

Etude des relations entre les performances agronomiques et les paramètres physiologiques chez trois variétés de blé dur

Samir K.¹, El Mourid M.² et Ismaïli M.³

¹ Université Hassan II Mohammedia, Faculté des sciences Ben M'Sik Casablanca, Maroc

² Centre aridoculture de Settat, B.P. 589, Maroc

³ Université Moulay Ismaïl, Faculté des sciences Meknès, Maroc

Résumé

*Une des caractéristiques du climat semi-aride marocain est la faiblesse et l'incertitude des précipitations ainsi que sa haute fluctuation. La sécheresse dans ces zones peut survenir à n'importe quel moment. Un des moyens efficaces pour la lutte contre la sécheresse est le recours à la création de génotypes résistants à ce stress abiotique. L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances agronomiques sous stress hydrique chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Karim, Marzak et Oum Rabia) et d'étudier les relations qui existent entre certains paramètres physiologiques et les performances agronomiques chez ces variétés. Les expérimentations ont été conduites au champ (1990-91 et 1991-92) sur un sol Vertic Calicixerol. Les niveaux de stress hydrique ont été imposés à l'aide du système d'irrigation à gradient (Line source sprinkler system). Les performances agronomiques mesurées comprenaient le rendement grain, le rendement paille et les composantes du rendement. Les résultats ont montré des différences entre variétés et entre régimes hydriques. L'interaction variété * régime hydrique n'était pas significative. Marzak a réalisé les rendements en grains et l'efficacité d'utilisation de l'eau les plus élevés en régime irrigué et sec. Oum Rabia s'est distinguée par une meilleure production en biomasse. Karim était pénalisée en sec mais performante en irrigué. La forte corrélation entre la résistance stomatique et le rendement en grain indiquerait que l'utilisation de ce paramètre physiologique pour la sélection de variétés tolérantes à la sécheresse pourrait être prometteuse. La forte corrélation de la différence de température (couvert végétal-air) avec le rendement inciterait à utiliser ce critère pour évaluer la tolérance à la sécheresse des génotypes.*

Mots-clés : Stress hydrique, blé dur, paramètres agronomiques, traits physiologiques, tolérance à la sécheresse, critères de sélection

Abstract : Study of relationship between agronomic performances and physiological parameters on three durum wheat variety

One of the common features of the semi-arid climate of morocco is the low and uncertainty of rainfall and its high fluctuations. Drought in these areas occurs at any time. One of the solutions to drought is the selection of better adapted genotypes. The objectives of this study were (i) to examine differences in some agronomic performances among three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes (Karim, Marzak and Oum Rabia) under field drought conditions and (ii) to determine their relationship to some physiological parameters. The experiments were conducted under field conditions on a vertic calicixerol during 1990-91 and 1991-92. Water stress levels were imposed by the gradient irrigation system (Line source sprinkler system). The performances of the different varieties investigated in terms of grain yield, its components, and straw yield were also measured. The study showed significant differences between the cultivars and between the water regimes. The interaction between regime and cultivars was not significant. Marzak registered the highest grain yields and water use efficiency in both irrigated and dry conditions. Oum Rabia showed a high straw matter production. Karim proved to be the most sensitive to drought. However, it showed a high performance in irrigated conditions. The high correlation between stomatal resistance and grain yield makes the use of this criterion promising in selecting drought tolerant genotypes. The high correlation of the temperature difference (canopy and air) with grain yield would suggest to use this parameter for evaluating genotypes for drought tolerance.

Key words : Water stress, durum wheat, agronomic parameter, physiological traits, drought tolerance, selection criteria

ملخص : دراسة العلاقة بين المؤهلات الزراعية والخصائص الفيزيولوجية لدى ثلاثة أنواع من القمح الصلب

سمير ك. ¹، المرید م. ² والإسماعيلي م. ³

1 جامعة الحسن الثاني، المحمدية، كلية العلوم ابن مسيك، الدار البيضاء، المغرب

2 المركز الجهوي للبحث الزراعي، سطات، المغرب

3 جامعة مولاي إسماعيل، كلية العلوم، مكناس، المغرب

من بين مميزات المناخ بالمناطق شبه الجافة بالمغرب قلة تهطل الأمطار وعدم استقرارها لوقت محدد. فالجفاف بهاته المناطق يمكن أن يجل في أي وقت. من الوسائل الناجعة ضد الجفاف، السعي إلى البحث عن أصناف نباتية أكثر مقاومة للجفاف. يرمي هذا البحث إلى تقييم بعض المؤهلات الزراعية تحت نظام مائي جاف لدى ثلاثة أصناف من القمح الصلب وهم كريم و مرزاق وأم الربيع مع دراسة العلاقة التي يمكن أن تكون بين بعض المعايير الفيزيولوجية والمؤهلات الزراعية لدى هاته الأصناف.

