

CR000466

CENTRE D'ETUDE REGIONAL
POUR L'AMELIORATION DE L'ADAPTATION
A LA SECHERESSE

CERAAS

I.S.R.A. ▪ G.N.R.A.

BP 53 Bambey Sénégal

Tél.: 73-60-50

AMELIORATION DE L'ADAPTATION DU SORGHO
(SORGHUM BICOLOR L. MOENCH) A LA SECHERESSE:
ETUDE DE QUELQUES MECANISMES PHYSIOLOGIQUES CHEZ 5
GENOTYPES SOUMIS A UNI STRESS HYDRIQUE A LA FLORAISON

Sigisbert DOSSOU-YOVO
DRA/BENIN

Etude réalisée avec le GERAAS
Rapport Final
Janvier 1992

Doss
Dra

CENTRE D'ETUDE REGIONAL
POUR L'AMELIORATION DE L'ADAPTATION
A LA SECHERESSE

CERAAS

I.S.R.A. - C.N.R.A.

BP 53 Bambey Sénégal

Tél.: 73-60-50

AMELIORATION DE L'ADAPTATION DU SORGHO
(SORGHUM BICOLOR L. MOENCH) A LA SECHERESSE:
ETUDE DE QUELQUES MECANISMES PHYSIOLOGIQUES CHEZ 5
GENOTYPES SOUMIS A UN STRESS **HYDRIQUE** A LA FLORAISON

Sigisbert DOSSOU-YOVO
DRA/BENIN

Etude réalisée avec le CERAAS
Rapport Final
Janvier 1991.

I) INTRODUCTION:

Ce séjour de recherche, fait suite à celui que nous avons déjà effectué en mai-juin et au cours duquel nous avons eu à nous initier aux différentes techniques d'études utilisées au CERAAS et à la mise au point du dispositif expérimental pour les recherches à mener durant l'hivernage 1991-1992. Ce travail est effectué en 2 phases (stress-montaison et stress-floraison) en collaboration étroite avec Mr Labare Kodjo de la DRA/TOGO.

Le but visé est l'étude des mécanismes d'adaptation du Sorgho aux différentes formes de sécheresse au cours du cycle végétatif. L'objectif final est: une meilleure caractérisation des réactions du Sorgho face à ces formes de sécheresse; l'identification des critères pouvant contribuer à l'amélioration des différents niveaux d'adaptation constatés sur ce matériel végétal et, enfin la mise à la disposition du sélectionneur de moyens (outils) performants pouvant lui permettre de faire un meilleur criblage pour son programme de sélection et dégager un idéotype de variété de sorgho adaptée pour chaque zone écologique.

II) MATERIEL ET TECHNIQUES:

Cinq variétés de sorgho de différentes zones écologiques d'Afrique Occidentale, dont 2 variétés béninoises (blanc de Karimama et blanc de Bagou), 2 variétés du Togo (Dimoni et Tchouléli) toutes de la zone soudanienne et une variété sénégalaise de référence (témoin) 51-69, ont été cultivées en conditions contrôlées au CNRA de BAMBEY durant la campagne agricole 1991-1992. Le CNRA de BAMBEY est situé à 14°42' N de latitude, 16°28' W de longitude et à une altitude de 17 m sur l'axe routier Dakar-Touba.

A) CONDITIONS DE CULTURE

Les plantes ont été cultivées dans des pots en PVC de 30 cm de diamètre et de 60 cm de haut, sur du soi Dior soi caractéristique de la zone arachidière du Sénégal (sol sableux, ferrugineux tropical faiblement lessivé).

Les pots sont disposés en randomisation complète. L'espacement entre les pots est de 80 cm. Les plantes ont été semées à raison de 4 plantes par pot. avec un démariage à 1 plante par pot, 15 jours après le semis.

Les plantes ont reçu 1 g par pot d'urée un mois après le semis et ont été traitées au décis environ 22 jours après le semis. Le semis a été effectué le 24 juillet 1991.

Traitement

2 régimes hydriques ont été appliqués :

-1 régime non stressé durant tout le cycle végétatif(T)

-1 régime stress à la floraison(S2)

Pour chacun de ces régimes hydriques 9 plantes de la même variété ont été utilisées soit 90 plantes au total (9 plantes * 5 variétés * 2 traitements).

Le stress a été appliqué en fonction de la phénologie des différentes variétés étudiées. Le stress est obtenu en entourant les pots d'une couche de papier aluminium retenu par un film de scotch, de façon à empêcher toute pénétration de l'eau et de la rosée. Les plantes ainsi traitées subissent un arrêt complet d'alimentation hydrique. Durant la période de culture les plantes ont reçu 60 cl d'eau du semis à la montaison et, 500 cl d'eau par jour à partir de la montaison.

Les plantes ont été cultivées dans les conditions climatiques suivantes

Température maxi: 34°8, min 22°3

Humidité relative : maxi -89,4 %, mini -42,4 %

Taux d'insolation moyen: 7H-1

Eclairage moyen :2500 mol/m²/s

La moyenne pluviométrique au cours de la saison de culture était de 346,6 mm.

B) OBSERVATIONS:

1) Mesures destructives:

* Résistance protoplasmique:

Les mesures de résistance protoplasmique ont été réalisées au stade-floraison sur la feuille antépénultième, suivant la méthode précédemment décrite par Labare(1991) et Dossou-yovo(1991) Pour cela des prélèvements de limbe sont effectués sur 3 pieds, 7 jours après le stress sur les plantes témoins et stressées. Pour le choc thermique, la température de travail est de 49°C, tandis que pour le choc osmotique, la durée de flottaison est de 24 h, dans une concentration de 300 g/l (-35,29 bars) à température ambiante. La répartition des disques foliaires est de 10 dans chaque tube à raison de 3 répétitions par niveau de température ou de concentration.

* Potentiel hydrique foliaire et Contenu relatif en eau

Toujours en même temps, à 12H des mesures de potentiel hydrique foliaire ont été faites sur la feuille antépénultième à 0-3-7 et 10 jours après le stress. Pour cela des disques foliaires sont prélevés sur 3 pieds par variété et traitement et leur potentiel hydr que est mesuré à l'aide d'une presse à membrane graduée en PSI.

