

ACQUIS DE RECHERCHE SUR LA PHYSIOLOGIE DU STRESS HYDRIQUE AU CENTRE ARIDOCULTURE

KARROU,M., * et EL MOURID,M., **

INTRODUCTION

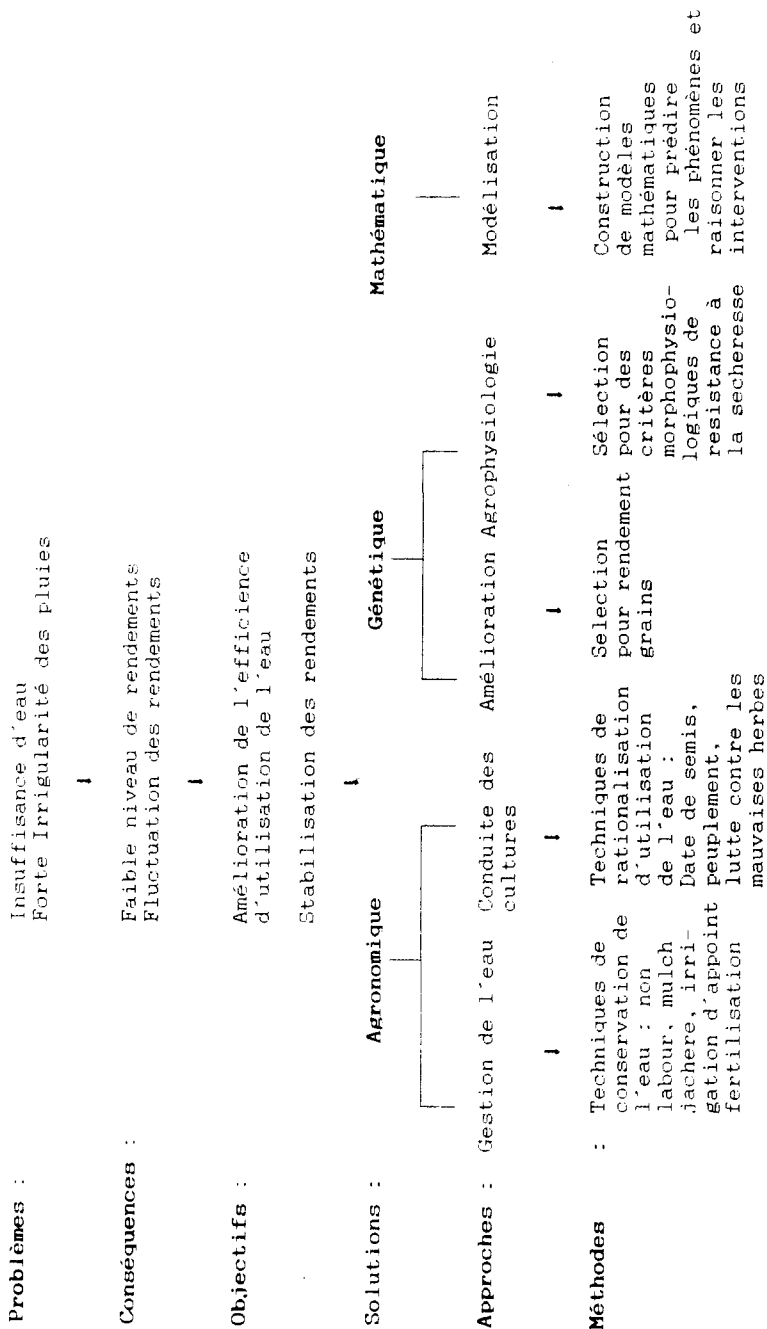
Les zones arides et semi arides du Maroc se caractérisent par une insuffisance et une forte irrégularité des pluies . le souci des chercheurs est de trouver des moyens d'amélioration et de stabilisation des rendements dans ces zones . Pour cela deux solutions s'offrent, les pratiques culturales permettant la conservation de l'eau et l'amélioration de son efficacité d'utilisation , et l'amélioration génétique permettant la création de matériels génétiques adaptés . La voie génétique peut être résumée en deux approches (voir diagramme) . L'approche classique des améliorateurs qui consiste à sélectionner pour le rendement grains, mais nécessite plusieurs années et plusieurs environnements . L'approche des physiologistes qui propose d'abord la connaissance des mécanismes de la résistance à la sécheresse et la recherche de critères morphophysiologiques de sélection . Le problème dans ce cas est de trouver des critères simples et faciles à mesurer .