أجريت التجارب بالحقل وذلك سنتي (1991-90 و 1992-91). الأنظمة المائية المختلفة التي استعملت كانت نتيجة استعمال نظام سقي تدريجي (Line source Sprinkler System).

المؤهلات الزراعية التي قيست ضمت المرود من الحبوب، المرود من التبن، وكذا مكونات هذا المرود. أظهرت النتائج الفوارق بين الأنواع النباتية وبين الأنظمة المائية، أما العلاقة بين الأصناف النباتية والأنظمة المائية فقد كانت غيردالة. مرزاق تميزت بأعلى مرود من الحب وكذا بأحسن كيفية إستعمال للماء وذلك بالنسبة للنظام المائي الجاف والمسقي. أم الربيع أظهرت أحسن مردودية من التبن بينما كريم كانت جد متضررة تحت النظام الجاف وذات مردودية جيدة تحت النظام السقوي. التجارب القوي بين مناعة التثغ والمرود من الحبوب بين بأن استعمال هذا المعيار الفيزيولوجي في تصنيف الأنواع النباتية القادرة على تحمل الجفاف يمكن أن يكون مفيدا. التجارب القوي بين الفرق الحراري (غطاء نباتي - هواء) والمرود يحث على استعمال هذا المعيار الفيزيولوجي للتكهن بمدى قدرة هذه الأصناف النباتية على تحمل الجفاف.

الكلمات المفتاحية : نقص مائي، قمح صلب، خصائص زراعية، معايير فيزيولوجية، مقاومة الجفاف، خصائص التصنيف

Introduction

L'obtention d'un rendement économique, sous les conditions de sécheresse est d'une grande importance. L'effet du stress hydrique sur le rendement dépend du stade végétatif auquel survient la contrainte hydrique (Mongensen et al., 1985). De nombreux auteurs ont rapporté que les réductions de rendement les plus larges se produisent quand la sécheresse survient durant la période coïncidant avec l'initiation florale (Fisher, 1973).

Une sécheresse en période de développement des inflorescences affecte les composantes de rendement. Elle réduit particulièrement le nombre potentiel d'épillets (Clarke, 1981). Si la sécheresse survient durant les deux dernières semaines avant l'épiaison, elle peut réduire le nombre de grains par épillet (Fisher, 1973). Une carence hydrique en fin de cycle réduit le poids du grain (Kobata et al, 1992). Selon Asana (1968), le nombre d'épis par unité de surface est la composante qui détermine le plus le rendement grain sous les conditions non limitantes en eau. En condition de déficit hydrique ce sont plutôt le nombre de grains par épi et le poids du grain qui déterminent le plus le rendement grain (Assuncao, 1979). Par ailleurs, Le nombre de grains par épi a été démontré comme composante déterminante du rendement grain (Begg et Turner, 1976).

Plusieurs auteurs ont tenté de déterminer le type d'association qui pourrait exister entre certains paramètres physiologiques et le rendement grain et ses composantes. Johnson et al. (1987) ont constaté que seule la conductance stomatique, mesurée de la période allant de 7 à

14 jours avant l'anthèse, est corrélée négativement au rendement grain. De plus, Winter et al. (1988) ont pu mettre en évidence une forte liaison entre rendements grain élevés et faibles valeurs de potentiel hydrique. De même, Blum et al. (1989) ont trouvé une corrélation positive entre l'indice de sensibilité à la sécheresse et les températures du couvert végétal.

La présente étude va traiter les performances agronomiques mesurées en terme de rendement en grain et en paille ainsi que les composantes du rendement des trois variétés de blé dur sous différents régimes hydriques. L'évapotranspiration et l'efficacité d'utilisation de l'eau seront aussi comparées entre les variétés étudiées. De même, les associations entre ces performances agronomiques et certains paramètres physiologiques seront analysées.

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Des essais ont été réalisés au champ durant les années 1990-91 et 1991-92. Trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) d'obtention récente ont été testées : Karim, Marzak et Oum Rabia. A l'exception de la variété Karim les deux autres variétés présentent une large adaptation, incluant les zones sèches dites défavorables (MARA, 1990).