Dans le même ter-r-ps d'autres prélèvements de disques foliaires sont faits dans les mêmes conditions pour la détermination du contenu relatif en eau des plantes. Les disques ainsi prélevés sont mis dans des flacons-tares, pesés et imbibés d'eau et mis a saturation pendant 8H à la température ambiante, pour obtenir leur poids turgescents. Ils sont ensuite mis à l'étuve à 80°C pendant 24H, pour obtenir leur poids SEC.

2) Mesures non destructives:

* Assimilation nette de photosynthèse:

Des mesures de photosynthèse ont été effectuées toujours sur la feuille antépénultième avant l'application du stress et 7 jours après le stress sur 3 pieds par variété et traitement, à l'aide d'un analyseur de CO₂ ADC, type portable,

* Croissance et développement:

Au stade adulte, nous avons mesuré la longueur et la largeur des 3 dernières feuilles, sur 5 pieds respectivement par variété et par traitement. Les mesures de la hauteur totale des plantes et du diamètre des 3 derniers entre-noeuds à la base des pieds ont été aussi faites dans les mêmes conditions.

III) ANALYSE DE LA PRODUCTIVITE ET DES COMPOSANTES DU RENDEMENT

&PRODUCTIVITE:

A la récolte, la biomasse des parties aériennes et racinaires a été récoltée sur 5 pieds par variété et traitement. Les racines une fois dépotées, ont été lavées à l'eau et leur profondeur mesurée à l'aide d'une règle graduée. Nous avons ensuite mesuré leur déplacement volumique à l'aide d'une éprouvette graduée contenant un volume constant d'eau. La paille (tige t feuille) ainsi que les racines ont été ensuite mises à sécher à 60°C dans un four infra-rouge pendant 24H pour obtenir le poids sec.

B) COMPOSANTES DU RENDEMENT:

A la récolte nous avons procédé à l'analyse des différentes composantes du rendement. Des mesures de longueur de la panicule, nombre de rachis par panicule, poids de la panicule, poids-grain de la panicule ont été effectuées sur 5 pieds par variété et traitement. La taille de la graine (L*) a été ensuite mesurée. Pour cela, 30 graines ont été prélevées au hasard après brassage de la récolte de chaque variété et traitement et mesurées à l'aide d'une grille millimétrée. Nous avons ensuite procédé à la pesée de 1000 grains pour chaque variété et traitement. Le taux d'humidité des grains au moment de la pesée était de 12%.

IV) RESULTATS:

A) POTENTIEL HYDRIQUE FOLIAIRE ET CONTENU RELATIF EN EAU:

L'observation de l'état hydrique des plantes durant la période de sécheresse montre une diversité de la réaction de ces dernières face à ce phénomène (Fig. 1 et 2). 7 jours après le stress, la plupart des plantes stressées accusent une baisse sensible de leur capacité de régulation des échanges hydriques. Les variétés béninoises (Bagou et Karimama) sont les plus touchées. Les deux variétés togolaises Dimoni et Tchouléli ont des comportements divergents. Tchouléli semble avoir un état hydrique plus régulé que Dimoni, caractérisé par un faible déficit hydrique et un niveau de potentiel hydrique assez élevé. La variété sénégalaise 51-69 (témoin) suit la même tendance pour les variétés béninoises et Dimoni.

B) RESISTANCE PROTOPLASMIQUE:

Chez les plantes non stressées Tchouléli est la variété qui présente la plus faible capacité de tolérance à la dessiccation. La même tendance s'observe chez Dimoni et plus ou moins chez Karimama. Les variétés 51-69 et Bagou sont les seules à maintenir une intégrité relative supérieure à 50 %. Contrairement à toute attente, les plantes stressées réagissent mieux que les témoins au choc osmotique. Les résultats obtenus pour le choc thermique confirment la tendance déjà observée plus haut. Les pieds stressés présentent une meilleure capacité de tolérance au choc osmotique que les témoins. La variété Tchouléli offre moins de résistance que les autres variétés tandis que 51-69 et Dimoni ont une meilleure résistance.

C) ACTIVITES PHOTOSYNTHETIQUES

Les figures 5 et 6 montrent une relation étroite entre l'activité photosynthétique et la conductance stomatique chez les plantes stressées. Pour un même niveau de sécheresse, Tchouléli maintient une activité photosynthétique foliaire plus élevée que celle des autres variétés. Les variétés béninoises et la variété togolaise Dimoni, semblent complètement inhibées 7 jours après l'arrêt de l'irrigation. Ceci se traduit chez les variétés béninoises par une fermeture totale des stomates caractérisés par une conductance stomatique nulle. Les variétés 51-69 et Dimoni, malgré la diminution de la photosynthèse ont une conductance stomatique équivalente à celle de Tchouléli, pourtant plus performant.

D) ANALYSE DE LA CROISSANCE ET DU DEVELOPPEMENT:

L'arrêt de l'alimentation hydrique au stade floraison, ne semble pas affecter le développement végétatif des divers génotypes, les 3 dernières feuilles ayant déjà atteint leur plateau de croissance (tableau 1). On note cependant, un certain effet variétal dû à la diversité génétique des différentes variétés.

La différence de taille (fig. 7) observée ici serait plutôt due aux conditions de culture et à la variabilité morphogénétique des plantes et non à un effet de stress. Par contre tout semble indiquer une certaine influence du stress sur les 3 derniers entre-nœuds à partir de la base de la plante. La diminution de la taille du diamètre des entre-nœuds et l'interaction observée à ce niveau seraient liées à une diminution du flux des sèves due au déficit hydrique, ce qui aurait entraîné une diminution de la turgescence et de la tige. Toutefois les entre-nœuds des variétés Tchouléli et Bagou semblent moins affectés que ceux des autres variétés.