Le programme d'Agrophysiologie au centre aridoculture s'intéresse actuellement aux deux solutions à savoir la recherche de techniques culturales appropriées et de critères morphophysiologiques de sélection . La seconde solution est discutée dans ce papier .

* Chercheur au CRRA- INRA - Settât B.P. 589

** Département d'Agronomie - INRA - Settât - B.P. 589

DIAGRAMME : PROBLEMES DE LA SECHERESSE ET ROLE DE L'AGRONOMIE DANS LES ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES DU MAROC.



Mécanismes d'adaptation à la sécheresse

Avant de discuter la recherche de critères que les améliorateurs peuvent utiliser pour créer des génotypes résistants à la sécheresse, il est nécessaire de rappeler très brièvement les mécanismes d'adaptation au stress hydrique . Ces derniers sont de trois types

1 - Mécanismes d'évasion (escape) grâce auxquels certaines plantes ont le pouvoir d'accomplir leur cycle avant que le déficit hydrique sévère ne se manifeste .

2 - Mécanismes d'esquive (avoidance) grâce auxquels certaines espèces ou génotypes ont le pouvoir de supporter des périodes sèches en maintenant au niveau des feuilles des potentiels hydriques élevés . Ces mécanismes sont de deux types, la réduction des pertes d'eau par transpiration (régulation stomatique, diminution de la surface foliaire, sénescence et réduction de la radiation interceptée) et l'augmentation du pouvoir d'extraction de l'eau par les racines à partir des horizons plus profonds .

3 - Mécanismes de tolérance grâce auxquels certains matériels génétiques ont le pouvoir de supporter le stress hydrique et de maintenir une activité métabolique même si le potentiel hydrique des feuilles est bas . Parmi ces mécanismes on peut citer l'ajustement osmotique et la tolérance à la dessiccation.

Recherche de critères de sélection pour la résistance à la sécheresse

Dans les zones semi arides du Maroc, la sécheresse peut intervenir à n'importe quel moment . Cependant deux périodes de sécheresse sont souvent observées dans ces régions à savoir le début du cycle et la fin du cycle . Le premier type de stress est moins fréquent que le second . Pour cela, le problème de la sécheresse dans notre environnement est très complexe et impose la recherche de critères de résistance à deux types de sécheresse qui dans certains cas peuvent se manifester la même année . Néanmoins, vue l'importance de la fréquence de la sécheresse de la fin du cycle et vu le manque de moyens humains et matériels l'accent à été mis surtout sur l'étude de ce dernier type de sécheresse et ce n'est que dernièrement qu'on a commencé à s'intéresser aux problèmes du début du cycle .

Les résultats obtenus par le laboratoire d'Agrophysiologie (Settat) sont de deux types . La caractérisation de certaines variétés marocaines et la détermination de génotypes modèles à rechercher dans ces zones . Ensuite l'évaluation de certains indices qui pourraient être utilisés dans le programme d'amélioration génétique .

La voie d'amélioration et de stabilisation des rendements grains est le recours à la précocité (Mécanisme d'évasion) . En effet les génotypes ayant la capacité d'achever leur cycle tôt durant la période humide de l'année échappent à la

sècheresse de la fin du cycle et produisent du grain même en année où les pluies hivernales sont insuffisantes . Le type de précocité à rechercher pour cette caractéristique est celui de Potam dans le cas des blés tendres et Pioneer 3994 (H6) dans le cas du Maïs . Ces génotypes donnent des rendements plus élevés que ceux des génotypes à cycles longs en année sèche et/ou en semis tardif (Tableaux I, II et III) . De même ils maintiennent leurs potentiels hydriques et leurs transpirations (résistance stomatique basse) élevés au cours du remplissage du grain et par conséquent arrivent à maturité sans toutefois souffrir du stress hydrique et des hautes températures du printemps (cas du blé) et d'été (cas du maïs) (fig. 1, 2, 3 et 4) . Cependant ces génotypes ne semblent pas intéresser beaucoup les agriculteurs du fait que leurs potentialités sont moindres que celles des variétés plus tardives et par conséquent produisent moins en années pluvieuses . De même elles produisent moins de matière sèche totale et par conséquent constituent une source de fourrage moins importante (Waldren, 1983) . En effet nul n'ignore le rôle de la paille et de l'éclaircissage du maïs dans l'alimentation du bétail dans les zones semi-arides du Maroc . Pour répondre aux besoins des agriculteurs qui cultivent les céréales pour la production de grains et de fourrage, il est nécessaire de faire recours aux génotypes ayant la capacité de croître vigoureusement et plus rapidement au départ (jusqu'au stade B des céréales d'automne et stade 5-6 feuilles dans le cas du maïs) pour permettre à la période d'élaboration de la composante nombre de grains, composante la plus déterminante de rendement, de se dérouler dans de bonnes conditions d'humidité sans toutefois que la production de matière sèche totale soit très affectée. Merchouch 8 est un génotype qui semble être de ce genre et il a l'avantage d'avoir un indice de récolte élevé à cause de la grande fertilité de son épi (Tableau IV) .

