

Effets du stress hydrique sur le comportement de trois variétés de sorgho fourrager

N. HECHMI¹, H. SEKLANI¹, M. HAMZA²

RESUME

L'objectif visé par la présente étude est l'effet du stress hydrique sur les caractéristiques morphologiques et la production de biomasse de trois variétés de sorgho fourrager en fonction du stress hydrique. Les variétés étudiées étaient Piper, Super graze et Sucro sorgho. L'essai était conduit selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires à quatre répétitions. Les traitements hydriques appliqués aux trois variétés étaient 100, 75, 50 et 25% d'humidité de la capacité au champ.

La variété Piper se caractérise par une croissance en hauteur, un degré de tallage et une production de biomasse plus importante que les autres variétés à toutes les dates de coupe et indépendamment du traitement hydrique appliqué. La production de biomasse est moins importante au fur et à mesure que l'humidité du sol diminue. Cette diminution est plus importante chez les variétés Super graze et Sucro sorgho, en comparaison avec la variété Piper. L'application du traitement de 25% de la capacité au champ affecte sévèrement la quantité de fourrage produit chez les trois variétés. Ce résultat indique que la culture du sorgho ne peut se développer que dans les zones irriguées.

Mots-clés: Stress hydrique, sorgho fourrager, variété

SUMMARY

Title: Effect of water stress on three fodder *Sorghum* varieties

The aim of the present study is to determine the effects of water stress on the morphological characteristics and biomass production of three sorghum varieties in relation to water stress. The varieties were Piper, Super graze and Sucro sorgho. The experiment was conducted in a randomized complete blocks with four replicates. Moisture treatments were 100, 75, 50, and 25% of field capacity.

Piper variety showed higher growth, tillering and biomass production, compared to the two other varieties for all treatments. Biomass production was less

¹ Laboratoire des cultures fourragères, INRAT, 2049 Ariana, Tunisie

² Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie

important as soil moisture decrease. This decrease is more important for Super graze and Sucro sorgho varieties compared to the Piper variety. The treatment of 25 % soil moisture affects severely the forage production of all varieties. This result indicates that fodder sorghum must be developed only in the irrigated areas.

Key words: Water stress, fodder sorghum, variety

ملخص

العنوان: تأثير نقص الماء على ثلاثة أصناف من الذرة العلفية

إعداد: ن. هاشمي 1، ح. سكلاني 1، م. حمزة 2

1: مختبر الأعلاف، المعهد الوطني للبحث الزراعي، 2049، أريانا، تونس
2: مختبر الفسيولوجية النباتية، كلية العلوم بتونس العاصمة، تونس

تهدف هذه الدراسة إلى إظهار مدى تأثير النقص في الماء على الخصائص الشكلية و الإنتاجية لثلاثة أصناف من الذرة العلفية. والأصناف التي وقعت عليها الدراسة هي:

Sucro sorgho و Piper, Super graze

اتخذنا كمنطق تجريبي مجموعة صدفوية كاملة لأربعة تكرارات للمعاملات المائية المطبقة على الأصناف الثلاثة وهي: 100، 75، 50، و 25٪ من رطوبة الأرض .

لاحظنا أن الصنف Piper له خاصية أحسن نمو وكثرة الشطاء والمردود العام بالمقارنة مع الصنفين الآخرين، وذلك في جميع المعاملات المطبقة دون إعتبار النسبة المئوية. ويؤثر نقص الماء سلبا على كل الأصناف، لكن يبقى إنتاج Piper أفضل مقارنة مع الصنفين الآخرين. وكان لتطبيق 25٪ من رطوبة الأرض تأثير سلبي على الأصناف الثلاثة مما يجعلنا نستنتج أن الذرة العلفية لا يمكن إستعمالها إلا في المناطق السقوية .

الكلمات المفتاحية : النقص في الماء، الذرة العلفية، الصنف

INTRODUCTION

L'insuffisance des ressources fourragères et leur mauvaise utilisation constituent les principaux facteurs limitant la production fourragère en Tunisie. La masse des aliments consommés par les ruminants consiste en fourrages grossiers, prairies et parcours. La production de fourrage est limitée pendant les périodes au cours des mois d'été. L'utilisation des cultures irriguées telles que le maïs, la luzerne et le sorgho présentent beaucoup d'intérêt pour les animaux. Le sorgho par exemple présente l'avantage d'être résistant à la sécheresse, donc moins exigeant en eau et plus tolérant à la salinité.