L'analyse de la productivité (tableau 2) montre une interaction positive du traitement sur les variétés pour la production de biomasse de la partie aérienne. Cependant, l'effet génétique semble ici plus marqué, les différentes variétés réagissant différemment à l'effet du stress. Les variétés Tchouléli et Bagou sont les plus touchées (réduction de 26,88% et 32,40% respectivement). Ce phénomène n'a pas affecté les racines, le poids racinaire de même que la profondeur racinaire (fig. 8) et le déplacement volumique des racines ne semblent pas du tout affectés par le stress. Ceci est dû à l'état physiologique de celles-ci au moment de l'application du stress, la plupart d'entre elles ayant déjà atteint leur plateau de croissance à la fin de la montaison.

E) RENDEMENT CEREALIER:

L'arrêt de l'alimentation hydrique chez le sorgho à la floraison agit différemment sur les différentes composantes du rendement céréalier. Le stress ne semble pas affecter la longueur de la panicule, ni le nombre de rachis par panicule ce résultat paraît tout à fait normal, ces 2 caractères étant génétiques et les plantes ayant déjà atteint leur maturité physiologique au moment du stress. Cependant, on note ici un fort effet variétal, dû à la différence des caractères morphologiques du rendement chez les différentes plantes étudiées.

Les plantes stressées semblent très affectées ce qui se traduit par une baisse sensible du poids de la panicule et du poids grain de la panicule; les variétés béninoises sont les plus touchées. Karimama et Bagou accusent respectivement une baisse de 66.54 % et 74,67 % pour le poids grain de la particule et sont presque talonnées par Tchouléli (74.8 %). Ces résultats sont à rapprocher de ceux enregistrés pour la taille des grains où l'on note une réduction sensible ce qui entraîne une diminution drastique de leur poids (1000 grains). L'arrêt de l'irrigation à la floraison a donc une action beaucoup plus réductrice sur les caractères du grain (taille, poids) que sur les caractères morphologiques de la panicule (longueur, nombre de rachis) d'où l'interaction très forte enregistrée pour ces caractères.

V) DISCUSSIONS:

Au vu des résultats obtenus nous pouvons dire que les différentes variétés étudiées réagissent différemment au stress hydrique à la floraison. Les variétés béninoises sont les plus touchées. Ceci entraîne chez ces variétés un déficit hydrique chronique, un potentiel hydrique très bas, une activité photosynthétique relativement faible et une réduction très sensible de la conductance stomatique.

Cette relation serait due à l'état hydrique des racines chez ces 2 variétés. Des auteurs comme TARDIEU et al. (1991) et DAVIS et MEINZER (1990) ont trouvé une corrélation entre la réduction de la conductance stomatique et la compacité du sol ce que confirment nos résultats. Les variétés togolaises Dimoni et Tchouléli ont quant à eux un comportement divergent. Tchouléli semble mieux supporté le choc hydrique que toutes les autres variétés hydriques. Ce comportement est dû à la capacité de cette variété de maintenir ses tissus foliaires à un état de turgescence équilibré, caractérisé par une réduction des pertes en eau, une régulation de l'ouverture des stomates et une activité photosynthétique élevée.

Tout semble indiqué donc que Tchouléli, possède un caractère xéromorphologique, qui lui permet de mieux supporter le stress. RISTIC et DAVIS (1991) ont constaté le même phénomène chez différentes variétés de maïs tolérantes à la sécheresse. Ces plantes sont capables de réduire leurs pertes en eau, tout en maintenant un niveau assez élevé du potentiel hydrique de leurs tissus foliaires. Selon SANTAKUMARI et BERKOWITZ (1991) le niveau d'acclimatation au faible potentiel hydrique doit être associé à la maintenance du volume des chloroplastes. Ces auteurs ont prouvé une corrélation entre ce caractère physiologique et l'augmentation de la capacité photosynthétique foliaire à faible potentiel hydrique. Dimoni et 51-69 semblent avoir un comportement intermédiaire. Tout en ayant une activité photosynthétique réduite, ces plantes ont un potentiel hydrique foliaire supérieure à celles des variétés béninoises tout en accusant un déficit hydrique moins important.

Pour ce qui concerne la résistance protoplasmique, les résultats montrent que certaines variétés ont plus de capacité d'adaptation que d'autres. Les variétés 51-69 et Dimoni offrent une plus grande capacité à la tolérance à la chaleur et au choc osmotique que les autres variétés. Karimama et Bagou supportent mieux le choc thermique que Tchouléli. Il semble donc que le stress augmente la capacité de la tolérance à la sécheresse chez cette variété. BLUM et al. (1981) et BLUM (1984) ont d'ailleurs constaté des faits similaires chez le blé, l'orge et le sorgho. Ces résultats bien que ne rendant pas compte complètement de l'état d'acclimatation des différentes variétés, permettent cependant d'avoir une approche intégrée du phénomène de tolérance à la sécheresse.

L'incidence du stress sur le rendement céréalier met en évidence l'importance de l'âge physiologique de la plante et de la relation source - puits. Il semble que le stress à la floraison agit beaucoup plus sur la graine (taille) que les autres composantes du rendement. Ceci serait lié à la baisse de l'activité photosynthétique qui occasionnerait un mauvais remplissage des grains. Ces résultats montrent aussi la relation qu'il y a entre le potentiel hydrique foliaire, le contenu relatif en eau et le rendement céréalier. Les plantes qui ont un faible état hydrique sont celles qui accusent une baisse sensible du poids des grains à la récolte (Bagou et Karimama).

Vi) CONCLUSION;

Au vu des résultats nous pouvons dire déjà que les 5 variétés étudiées ont des comportements adaptatifs différents. Tchouléli semble plus indiqué pour la résistance à un stress hydrique. Les variétés béninoises paraissent plus tolérantes à la chaleur, tandis que 51-69 et Dimoni ont une résistance protoplasmique.