El Mourid (1988) a suggéré pour les zones semi arides du Maroc Occidental des niveaux de matière sèche totale à la floraison de 5 à 6 tonnes/ha, des indices de la surface foliaire de 3-5 et la date de floraison de la première décade de Mars.

Cependant malgré le raccourcissement de la période levée-stade B chez ce genre de génotype (type Merchouch 8) une partie de la période de remplissage de grain reste toujours exposée aux stresses hydriques de la fin du cycle . Par conséquent pour résister au stress tardif, différents mécanismes sont utilisés . Parmi ces mécanismes on peut citer ceux observés chez Nesma à savoir la capacité de sentir tôt la sécheresse et de procéder très vite à la sénescence de certaines feuilles et/ou tiges pour diminuer la compétition pour l'eau au cours du grossissement du grain et l'enracinement profond (tableau V) . Cependant l'intérêt d'avoir un enracinement abondant reste à vérifier en cas des sols peu profonds (croissance latérale) . Nesma comme les triticales est aussi caractérisée par des cires blanchâtres réfléchissant la lumière et donc diminuant l'énergie solaire et l'effet des hautes températures . Richards (1983) a montré que la défoliation réduit le taux d'utilisation de l'eau et augmente le rendement-grain et l'indice de récolte . Cet auteur a suggéré que la modification du développement de la surface foliaire génétiquement peut améliorer les rendements dans les zones sèches . De plus weight et Smith (1983) ont indiqué que les différences de rendement-grains sous des conditions d'insuffisance de pluies sont associés à

Tableau I : Rendement grains et indice de récolte en semis précoce et semis tardif à Sidi El Aidi en 1986-87 (extrait de Karrou et ElMourid, 1987) .

	Rendement grains en qx/ha		indice de récolte	
	semis précoce	semis tardif*	semis précoce	semis tardif*
BT Potam	9,06	8,19	41,6	37,8
BT Nesma	8,06	5,85	36,6	29,3
BT Jouda	8,07	5,46	34,5	24,3
BT Merchouch 8	7,48	7,37	40,4	34,6

* Semis tardif plus exposé au stress hydrique de la fin du cycle .

Tableau II : Rendement grains et indice de récolte en semis précoce et semis tardif à Sidi El Aidi en 1987-88 (extrait de Boulal, 1988) .

	Rendement grains en qx/ha		indice de récolte	
	1987-88		1987-88	
	semis précoce	semis tardif*	semis précoce	semis tardif*
BT Potam	42,5	13,0	37	36
BT Nesma	41,5	9,50	35	36
BT Merchouch 8	51,1	11,4	37	32
Orge 905	35,1	15,0	23	22
Orge Acsad 60	28,3	26,9	23	35

* Semis tardif plus exposé au stress hydrique de la fin du cycle .

Tableau III: Rendement grains et indice de récolte en 1985 et 1986 à Sidi El Aidi (extrait de Karrou et al., 1988) .

	Rendement grains en qx/ha		indice de récolte	
	1985	1986	1985	1986
Mais DRA 400	25,16	2,89	39,72	12,18
Mais T x 21	22,45	2,16	38,31	8,06
Mais HT 308	26,87	3,25	38,63	14,36
Mais funks 4065	23,41	6,38	48,32	26,20
Mais Pioneer 3994	24,15	6,27	53,43	31,18

Tableau IV : Nombre de grains/epi en semis précoce et semis tardif chez différentes variétés de blé (extrait de Boulal, 1988) .

	semis précoce	semis tardif*
BT Potam	49	72
BT Nesma	56	59
BT Merchouch 8	68	76

* Semis tardif plus exposé au stress hydrique de la fin du cycle .

