

Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

M Semiani

INRAA, Laboratoire de Bioclimatologie, CRP de Mehdi Boualem BP 37, Baraki 16210 Alger.

Résumé - L'évaluation de la tolérance à la sécheresse des variétés est un préalable à toutes recherches en sélection et/ou en amélioration. Le présent travail a pour objectif la détermination de critères simples permettant de mettre en évidence les limitations des variétés de blé tendre en conditions de sécheresse. Les résultats montrent que les relations liant le potentiel hydrique foliaire à la teneur relative en eau des feuilles et à l'accumulation de la matière sèche dans les feuilles sont de types linéaires et fortement dépendantes du génotype; ces caractéristiques sont donc intéressantes pour étudier la tolérance à la sécheresse des variétés de blé tendre. La conductance stomatique est également une caractéristique fortement affectée par le stress hydrique. Cependant, les différences variétales sont absentes. La conductance stomatique ne pourrait, vraisemblablement, pas rendre compte des différences de sensibilité variétales vis à vis de la contrainte hydrique.

tolérance / sécheresse / potentiel hydrique / teneur relative en eau / conductance stomatique / matière sèche.

Abstract - The evaluation of the drought tolerance of varieties is a prerequisite to all researches in plant breeding programme. In this approach, we looked to find out simple criteria which permit to enhance the limitations of wheat varieties in drought conditions. The results show that the relationship between the hydrique potentiel foliage to relative water content of leaves and the accumulation of dry matter are of linear type and strongly genotype dependant., this characteristics are interesting to study the drought tolerance of wheat cultivars. the stomatal conductance is also a characteristic affected by the hydrique constraint, however, the variety differences are absent. The stomatal conductance could, probably, not show the varieties sensibility to dry conditions.

tolerance / drought / hydrique potentiel / relative water content / stomatal conductance / dry matter.

INTRODUCTION

Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du blé se trouve en général exposée aux contraintes liées à une sécheresse intermittente, à des températures élevées ainsi qu'à des gelées intervenant durant les phases du gonflement de l'épi et de remplissage du grain. Ces facteurs climatiques, en plus de ceux liés à l'itinéraire technique, font que le niveau de production actuel ne répond pas à nos besoins. Cette situation fait de l'Algérie le 8ème importateur de céréales dans le monde et le 1er en blé dur. En fait, 80 % de nos besoins sont importés et 50% du marché mondial de blé dur est accaparé par l'Algérie. Ce déficit ne cesse de s'aggraver compte tenu de la croissance démographique et de la faiblesse des rendements. Le niveau actuel moyen des rendements étant de l'ordre 6.7 qx/ha (Laddada, 1993) et sont classés parmi les plus faibles au monde (FAO, 1984).

L'augmentation des rendements du blé peut se réaliser par la recherche de variétés adaptées et performantes. L'Algérie s'est contentée, par le passé, d'introduire des variétés très productives dans leur lieu d'origine, mais elle se sont avérées insuffisantes dans nos conditions. Les variétés locales sont, pour l'essentiel, rustiques et à faible potentiel de rendement mais assurent une stabilité de la production.

La recherche de variétés adaptées et performantes, initiée par nos structures, a surtout été conduite dans le cadre d'approches empiriques, ne prenant en considération que le rendement en grain, considéré comme un caractère agronomique intégrateur. Ce n'est que récemment, qu'un programme d'écophysologie a été initié visant une meilleure identification des contraintes environnementales, ainsi qu'une hiérarchisation des paramètres phénologiques et morphologiques

d'adaptation aux différents milieux.

L'objectif de notre recherche est de quantifier les effets du stress hydrique sur quelques processus physiologiques (potentiel hydrique foliaire, la teneur relative en eau des feuilles ainsi que la conductance stomatique) et de croissance, notamment la teneur en matière sèche des feuilles, de 2 variétés de blé tendre. La finalité étant de trouver des critères simples permettant de mettre en évidence les mécanismes physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des variétés de blé tendre en vue d'une meilleure gestion des programmes de sélection et/ou d'amélioration.

MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation a été réalisée en deux parties : la première a été effectuée durant la période allant de janvier à février 1989. Elle a consisté essentiellement en l'étude des effets du stress hydrique sur les relations hydriques internes de deux variétés (le potentiel hydrique foliaire et la conductance stomatique). Quant à la deuxième partie, elle a été réalisée durant la période allant de novembre 1990 à mars 1991. Elle a porté sur l'étude des effets du stress hydrique sur l'accumulation de la matière sèche dans les feuilles.

L'expérimentation a porté sur deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Il s'agit des variétés Acsad 59 (d'origine syrienne) et Belmebrouk (d'origine algérienne : sahara).

La première partie des essais a été réalisée au laboratoire de l'Université Catholique de Louvain La Neuve (Belgique) sous conditions contrôlées (phytotron). Nous avons utilisé des pots en polyéthylène de 8cm de diamètre et de 15 cm de hauteur, contenant un mélange de sable, tourbe et terreau avec un rapport volumétrique de 4:1:1. La moyenne des températures diurnes et nocturnes au niveau du phytotron a été d'environ 20.1°C. L'irradiance mesurée particulièrement au

niveau de la végétation a été en moyenne de 220 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. L'essai comporte 2 variétés, un traitement stressé et un traitement irrigué. Le traitement stressé a consisté en une application d'un cycle de déficit hydrique lorsque la troisième feuille est complètement déployée. Il est provoqué par l'arrêt des apports d'eau. Quant au traitement irrigué, il s'est traduit par des irrigations quotidiennes (250 ml d'eau par pot). Pour chaque traitement, on a utilisé 4 pots comportant chacun 4 plantes. Les paramètres mesurés concernent le potentiel hydrique foliaire mesuré par la bombe à pression (Scholander et *al.*, 1965) et la conductance stomatique mesurée par le poromètre automatique à diffusion de vapeur (Stiles, 1970; Monteith, 1970).

Quant à la deuxième partie de l'expérimentation, celle-ci a été réalisée sous une serre tunnel à la station de recherche agronomique de Baraki (INRAA). Les sols de la parcelle utilisée sont de texture argileuse, riches en éléments fertilisants (P et K), pauvre en matière organique et en azote, faiblement calcaires, ils se caractérisent par un pH alcalin, une faible salinité et un rapport C/N de 9,95. L'essai comporte 2 variétés, un traitement stressé et un traitement irrigué. Le traitement stressé s'est caractérisé par une application d'un cycle de déficit hydrique lorsque la 3^{ème} feuille est complètement déployée. Quant au traitement irrigué, il a consisté en des irrigations hebdomadaires. Les teneurs en eau du sol ont été mesurées hebdomadairement; le déficit hydrique calculé a été utilisé pour porter le sol à la capacité au champ, évaluée à une teneur en eau de 29,8%. Chaque traitement comporte 06 lignes de blé tendre d'une longueur de 1,50 m; la distance séparant les lignes a été de 15 cm. La distance entre les plantes a été de 5 cm. La fertilisation adoptée a été de 150 unités d'ammonitrate 33,5% et 134 unités de P₂O₅ par ha. L'estimation de cette fumure tient compte des exportations

d'éléments fertilisants par la culture, des pertes par lessivage et rétrogradation et du niveau actuel de la fertilité du sol. Les paramètres mesurés ont porté sur la teneur en matière sèche et la teneur relative en eau des feuilles ainsi que sur le potentiel hydrique foliaire.

Le dispositif expérimental en split plot a été adopté pour les 2 essais avec les régimes hydriques comme traitements principaux, les variétés comme sous-traitements et 5 blocs. L'ensemble des résultats a fait l'objet d'une analyse de la variance pour déterminer l'effet du stress hydrique et de la variété ainsi que leur interaction sur l'évolution du potentiel hydrique foliaire, la teneur relative en eau des feuilles, la conductance stomatique et la teneur en matière sèche des feuilles. Le modèle statistique utilisé étant celui de l'ANOVA3. Nous avons étudié également les relations liant le potentiel hydrique foliaire à l'ensemble des paramètres cités ci-dessus. Le traitement statistique des données exprimées en pourcentage (%) est effectué après des transformations angulaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le potentiel hydrique foliaire et la teneur relative en eau des feuilles chutent d'une manière hautement significative ($p < 0,01$) en conditions sèches (tableau I et II). Les valeurs atteintes par les 2 variétés durant toute la durée de la période sèche sont significativement différentes ($p < 0,05$). La variété Acsad 59 développe, en effet, des potentiels hydriques foliaires significativement plus négatifs le 49^{ème} et le 56^{ème} jour après semis. Au début et à la fin de la période sèche, les différences sont toutefois moins marquées, quoique statistiquement, ces différences soient significatives. Le potentiel hydrique foliaire des 2 variétés a été vraisemblablement influencé de la même