P.S. : *Ce rapport est un rapport préliminaire. le rapport définitif sera rédigé et envoyé au CERAAS très prochainement. Le manque de temps et de revue bibliographique ne nous ayant permis de confronter nos résultats à ceux de la bibliographie afin de mieux mettre en évidence l'intérêt de ce travail de recherche.*

FIGURE.1
Evolution du potentiel hydrique foliaire
de 5 variétés de sorgho (S/T en %)
durant une sécheresse à la floraison

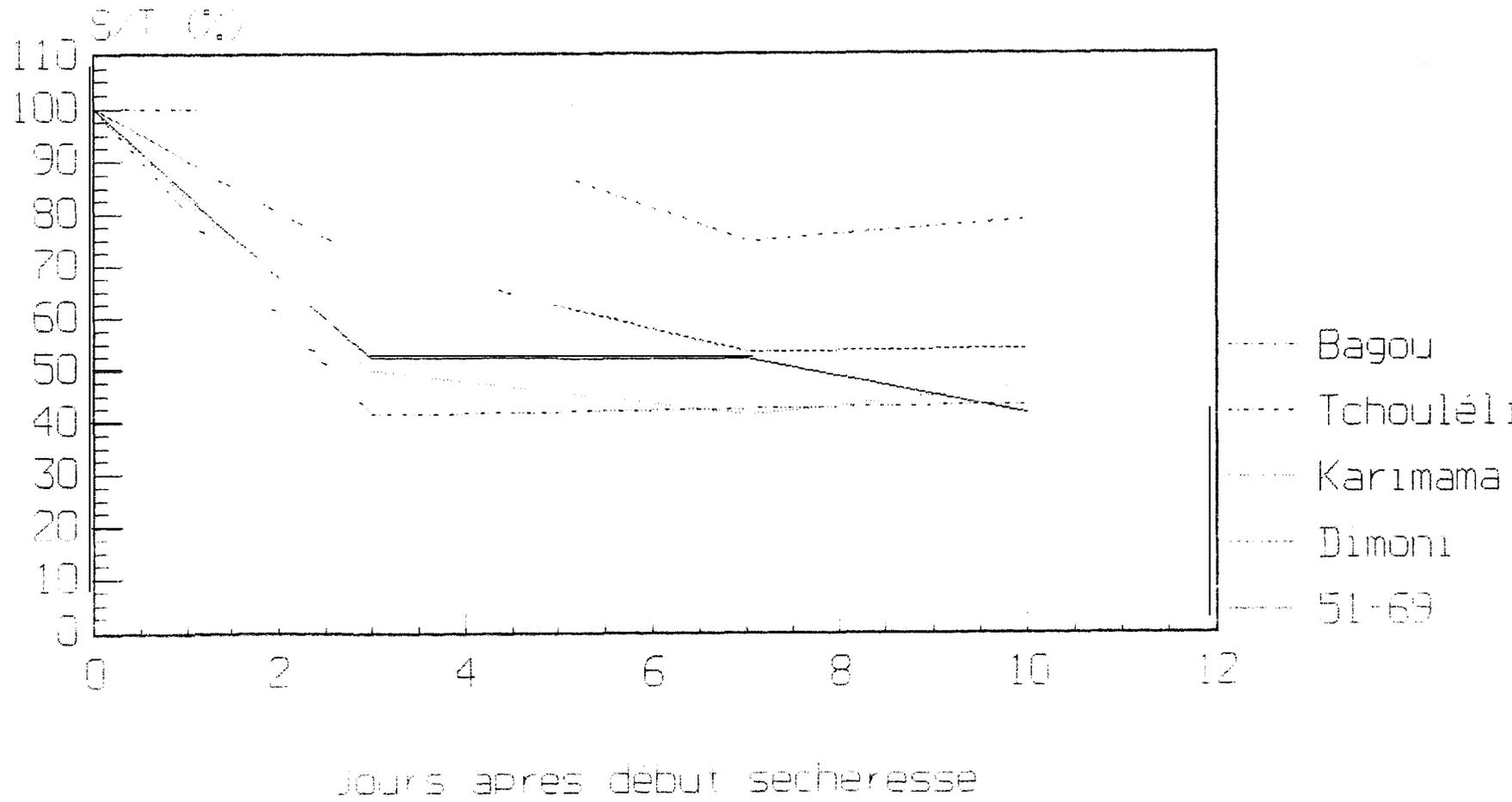


FIGURE.2
C.R.E. S/T de 5 variétés de sorgho
à 12 heures pendant une période de
suspension d'arrosage sur les pieds S.