Malgré ces avantages, la culture du sorgho en Tunisie demeure encore limitée (1500 ha en 1989) et les travaux s'y rapportant sont très peu nombreux. L'objectif du présent travail est l'étude du comportement de différentes variétés de sorgho fourrager dans des conditions de stress hydrique.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Trois variétés de sorgho ont fait l'objet de cette étude. Il s'agit des variétés Piper (*Sorghum vulgare*, variété sudanense), Super graze (Hybride *Sorghum vulgare* Sudan grass) et Sucre sorgho (Hybride *Sorghum vulgare* Soudan grass). Les trois variétés de sorgho ont été cultivées dans des bacs en ciment (26 x 26 x 28 cm), placés sous abri en plastique. Ces bacs sont remplis avec de la terre dont la capacité au champ était de 20% et le point de flétrissement permanent est de 12,5%. La terre utilisée est relativement riche en calcaire (30%) et elle est caractérisée par une teneur en phosphate de 0,22%. Elle est composée de 19% d'argile, de 24% de sable fins et de 38% de limons fin et grossiers.

La fertilisation a été apportée à chaque bac manuellement et correspondait aux apports suivants :

- 230 kg/ha de P_2O_5 et 100 kg/ha de K_2O avant le semis.
- 150 kg/ha de NH_4NO_3 après chaque coupe.

Conduite de l'essai

Les trois variétés de sorgho ont été soumises à quatre traitements hydriques avec quatre répétitions. Ces traitements étaient de 100, 75, 50 et 25% de la capacité au champ. Le semis des graines a eu lieu au mois de Mars. Après la levée, un éclaircissage a été pratiqué dans tous les bacs afin d'éviter la concurrence pour l'eau. Vers la mi-Avril, une première coupe d'homogénéisation a été pratiquée suivie d'une application de stress hydrique par l'emploi de lysimètres. Ces derniers sont remplis par de la terre identique à celle utilisée dans les bacs et

comportaient trois plants chacun. Ils sont toujours ramenés à la capacité au champ. L'eau de drainage est récupérée dans une éprouvette graduée.

Mesures

Mesures dimensionnelles des plantes

Elles concernent l'évolution de la hauteur des tiges, le nombre de talles par plante et la surface foliaire. La hauteur des tiges et le nombre de talles produites sont mesurés une fois par semaine, alors que la surface foliaire est déterminée lors de deux périodes : 22 et 66 jours après l'application du stress hydrique.

La croissance pondérale

Elle se rapporte au poids de la partie aérienne (tiges et feuilles) et racinaire. Le poids des tiges et des feuilles est déterminé à chaque coupe et celui des racines est déterminé à la dernière coupe.

Paramètres hydriques

Le déficit de saturation hydrique (D. S. H.) et la teneur en eau relatif à chaque traitement ont été mesurés. Le premier paramètre a été déterminé sur des disques foliaires (8 par bac) de 1 cm de diamètre qui sont placés dans des boîtes de pétri remplies d'eau distillée et mises à l'obscurité pendant quatre heures à la température ambiante . L'échantillon est ensuite séché en le plaçant dans le papier filtre et ensuite pesé pour avoir le poids de matière fraîche après saturation. Le contenu sec est déterminé après avoir placé le substrat dans une étuve réglée à une température de 80°C. Le déficit de saturation hydrique est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{DSH en \%} = (P .\text{Sat} . - P F .) / P .\text{Sat} . - P S .) * 100 \text{ où}$$

P .Sat. = Poids de saturation en eau .

P. F.= Poids de l'échantillon sec .

Le potentiel hydrique des plantes qui détermine les relations dynamiques de la plante avec l'eau est déterminé selon la méthode densimétrique de chardakov (1953). Cette méthode est basée sur les changements de densité de solution de saccharose de concentrations connues, après échange d'eau avec les tissus. A cet effet, une première série de concentration teintée avec le bleu de méthylène qui a servi à l'échange avec les tissus végétaux et une seconde série a servi comme témoin pour indiquer le sens de l'échange.