Tableau I. Evolution du potentiel hydrique foliaire des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions irriguées (N) et sèches (S) (bars).

Jours après semis.	Régime hydrique (R.H.).	Variétés (V.A.R)			Test.F		C.V.%	
		V2	V1	R.H	V.A.R	R.H*V.A.R	R.H	V.A.R
22	N	-2.85	-3.58	1.27NS	2.23NS	0.08NS	8.93	22.71
	S	-2.79	-3.28					
36	N	-3.56	-5.60	10.45*	51.68**	0.09NS	5.84	9.75
	S	-4.17	-6.05					
49	S	-10.87	-14.19	-	13.36*	-	-	10.24
56	S	-13.70	-17.85	-	421.57***	-	-	1.81
69	N	-4.65	-8.20	420.84***	7.34*	0.32NS	11.13	14.49
	S	-22.34	-24.66					

Tableau II . Evolution de la teneur relative en eau des feuilles des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions irriguées (N) et sèches (S) (%).

Jours après semis.	Régime hydrique (R.H.).	Variétés (V.A.R)			Test.F		C.V.%	
		V2	V1	R.H	V.A.R	R.H*V.A.R	R.H	V.A.R
22	N	95.17	95.65	0.04NS	0.09NS	0.58NS	10.93	6.92
	S	96.56	95.56					
36	N	97.48	95.46	9.91*	8.55*	0.78NS	5.86	5.59
	S	95.48	91.26					
49	S	79.96	84.94	-	7.35*	-	-	5.20
56	S	76.58	93.97	-	12.50*	-	-	5.89
69	N	88.12	90.06	93.48***	54.61**	19.60**	6.32	3.26
	S	68.47	79.49					

Le début et la fin de la période sèche ont eu lieu respectivement le 16ème et le 69ème jour après semis.

manière. Contrairement à ce qui a été observé pour les valeurs du potentiel hydrique foliaire, la variété Acsad 59 maintient une teneur relative en eau des feuilles significativement plus élevée (fig 1). De plus, à la fin de la période sèche, on note des effets d'interaction «variété x régime hydrique» significatifs ($p < 0.05$). Ceci implique que les 2 variétés ne contrôlent pas de la même façon la perte de leur eau. Le fait que la meilleure rétention d'eau soit observée chez la variété présentant un potentiel hydrique foliaire le plus négatif suggère que c'est sans doute l'osmorégulation et/ou la faible élasticité des tissus qui expliquent les différences de rétention de l'eau par les 2 variétés.

La teneur relative en eau des feuilles est affectée dès l'apparition du stress hydrique (36ème jour après semis). En d'autres termes, c'est un paramètre très sensible à la contrainte hydrique. La relation liant la teneur relative en eau des feuilles au potentiel hydrique foliaire montre que ces deux paramètres sont linéairement liés (fig 2) avec toutefois des différences fortes ($p < 0.01$) au niveau des pentes des droites de régression des deux variétés. Celles-ci développent des potentiels hydriques foliaires faibles et vraisemblablement similaires en conditions sèches. Toutefois, la variété Acsad 59 tolère mieux la sécheresse dans le sens où elle maintient une teneur relative en eau des

feuilles la plus élevée. Ceci montre que la chute des teneurs relatives en eau des feuilles en fonction du niveau du stress hydrique est une caractéristique dépendante du génotype;

elle pourrait donc être intéressante pour étudier la tolérance à la sécheresse des variétés de blé.