Expérimentation

L'étude était conduite au domaine expérimental de Sidi El Aydi, Settat-Maroc (31°15'N, 7°30'W) dont la moyenne annuelle des pluies estimée sur 67 ans est de 386 mm (Watts et El Mourid, 1988). Le sol est vertic calicixerol, riche en argile de type montmorillonite. Le semis (250 graines m⁻²) était effectué pour les deux années d'étude durant la deuxième moitié de novembre. La fertilisation de fond s'est limitée à 45 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ et à 60 Kg N ha⁻¹. La quantité d'eau reçue durant l'année 1990-91 (297 mm) s'est montrée inférieure à la moyenne annuelle de la région. Les 96 mm reçus en novembre et décembre ont permis un bon démarrage de la culture. La phase reproductrice a bénéficié de 178 mm survenus en mois de février à mars. Les températures avaient une faible amplitude. La campagne agricole 1991-92 s'est caractérisée par une irrégularité et une faiblesse des pluies (247 mm). Une sécheresse sévère et longue (120 jours), associée à de fortes amplitudes de températures, a duré du mois de novembre jusqu'à la mi-février.

Les régimes hydriques étaient créés à l'aide d'un système d'irrigation à gradient (line-source sprinkler system (Hanks et al., 1976)). On avait quatre régimes hydriques (RH1, RH2, RH3, RH4) recevant des doses d'eau d'irrigation et de pluies et un régime dit (Sec) ne bénéficiant que des précipitations de l'année (Tableau I). Le dispositif expérimental était un Strip-plot à quatre répétitions où le régime hydrique était alloué à la grande parcelle et la variété à la petite parcelle. La taille des parcelles était de 8m et 22m. Les variétés ont été réparties perpendiculairement à la ligne d'asperseurs (line-source) de façon aléatoire. Les régimes hydriques

n'étaient pas randomisés. Ils étaient considérés comme étant des mesures répétées dans l'espace et où les variétés sont disposées en bloc aléatoire complet (Freund et al., 1986).

Tableau 1. Doses d'irrigation, précipitation et quantité totale d'eau reçue par la culture de blé durant 1990-91 et 1991-92

	RH1	RH2	RH3	RH4	SEC
1990-91					
Total irrigation	100	60	40	20	00
Total précipitation	297	297	297	297	297
Quantité d'eau totale par régime hydrique	397	357	337	317	297
1991-92					
Total irrigation	170	105	80	54	00
Total précipitation	247	247	247	247	247
Quantité d'eau totale par régime hydrique	417	352	327	301	247

Les analyses statistiques ont été faites par année. Le logiciel utilisé était le SAS (Statistical Analysis System). Pour tester les effets des deux facteurs et de leur interaction, nous avons utilisé MANOVA avec mesures répétées (Repeated measure multivariate analysis of variance (Freund et al., 1986)). La comparaison des moyennes est entreprise utilisant le test de la plus petite différence significative (PPDS) dans le cas de signification d'un facteur, ou d'interaction de facteurs.

Mesures et observations

Le rendement et les composantes de rendement ont été mesurées dans 4 répétitions. Le nombre d'épis par mètre carré était déterminé sur des placettes de 2 mètres linéaires. Le nombre de grains a été déterminé après battage des épis prélevés sur les parcelles élémentaires. Ces échantillons de grain ont servi également à la détermination du poids de 1000 grains. Le rendement en grain et paille étaient mesurés sur 4 lignes de 2 m chacune, soit 2 m² de surface récoltée au niveau des 5 régimes hydriques. L'indice de récolte ou rapport rendement grain et rendement total était déduit pour chaque variété.

L'évapotranspiration (ETR) était déterminée, pour une période donnée, par la méthode des bilans hydriques. Les variations du stock d'eau dans le sol étaient mesurées à l'aide d'une sonde à neutrons du type Troxler (Model 104).

Les paramètres physiologiques dont le potentiel hydrique, la résistance stomatique et la différence de température (couvert-air = ΔT) étaient mesurés au cours du cycle. Le potentiel hydrique foliaire a été mesuré à l'aube et à la mi-journée à l'aide d'une chambre à pression (Model 3000). La résistance stomatique a été mesurée à l'aide d'un poromètre de type Licor (Li 1600). ΔT a été déterminée à l'aide d'un thermomètre portatif à infra rouge (Model 210).

Résultats

Rendements en grain et paille, et composantes de rendement

Les différences de rendement en grain, durant l'année 1990-91, étaient hautement significatives entre les trois variétés de blé dur (Tableau 2). L'interaction régime hydrique * variété n'était pas significative. Marzak a enregistré le rendement grain le plus élevé que ce soit en régime irrigué ou sec. Les écarts de rendements en grain entre régimes hydriques n'étaient pas importants en raison de la bonne distribution des pluies durant cette année. Concernant le rendement en paille (Tableau 2), l'analyse de la variance a montré des effets significatifs entre variétés et entre régimes hydriques. Toutefois, l'interaction régime hydrique * variété n'était pas significative. Oum Rabia s'est distinguée des autres variétés par son aptitude à produire plus de paille en régime irrigué et pluvial.