RESULTATS ET DISCUSSION

Croissance et degré de tallage des plantes

On observe lors des quatre premières coupes que la hauteur de la variété Piper est toujours plus importante que celles des deux variétés Super graze et Sucro sorgho quelque soit l'humidité du sol, alors qu'aucune différence n'est observée à la 5ème (Figure 1). Les réductions moyennes de croissance sont dans l'ensemble moins importantes avec la variété Piper, comparées aux deux autres variétés. La hauteur des plantes diminue régulièrement d'une coupe à une autre aussi bien chez les plantes stressées que chez les plantes témoins. Dans des conditions défavorables, la plante subit une perte de turgescence et un ralentissement de l'élongation cellulaire qui se traduit par un ralentissement de la croissance des entre-noeuds entraînant une réduction de la hauteur de la plante. Ces observations sont en accord avec celles de Langlet (1973); avec le sorgho grain et Gharbi et Ben Salem (1987) avec le blé tendre.

Comme indiquée au tableau 1, la variété Piper présente une très forte activité de croissance quelque soit les dates de coupe et la capacité au champ du sol. Le nombre de talles produites pour chaque variété diminue au fur et à mesure que l'humidité du sol diminue et aussi avec la date de coupe, ce qui est en accord avec les travaux de Montenay (1968); Langlet (1973) et Achour (1982).

Surface foliaire

La surface foliaire est plus importante chez la variété Sucro sorgho quelque soit l'humidité du sol et la période de mesure (Tableau 2). La variété Piper qui présente plus de talles que les deux autres variétés présente des feuilles caractérisées par une surface plus réduite Villax (1963) rapporte également que les feuilles de la variété Piper sont longues et assez étroites alors que la variété Super graze et Sucro sorgho ont des feuilles plus larges (Lenoble 1968). En milieu déficient en eau, la plante réagit par réduction de son appareil évaporateur entraînant des pertes moins importantes en eau par transpiration (Stocker 1961; Lapeyronie 1965; Wilson *et al.*, 1980).

Effets du stress hydrique sur la biomasse

La détermination de la biomasse produite est utilisée comme critère d'estimation de la croissance. L'effet du stress hydrique sur la biomasse permet de caractériser la résistance du végétal à la sécheresse (Heller 1985). Les résultats montrent que la biomasse produite par trois variétés diminue avec la capacité au champ (Figures 2 et 3). Le stress hydrique réduit la production de la matière sèche de tous les organes par suite de la fermeture des stomates et l'augmentation de la résistance du mésophylle (Hallaire 1977; Fischer et Turner 1978; Santamaria *et al.* 1990; De Raissac 1992). La production est plus importante chez la variété

Tableau 1. Effets du stress hydrique sur le nombre moyen de talles par plante

H.C. C.	Coupe 1 (21/5)			Coupe 2 (7/7)			Coupe 3 (22/8)			Coupe 4 (3/10)			Coupe 5 (14/5)		
	P	S.G	SS	P	SG	SS	P	SG	SS	P	SG	SS	P	SG	SS
100	24,5	8,9		18,0	5,4		16,7	8,6		17,0	9,0		15,4	6,9	4,2
	6,8			6,0			4,8			3,8			16,2	8,6	4,1
	23,5	9,0		19,0	5,3		17,7	7,8		18,2	6,9		14,8	7,5	5,2
	7,3			5,9			5,0			3,5			15,2	6,8	4,3
	24,5	9,1		20,2	5,6		15,7	6,9		15,8	5,8				
	7,4			5,8			5,4			4,1					
	25,5	9,0		16,8	6,4		16,7	7,8		17,3	8,0				
6,9			7,0			4,8			3,0						
75	14,5	7,2		8,9	4,6	4,3	6,0	5,3	3,0	7,2	2,8	3,0	9,2	4,3	3,9
	5,8			7,8	3,8	4,8	5,8	5,5	2,8	6,9	3,4	2,8	10,1	3,5	2,4
	15,0	7,0		9,0	4,4	5,3	6,3	4,8	3,0	6,6	3,1	3,2	8,7	5,2	3,2
	5,2			8,8	5,0	4,8	6,4	6,0	3,9	6,8	3,4	3,0	9,3	4,3	3,0
	13,8	7,0													
	5,4														
	14,5	6,8													
4,8															
50	10,1	5,2		6,5	3,0	3,2	4,0	1,4	2,1	4,0	1,0	2,2	5,9	2,8	2,2
	3,9			5,8	2,8	2,6	3,6	0,9	2,3	3,8	0,8	2,8	4,8	3,1	1,6
	8,9	6,4	3,8	6,9	3,2	2,3	3,7	2,0	2,0	3,2	2,0	2,8	5,8	3,1	1,2
	11,0	7,2		6,8	4,0	2,5	3,4	3,1	2,5	5,6	1,3	2,2	6,5	3,0	1,0
	3,2														
	10	4,8	3,7												
25	4,0	3,7	3,0	5,2	2,0	2,1	0,0			0,0			0,0		
	4,0	3,9	2,0	5,3	3,3	2,3	0,0			0,0			0,0		
	3,8	3,7	2,0	6,1	2,6	2,4	0,0			0,0			0,0		
				4,2	3,0	2,0	0,0			0,0			0,0		

