at four water regimes to identify distinguishing agronomic production characteristics for each variety at certain stages of growth as well as to draw up an estimate of their correlation to grain yield independently of the variety and the water regime.*

*Plastic pots (6 liters) were filled with 5 kg of a silt-clay soil (pH = 8.1; OM = 1.2%). Seeds were placed in the soil at 3 cm depth (5 seeds per pot) on November 25, 1995 and were thinned upon emergence to two plants per pot (39 plants/m<sup>2</sup>). Nitrogen was applied between stages 3 and 8 (120 kg/ha of ammonium nitrate, 33% N). Water was supplemented at stages 10.5 and 11. The pots were placed in the field in a randomized complete block design (RCBD). The same experimental error was used in testing both the effect of variety and water regime. Variance analysis was made for all agronomic parameters measured. For significant main effects, means were separated using the LSD test at the level of 5% of probability. Twelve agronomic production characteristics were measured for the three wheat varieties cultivated at four water regimes with natural as a control. Measurements were made at phenologic stages 3 (leaf and tiller development), 8 (stem elongation), 10.5 (head emergence and flowering) and 11 (grain development), according to the Feekes scale.*

*Results showed that varieties expressed differential growth as early as stage 8 for the main root growth (Table 2). At plant maturity, varieties could be differentiated by three characteristics: leaf dry matter, the number of grains per spike and grain yield per plant. When water regimes were applied, their effects were significantly different depending on the agronomic characteristics (Table 1). Plant components do not grow continuously throughout the life cycle of a plant (Table 2). For example, root growth stopped at stage 10.5 while leaf growth continued during stage 11.*

*Grain yield, integrating all agronomic production characteristics, was associated with the partitioning of dry matter among plant parts (roots, stems, leaves). The relationship of nine characteristics to grain yield was studied using a matrix correlation analysis (Table 3). Results showed that leaves participated more in grain yield ( $r = 0.629^{**}$ ) than did stems ( $r = 0.596^{**}$ ) or roots ( $r = 0.478^{**}$ ).*

Cahiers Agricultures 2000 ; 9 : 511-4.

du nord-ouest de la Tunisie) (figure 1), ont été choisies à cet effet.

Nous avons étudié le stade végétatif et les caractères agronomiques de production distinguant entre elles trois variétés de blé dur ainsi que leur effet sur le régime hydrique et la production en grains.

L'essai a été conduit en pots de 6 litres ( $\varnothing_{supérieur} = 25$  cm ;  $\varnothing_{inférieur} = 13$  cm ; profondeur = 21 cm) enfouis en plein champ et contenant 5 kg/pot de sol limono-argileux tamisé (pH = 8,1 ; MO = 1,2 %). Le semis a été réalisé le 25 novembre 1995 avec 5 graines de chaque variété par pot à une profondeur de 3 cm, avec éclaircissement à deux plantes (39 plantes/m<sup>2</sup>) le 20 janvier 1996. La récolte a été faite le 15 juin 1996. La fertilisation azotée a été appliquée en deux apports sous forme d'ammonitrate (33,5 % N) aux stades 3 et 8 (totalisant l'équivalent de 120 kg/ha). Le désherbage a été fait manuellement tout au long de l'essai. L'irrigation comportait trois apports (deux avant l'anthèse au stade 10,5 et un juste après l'anthèse au début du stade 11) à des doses calculées selon la base de la surface supérieure du pot et effectués successivement le 8 avril 1996, le 20 avril 1996 et le 4 mai 1996. Au cours de chaque apport, trois régimes d'irrigation ont été appliqués (100, 120 et 150 mm). Des pots sans irrigation ont servi de témoin. La répartition de la pluie en cours de culture est représentée à la figure 2.

Au cours de la saison de culture (septembre à mai), il y eut un total de 487,8 mm de pluie, avec une moyenne mensuelle de 54,2 mm et une variabilité CV = 72,7.

L'essai a été conduit suivant la méthode des blocs complets aléatoires (RCBD) avec quatre répétitions, les facteurs variété (V) et irrigation (R) étant testés avec la même erreur expérimentale. Suivant l'échelle de Feekes [5], la teneur en matière sèche a été mesurée pour les stades végétatifs 3, 8, 10,5 et 11 (tableau 1) après séjour dans une étuve à 50 °C pendant 72 h.