Tableau 2. Rendement grain (G) et paille (P) chez trois variétés de blé dur sous différents régimes hydriques au champ, 1990-91

Régime hydrique	Variétés							
	Karim		Marzak		Oum Rabia		Moyenne	
	G	P	G	P	G	P	G	P
	----- Kg ha ⁻¹ -----							
RH1	3719,1	5718,4	4352,9	7334,6	3723,4	7964,1	3931,8	7005,7
RH2	3816,0	5871,5	4780,1	6407,4	3410,3	8464,8	4002,1	6914,5
RH3	3148,9	5226,1	4245,5	6567,0	3245,7	6528,8	3546,7	6107,3
RH4	3361,9	5263,1	3445,1	6992,4	3098,7	6356,4	3301,9	6204,0
Régime sec	3309,8	5252,8	3413,0	5899,5	3202,0	6485,5	3308,3	5879,3
Moyenne	3471,1	5466,4	4047,3	6640,2	3336,0	7159,9		

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes des rendements en grain des variétés entre elles et la moyenne des régimes hydriques entre eux est 627 Kg/ha et 609 Kg/ha, respectivement. PPDS (0,05) pour comparer les moyennes des rendements en paille des variétés entre elles et la moyenne des régimes hydriques entre eux est 1357 Kg/ha et 1100 Kg/ha, respectivement.

La production de paille en moyenne chez cette variété a dépassé celle de Marzak et Karim de 7% et 24% respectivement. Du point de vue composantes de rendement (Tableau 3), le nombre d'épis par m² s'est montré significativement différent entre variétés et également entre régimes hydriques. L'irrigation au niveau du RH1 a induit une augmentation du peuplement épis d'environ 20% par rapport au régime sec. La variété Karim a montré en moyenne un peuplement épis réduit d'environ 21% par rapport à Oum Rabia et Marzak. Oum Rabia a produit en moyenne plus de grains par épi que Marzak et Karim. L'analyse de la variance s'est montrée significative pour cette composante que ce soit pour l'effet variété ou régime hydrique.

Tableau 3. Effet du régime hydrique sur le nombre d'épis par m² (NEM), le nombre de grain par épi (NGE), et le poids de mille grains (PMG) chez trois variétés de blé dur au champ, 1990-91

Regime hydrique	Variété			Moyenne
	Karim	Marzak	Oum Rabia	
1/ NEM				
RH1	269	345	342	319
RH2	232	283	302	272
RH3	265	322	318	302
RH4	244	311	314	290
Régime sec	219	277	282	260
Moyenne	246	308	312	
2/ NGE				
RH1	45	42	43	43
RH2	42	41	41	41
RH3	37	35	41	38
RH4	30	36	36	34
Régime sec	40	41	42	41
Moyenne	39	39	41	
3/ PMG(g)				
RH1	36,4	39,0	44,0	39,8
RH2	34,9	34,3	37,5	35,6
RH3	34,3	41,7	29,2	35,1
RH4	42,1	35,0	33,0	36,7
Régime sec	39,3	36,3	36,1	37,2
Moyenne	37,4	37,3	35,9	

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes du NEM et du NGE des variétés entre elles est 43 et 1,9 respectivement. PPDS (0,05) pour comparer les moyennes du NEM et du NGE des régimes hydriques entre eux est 27 et 4,2 respectivement.

Durant l'année 1991-92 (Tableau 4), les différences en terme de rendement grain n'étaient pas significatives entre les variétés et entre régimes hydriques. Cependant, l'interaction s'est montrée significative. Les écarts entre les génotypes tendent à augmenter significativement en régime pluvial. Karim a montré en ce régime une faible performance par rapport aux autres variétés. La variation des rendements en grain entre régimes hydriques était hautement significative. Il en est de même pour le rendement en paille.

Tableau 4. Rendement grain (G) et paille (P) chez trois variétés de blé dur sous différents régimes hydriques au champ, 1991-92

Régime hydrique	Variétés							
	Karim		Marzak		Oum Rabia		Moyenne	
	G	P	G	P	G	P	G	P
	----- Kg ha ⁻¹ -----							
RH1	4462,5	6287,5	4500,0	6937,5	4412,5	7837,5	4458,3	7020,8
RH2	3025,0	4187,5	3350,0	4900,0	3350,0	5650,0	3241,7	4912,5
RH3	2800,0	3350,0	2975,0	4087,5	2925,0	4287,5	2900,0	3908,3
RH4	1916,7	2800,0	1950,0	2737,5	2000,0	3150,0	1955,6	2895,8
Régime sec	1737,5	2162,5	2112,5	2918,8	2025,0	3287,5	1958,3	2789,6
Moyenne	2788,3	3757,5	2977,5	4316,3	2942,5	4842,5		

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes des rendements en grain des régimes hydriques entre eux est 554 Kg/ha. PPDS pour comparer les moyennes des rendements grain des variétés au sein d'un même régime hydrique est 251 Kg/ha. PPDS (0,05) pour comparer les moyennes des rendements en paille des variétés entre elles et la moyenne des régimes hydriques entre eux est 1008 Kg/ha et 718 Kg/ha, respectivement.