P=Piper; SG=Super graze; SS=Sucro sorgho NK405

Piper en comparaison aux autres variétés. L'évolution du rapport poids des racines/poids de la partie aérienne (Tableau 2) traduit que les trois variétés développent davantage leur système racinaire lorsque l'humidité du sol est plus faible. L'augmentation du poids des racines est plus importante chez la variété Sucro sorgho, comparée aux variétés Piper et Super graze. Le rapport est respectivement de 1,21; 0,72 et 0,86 à 50% de la capacité au champ (Tableau 2). Des observations similaires ont été rapportées par Lapeyronie (1965) et Durand (1987) sur les plantes fourragères; Mallet (1971) sur le blé tendre et le coton; Achour (1982); Gharbi et Ben Salem (1988) sur les céréales et De Raissac (1992) sur les espèces pastorales.

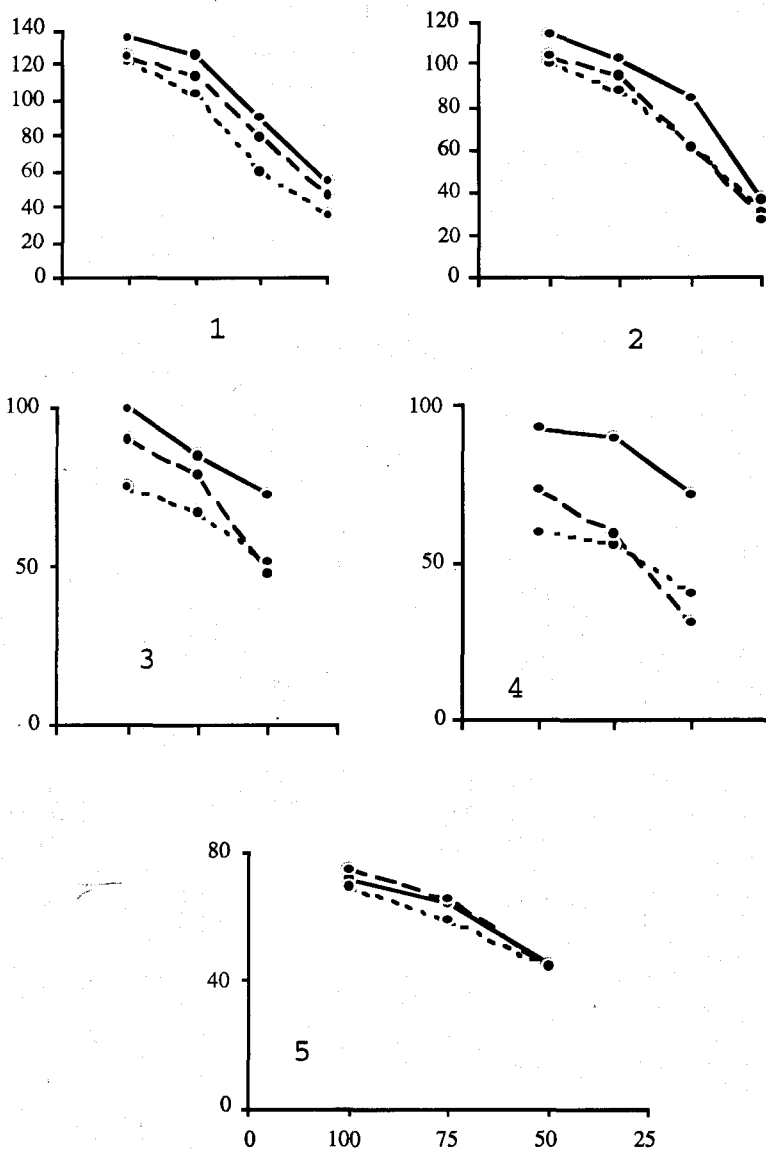


Figure 1. Hauteur des plantes en fonction de l'humidité du sol des 5 coupes effectuées (1 à 5) pour les 3 variétés:— Piper; Super Graze et - - - Sucro sorgho

Tableau 2. Effets du stress hydrique sur la surface foliaire de trois variétés de sorgho 22 et 66 jours après l'application du traitement

