

CR001956



Centre d'Etude Régional pour
l'Amélioration de l'Adaptation à la
Sécheresse

011113

Rapport de stage

C

ETUDE DU COMPORTEMENT AGRONOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE DE TROIS
VARIETES DE NIEBE (*Vigna unguiculata* L. WALPERS) CULTIVEES AU CHAMP SOUS
DIFFERENTS REGIMES HYDRIQUES

Présenté par : Yao Casimir Brou

Directeur de Stage : Dr Harold Roy-Macauley

Maître de stage : Dr Benoît Sarr

Du : 16 mars au : 08 juin 1999

BROU
AGRO2



Centre d'Etude Régional pour
l'Amélioration de l'Adaptation à la
Sécheresse

ULB

Rapport de stage

C

PERFORMANCE COMPARAISON de
ETUDE DU COMPORTEMENT AGRONOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE DE TROIS
VARIETES DE NIEBE (*Vigna unguiculata* L. WALPERS) CULTIVEES AU CHAMP SOUS
DIFFERENTS REGIMES HYDRIQUES

Présenté par : Yao Casimir Brou

Directeur de Stage : Dr Harold Roy-Macauley

Maître de stage : Dr Benoît Sarr

Du : 16 mars au : 08 juin 1999

CERATIS d'abord
pour ULB

REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus sincères aux autorités de l'ULB, en particulier mes promoteurs le Pr J.-P. Delhaye et le Dr M. Eyletters, et Madame Lejeune, Chef du service des relations internationales de l'Université, et aux autorités administratives et scientifiques du CERAAS. Que le Directeur le Dr H. Roy-Macauley et son Adjoint, les Chercheurs, en particulier le Dr B. Sarr et M. O. Diouf, trouvent ici toute ma reconnaissance à leur égard. J'adresse également mes remerciements les plus sincères à M. S. Sidibé et à tous ses Collaborateurs dans leur ensemble qui ont fait tout pour la réussite de mon stage. Je remercie aussi Mlles F. Diallo, la Documentaliste, les Secrétaires (Mlles ^{Nom} Raymonde, ^{Nom} Mariétou et Félicité) ainsi que les Chauffeurs (MM. Gning, ^{Nom} Edouard et Pierre) du CERAAS pour leur franche collaboration et leur disponibilité.

Mes remerciements tout particulier à mon Frère et ami Omar Diouf et son épouse Bineta pour l'hospitalité qu'ils nous ont offerte, moi et mon épouse, durant tout notre séjour au Sénégal.

Mes remerciements enfin au Dr Macoumba Diouf (Mac « mon Gars ») qui est arrivé lorsque tout était fini ; mais qui a su mettre de l'ordre dans mes dossiers en suspend après mon départ de la Belgique.