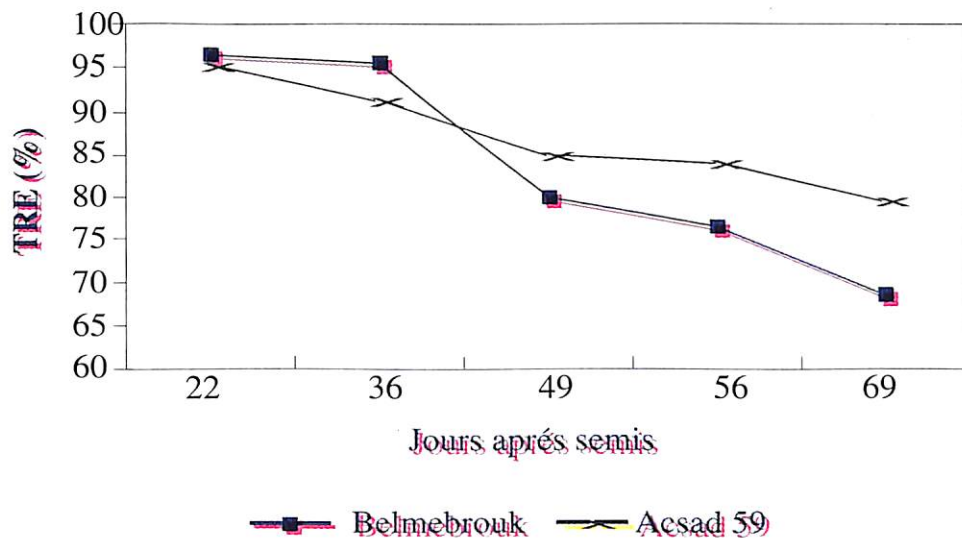


Fig 1. Evolution de la teneur relative en eau des feuilles (TRE) des variétés Acsad 59 et Belmebrouk en conditions sèches

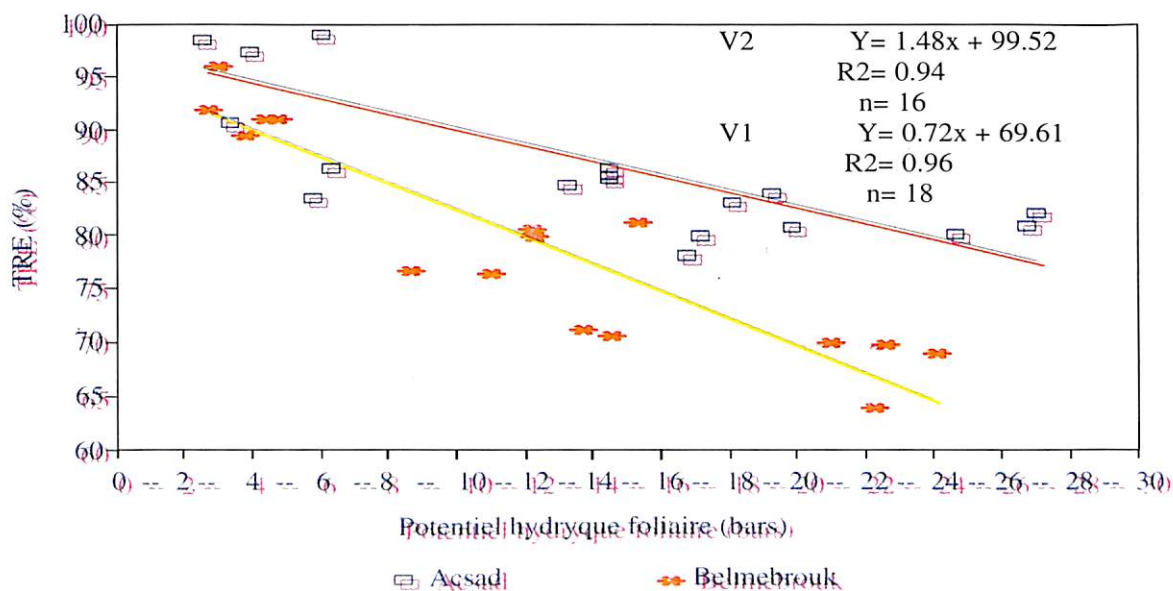


Fig 2. Relation entre la teneur relative en eau des feuilles (TRE) et le potentiel hydrique foliaire des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions sèches.