Variétés	100%		75%		50%		25%	
	22 j	66 j	22 j	66 j	22j	66 j	22 j	66 j
Piper	80,0	57,3	64,7	48,4	63,4	42,2	35,6	25,3
	79,2	56,4	64,6	47,5	61,5	40,4	34,9	26,0
	78,5	58,2	64,8	49,0	64,0	41,3	36,4	25,2
	80,0	57,0	65,6	48,3	62,6	40,1	36,3	28,0
Super graze	93,9	64,5	83,6	51,4	67,7	37,4	37,0	27,8
	94,7	63,5	81,8	50,5	65,6	36,5	35,4	27,2
	92,8	65,0	81,9	52,4	65,8	38,0	35,3	27,9
	93,6	62,3	83,5	52,2	67,4	37,3	37,1	26,1
Sucro sorgho NK405	146,8	96,5	135,5	84,1	91,4	49,3	55,1	34,3
	145,9	98,3	136,3	83,2	93,6	50,5	53,2	36,1
	147,5	97,6	137,0	82,8	93,8	47,4	54,0	33,4
	146,6	98,0	136,4	82,3	91,2	48,4	55,0	37,0

Tableau 3. Evolution du rapport R/P.A à 100, 75 et 50 % de la capacité au champ

H.C.C.	100%	75%	50%
Piper	0,44	0,50	0,71
	0,44	0,51	0,72
	0,49	0,52	0,72
	0,38	0,52	0,73
Super graze	0,56	0,64	0,84
	0,56	0,61	0,86
	0,54	0,65	0,84
	0,55	0,61	0,88
Sucro sorgho N.K 405	0,61	0,77	1,20
	0,63	0,76	1,20
	0,60	0,76	1,22
	0,60	0,77	1,23

Effets du stress hydrique sur les paramètres hydriques

Les résultats sont présentés à la figure 4 et montrent que le déficit de saturation hydrique, 48 heures après irrigation, augmente nettement plus chez la variété Piper que chez la variété Sucro sorgho. Quant à la variété Super graze, elle présente des valeurs intermédiaires. Comme on devrait s'y attendre, la diminution

de l'humidité du sol entraîne un abaissement du potentiel hydrique chez les trois variétés. Cette diminution est plus accentuée à 48 heures où il peut atteindre et même dépasser -30 bars en été (Figure 5). Pendant l'été les potentiels hydriques les plus bas ont été enregistrés avec la variété Piper et les plus élevés avec la variété Sucro sorgho.

La turgescence des plantes n'est pas apparemment affectée par le stress hydrique, il serait possible que le potentiel osmotique baisse aussi assurant le réajustement osmotique permettant le maintien de la turgescence. Des solutés telles que des minéraux (potassium, magnésium et calcium) ainsi que d'autres substances organiques telles que des acides aminés et des alcools peuvent être accumulés au cours de l'ajustement osmotique (Jones *et al.* 1980; Muchow *et al.* 1980; Wilson et Ludlow 1983).

CONCLUSION

Les résultats montrent clairement que la culture de sorgho ne peut pas supporter un stress hydrique prononcé (25% de la capacité au champ). Toutefois le comportement des variétés étudiées dans les autres conditions qui sont favorables varie d'une variété à l'autre. C'est ainsi que la variété Piper présente la meilleure croissance en hauteur et se caractérise par un degré de tallage plus développé comparée aux variétés Super graze et Sucro sorgho, pour des humidités de sol similaires.

La biomasse produite par la variété Piper est plus importante que celle des variétés Super graze et Sucro sorgho dans des conditions analogues. La matière sèche totale produite à 100 % de la capacité au champ est de 17,1 tonnes/ha pour la variété Piper, 15,0 tonnes /ha pour la variété Super graze et de 14,3 tonnes/ha pour la variété sucro sorgho. Les valeurs correspondantes à 75 % de la capacité au champ sont respectivement de 13,4 ; 12,7 et 10,2 tonnes/ha.