La production en paille a chuté de 60% en allant du régime irrigué au sec. L'effet génotype était très marqué sur cette variable. Oum Rabia a manifesté une supériorité significative. Sa production de paille était supérieure à celle de Karim et Marzak de 22% et 11% respectivement. Pour la composante peuplement épis (Tableau 5), l'effet régime hydrique était hautement significatif. Le nombre d'épis par unité de surface a chuté de 40% en régime sec. Les différences variétales n'ont pas été significatives. Mais, on a noté que le peuplement épis chez Oum Rabia et Marzak a dépassé celui de Karim. Au niveau de la composante nombre de grains par épi, les variations étaient hautement significatives pour les facteurs variété et régime hydrique. L'interaction n'était pas significative. L'absence d'irrigation a causé une chute de ce paramètre d'environ 30% par comparaison au régime RH1. Oum Rabia avait plus de grains par épi dans tous les régimes. La réduction du nombre de grain par épi était plus sévère chez Karim (42%) par rapport à Marzak (37%) et Oum Rabia (21%). Le poids de mille grains (PMG) était influencé d'une manière hautement significative par le facteur variété. Oum Rabia avait le PMG le plus faible. Marzak était plus performante. Quant à Karim, elle a gardé une situation intermédiaire.

Tableau 5. Effet du régime hydrique sur le nombre d'épis par m² (NEM), le nombre de grain par épi (NGE), et le poids de mille grains (PMG) chez trois variétés de blé dur au champ, 1991-92

Régime hydrique	Variétés			
	Karim	Marzak	Oum Rabia	Moyenne
1/ NEM				
RH1	299	309	337	315
RH2	223	253	229	235
RH3	189	223	213	208

	RH4	190	211	200	200
	Régime sec	208	192	201	200
	Moyenne	222	238	236	
2/ NGE	RH1	55	41	54	50
	RH2	47	39	53	46
	RH3	44	35	46	42
	RH4	35	35	42	37
	Régime sec	32	30	43	35
	Moyenne	42	36	48	
3/ PMG(g)	RH1	52,8	55,0	45,8	51,2
	RH2	52,6	57,3	49,1	53,0
	RH3	54,1	53,3	49,3	52,2
	RH4	48,8	57,1	46,1	50,7
	Régime sec	51,1	54,8	46,0	50,7
	Moyenne	51,9	55,5	47,3	

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes du NGE et du PMG des variétés entre elles est 9 et 6,5 respectivement. PPDS (0,05) pour comparer les moyennes du NEM et du NGE des régimes hydriques entre eux est 27,9 et 6 respectivement.

Le tableau 6 laisse apparaître que, durant les deux années d'expérimentation, l'effet génotype sur l'indice de récolte était très significatif. La variété Karim a réalisé l'indice de récolte le plus élevé. Elle était suivie de Marzak et enfin de Oum Rabia. L'effet régime hydrique était aussi significatif, alors que l'effet interaction ne l'était pas.

Tableau 6. Effet du régime hydrique sur l'indice de récolte (en %) chez trois variétés de blé dur au champ, 1990-91 et 1991-92

	Régime hydrique	Variétés			Moyenne
		Karim	Marzak	Oum Rabia	
1990-91	RH1	39,4	37,2	31,8	35,9
	RH2	39,4	42,7	28,7	36,6
	RH3	37,6	39,3	34,6	35,8
	RH4	38,9	33,0	34,7	33,5
	Régime sec	38,6	36,6	33,1	36,0
	Moyenne	38,8	37,9	32,3	

1991-92					
RH1	41,5	39,3	36,0		38,8
RH2	41,9	40,6	37,2		39,8
RH3	45,5	42,1	40,6		42,6
RH4	39,1	41,6	38,8		41,1
Régime sec	44,6	41,9	38,1		41,2
Moyenne	42,3	40,8	38,1		

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes de l'indice de récolte des variétés entre elles est 0,05 et 0,03 durant 1990-91 et 1991-92 respectivement. PPDS (0,05) pour comparer les moyennes de l'indice de récolte des régimes hydriques entre eux est 0,02 et 0,03 durant 1990-91 et 1991-92 respectivement.