Les stades 3, 8, 10,5 et 11 ont fait l'objet de mesures des paramètres agronomiques de production : hauteur de la plante (HP), longueur de la racine principale (LRP), nombre des racines secondaires par plante (NRS), matière sèche (g/plante) de la partie aérienne (MSPA), matière sèche (g/plante) de la partie souterraine (MSPS), nombre de talles avec épi par plante (NTE), nombre de talles

herbacées par plante (NTH), matière sèche (g/plante) des tiges (MST), matière sèche (g/plante) des feuilles (MSF), matière sèche (g/plante) des racines (MSR), nombre de grains par épi (NGE) et rendement en grains (g) par plante (RGP).

L'effet de la variété sur HP, LRP, NRS, MSPA et MSPS a été étudié pour les stades 3 et 8 ; celui du régime hydrique sur l'ensemble des caractères agronomiques sauf MSPA et MSPS.

Une analyse de variance des paramètres mesurés a été réalisée en utilisant le système SAS [7]. Pour tout effet principal significatif, la séparation des moyennes a été assurée en utilisant le test de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5 % [8]. Une analyse matricielle de corrélation [7] a été réalisée entre RGP pris comme variable dépendante et les autres caractères agronomiques de production pris comme variables indépendantes (tableau 3). Cette étude de corrélation a été conduite pour le blé dur indépendamment de la variété et du régime hydrique appliqué.

## Résultats

Au stade 3, cinq caractères agronomiques de production (HP, LRP, NRS, MSPA, MSPS) ont été mesurés pour les trois variétés, MSPA étant la masse (g/pot) de la matière sèche (feuilles et tiges) et MSPS la masse de matière sèche pour les racines. L'effet principal de la variété ne fut pas significatif au seuil de probabilité de 5%. Au stade 8, les trois variétés de blé dur ont montré des différences significatives de longueurs des racines principales (LRP), avec une légère supériorité pour la variété Karim (LRP : Karim = 27,5 cm ; Khiar = 26,5 cm ; Razzak = 25,8 cm). Au stade 10,5, les variétés Khiar et Razzak ont des taux de croissance tout à fait comparables, un peu supérieurs à celui de la variété Karim. L'effet principal régime hydrique est significatif pour NRS, NTH, NTE, MSF, MSR et LRP (tableau 2). La réponse de LRP et NRS au régime hydrique est significative lorsque le régime pluvial est supplémenté par 240 mm tandis que, pour MSF et MSR, cette réponse n'apparaît clairement que lorsque le supplément atteint 300 mm.

Au stade 11, la MSF, le NGE et le RGP différencient les variétés avec une production significativement supérieure de

Tableau 1

### Échelle de Feekes pour les stades de croissance du blé

Stade	Échelle de Feekes	Caractéristiques
Levée	1	Une feuille
Tallage	2	Début de formation des talles
	3	Talles formées
	4	Extension des feuilles
	5	Feuilles fortement érigées
Extension de la tige	6	Premier nœud de la tige visible
	7	Deuxième nœud de la tige visible
	8	Dernière feuille à peine visible
	9	Ligule de la dernière feuille à peine visible
	10	Gaine de la feuille drapeau sortie
Épiaison	10,1	Gaine de la feuille drapeau éclatée
	10,5	Tous les épis sortis
Maturité des grains	11	Du grain laiteux au grain mûr

### The Feekes scale of wheat growth stages

Tableau 2

### Effet du régime hydrique (mm) sur les caractères agronomiques du blé dur (variétés Karmin, Khiar, Razzak) aux stades 10,5 et 11

Régime hydrique	Stade 10,5					
	LRP	NRS	NTH	NTE	MSF	MSR
465,8	32,5 b*	63,0 b	2,1 b	2,9 b	5,1 c	4,1 a
465,8 + 200	33,3 b	64,0 b	2,0 b	3,1 b	5,3 bc	4,2 a
465,8 + 240	35,0 a	66,6 a	2,4 ab	3,7 a	5,4 ab	4,3 ab
465,8 + 300	35,6 a	66,4 a	2,5 a	3,7 a	5,6 a	4,5 b
PPDS (0,05)	1,0	1,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Régime hydrique	Stade 11					
	MST	MSF	NGE	RGP		
487,8	2,2	6,7 d	53,8 c	8,5 c		
487,8 + 300	3,3 c	7,0 c	54,9 b	9,4 b		
487,8 + 360	3,6 b	7,4 b	56,0 a	11,0 a		
487,8 + 450	3,8 a	7,6 a	56,2 a	11,2 a		
PPDS (0,05)	0,1	0,2	0,9	0,4		

LRP : longueur (cm) de la racine principale ; NRS : nombre des racines secondaires par plante ; NTH : nombre de talles herbacées par plante ; NTE : nombre de talles épiées par plante ; MSF : matière sèche (g/plante) des feuilles ; MSR : matière sèche (g/plante) des racines ; MST : matière sèche (g/plante) des tiges ; NGE : nombre de grains par épi ; RGP : rendement en grains par plante (g/plante).