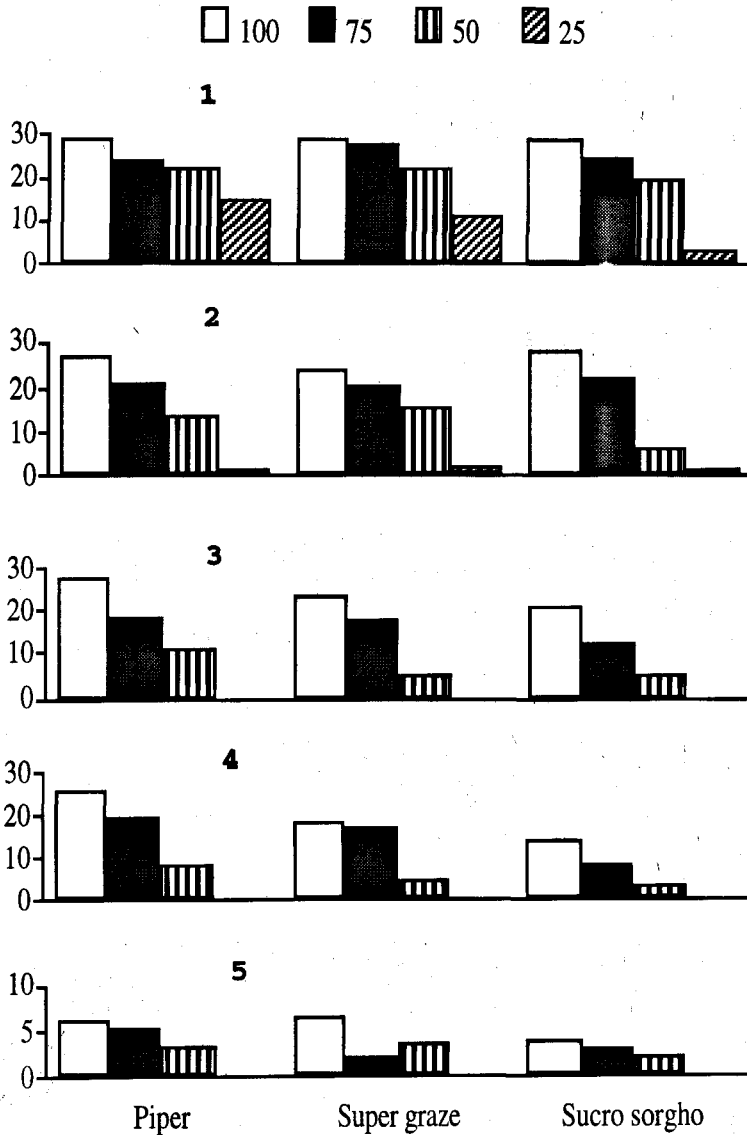


Figure 2. Production en matière sèche (g) de la partie aérienne des 5 coupes effectuées (1 à 5) pour les 3 variétés de sorgho : Piper, Super Graze, et Sucro sorgho

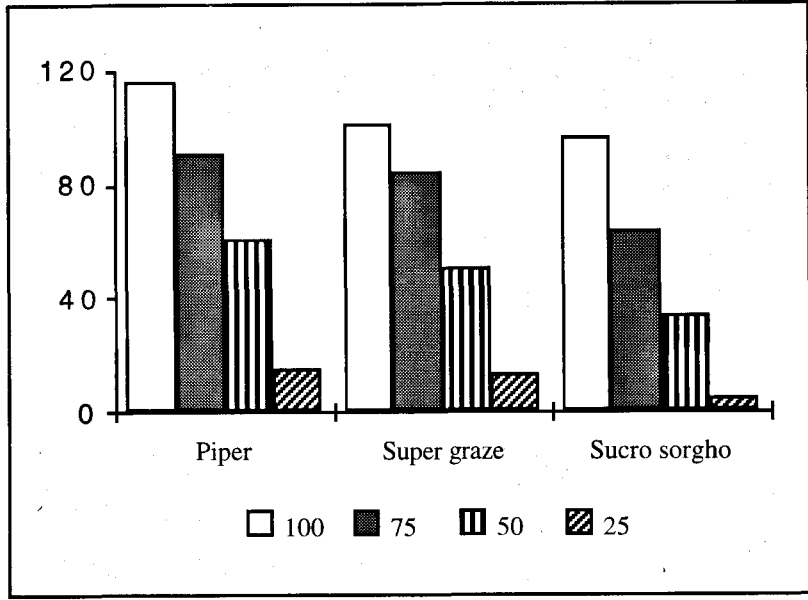


Figure 3. Biomasse totale (g matière sèche) chez les 3 variétés de sorgho : Piper, Super Graze, et Sucro sorgho à 100, 75, 50 et 25% d'humidité du sol