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS. 1

INTRODUCTION 2

OBJETIFS DU TRAVAIL 4

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES..... 5

1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL 5

1.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL..... 5

1.3 CONDUITE DE LA CULTURE 5

1.4 MESURES ET OBSERVATIONS 6

1.4.1 Etat hydrique du sol 6

1.4.2 Observations phénologiques 6

1.4.3 Développement de la culture 8

1.4.4 Mesures physiologiques 8

1.4.5. Paramètres du rendement 9

II. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS..... 10

ii. CARACTÉRISTIQUES DU SUIF EXPERIMENTAL 10

2.2. II NEUR F N EAU DU SOL 11

2.2.1. ÉVOLUTION DES STOCKS D'EAU DU SOL..... 11

2.2.3. HUMIDITE VOLUMIQUE DU SOL 12

2.3 OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES 15

2.4. SUIVI DU DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE 16

2.5. REPONSES PHYSIOLOGIQUES DES VARIÉTÉS 17

2.5.1. ETUDE DE L'INDICE DE STRESS HYDRIQUE DE LA CULTURE (CWSI) 17

2.5.2 VARIATIONS DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE 21

2.5.3. ETUDE DE LA TRANSPIRATION FOLIARE ET DE LA CONDUCTANCE STOMATIQUE 22

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 26

REFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 28

AVANT PROPOS

Le présent travail présente les principaux résultats d'un stage effectué au Centre d'Etudes Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) au Sénégal du 16 mars au 08 juin 1999. La mission principale de ce centre est de contribuer, par la recherche ^{et la formation}, à l'amélioration de la production vivrière dans les régions arides du Sénégal, mais aussi des autres régions du continent africain touchées par la sécheresse. Une autre mission qui lui est assignée est l'amélioration du potentiel humain par la formation dans diverses disciplines allant de la physiologie et la biochimie végétales, à la bioclimatologie en passant par la biométrie et l'informatique. Préparant une thèse de doctorat en Sciences, option Physiologie végétale, particulièrement sur l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées, le niébé notamment, mes promoteurs le Prof. J.-P. Delhay, ~~et~~ le Dr M. Eyletters et moi avons trouvé qu'un séjour au CERAAS pourrait être bénéfique à ma formation. Ce stage a été ainsi organisé dans le cadre de la collaboration fructueuse qui existe entre le CERAAS et l'Université Libre de Bruxelles (Belgique) et devrait me permettre de mieux appréhender les réalités (difficultés et avantages) de la recherche effectuée en milieu réel. ^{Comment}

INTRODUCTION

Les espèces cultivées du genre *vigna*, communément appelées niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers, subespèce *unguiculata*), se retrouvent dans de nombreuses régions tropicales d'Asie (ex. Thaïlande), des Etats Unis, d'Australie, d'Afrique, et dans certaines parties méditerranéennes du sud de l'Europe. A l'échelle de la planète et en terme de production, le niébé constitue une culture d'importance moindre, avec des rendements de 25 à 50% plus faibles que ceux des grandes cultures comme le riz ou le maïs. Sa production globale est estimée à 2.7 millions de tonnes sur 5.6 millions d'hectares selon la FAO (1996). La grande partie des surfaces cultivées se trouvent en Afrique occidentale, où ces plantes sont généralement cultivées dans les régions arides ou semi-arides s'étendant entre 10°N et 15°N (Quin, 1997). Dans ces pays en revanche, la production de niébé est d'un grand intérêt économique et alimentaire. Leurs fruits sont en effet consommés comme des légumineuses et entrent dans diverses préparations culinaires. La valeur nutritionnelle des graines est élevée avec en moyenne de 23 à 25% de protéines et 50 à 67% d'amidon, ce qui confère au niébé un rôle important dans la lutte contre la déficience protéique chez les enfants (Ndiaye, 1996, Quin, 1997). Le niébé est de ce fait considéré comme étant la «viande du pauvre».

Après la récolte des graines, le feuillage flétrissant peut être enfoui dans le sol pour servir de fumure verte, et les racines, en plus de l'apport d'humus, contribuent aussi par leurs nodules à apporter de l'azote au sol. Les fanes servent également de fourrage pour l'alimentation animale (équins, ovins et bovins) en raison de leur forte teneur en protéines (Irvine, 1969 ; Cissé et al., 1996). Les principaux pays producteurs de niébé en Afrique sont le Nigeria, le Niger et le Sénégal. Dans ce dernier pays, le niébé constitue, en tant que légumineuse annuelle, la deuxième grande culture dans les systèmes traditionnels après l'arachide. En 1997, cette culture occupait dans ce pays 126.719 ha pour une production de 19.335 tonnes, soit 153 kg/ha contre 88.623 ha et 20.626 tonnes avec un rendement de 233 kg/ha en 1996/1997 (statistique du Ministère sénégalais de l'agriculture, 1997/1998). La production