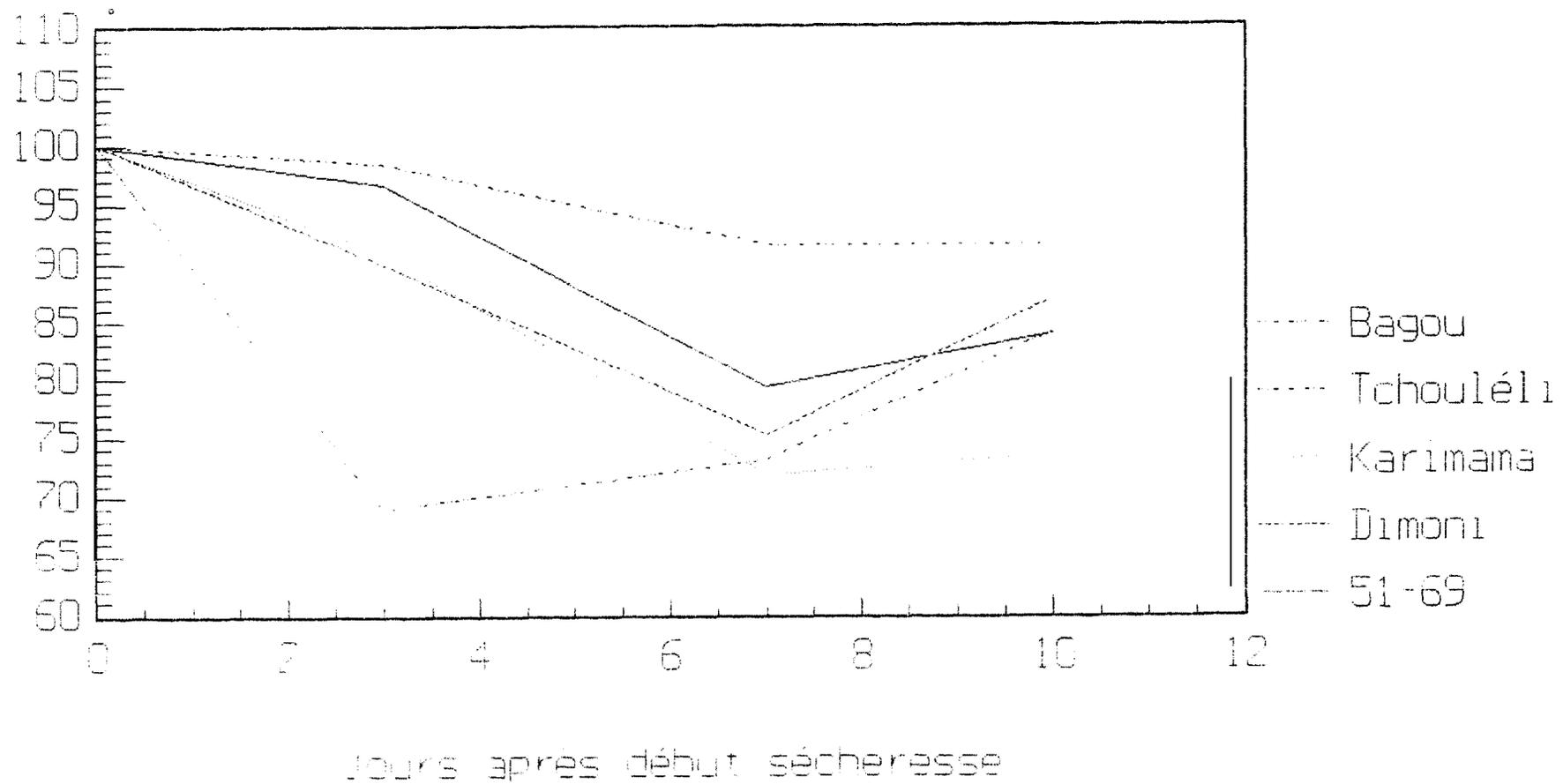


FIGURE.3
Résistance protoplasmique du sorgho 7JAS
Choc osmotique (PEG=-35 bars)

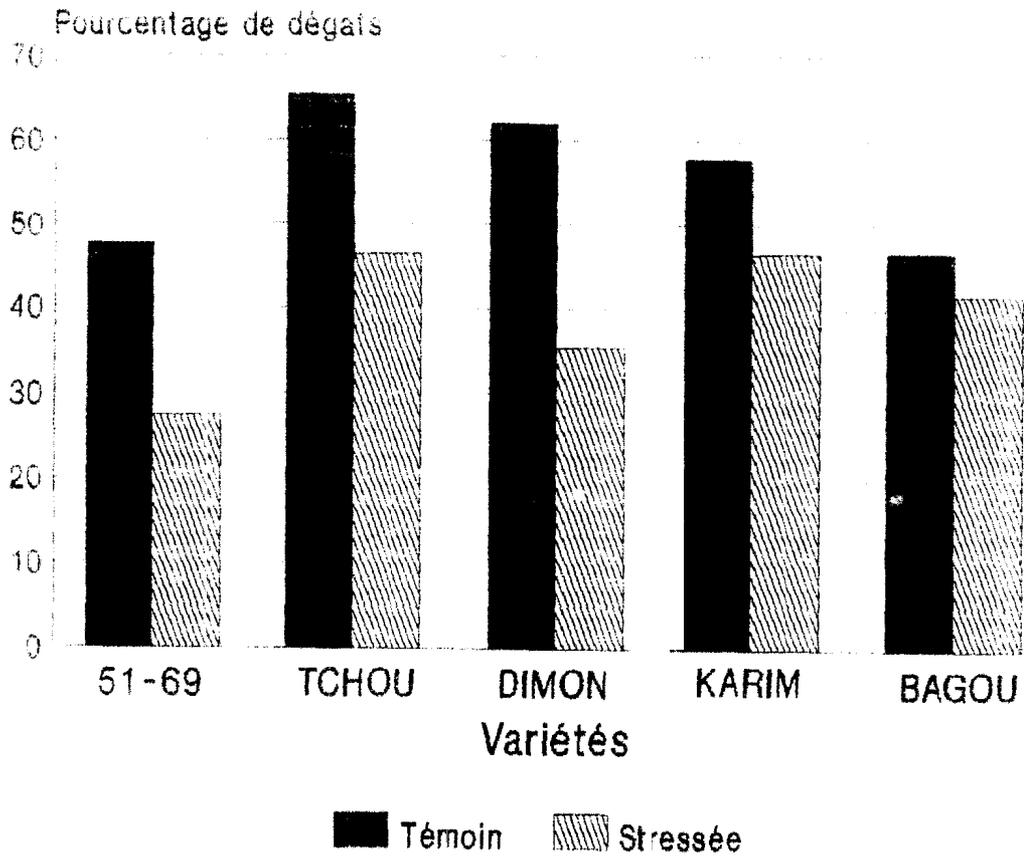


FIGURE.4
Résistance protoplasmique du sorgho 7JAS
Choc thermique (49 C)

