

CR010884

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

CERAAS

**BP 53 Bambey Sénégal
Tél: 73-60-50**

**CARACTERISATION DE L'ADAPTATION
A LA SECHERESSE
DE 4 VARIETES DE MIL EN DEFICIT HYDRIQUE**

**Mamadou N'DIAYE
IER/MALI**

Etude réalisée au CERAAS
Rapport Préliminaire
1992

DIA*
HYSU

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

CERAAS

BP 53 Bambey Sénégal
Tél: 73-60-50

**CARACTERISATION DE L'ADAPTATION
A LA SECHERESSE
DE 4 VARIETES DE MIL EN DEFICIT HYDRIQUE**

Mamadou N'DIAYE
IER/MALI

DINTRODUCTION

En Afrique, plus particulièrement dans les zones tropicales **semi** arides, l'une des principales contraintes à la production **céréalière** est la non satisfaction des besoins en eau des cultures. De nombreux travaux ont **été** réalisés afin de résoudre ce **problème**; notamment l'**utili-sation** efficace de l'eau par les méthodes culturales. Dans le domaine de l'**amélioration génétique** des **études** sont basées sur l'**évaluation** de la **productivité** des différentes **variétés** en **condition** de stress

Ces **études** ont permis d'avoir des **résultats** certains, cependant, présentent une limite quant à la **compréhension** des mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Afin de permettre à l'**amélioration génétique** de **dépasser** le niveau atteint par la **sélection** indirecte, la physiologie offre de nouvelles **possibilités** basées sur la **sélection** portant directement sur les **caractères** physiologiques d'adaptation **à la** sécheresse.

C'est dans ce cadre qu'il m'ai donné l'**opportunité** d'effectuer un stage de formation d'une durée de **30** jours au sein du CERAAS (Centre **d'Etude** Régional pour l'**Amélioration** de l'**Adaptation** à la **Sécheresse**).

ID MECANISMES PHYSIOLOGIQUES D'ADAPTATION A LA SECHERESSE

Levitt a proposé une classification des méca-nismes d'adaptation à la **sécheresse** qui se **caractérise** en trois points :

1 - Esquive de la sécheresse:

C'est la capacité d'une plante à **réaliser** son cycle complet de **développement** avant la manifestation d'un **déficit** hydrique marqué. La **précocité** est un des caractères essentiels **très** intéressants en cas de **sécheresse** en fin de cycle ; puisse qu'elle permet de réduire la durée réelle d'exposition de la plante **à la sécheresse**.

2 - L'évitement de la sécheresse:

Il exprime la capacité d'une plante à supporter la sécheresse significative en cours du cycle tout en permettant à ses tissus de conserver un potentiel hydrique **élevé**. Cette **caractéristique** regroupe tous les **mécanismes** de régulation de perte en eau (fermeture des stomates) et de maintien de l'absorption **racinaire** qui permettent à la plante de maintenir ses tissus à un potentiel hydrique **élevé** lors d'une sécheresse.

3 - Tolérance à la sécheresse:

c'est la **capacité** d'une plante à maintenir l'**intégrité** fonctionnelle et structurale de ses tissus lorsque le potentiel hydrique est faible. On distingue deux grands **mécanismes** de **tolérance** à la sécheresse:

- Le maintien de la turgescence: la diminution de la turgescence des tissus est considéré comme l'une des causes principales des effets négatifs de la **sécheresse** sur les fonctions de la plante. La maintenance de la turgescence permet de maintenir l'ouverture des stomates, la photosynthèse, la croissance des racines **et** l'absorption hydrique.

- La **tolérance** à la déshydratation: elle **dépend** de la **capacité** des membranes cellulaires et des protéines membranaires et cytoplasmiques de **résister** à la dégradation et à la dénaturation sous l'action de la chaleur ou d'un stress sévère.

III) INITIATION AUX DIFFERENTES TECHNIQUES D'ETUDE DES MECANISMES D'ADAPTATION A LA SECHERESSE

- 1 - Suivi du **développement racinaire**.
- 2 - Mesure de la résistance stomatique (**poromètre** DELTA-T).
- 3 - Mesure du potentiel hydrique foliaire (presse hydraulique).
- 4 - Mesure de la **résistance** protoplasmique.