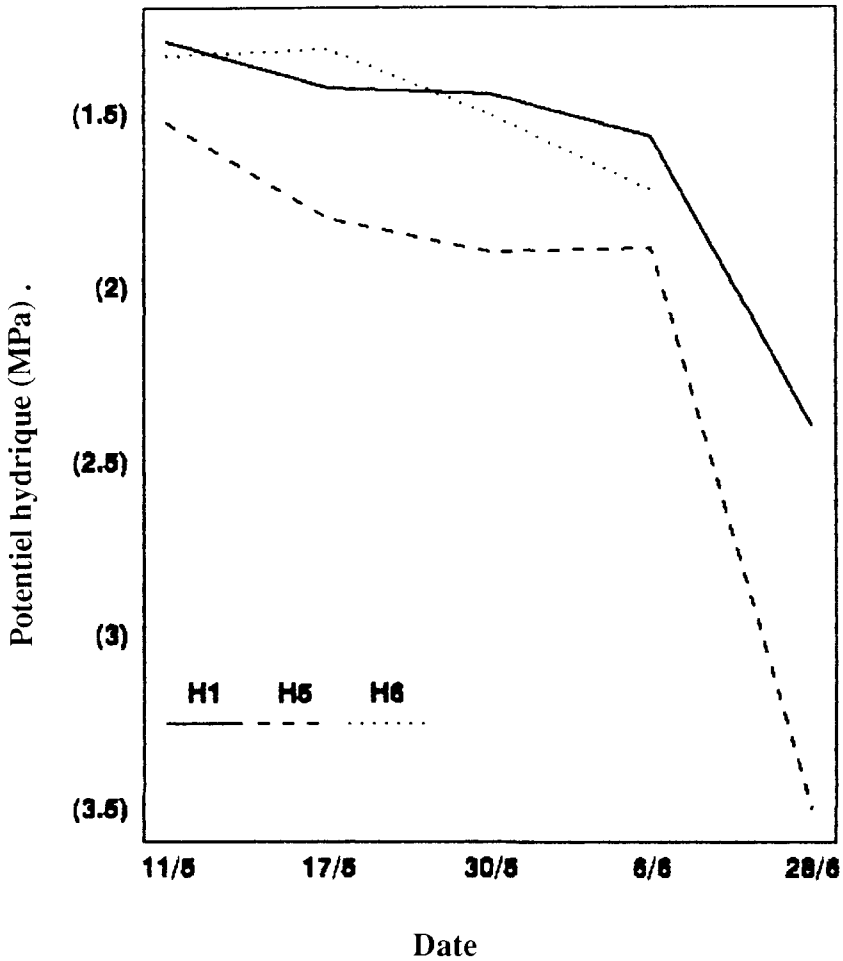
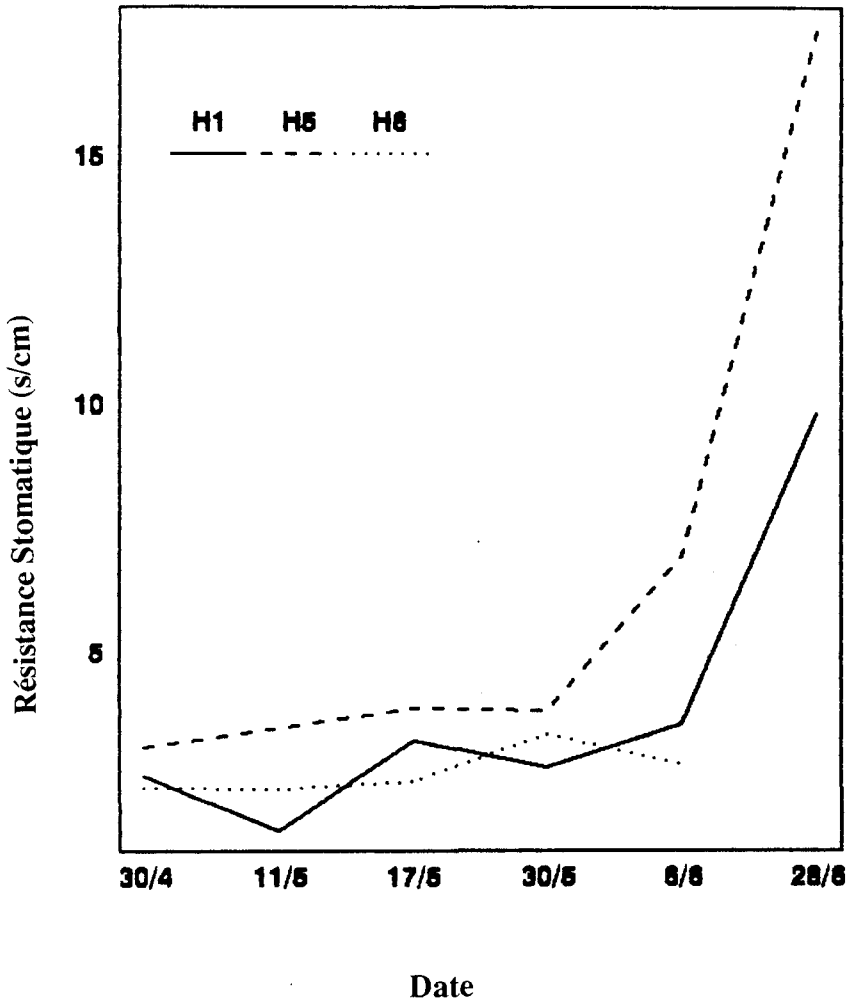