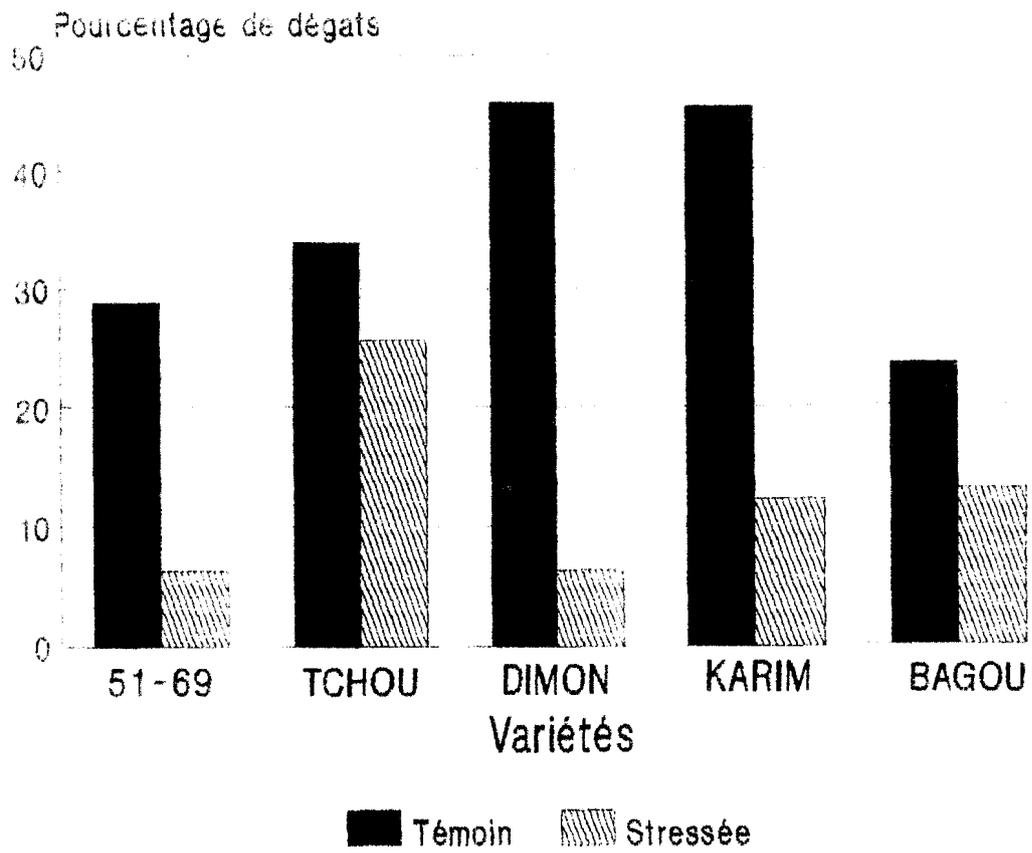


FIGURE.5

Activité photosynthétique de 5 variétés de sorgho
après 7 jours de sécheresse (stade floraison)