Principe

Dans de bonnes conditions **hydriques**, les **structures** moyennes sont peu altérées. Dans ces conditions, si le **tissu végétal** est trempé dans de l'eau **distillée**, la diffusion des **électrolites** des vacuoles vers le liquide de trempage sera faible et la **conductivité** du liquide à la fin du trempage sera **négligeable**. Par contre **si** au **préalable**, le **tissu végétal** est soumis à un choc **physique ou physiologique** (**congélation, chaleur, sécheresse ou perturbation hormonales**) les structures protoplasmiques sont altérées et la diffusion des ions des vacuoles vers le liquide de trempage est facilitée. L'augmentation de la conductivité du liquide de trempage pourrait donc indiquer le degré **altération** des **structures** protoplasmiques.

Ainsi, lorsque le **degré** de dommage est peu important, la conductivité du liquide reste faible. Dans ce cas on dit que le **matériel végétal considéré** présente une **certaine résistance** au stress subi.

5 - Détermination du contenu relatif en eau (CRE).

Méthodes

- **Prélever** un échantillon, le placer dans une petite bouteille bouchée **préalablement** tarée;
- Peser aussi **tôt** pour obtenir le poids frais (PF);
- Mettre de l'eau **distillée** dans la bouteille contenant **l'échantillon** et laisser l'échantillon se rehydrater pendant 2 à 4 heures;
- Sortir **l'échantillon**, l'essuyer au papier buvard puis peser pour obtenir le poids **turgescence (Pturg + t)**;
- **Remettre l'échantillon** dans la bouteille et la mettre à l'étuve pendant 24 heures à 85 °C;
- Peser pour obtenir le poids sec (PS + t);

CALCUL

$$\text{CRE \%} = \frac{[\text{PF} - \text{PS} / \text{Pturg} - \text{PS}] \times 100}{1}$$

IV) ETUDE EXPERIMENTALE

1 - Matériel végétal

4 variétés de mil ont été **étudiées** dont 3 variétés maliennes: SO x **SAT-C87**, **BOBONI**, **NKK**, et une variété **sénégalaise: Souna 3**.

2 _____ m

C'est un essai en randomisation complète avec 4 **variétés**, 2 niveaux de traitement hydrique (1. irrigué, 2. stressé) et 5 **répétitions**. Trois graines sont semées par rhizotron. **Six** jours **après** le semis les plants sont **démariés** à un plant par rhizotron. La fertilisation **apportée** était de 3 g de **NPK (6-20-10)/rhizotron** avant le semis et un apport fractionné de **0,5 g d'urée** à deux reprises

3 - Bref aperçu sur les rhizotrons

Les rhizotrons sont composés de tube en PVC (H = **100cm**; D = **16cm**) avec une face plane transparente en plexiglass **permettant** l'observation des racines. Les tubes sont **posés** en position **incliné** de 45° sur un **chassis métallique**. Sous l'effet du **géotropisme**, les racines vont s'appliquer en partie contre le plexiglass permettant ainsi leur observation. Après remplissage du tube de terre **tamisée**, le tube est **enveloppé** d'un fourreau en plastique noir afin de maintenir les racines **à l'obscurité**.

4 - Caractères étudiés

- Evolution de la longueur et de la **densité** racinaire;
- Résistance protoplasmique à la chaleur et à la **dessiccation**. Technique d'étude sur la **résistance** protoplasmique du sorgho par la méthode de la conductivité **électrique**.

Travaux préliminaires

- **prélèvement** des **échantillons** de feuilles dans des sachets plastiques contenant de l'eau distillée;
- découpage de 70 disques foliaires par **échantillon** à l'aide d'emportes **pièces**;
- trempage des disques dans une boîte de **pétri** contenant de l'eau **distillée** pour le rinçage pendant 30 mn;
- préparation** de la solution osmotique (**polyéthyléneglycol à 320 g/l**).

1 - m

Dix disques **foliaires** sont placés dans des tubes à essai (7 par variété) **préalablement** humectés avec de l'eau **distillée**. Ces tubes à l'exception des **témoins** (2 par **variété**) sont placés au bain marie à une **température** de 49°C (température pour laquelle 50 % de **dégât** de la membrane protoplasmique est observé chez le mil) pendant 1 heure. Puis on **rajoute** 30 ml d'eau distillée dans les tubes, ensuite ils sont placés au **réfrigérateur** à 10°C. Au bout de 24 heures, la conductivité du liquide correspond, dans le cas du témoin, à une perméabilité résiduelle des membranes et dans le cas du traitement à la **perméabilité résiduelle** plus la **perméabilité** induite par la chaleur.

À la suite de cette mesure l'ensemble des tubes est chauffé dans un bain marie à une température de 100°C pendant une heure afin d'organiser toutes les cellules ; ensuite on **laisse** une diffusion se faire pendant 24 heures à une température voisine de 10°C. On mesure à nouveau la conductivité du liquide de trempage qui correspond à la **conductivité** totale du **matériel végétal**.