Figure 1 : Evolution dans le temps du potentiel hydrique de la feuille à Sidi El Aydi (Extrait de Karrou, 1986)



Date
 Figure 2 : Evolution dans le temps de la résistance stomatique de la feuille à Sidi El Aydi (Extrait de Karrou, 1986)

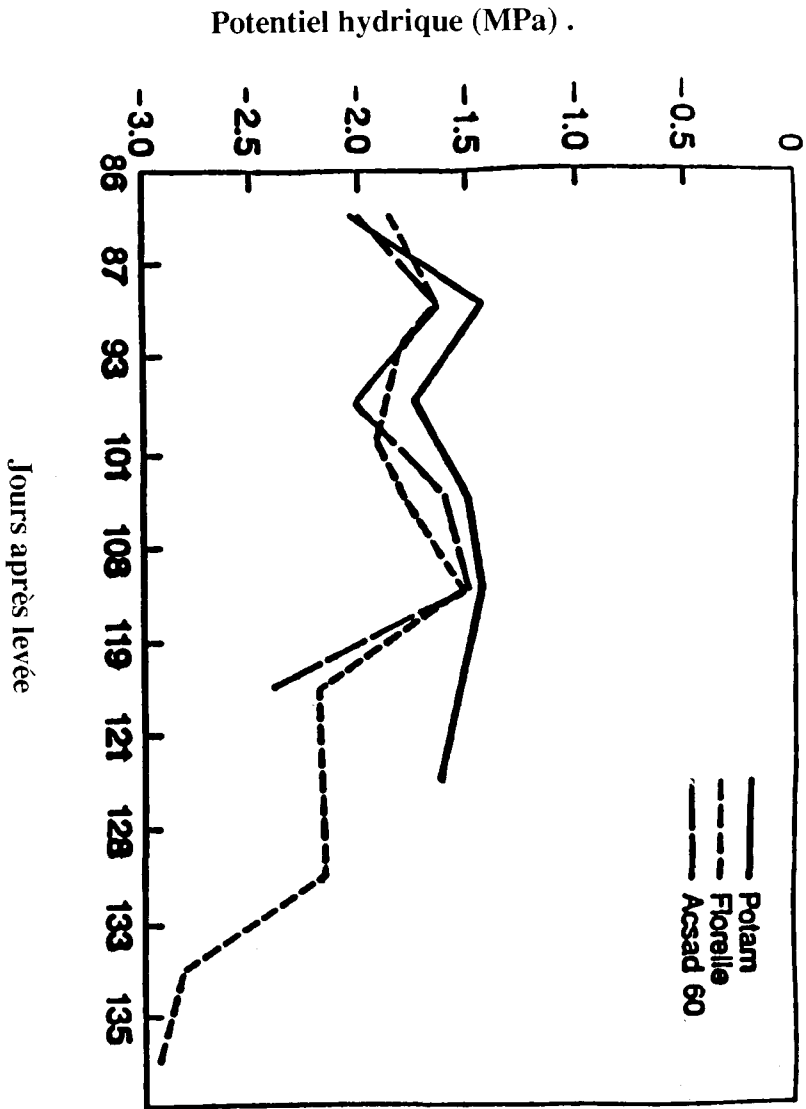


Figure 3 : Le potentiel hydrique de la feuille pour trois génotypes sous un régime hydrique sec à Sidi El Aydi en 1986-87 (Extrait de EL Mourid, 1988)