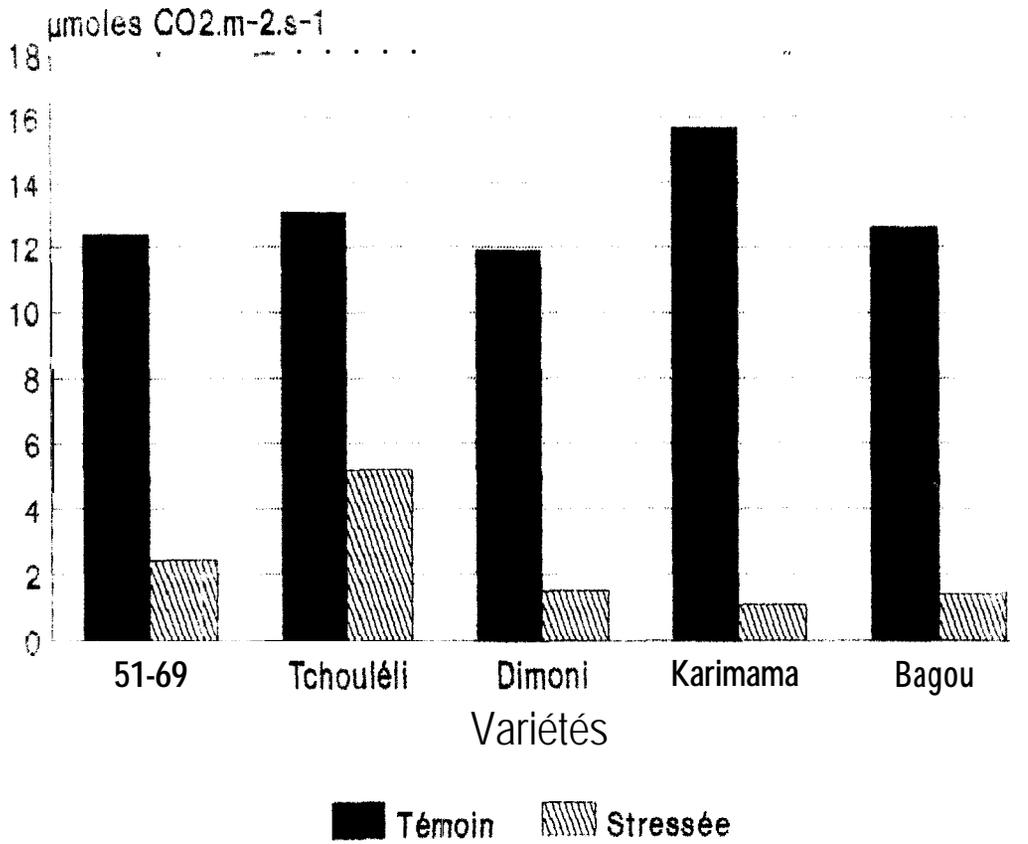


FIGURE.6
Conductance stomatique de 5 variétés
de sorgho 7 jours après stress

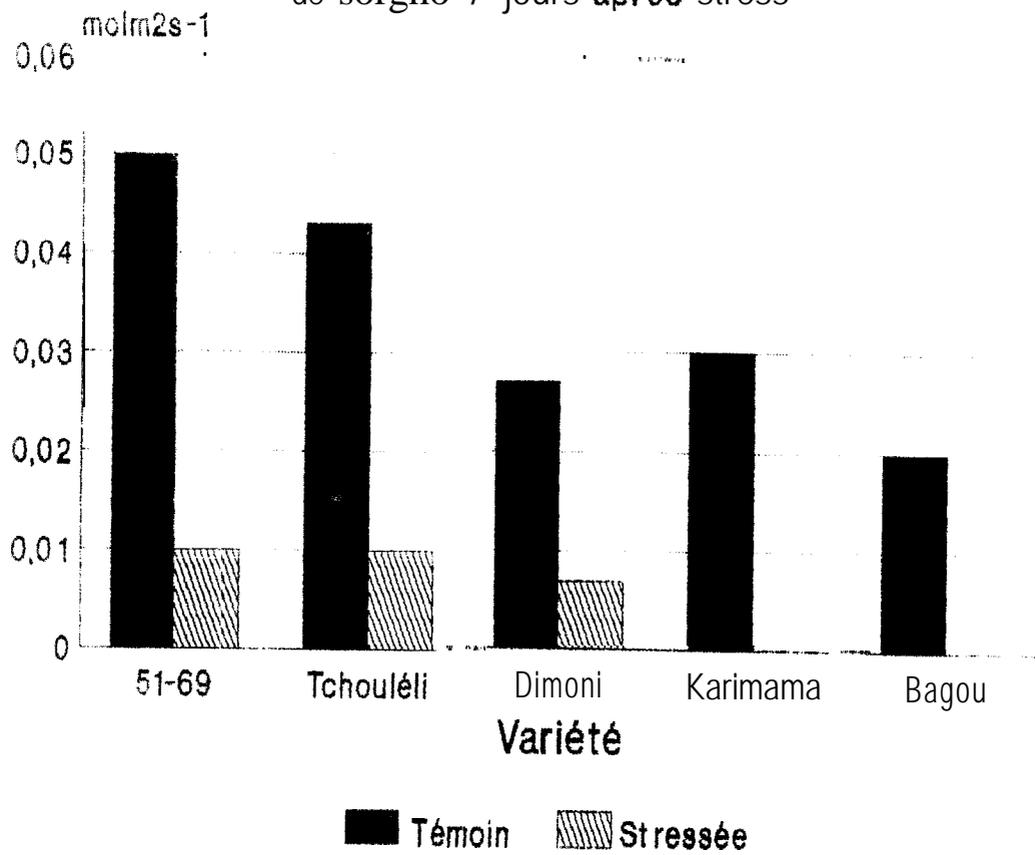


FIGURE 7

Hauteur de la plante pour 5 variétés de sorgho
soumises à un stress à la floraison