Evapotranspiration (ETR)

L'effet du régime hydrique s'est révélé hautement significatif pour l'ETR durant les deux années (Tableau 7). L'ETR a baissé, en allant du régime irrigué au sec, de 25% et de 51%, respectivement, pour la première et la deuxième année d'étude. L'effet variétal ainsi que l'interaction régime hydrique * variété se sont montrés non significatifs.

Tableau 7. Evapotranspiration totale (ETR) (mm) enregistrée chez les trois variétés de blé dur au champ durant les années 1990-91 et 1991-92

	Régime hydrique				Moyenne
	RH1	RH3	RH4	Sec	
1990-91					
Karim	365,8	340,9	306,8	272,2	321,4
Marzak	367,2	335,9	309,3	279,6	323,0
O. Rabia	355,9	340,8	309,9	263,3	317,5
Moyenne	363,0	339,2	308,7	271,7	
1991-92					
Karim	358,2	302,7	245,5	168,9	268,8
Marzak	356,1	300,9	265,1	181,3	275,8
O. Rabia	348,7	294,5	246,3	174,7	266,1
Moyenne	354,3	299,4	252,3	175,0	

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes de l'ETR des régimes hydriques entre eux est 3,3 et 2,8 pour l'année 1990-91 et 1991-92 respectivement.

Efficienc e d'utilisation de l'eau (EUE)

L'effet régime hydrique ainsi que l'interaction variété * régime hydrique étaient non significatifs pour l'EUE (Tableau 8). Cependant, le facteur variété s'est révélé hautement significatif durant la première année d'étude. Même si l'effet variété ne s'est pas montré significatif durant la deuxième année, les tendances sont restées presque similaires à celles de la campagne précédente. Marzak a manifesté l'EUE la plus élevée durant les deux années.

Tableau 8. Efficienc e d'utilisation de l'eau (EUE) (Kg/mm/ha) enregistrée chez les trois variétés de blé dur au champ durant les années 1990-91 et 1991-92

	Régime hydrique				Moyenne
	RH1	RH3	RH4	Sec	
1990-91					
Karim	12,0	12,8	9,7	12,3	11,7
Marzak	13,1	15,0	16,8	12,7	13,6
O. Rabia	10,3	11,9	10,5	11,6	11,1
Moyenne	11,8	13,2	11,3	12,2	
1991-92					
Karim	14,8	11,0	12,5	9,9	12,0
Marzak	13,8	12,8	12,8	11,6	12,8
O. Rabia	13,1	12,1	13,9	11,0	12,5
Moyenne	13,9	11,9	13,1	10,8	

PPDS (0,05) pour comparer les moyennes de l'EUE des variétés entre elles durant l'année 1990-91 est de 1,8.

Relation entre le rendement en grain et certains paramètres physiologiques

Pour pouvoir expliquer l'effet de certains paramètres physiologiques sur le rendement grain nous avons corrélé ce dernier avec les valeurs moyennes de chacun de ces paramètres. Ainsi, on a établi des relations en préanthèse (montaison-épiaison), en postanthèse (fin floraison-remplissage du grain) et durant tout le cycle tout en considérant les trois variétés et deux régimes hydriques : irrigué et sec.

Les régressions linéaires établies entre la moyenne du potentiel hydrique foliaire au cours du cycle et le rendement grain se sont révélées significatives. La variation du rendement a été expliquée à 70% et à 51% respectivement par la variation du potentiel hydrique mesuré à la mi-journée et à l'aube. La relation liant ces deux paramètres à la mi-journée (X1) et à l'aube (X2) était respectivement :

$$Y1 = 1157,3 X1 + 5130,3 \quad (R2 = 0,70^{**})$$

$$Y2 = 3365,1 X2 + 4960,4 \quad (R2 = 0,50^{*})$$

Ces relations ont montré que les plus fortes corrélations sont celles de la postanthèse ($R2 = 0,83^{**}$, $R2 = 0,51^{*}$ respectivement pour le potentiel hydrique de midi et à l'aube). Celles de

la préanthèse se sont avérées faibles et non significatives (les R2 respectives à midi et à l'aube étaient 0,27 et 0,36).