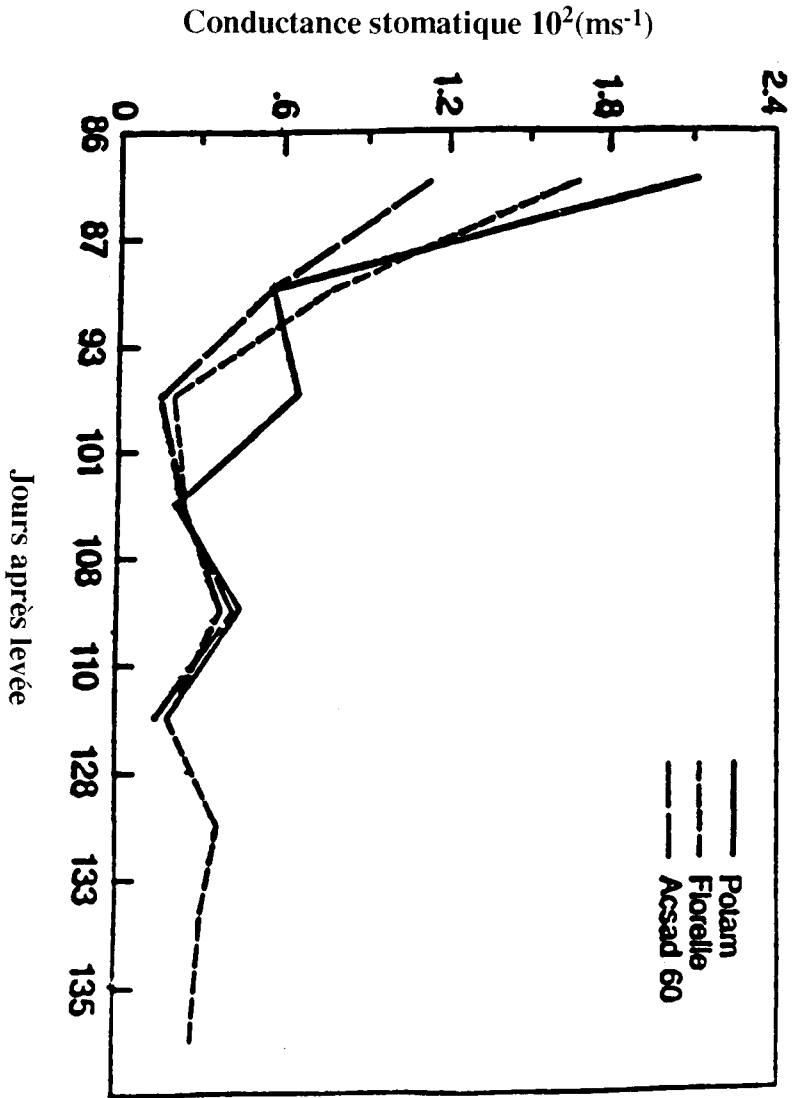


Figure 4 : Conductance stomatique de la feuille pour trois génotypes sous un régime hydrique sec à Sidi El Aydi en 1986-87 (Extrait de EL Mourid, 1988) .

l'augmentation de l'extraction de l'eau à partir des horizons profonds du sol .

Les autres mécanismes sont ceux utilisés par l'orge Ascad 60 à savoir le raccourcissement de la période de remplissage du grain tout en ayant la faculté d'avoir un taux de remplissage et un poids de 1000 grains élevés (Tableaux VI et VII) .

Des essais entrepris, on peut conclure qu'il n'est pas avantageux d'avoir une durée de remplissage du grain longue du fait que même si l'eau est disponible, les hautes températures limitent son utilisation et augmentent les pertes de matière sèche par respiration .

La combinaison des caractéristiques précitées (adaptation au stress tardif) avec les caractéristiques de Merchouch 8 (croissance rapide au départ et nombre de grains par épi élevé) peut amener à la création d'un matériel génétique plus performant pour les zones semi-arides .

Ces résultats montrent donc qu'indépendamment des mécanismes utilisés par les plantes pour résister à la sécheresse de la fin du cycle, il est important de rechercher des génotypes ayant le pouvoir de maintenir leurs stomates relativement ouverts au cours du remplissage du grain pour permettre à la floraison et au remplissage du grain de se dérouler dans des conditions de photosynthèses favorables . Adjei et Kirkham (1980), en comparant les mesures du potentiel hydrique à celles de la résistance stomatique, ont montré que cette dernière est la meilleure méthode à utiliser dans le screening pour la résistance à la sécheresse . Cependant dans leurs investigations ils ont considéré les conditions d'un stress temporaire où la fermeture des stomates constitue un moyen efficace de réduction des pertes en eau .