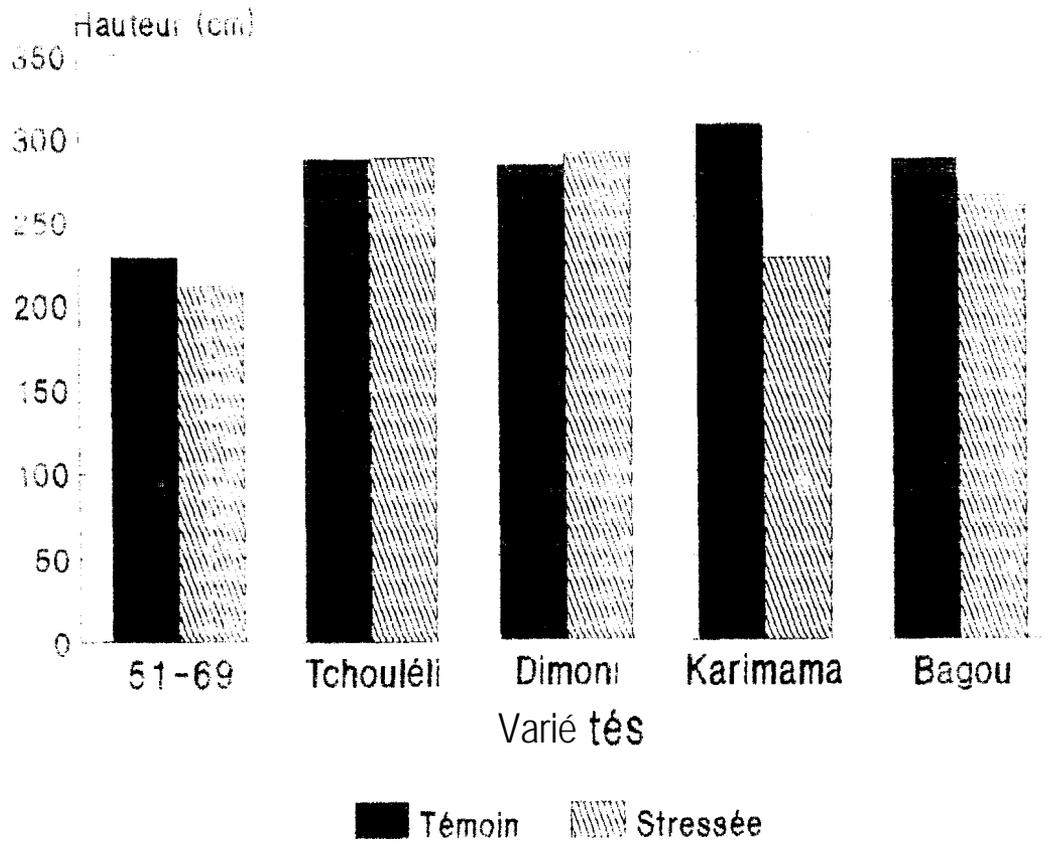


FIGURE 8

Longueur racinaire totale de 5 variétés de sorgho stressées à la floraison

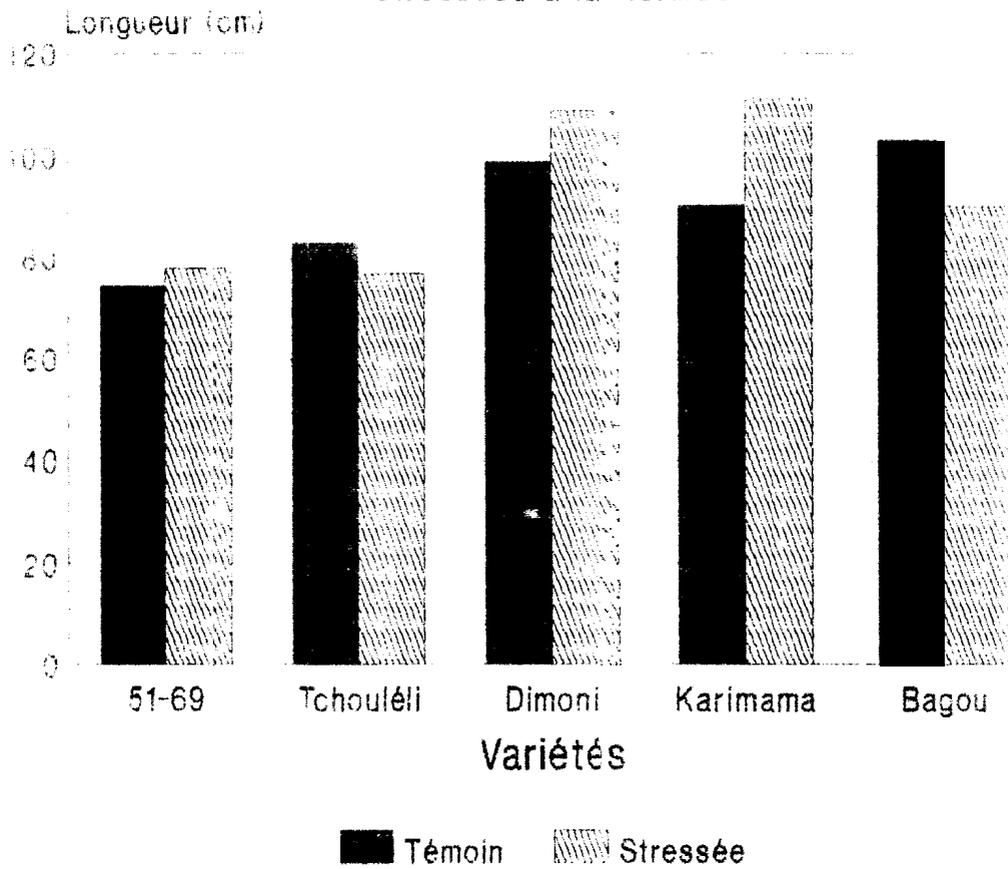


Tableau 1 : ANALYSE DE CROISSANCE

Variété	Traitement	Hauteur Plante (cm)	Surface foliaires (cm²)			Diamètre-3 derniers entre-nœuds (cm)		
			F	F	F	1er	2è	3è
			Paniculaire	Penultieme	A t e n penult.			
51-69	Témoin	228,60	139,78	265,54	346,10	2,67	2,71	2,57
Tchouleli	Stressé	211,00	120,50	231,40	313,40	1,88	1,94	1,91
	Témoin	284,00	126,48	200,02	317,02	2,24	2,23	2,12
	Stressé	284,00	136,38	193,58	255,54	2,09	2,12	1,99
Dimoni	Témoin	281,00	85,24	163,86	286,02	2,40	2,30	2,14
	Stressé	289,00	99,80	174,60	275,16	1,94	1,87	1,81
Blanc de	Témoin	305,00	104,36	180,76	291,86	2,52	2,39	2,24
Karimama	Stressé	226,00	84,12	162,16	252,624	1,90	1,89	1,84
Blanc	Témoin	283,80	146,18	227,12	295,28	2,91		2,82
Bagou	Stressé	262,00	102,32	182,10	269,56	2,62,60	2,61	2,59
CV % Inter.AB		9,41 A,B,AB	31,21 A	21,78 A	19,60	8,77 A, B, AB	10,79 A, B, AB	11,41 A, B
Signif.		**	*	**	NS	** ** *	*** **	** **

Tableau 2 . ANALYSE DE LA PRODUCTIVITE

Nom Variété	Traitement	Poids sec Partie aérienne (g)	Poids sec racines (g)	Longueur racines (cm)	Déplacement volumique (cl)	Relati R/PA
51-69	Témoin	274,19	54,03	74,50	220,00	0,197
	Stressé	282,27	77,93	77,67	406,67	0,276
Tchouleli	Témoin	251,50	52,07	83,00	263,33	0,207
	Stressé	183,90	29,80	76,83	100,00	0,162
Dimoni	Témoin	267,12	82,27	98,83	265,00	0,308
	Stressé	275,27	112,50	108,67	373,33	0,408
Blanc de	Témoin	342,99	128,53	90,33	390,00	0,374
K a r i m a m a	Stressé	356,45	182,73	111,33	506,67	0,512
Blanc de	Témoin	437,23	84,20	103,00	330,00	0,193
Bagou	Stressé	295,56	152,40	90,00	440,00	0,515
CV % Interaction AB Signification		12,84 A,B,AB **	42,63 A **	18,45 A *	31,41 A **	

Tableau 3 : ANALYSE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT

<i>Nom Variété</i>	Traitement	Longueur Panicule (cm)	Nombre de rachis	Poids Panicule (g)	Poids grain Panicule (g)	Poids 1000 grains (g)	Taille Grains (L x l) (mm)
51-69	Témoin	27,00	42,20 B	43,72	29,34	25,37	4,1 x 3,0
	Stressé	27,74	43,00	21,70	10,73	10,46	3,1 x 2,2
Tchouleli	Témoin	31,70	95,40 A	43,23	31,39	24,31	4,4 x 3,0
	Stressé	31,50	97,80	29,42	7,91	14,57	3,3 x 2,4
Dimoni	Témoin	31,10	102,20 A	33,33	25,77	27,53	4,8 x 3,7
	Stressé	31,40	94,80	27,72	14,67	15,38	4,0 x 2,7
Blanc de	Témoin	41,30	94,00 A	39,56	28,90	30,17	5,0 x 4,0
Karimama	Stressé	37,32	89,80	17,24	9,67	16,69	3,9 x 3,1
Blanc de	Témoin	32,34	106,20 A	41,62	27,20	27,60	5,0 x 3,7
Bagou	Stressé	32,34	109,80	16,06	6,89	4,36	4,2 x 2,3
cv % Interaction AB Signification		11,34 A **	12,16 A **	27,13 B, AB ** 10%	29,08 B **	14,76 A, B, AB ** ** **	6,63 et 7,41 AB et A,B,AB **