Quant à la conductance stomatique moyenne développée par les 2 variétés, celle-ci est également fortement affectée par la contrainte hydrique ($p < 0.01$) (tableau III). Les différences s'observent dès l'installation du stress hydrique, par la suite, la conductance stomatique chute davantage au fur et à mesure que le stress devient sévère. A la fin de la période sèche les chiffres indiquent des valeurs d'environ de 0.49 et 0.09 cm/s respectivement pour le traitement irrigué et sec.

Les deux variétés diffèrent dans leur mécanisme de contrôle de la perte en eau. Des effets d'interaction des critères «variété x régime hydrique» sont, en effet, mis en évidence au début de la période sèche (27ème et 31ème jour après semis), par la suite, cet effet disparaît. La variété Acsad 59 présente, en fait, des réductions de conductance en conditions sèches les moins importantes. Le fait que Belmebrouk présente des réductions de conductance plus importantes au début de la période sèche suggère que celle-ci ferme plus

précocement ses stomates. Toutefois, il est à noter que la variété Acsad 59 maintient une conductance nettement supérieure durant toute la durée de la période sèche. Cependant, les différences sont statistiquement non significatives ($p > 0.05$). A la fin de la période sèche, la conductance stomatique a chuté de 76.47 et de 89.13% respectivement pour les variétés Acsad 59 et Belmebrouk.

La relation liant le potentiel hydrique foliaire à la conductance stomatique montre que ces deux paramètres ne sont pas linéairement liés (fig 3). Le modèle de liaison est du type « $Y = ax^2 + bx + c$ ». Les pentes des droites de régression des 2 variétés sont similaires ($p > 0.05$). Nos résultats sont en accord avec ceux de Rascio et *al.* (1987). Ces derniers ont signalé que les variétés de blé développent des conductances stomatiques différentes mais les vitesses de chute de celles-ci en fonction du niveau de stress hydrique sont similaires.

Tableau III. Evolution de la conductance stomatique totale des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions irriguées (N) et sèches (S) (cm/s).

Jours après semis.	Régime hydrique (R.H.)	Variétés (VAR)		Test.F			C.V.%	
		V1	V2	R.H.	VAR	R.H*VAR	R.H.	VAR
27	N	0.44	0.42	7.22*	15.24**	52.58***	7.13	14.2
	S	0.31	0.39					
31	N	0.48	0.43	15.16*	0.40NS	4.23*	21.30	19.36
	S	0.25	0.34					
35	N	0.42	0.39	43.18**	0.54NS	1.06NS	33.25	24.19
	S	0.18	0.24					
38	N	0.45	0.58	43.00**	41.53***	2.13NS	13.43	25.72
	S	0.09	0.21					
41	N	0.61	0.65	167.81***	0.85NS	0.05NS	34.55	26.56
	S	0.09	0.13					
47	N	0.46	0.51	73.63***	3.28NS	0.42NS	20.48	17.40
	S	0.05	0.12					

Le début et la fin de la période sèche ont eu lieu respectivement le 27ème et le 47ème jour après semis