Toutes les corrélations de la résistance stomatique avec le rendement grain que ce soit en pré-anthèse (Y1), en postanthèse (Y2) ou durant le cycle cultural (Y3) se sont révélées significatives.

$$Y1 = -1519,9 X1 + 5656,4 \quad (R2 = 0,67^*)$$

$$Y2 = -1335,5 X2 + 5612,2 \quad (R2 = 0,65^*)$$

$$Y3 = -3450,7 X3 + 5712,9 \quad (R2 = 0,61^*)$$

Les régressions simples entre la moyenne des ΔT au cours du cycle et le rendement grain montrent une corrélation significative pour la première année ($R2 = 0,65^*$) et hautement significative pour la deuxième année ($R2 = 0,76^{**}$) d'expérimentation. La variation du rendement grain a été expliquée en préanthèse à 56% par la variation de ΔT respectivement durant la première et la deuxième année d'étude. Les relations respectives liant ces deux paramètres pour les deux années sont :

$$Y = -418,1 X1 + 3368,7 \quad (R2 = 0,56^*)$$

$$Y = -253,9 X2 + 3345,3 \quad (R2 = 0,63^*)$$

Les pourcentages enregistrés en postanthèse étaient de 74% pour la première année (Y1) et 72% pour la deuxième année (Y2) avec :

$$Y1 = -649,3X1 + 2705,6 \quad (R2 = 0,74^{**})$$

$$Y2 = -339,1 X2 + 4287,5 \quad (R2 = 0,72^{**})$$

(* , ** , *** sont les significations respectives à 0,05, 0,001, 0,0001 du niveau de probabilité).

Discussion

Les essais réalisés au champ ont dégagé des différences variétales très nettes du point de vue rendement grain et paille en réponse à différents régimes hydriques. La variété Marzak a réalisé, durant les deux années, le meilleur rendement grain. Elle s'est distinguée par un poids de mille grains et un peuplement épis élevé. Oum Rabia a cependant donné un rendement moindre mais satisfaisant. Les composantes de rendement qui ont contribué à l'augmentation du rendement de ces deux variétés sont le nombre de grains par épi et le peuplement épis. En effet, ces composantes se sont révélées, durant la deuxième année d'étude, très hautement corrélées au rendement grain ($R2$ respectives chez Marzak sont 0,73** et 0,93*** et 0,83** ; 0,88** chez Oum Rabia). Une corrélation positive entre le nombre d'épis par m² et le rendement grain a été signalée par Slavko et William (1982).

La variété Oum Rabia s'est surtout distinguée par une supériorité très marquée du point de vue production de matière sèche qui a engendré une chute dans l'indice de récolte. Ce paramètre traduit la répartition des assimilats entre les parties de la plante (Ancha et Morgan, 1987). Ainsi, l'établissement d'un faible indice de récolte chez Oum Rabia paraît témoigner d'une migration privilégiée des assimilats vers les organes végétatifs (variété à tige haute). Le poids de mille grains chez cette variété était faible mais il s'est montré, surtout en première année d'étude, fortement corrélé au rendement grain ($R2 = 0,71^{**}$). Cette faiblesse du poids du

grain laisse penser que l'augmentation du nombre de grains par m² contribue négativement à la réalisation d'un poids de mille grains élevé. Des résultats allant dans ce sens ont été apportés par Triboï (1990). Cet auteur a interprété cette relation en terme purement " mécanique " comme une distribution d'une source disponible à travers " n puits ".

Le rendement grain réalisé par Karim durant la campagne 1990-91 était relativement satisfaisant. Cependant, cette variété s'est montrée plus pénalisée par la sécheresse du début du cycle de l'année 1991-92. Ces rendements grain et paille étaient médiocres en régime pluvial. Il en est de même pour le nombre d'épis par m² ainsi que la production en biomasse. La réalisation chez Karim d'un indice de récolte élevé est liée à sa capacité d'accumuler plus d'assimilats dans le grain plutôt que dans les parties végétatives.

L'ETR enregistrée durant les deux années d'étude a montré que même si l'effet variété s'est révélé non significatif, on a pu remarquer que la variété Oum Rabia avait tendance à utiliser moins d'eau. Sa faible ETR peut être due à son couvert végétal plus dense qui aurait réduit l'intensité de la lumière incidente et par conséquent l'évaporation de l'eau du sol. Elle peut être également expliquée par une faible transpiration foliaire. L'effet différentiel entre les variétés, du point de vue EUE, ne peut pas être dû à la différence dans l'ETR puisque les quantités d'eau évapotranspirées ne se sont pas montrées significativement différentes d'une variété à une autre mais aux différences dans la production en grain de ces génotypes. La faible EUE chez Karim et Oum Rabia peut être due à une basse capacité du puits (grain) qui engendre une réduction dans l'accumulation des assimilats dans le grain. Il ressort que les écarts enregistrés au niveau de l'EUE des variétés étudiées découlent de la différence dans les caractéristiques physiologiques et agronomiques de ces dernières. Des résultats allant dans ce sens ont été rapportés par Asrar et al. (1984).