Le maintien de la transpiration a aussi l'avantage de refroidir les plantes et de réduire les effets des hautes chaleurs printanières . Pour atteindre cet objectif (screening de cultivars adaptés à la sécheresse) des moyens simples de mesures de l'état hydrique des plantes doivent être mis en oeuvre . En effet la chambre à pression (pour mesure du potentiel hydrique), le poromètre (pour mesure de la conductance, de la transpiration et de la température de la feuille) et la méthode de mesure du contenu relatif en eau, sont essayés . Cependant même si ces méthodes permettent de différencier entre génotypes quant à leurs comportements vis à vis de la sécheresse leur utilisation comme moyen de sélection reste inefficace à cause du fait qu'on est limité par le nombre de mesures à faire par jour et que ces mesures sont faites sur une portion de la feuille et ne reflètent pas toujours l'état hydrique de la plante entière ou du couvert végétal . Notre espoir est de proposer aux améliorateurs le thermomètre à infra rouge comme moyen de sélection . Cet appareil est facile à utiliser, rapide et donne des mesures de la température du couvert végétal . En effet El Mourid (1988) a trouvé une relation positive entre la différence de température air-couvert végétal donnée par l'infra rouge et le rendement grain ($R^2 = 0,75$) . Cependant ce résultat n'est que partiel et d'autres études méritent d'être conduites avant de le passer au stade de la sélection .

Tableau V : Longueur des racines/plant (cm) sous deux conditions hydriques contrastées (Karrou, 1992) .

	Conditions irrigués	Conditions stressées
Nesma	18262	13671
Merchouch	5973	6029
Saada	6839	7212

Tableau VI : Taux de croissance et durée effective de remplissage du grain à Sidi El Aidi des différentes variétés du blé et d'orge (extrait de Hamadi, 1987 et Saidate, 1988) .

	Taux de croissance du grain mg/gr/j		Durée effective remplissage (jrs)	
	86-87	87-88	86-87	87-88
BT Potam	1,14	2,03	34,57	18
BT Nesma	1,05	1,32	42,65	36
BT Merchouch 8	-	1,42	-	26
Orge 705	1,14	2,02	39,80	20
Orge Acsad 60	1,38	2,16	31,41	16

Tableau VII : Poids de 1000 grains chez différentes variétés de blé et d'orge en semis précoce et tardif (extrait de Saidate, 1988) .

	semis précoce	semis tardif*
BT Nesma	54,0	47,7
BT Merchouch 8	48,0	37,7
BT Saada	-	-
Orge 905	50,7	40,0
Orge Acsad 60	37,7	36,3

* Semis tardif plus exposé au stress hydrique de la fin du cycle .

RESUME

Un des moyens efficaces pour la lutte contre la sécheresse est le recours à la création de génotypes résistants à ce stress abiotique . Cependant cette création nécessite la connaissance des mécanismes de résistance à la sécheresse .

Pour cela des essais ont été conduits par le laboratoire d'agrophysiologie (Settat) pour caractériser certains génotypes marocains et déterminer les critères morpho-physiologiques simples de sélection . Les résultats obtenus montrent que la précocité est le critère à rechercher dans les zones arides et semi arides du Maroc . Cependant, pour satisfaire les besoins des agriculteurs à savoir la production de grains et de paille, le raccourcissement de la phase "levée-stade B" et de la période de remplissage de grains tout en maintenant le taux de remplissage élevé semble être intéressant . En effet ce raccourcissement et la vigueur au début du cycle permettent une production de matière sèche assez importante . La croissance rapide des plantules entre la germination et le stade B laisse plus de temps à l'élaboration de la composante nombre de grains. Le thermomètre à infra rouge semble être un outil simple et efficace de sélection pour la résistance à la sécheresse . Dans cet article les mécanismes de résistance utilisés par différents génotypes sont discutés .

ABSTRACT

One of the solutions to drought is the selection of better adapted genotypes. However, to be more efficient and successful, this breeding method needs to be based on physiological criteria . Consequently, the identification and understanding of the mechanisms involved in drought resistance are necessary . To reach this objective, experiments have been conducted to characterize moroccan genotypes and to determine morpho-physiological criteria easy to use by the breeders . Data showed that earliness is a necessary criterion in the arid and semi-arid areas of Morocco . However to meet the farmers'needs, which are the production of both grain and straw, shortening of the period emergence-beginning of stem elongation and that of the grain filling while maintaining high the rate of filling, seems to be important . In fact this type of earliness and increased seedling vigor involve high dry matter production . Fast growth of seedlings during germination-beginning of stem elongation period allows more time for the production of more seeds per spike .