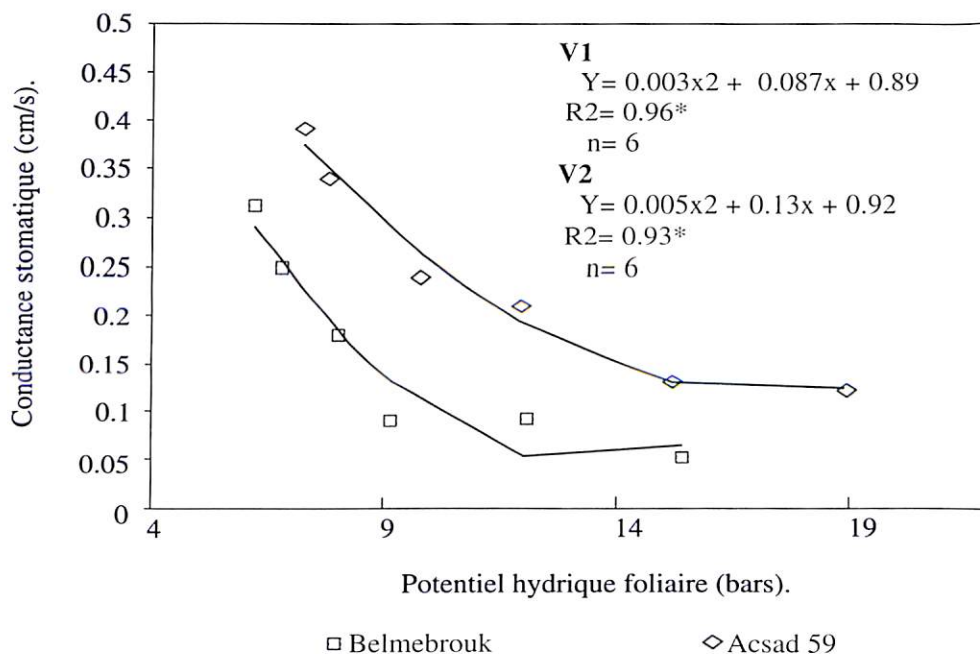


Fig 3. Relation entre la conductance stomatique et le potentiel hydrique foliaire des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions sèches.

Pour ce qui est de la matière sèche, le stress hydrique produit généralement une augmentation de la matière sèche par unité de surface foliaire (Cutler et *al.*, 1977; Turner et Kramer, 1980). Nos résultats montrent, en effet, que dans les conditions sèches, la teneur en matière sèche des feuilles est significativement plus importante ($p < 0.05$) qu'au niveau des conditions irriguées (tableau IV). La courbe d'évolution de la teneur en matière sèche des feuilles des traitements stressés est légèrement décalée par rapport aux traitements irrigués au début de la période sèche (fig 4), quoique cet effet soit statistiquement non significatif ($p > 0.05$); dès l'installation du stress hydrique, le décalage devient hautement significatif ($p < 0.01$). On remarque également que les effets d'interaction des critères «variété x régime hydrique» sont eux aussi

hautement significatifs ($p < 0.01$). Cela signifie que les 2 variétés diffèrent dans leur comportement vis à vis de la sécheresse. En effet, la relation liant les valeurs du potentiel hydrique foliaire à la teneur en matière sèche montre que ces 2 paramètres sont linéairement liés (fig 5) avec des différences fortes ($p < 0.05$) au niveau des pentes des droites de régression des 2 variétés. L'accumulation de la matière sèche en conditions déficientes en eau peut dépendre de l'augmentation de l'épaisseur des parois cellulaires et de l'accumulation des solutés. Ces facteurs confèrent une meilleure résistance à la sécheresse (Rascio et *al.*, 1987). Ainsi, la relation liant le potentiel hydrique foliaire à la teneur en matière sèche est une caractéristique affectée par la variété. Ce résultat est en accord avec ceux trouvés par Rascio et *al.*, (1987).

Tableau IV. Evolution de la teneur moyenne en matière sèche (% du poids frais) des feuilles des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions irriguées (N) et sèches (S).

Jours après semis.	Régime hydrique (R.H.)	Variétés (VAR)			Test. F			C.V.%
		V1	V2	R.H	VAR	R.H*VAR	R.H	
22	N	8.86	9.60	0.10NS	14.29**	0.03NS	11.00	4.80
	S	8.95	9.79					
36	N	9.71	10.17	20.82*	17.69**	4.58NS	2.70	4.90
	S	9.80	11.26					
49	N	10.24	12.87	199.23***	159.39***	6.02*	5.20	4.50
	S	13.82	18.42					
56	N	12.06	13.48	290.00***	12.35**	1.80NS	6.40	9.60
	S	20.74	24.85					
69	N	15.28	14.60	27.64**	3.22NS	9.55*	2.40	6.10
	S	25.07	28.42					

Le début et la fin de la période sèche ont eu lieu respectivement le 16ème et le 69ème jour après semis.