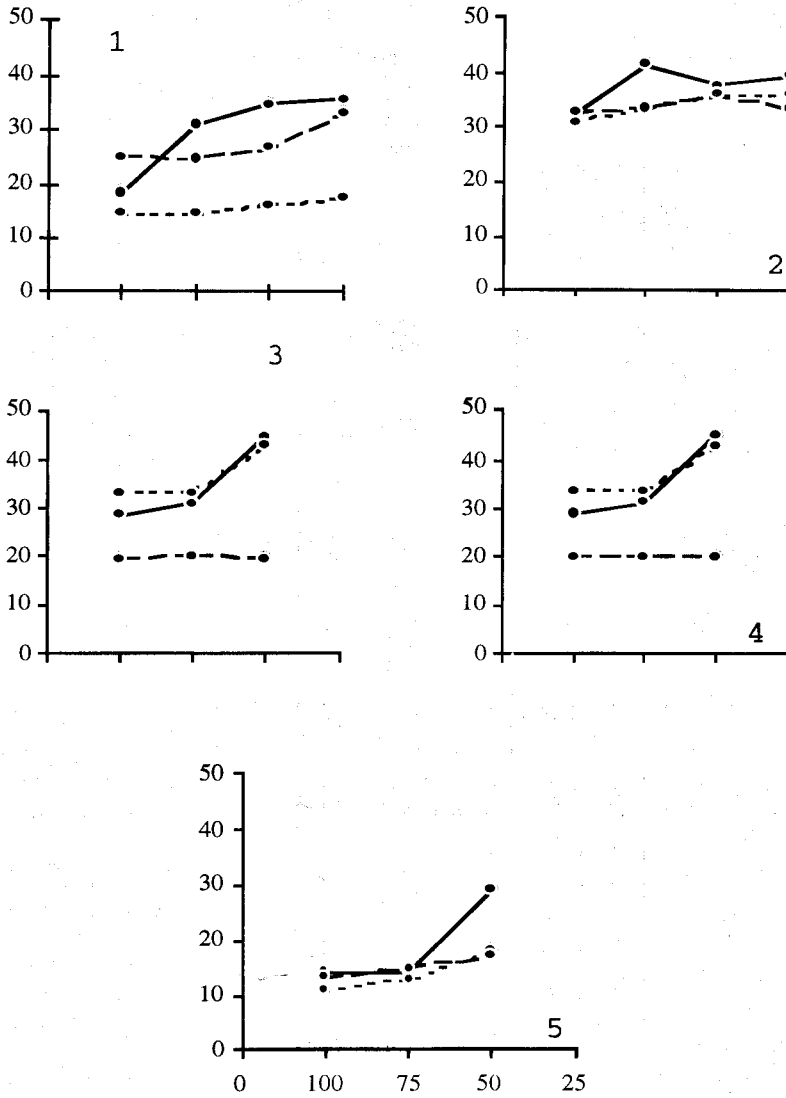


Figure 4. Hauteur des plantes en fonction de l'humidité du sol:
 — Piper; Super Graze et - - - Sucro sorgho

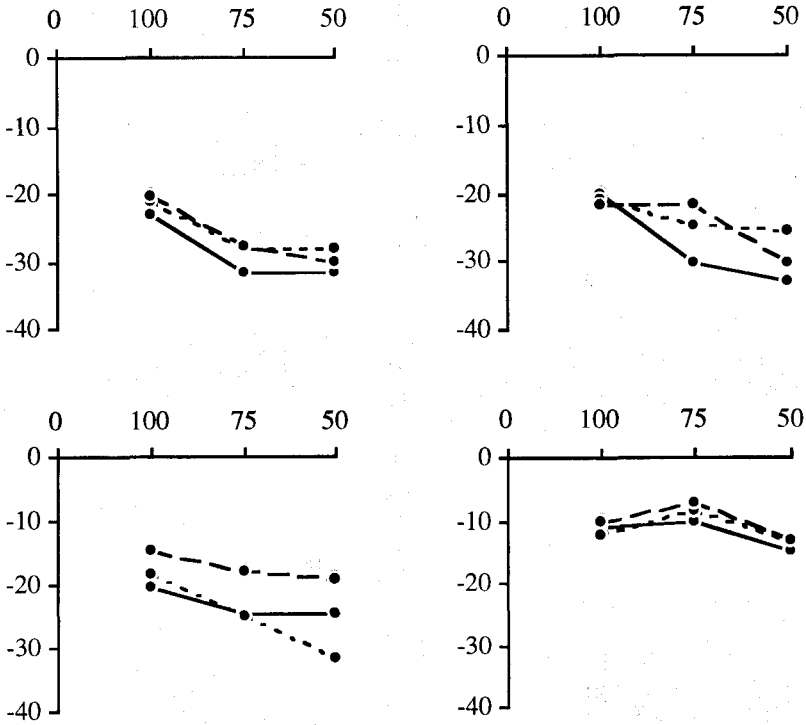


Figure 5. Potentiel hydrique (en bars) 48 heures après irrigation:
 — Piper; Super Graze et - - - Sucre sorgho