The infra-red thermometer seems to be a simple and an efficient apparatus to use in selection for drought resistance . In this article other mechanisms of plant resistance to drought are discussed .

ملخص

يعتبر خلق الأصناف النباتية المقاومة للجفاف من الوسائل الممكن استعمالها لمحاربة هذا الضغط اللاحيوي . لكن لكي يكون هذا الخلق فعالا يجب معرفة الأليات المرتبطة بهذه المقاومة . لهذا قام باحثوا مختبر فزيولوجية النباتات بسطات - المغرب - بتجارب لأجل وصف بعض الأصناف المغربية وكذلك للبحث عن المعايير المرفوفيزيولوجية السهلة الإستعمال في ميدان تحسين الأصناف . تبين النتائج المحصل عليها أن الأصناف المبكرة هي التي تلائم مناخ المناطق الجافة و الشبه الجافة. لكن لأجل تلبية حاجيات الفلاح و هي الوصول إلى إنتاج لا بأس به من الحبوب و التبن يجب تقصير طول مدة بعض مراحل النمو دون الأخرى . و لهذا فيبدو أن قصر المدة التي تمتد ما بين وقت الإنبات و بداية نمو ساق النبات (Debut Montaisan) و كذلك قصر طول إمتلاء الحب مع المحافظة على نسبة الإمتلاء يكونان الحل المناسب . إن هذا التقصير و قدرة النبات على النمو بقوة في أوائل الدورة النباتية يساعدان على الزيادة في إنتاج المادة اليابسة وعلى الإحتفاظ بوقت إضافي لتهييء إحدى مكونات المحصول و هي عدد الحبوب في كل سنبله .

يعد مقياس الحرارة (thermomètre à infra rouge) من الآلات السهلة الإستعمال والفعالة في اختيار الأصناف المقاومة للجفاف .

في هذه المقالة قمنا كذلك بمناقشة بعض الأليات الأخرى المستعملة من طرف الأصناف في مقاومة الجفاف .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADJEI, G. B. and KIRKHAM.M. B. 1980 : Evaluation of winter wheat cultivars for drought resistance . *Euphytica* 29 : 155-160

BOULAL, H. 1988 : Effets des paramètres de la surface foliaire sur le rendement chez le blé, orge et triticale . Mémoire de fin d'études de l'ENA, Meknès .

ELMOURID, M. 1988 : Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in a semi-arid region . Ph.D. diss. IOWA State University. U.S.A .

HAMADI, B. 1987 : Contribution à l'étude du grossissement du grain de blé et de l'orge en zones semi-arides. Mémoire de 3ème cycle, Agronomie, IAV HII, Rabat .

KARROU, M. et EL MOURID.M., 1987 : Etude du développement et des paramètres de la surface verte chez le blé . Rapport d'activité . CRRRA-INRA-Settat . pp 135-137 .

KARROU, M., MINOR H., and CROY.L., 1988 : Genotype effects on yields and water use efficiency of corn . In challenges in dryland agriculture . Proceedings of the international conference on dryland farming . pp 758-760 . Texas, U.S.A. August 1988 .

KARROU, M. 1992 : Physiological and morphological traits associated with nitrogen uptake and use in moroccan wheats at different moisture regimes . Ph.D. diss. University of Nebraska, Lincoln. U.S.A .

RICHARDS, R. A. 1983 : Manipulation of leaf area and its effect on grain yield in drought wheat . *Aust. J. Agric. Res.* 34 : 23-31 .

SAIDATE, B. 1988 : Effets du genotype et de la date de semis sur le taux et la durée de remplissage du grain chez le blé tendre, blé dur, orge et triticale en zones semi-arides . Mémoire de fin d'études de l'ENA - Meknes .

WALDREN, R. P. 1983 : Corn. In crop water relations ed. Teare, I.D. and M.M. Peet. A wiley-Interscience Pub. N.Y., pp. 187-211 .

WRIGHT, G. C. and Smith, R.C.G., 1983 : Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress . Root water uptake and water use. *Aust. J. Agric. Res.* 34 : 627-636 .