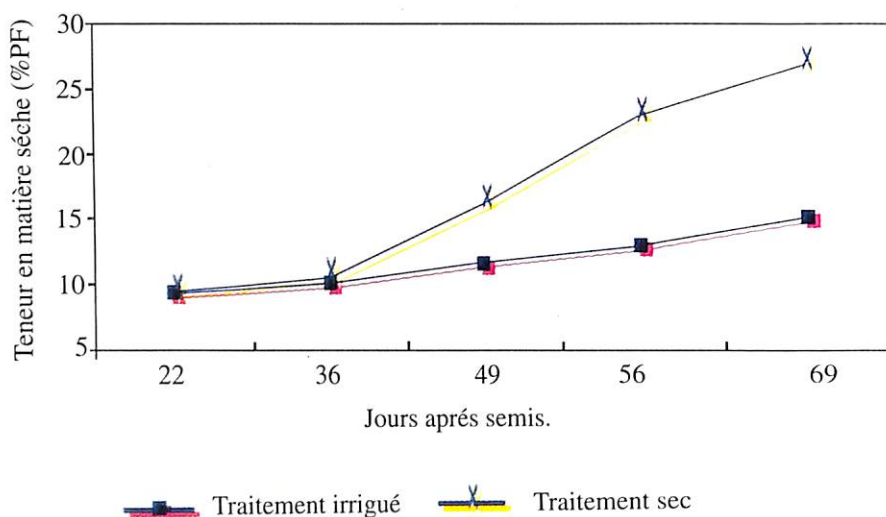


Fig 4. Evolution de la teneur en matière sèche (%PF) des variétés Acsad 59 et Belmebrouk en conditions sèches.

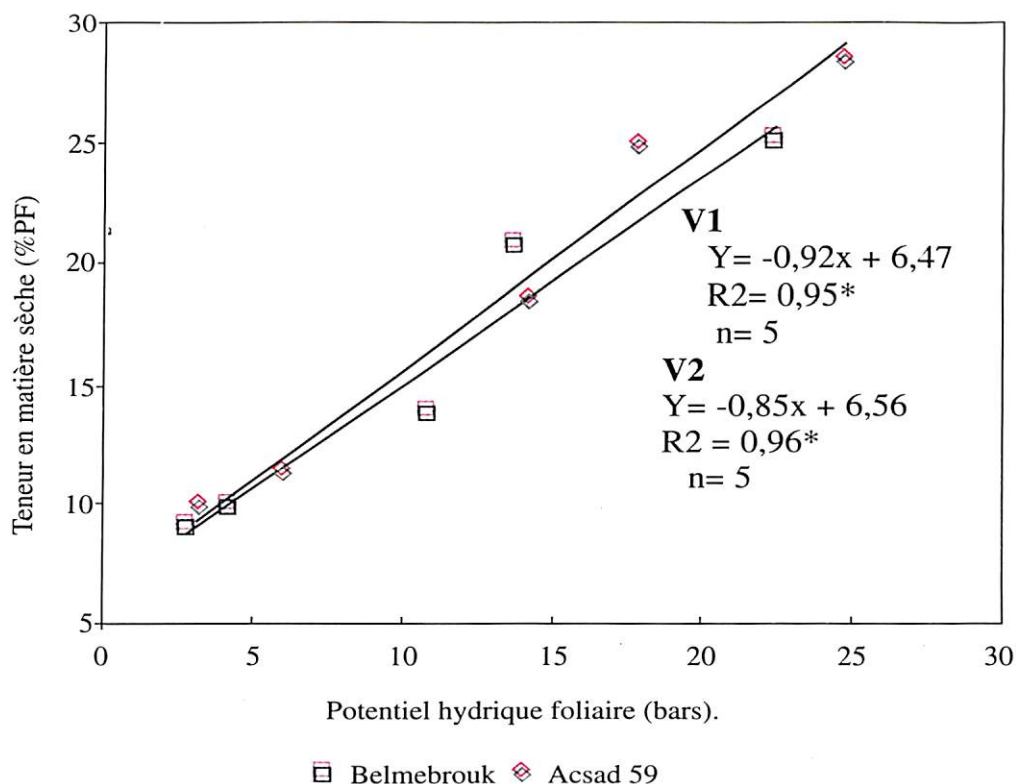


Fig 5. Relation entre la teneur en matière sèche (%PF) et le potentiel hydrique foliaire des variétés Acsad 59 (V2) et Belmebrouk (V1) en conditions sèches