2 - Traitement par dessiccation

Dans cette **méthode** nous avons deux traitements par variété:

- traitement 1: 50 disques foliaires sont mis en flotaison dans une boîte de **pétri** contenant une solution de PEG à une concentration de 320 g /l;
- traitement 2: 20 disques foliaires sont mis en **flotaison** dans une boîte de **pétri** contenant de l'eau distillée,

À la fin de la **flotaison** (24 heures environ), les disques sont rapidement rincés avec de l'eau distillée ; puis mis en **flotaison** dans 30 ml d'eau **distillée** pendant 24 heures à une température de 10°C. **Après** diffusion les **conductivités** libre (CL) et totale (CT) sont **mesurées**.

CALCUL

$$P(\text{ia}) = [1 - (\text{CL} / \text{CT})] \times 100$$

$$P(\text{ir}) = [P(\text{ia})(\text{traitement}) / P(\text{ia}) (\text{témoin})] \times 100$$

$$\text{PD} = 100 - P(\text{ir})$$

P(ia) : pourcentage d'intégrité absolue

P(ir) : pourcentage d'intégrité relative

PD : pourcentage de dégât (dommage)

V) RESULTATS

1 1- Etude de la longueur racinaire maximale

Cette étude nous permet d'apprécier la profondeur atteinte par les racines des **différentes** variétés.

L'**analyse** statistique consistait à analyser les **variétés** SO x SAT et **Souna** entre elles d'une part, **BOBONI** et **NKK** d'autre part ; cela compte tenu de la variabilité qui pourrait apparaître entre les variétés populations (**NKK** et **BOBONI**) et les créations variétales (SO x SAT et **Souna**). Selon les **résultats** acquis aucune différence significative n'est apparue entre les variétés pour les longueurs racinaires maximales et moyennes (Tab 1). Cela aussi bien en condition irriguée que stressée.

1 2 - Etude de la répartition racinaire suivant les horizons

Les mesures ont **été** effectuées suivant une notation subjective de 1 (densité faible) à **5** (forte densité). Les rhizotrons **étant** divisés en 5 horizons de 20 cm.

Ainsi au 32ème jour après le semis nous constatons que la variété SO x SAT a une densité racinaire plus **développée** dans les horizons superficiels. Par contre les variétés **BOBONI**, **NKK** et **Souna** 3, ont un **développement** racinaire plus important lors du stress hydrique. Ces variétés **placées** dans des conditions de sécheresse développent un système racinaire en profondeur où le sol est plus humide.

2 - Mesures du **potentiel hydrique**, du contenu relatif en eau de la **conductance** et de la **résistance** des stomates

A la lumière des résultats (Tab 2), il ressort qu'aucune discrimination n'est possible entre les **variétés** pour le potentiel hydrique, le contenu relatif en eau, la conductance et la résistance des feuilles. Cependant la **quantité** d'eau contenue dans les tissus des plantes se trouve affectée par le stress. Ce qui dénote d'ailleurs la faiblesse du contenu relatif en eau et du potentiel hydrique des plants stressés. La mesure de la conductance fait apparaître qu'au niveau des deux traitements, les stomates des feuilles au 27ème jour après le semis sont partiellement ouvertes ($0,17 < \text{Cond.} < 0,48$)

3 - Mesure de la résistance **protoplasmique** par la chaleur et la dessiccation

Pour le traitement stressé SOSAT C87 est plus sensible que **SOUNA-3** et **NKK** plus tolérants que **BOBONI** (Tab 3). Aucune différence significative est observée pour la résistance à la dessiccation.

IV) CONCLUSION GENERALE

Les résultats obtenus dans cette étude donnent une indication sur le comportement variétal vis-à-vis du traitement hydrique imposé. En général les **variétés** de mil **étudiées** à l'exception de SO x SAT ont développées un système racinaire important en profondeur lors de leur sou-mission au stress hydrique. aussi la quantité d'eau contenue dans les cellules des plantes a été affectée par le stress. Ces paramètres jouant un rôle très important dans l'absorption de **l'eau** dans le sol et le maintien du niveau d'hydratation des cellules, seront de très bons outils de travail pour la sélection des variétés résistantes à la sécheresse. A ceux-ci il faudrait ajouter la résistance **protoplasmique** à la chaleur et à la dessiccation qui donne une indication sur le degré de destruction des cellules membranaires et la dénaturation des protéines membranaires sous **l'effet** du stress thermique ou osmotique.