\* Les moyennes ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

### Effect of water regime (mm) on agronomic production parameters for three varieties of durum wheat at stages 10.5 and 11

MSF pour la variété Razzak. Karim se trouve en tête du classement final pour le rendement en grains.

À partir du stade 10,5, NTH, NTE et NRP ne sont plus affectés par le régime hydrique contrairement au MSF. Le RGP, le NGE et la MST sont affectés par le régime hydrique au stade 11 (tableau 2).

NRS, NTE, MST, MSF, MSR et NGE

se sont montrés corrélés d'une manière hautement significative avec RGP (tableau 3).

## Conclusion

Les variétés de blé dur (Karim, Khiar, Razzak) se différencient l'une de l'autre à

**Tableau 3**

**Coefficients de corrélation (r) et probabilités (p) correspondant à neuf paramètres agronomiques de production associés au rendement en grains chez le blé dur**

Paramètre indépendant	Paramètre dépendant
	RGP
HP	0,175 <sup>†</sup> NS
	0,233 <sup>††</sup>
LRP	0,401 <sup>**</sup>
	0,004
NRS	0,234 NS
	0,109
NTE	0,544 <sup>***</sup>
	0,001
NTH	0,170 NS
	0,247
MST	0,596 <sup>***</sup>
	0,001
MSF	0,629 <sup>***</sup>
	0,001
MSR	0,478 <sup>***</sup>
	0,001
NGE	0,687 <sup>***</sup>
	0,001

<sup>†</sup> : Valeur du coefficient de corrélation (r).

NS : Non significatif au seuil de probabilité de 5 %.

<sup>††</sup> : Probabilité de signification de r.

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*\*</sup> : Significatif respectivement aux seuils de probabilité de 1 % et de 0,1 %.

**Correlation coefficients (r) and their respective probabilities (p) for individual relationships of nine agronomic production parameters of durum wheat grain yield**

partir du stade 8. Les caractères LRP, NRS, NTH et NTE n'évoluent pas continuellement au cours du cycle de

développement. Quant aux effets des régimes hydriques, ils se distinguent à partir du stade où ils sont appliqués.

RGP, qui intègre tous les caractères agronomiques de production, demeure essentiellement associé à la masse de matière sèche et à sa répartition entre racines, feuilles et tiges. Dans le présent travail, le rôle de la masse des feuilles dans le RGP ( $r = 0,629^{***}$ ) l'emporte sur ceux des tiges ( $r = 0,596^{***}$ ) et des racines ( $r = 0,478^{***}$ ) ■

### Références

1. Lincoln T, Eduardo Z. *Plant physiology*. California-USA : The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, 1991 ; 499 p.
2. Brown RH. Growth of the green plant. In : Tesar MB, ed. *Physiological basis of crop growth and development*. Madison-Wisconsin, USA : American Society of Agronomy, Inc, 1984 : 153-74.
3. Dib AT, Monneveux P. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. I. Caractères morphologiques d'enracinement. *Agronomie* 1992 ; 12 : 371-9.
4. Khaldoun A, Cherry J, Monneveux P. Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomie* 1990 ; 10 : 369-79.
5. Robert KMH, Walker AJ. *An introduction to the physiology of crop yield*. Essex : Logman Group UK, 1989 : 7-30.
6. Hay RKM, Al-Ani A. The physiology of forage rye. In : Robert KMH, Walker AJ, eds. *An introduction to the physiology of crop yield*. Essex : Logman Group, UK, 1989 : 7-30.
7. SAS Institute. *SAS user's guide : statistics*. Gary, N.C-USA : SAS Inst. Inc, 1985.
8. Thomas ML, Hills FJ. *Agricultural experimentation*. New York : John Wiley Sons, 1978 : 61-76.