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achour, A. (1982). Contribution à l'étude des mécanismes physiologiques de production et de résistance à la sécheresse du blé tendre (*Triticum aestivum*). Mémoire de fin d'études de spécialisation de l'INAT, Tunis, 120p.
- Ben Salem, M. (1988). Etude de comparaison de la résistance à la sécheresse de quelques variétés de blé. Thèse de Doctorat es-Sciences, Université Paris V, 378p.
- Chardakov, V.S. (1953). Régime hydrique du cotonnier. Détermination du moment optimal d'irrigation. Acad. Sci. de la République d'Ouzbékistan (Traduction).
- De Raissac, M. (1992). Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité de plantes cultivées. *Agronomie Tropicale* **46**, 29-39.
- Durand, J.L. (1987). Modélisation de la production de luzerne et alimentation hydrique. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomique. INA Paris-Grignon, 109p.
- Fisher, R.A., Turner, N.C. (1978). Plant productivity in the arid and semi-arid zones. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* **29**, 277-317.
- Gharbi, M.S. (1987). Effets de déficit hydrique à différents stades de développement sur la variété de blé dur. Mémoire de fin d'études du cycle de spécialisation de l'INAT, Tunis, pp. 27-44.
- Hallaire, M. (1977). La sécheresse et production végétale. *Bull. Tech.* **324**, 651-57.
- Heller, R. (1988). Cinétique de la croissance. In: Physiologie végétale (Masson Ed.). pp. 17-41.
- Jones, M.M., Osmond, C.B., Turner, N.C. (1980). Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water. *Astr. J. Plant. Physiol.* **7**, 193-205.
- Langlet, A. (1973). Effets de la sécheresse sur la croissance et la production de sorgho grain. *Ann. Agro.*, 307-38.
- Lapeyronie, A. (1965). Résistance à la sécheresse des plantes fourragères. *Bulletin de l'ENSAT* **7**, 39-66.
- Le Houérou, H.N. (196). Légumineuses pérennes. In "Les fourrages en Tunisie". Documents techniques.
- Lenoble, M. (1988). Cultures du sorgho France.

- Mallet, P.H. (1971). Différences de développement racinaire suivant l'importance des réserves hydriques disponibles dans le sol en début de végétation sur un blé tendre et un coton. Documents techniques INRAT, Ariana-Tunisie, 21p.
- Monteney, B.A. (1970). Billan hydrique et énergétique d'une culture de blé en régions semi-arides. *Documents Techniques INRAT* **43**, 13-36.
- Muchow, R.C., Fisher, M.J., Ludlow, M.M., Meyers, R.J.K. (1980). Stomatal behaviour of henofand in semi-arid tropical environment during the day. *Austr. J. Plant Physiol.* **7**, 621-28.
- Santamaria, J.M., Ludlow, M.M., Fukais, (1990). Contribution of osmotic adjustment to grain yield in sorghum bicolor (L.) moech under water limited condition.1. Water stress anthesis. *Aust. J. Plant Agric. Res.* **41**, 51-65.
- Stocker, O. (1961). Les effets morphologiques et physiologiques du manque d'eau sur les plantes. Recherches sur les zones arides. Echanges hydriques des plantes en milieu aride ou semi-aride. Unesco pp. 75-110.
- Villax, E.J. (1963). *Sorghum sudanense* (Piper). In "La culture des plantes fourragères dans la région Méditerranéenne occidentale". *Cahiers de la Recherche Agronomique* **17**, 137-44.
- Wilson, J.R., Ludlow, M.M., Fisher M.J., Schulze, E.D. (1980). Adaptation to water stress of the leaf water relation of four tropical forages species. *Austr. J. Physiol.* **7**, 207-20.
- Wilson, J.R., Ludlow, M.M. (1983). Time trends of solute accumulation and the influence of potasium fertilizer on osmotic adjustment of water stresses leaves on three tropical grasses. *Aust. J. Plant Physiol.* **10** 523-37.