Au terme de cette formation d'une durée relativement courte (1 mois), il m'a donné la **possibilité** d'acquérir un enseignement **très appréciable** sur les **différentes** techniques **d'étude** des paramètres physiologiques d'adaptation à la **sécheresse** ; notamment la dynamique racinaire, la régulation des stomates par des mesures porométriques, la mesure du potentiel hydrique, la mesure du contenu relatif en eau et la résistance **protoplasmique** aux chocs thermique et osmotique. Ceci est d'autant très important dans la mesure où ces connaissances nous permettront d'ouvrir une nouvelle voie de recherche qui prendra en compte les **paramètres** physiologiques directement impliqués dans l'adaptation à la **sécheresse**.

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements vont à l'endroit de Mr. D. **ANNEROSE** pour avoir accepté mon séjour au CERAAS dans le cadre d'une formation sur les techniques de recherche sur les mécanismes physiologiques de résistance à la sécheresse.

Je remercie également Messieurs C. MATHIEU, Mbaye Ndoye **SALL** et tout le personnel du CERAAS et du laboratoire de physiologie pour tous les efforts consentis en vue de rendre mon séjour agréable et surtout pour la bonne volonté dont ils ont fait preuve pour la bonne conduite de mes travaux

Tab I : Evolution de la longueur racinaire maximale au cours du temps.

Variétés	18 JAS		21 JAS		25 JAS		28 JAS		32 JAS	
	cm	e.c								
Soxsat I	19.10	8.20	23.60	9.48	33.05	11.92	42.18	10.55	67.46	16.78
Souna I	23.10	10.68	27.94	14.13	34.40	16.40	41.02	20.06	61.82	24.81
	ns		ns		ns		ns		ns	
Soxsat S	21.08	2.28	25.68	2.50	31.78	6.36	40.92	10.18	51.17	11.65
Souna S	24.40	8.58	33.20	9.27	40.16	19.08	49.26	24.70	64.40	27.38
	ns		ns		ns		ns		ns	
Boboni I	19.80	3.04	17.47	6.32	25.10	6.57	33.77	7.17	51.57	8.06
NKK I	23.95	18.55	27.15	20.29	33.40	21.89	40.82	19.54	55.55	15.43
	ns		ns		ns		ns		ns	
Boboni S	18.40	2.53	24.40	3.81	30.22	2.56	43.65	11.60	56.52	20.19
NKK S	29.27	8.42	29.15	17.94	47.17	22.84	61.75	29.86	76.05	26.00

JAS : jours après le semis, ns : non significatif à 5%, I : irrigué, S : stressé.

Tab.II : Potentiel hydrique, contenu relatif en eau @. conductance stomatique au 27^{ème} jour après semis.

Variétés	P.H B	e.c	CRE	e.c	C.S	e.c
SoxSat I	-6.0	0.44	92.2	2.33	0.39	0.7
Souna I	-5.8	0.24	92.3	0.70	0.34	0.70
	ns		ns		ns	
SoxSat S	-10.	1.13	76.9	8.86	0.22	0.21
Souna S	-10.	0.20	82.9	2.41	0.22	0.09
	ns		ns		ns	
Bobonibni I	5.7	0.53	90.9	1.89	0.37	0.13
-NKK I I	5.7	0.80	92.8	1.67	0.21	0.17
	ns		ns		ns	
Boboni S	-11.	4.16	79.2	10.25	0.19	0.17
NKK S	-7.9	0.40	83.7	3.29	0.34	0.07
	ns		ns		ns	

P.H : potentiel hydrique, CRE : contenu relatif en eau e.c : écart type.

Tab III : Résistance protoplasmique à la chaleur et au PEG

Variétés		PD à 49C	e.c	PD à 320 g/l	e.c
Soxsat	I	29.49	5.44	57.98	24.6
Souna	I	27.35	1.10	65.44	1.04
		ns		ns	
Soxsat	S	41.35	1.36	83.33	12.25
Souna	S	27.35	1.10	78.17	1.00
		**		ns	
Boboni	I	48.11	1.34	84.06	0.00
NKK	I	47.02	15.83	79.72	4.09
		ns		ns	
Boboni	S	69.36	6.84	85.00	5.06
NKK	S	82.36	2.08	78.00	4.72
		*		ns	

PD : Pourcentage de dégats, I : irrigués, S : stressés, e.c : écart type,
 ns, *, **: non significatif, significatif à 5% et 1%.