Les mesures physiologiques révèlent que les rendements grains les plus élevés sont consécutifs à des valeurs élevées de potentiel hydrique foliaire. De plus, les fortes relations entre ces deux paramètres en postanthèse suggèrent que les mesures de potentiel hydrique au stade reproducteur permettent d'estimer les performances agronomiques de la variété testée.

La corrélation élevée et négative obtenue entre la résistance stomatique et le rendement grain montre que toute augmentation de la résistance engendre une réduction du rendement grain et vice versa. Cette liaison a été élevée à n'importe quel stade de développement. Ainsi, les mesures de la résistance stomatique à n'importe quelle phase du cycle permettent de donner à priori des informations sur les performances du matériel végétal étudié.

Les résultats concernant ΔT ont montré que toute augmentation de la température du couvert végétal en dessus de la température de l'air cause des pertes de rendement grain. Des résultats similaires ont été rapportés par Wardlaw et al. (1989) ainsi que par Blum et al. (1989).

La liaison entre la moyenne des ΔT et le rendement grain en préanthèse, postanthèse ou au cours du cycle s'est révélée élevée. Ainsi, la mesure de ΔT depuis le stade gonflement jusqu'au stade laiteux peut être utilisée pour estimer à priori les rendements grains.

Les résultats explicités dans cet article montrent l'intérêt de la mesure de certains paramètres physiologiques dans l'estimation à priori des rendements grain. Les performances agronomiques obtenues chez les différentes variétés permettent d'avancer que Karim serait plus conseillée aux zones favorables alors que Marzak et Oum Rabia seront surtout recommandées pour les zones arides et semi arides.

Remerciements

Cette recherche a été conduite dans le cadre du projet aridoculture INRA-USAID MIAC 608-0136 au centre Aridoculture INRA-Settat, Maroc.

Références

- Ancha S., Morgan D.G. (1987). Branch removals and their effects on pod and seed yields in oilseed rape (*Brassica napus* L.). 7ème Congrès International sur le Colza. Poznan 3 : 713-718.
- Asana R.D. (1968). Growth habits of crops of non-irrigated areas. Important characteristics of plant types. *Indian Fmg* 18 : 25-27.
- Asrar G., Hipps L.E., Kanemasu E.T. (1984). Assessing solar energy and water use efficiencies in winter wheat : a case study. *Agricultural and Forest Meteorology* 31 : 47-58.
- Assuncao M.V. (1979). Effect of moisture stress on yield and quality of winter wheat seed. *Dissert Abstr intern* 40 : 17-18.
- Blum A., Shpiler L., Golan G., Mayer J. (1989). Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under draught stress. *Field crop research* 22 : 871-4.
- Clarke J.M. (1981). Case examples of research progress in draught-stress physiology : Wheat. In *Water Stress on Plants* (G.M. Simpson ed). Prager Scientific, New York.
- Fisher R.A. (1973). The effect of water stress at various stages of development in yield processes in wheat. In *Plant response to climatic factors* (R.O. Slatyer ed). Proc Uppsala Symp, UNESCO, Paris : 233-241.
- Freund R.J., Littell R.C., Spector P.C. (1986). SAS system for linear models, 1986 Edition, Cary, N.C. : SAS Institute Inc.
- Hanks R.J., Keller J., Rasmussen V.P., Wilson G.D. (1976). Line-source sprinkler for continuous variable irrigation-Crop production studies. *Soil Sci Soc Am J* 40 : 426-429.
- Johnson R.C., Mornhinweg D.W., Ferris D.M., Heitholt J.J. (1987). Leaf photosynthesis and conductance of selected *Triticum* sp. at different water potentials. *Plant physiology* 83 : 1014-1017.
- Kobata T., Palta J.A., Turner N.C. (1992). Rate of development of post anthesis water deficit and grain filling of spring wheat. *Crop Sci* 32 : 1238-1242.
- MARA (Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Maroc), (1990). Les variétés des céréales d'automne cultivées au Maroc.
- Mongensen V.O., Jensen H.E., Abduerab M.d. (1985). Grain yield, yield components, drought sensitivity and water use efficiency of spring wheat subjected to water stress at various growth stages. *Irrigation Sci* 6 : 131-140.
- Slavko B., William A.W. (1982). Genotype - environment interaction for leaf area parameters and yield components and their effects on wheat yield. *Crop Sci* 22 : 102-1025.
- Tribot E. (1990). Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* en thell). *agronomie* 10 : 191-200.
- Wardlaw I.F., Dawson I.A., Munibi P. (1989). The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. *Aust Jour Agric Res* 40 : 15-24.

Watts, D.G., El Mourid M. (1988). Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco. Centre Aridoculture, INRA, Settat.

Winter S.R., musick J.T., Porter K.B. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding draught-resistant winter wheat. *Crop Sci* 28 : 512-516.