CONCLUSION

Le potentiel hydrique foliaire, la teneur relative en eau des feuilles et la conductance stomatique se sont avérés comme étant des processus très sensibles à la contrainte hydrique. Des différences de comportement variétal ont été mises en évidence. En effet, la variété Acsad 59 développe des potentiels hydriques foliaires plus négatifs que la variété Belmebrouk en conditions sèches. Toutefois, cette variété semble tolérer mieux la sécheresse dans le sens qu'elle maintient des teneurs relatives en eau des feuilles et des conductances plus élevées. Les vitesses de chute de la teneur relative

en eau des feuilles des 2 variétés en conditions sèches sont manifestement différentes. En effet, pour une même valeur de potentiel hydrique foliaire, la variété Acsad 59 maintient des teneurs relatives en eau plus élevées. Ceci peut être dû essentiellement à la haute capacité de la variété à accumuler des solutés et/ou à une faible élasticité des tissus. Ainsi, la relation liant la teneur relative en eau des feuilles et le potentiel hydrique foliaire est une caractéristique variétale intéressante pour étudier la tolérance à la sécheresse des variétés.

La relation liant le potentiel hydrique foliaire à la conductance stomatique est faible, d'une part. D'autre part, cette

caractéristique est affectée uniquement par les traitements bien que le mécanisme de contrôle des pertes en eau des 2 variétés semble différer. La variété Belmebrouk ferme en fait plus précocement ses stomates. La précocité dans la fermeture des stomates est considérée comme étant un caractère intéressant pour la conservation de l'eau du sol (Quizenberry, 1965). Ainsi, les conductances stomatiques ne peuvent pas constituer un moyen assez précis pour mettre en évidence les différences de sensibilité variétale à la contrainte hydrique.

La teneur en matière sèche des feuilles s'est révélée également comme étant une caractéristique très sensible à la contrainte hydrique. Ce paramètre est linéairement lié à l'intensité du stress hydrique. Cette relation est fortement affectée par la variété. Il est connu en fait, que le stress hydrique produit généralement une augmentation de la matière sèche par unité de surface foliaire (Cutler et al., 1977; Turner et Kramer, 1980). Ce fait peut dépendre de l'augmentation de l'épaisseur des parois cellulaires et de l'accumulation des solutés. La teneur en matière sèche peut donc être considérée comme un critère assez sensible pour mettre en évidence des limitations variétales en présence d'une contrainte hydrique.

REFERENCES

- Cutler JM, Rains DW and Loomis RS (1977) The importance of cells size in water relations of plants *Physiol. Plant* 40, 255-260
- FAO (1984) barley, wheat area and yields in the ICARDA region (1982-1984). In drought tolerance in winter cereals. Eds Srivastava JP, proceddu E, Aevodo E, Varma. John Willey and Sons, Chichester, new York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Laddada M (1993) Wheat situation report by Alger. ITGC, 19pp
- Monteith JL and Bull TA (1970) A diffusive resistance promoter for field use -II- Theory calibration and performance. *Journal of applied ecology* 7, 623-638
- Quizenberry JE (1965) Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: Breeding plants for less n M.N. and Lewis C.F). Willey interscience, New York, 193-212
- Rascio A, Baldey G, Flagella Z, Cedola MC and Wittner G, (1987) Seasonal changes in some indicators of plant water status and their variations among wheat genotypes. *Estratto D.A.Genetica Agraria* 41, 1, 71-82.
- Scholander pf, Hammel HT, Brdstreet ED and Hemmingsen EA (1965) Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.
- Stiles W (1970) A diffusive resistance porometer for field use-I- construction. *Journal of applied ecology* 7, 617-622.
- Turner NC and Kramer PJ (1980) Turgor maintenance by osmotic adjustment: A review and evaluation. In adaptation of plant to water and high temperature stress. John Willey and sons, New York 87-103