de cette plante au Sénégal reste toutefois faible, comme dans les autres pays producteurs d'Afrique comparée à celles enregistrées aux U.S.A ou en Australie (Quin, 1997), certainement à cause de la persistance des systèmes de culture traditionnels associée à des contraintes parasitaire, pathologique et/ou hydrique. Dans le cas particulier de la contrainte hydrique, malgré le niveau de résistance assez important des variétés de niébé, beaucoup reste encore à faire pour améliorer les performances agronomiques de ces plantes. Une telle amélioration devra passer par la connaissance approfondie des réponses de ces plantes au déficit hydrique pour mettre en évidence des mécanismes de résistance ou de tolérance développés par ces plantes en condition de stress hydrique. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail en condition réelle ^{en effet} qui constitue la continuité des expérimentations conduites en condition semi-contrôlée (serre) au laboratoire de Physiologie et Agrotechnologie végétales de l'Université Libre de Bruxelles (Belgique). Ces expériences ont en effet permis de mettre en évidence un ajustement osmotique plus important chez la variété Bambey 21 que chez la variété TN88-63. Elles ont également mis en évidence des réponses différentes des deux variétés au stress hydrique du point de vue des réactions photochimiques de capture de l'énergie d'excitation et de transfert photosynthétique (acyclique) des électrons au niveau des centres réactionnels du photosystème II. Ces deux variétés se sont aussi distinguées au niveau des réactions de réduction du CO₂. Une différence de comportement a également été observée aussi bien au niveau de l'activité et de la quantité des enzymes antioxydants (superoxyde dismutases et ascorbate peroxydase), qu'au niveau de l'activité carboxylase et de l'intégrité structurale de la ribulose 1.5-biphosphate carboxylase/oxygénase. Le présent travail devrait permettre de confronter les résultats obtenus en serre à ceux obtenus en condition réelle chez les mêmes variétés ^{3 ans} et chez une variété (Mouride) étudiée au CERAAS.

OBJECTIFS DU TRAVAIL

- ❖ Mettre en évidence en conditions réelles les réponses à la sécheresse de trois variétés de niébé (Bambey 21, Mouride et TN88-63) à partir de critères physiologiques et agromorphologiques.
- ❖ Mieux cerner les avantages et les inconvénients des deux types d'approches méthodologiques (étude en serre et en milieu réel).

I. MATERIEL ET METHODES

1.1. MATERIEL VEGETAL

Les expérimentations conduites en champ ont porté sur trois variétés Bambey 21 (B21), Mouride et TN88-63 (TN). D'après les travaux de Cissé *et al.* (1996), B21 est décrite comme étant une variété à port érigé, à croissance déterminée, aux feuilles vert-foncé, aux fleurs blanches et longues, aux gousses vert-foncé et aux graines blanches. Cette variété aurait un cycle moyen de 60 jours. Selon les mêmes auteurs, la variété Mouride possède le même type de croissance que B21, mais a un port semi-érigé avec des feuilles vert-clair et des fleurs bicolores. Cette variété a des gousses vertes et droites contenant des graines crèmes à œil beige. Quant à la variété TN, elle a un port rampant avec des petites feuilles semi-globuleuses. Ses fleurs sont blanches à bordure violette. Ses gousses sont vertes, étroites, longues de 10 à 14 cm et contiennent des graines blanches à hile noir.

3.2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Au cours de cette expérimentation, les variétés ont été soumises à deux régimes hydriques : évapotranspiration maximale (ETM) et stress en phase végétative (STR). Le régime hydrique et la variété constituent les deux facteurs étudiés dans un dispositif expérimental en split-plot avec trois blocs. Le régime hydrique constitue le facteur principal avec deux niveaux (ETM et STR) ; et la variété constitue le facteur secondaire avec trois niveaux (B21, Mouride et TN), soit 18 parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire de dimension 6.5 m sur 6.5 m comprend au centre un carré de rendement de 3 m sur 3 m.

1.3. CONDUITE DE LA CULTURE

Le sol a été labouré à sec et après délimitation des parcelles, un tube d'accès sonde a été installé au centre de chaque parcelle. Le semis a été effectué le 19 mars en humide à raison de trois graines par poquet ; avec des espaces entre poquets de 25 cm et des distances interlignes de 50 cm. Dix jours après la levée, les plantes ont été démarriées à un pied et la dose de 150 kg/ha de N-P-K (6-20-10) a été appliquée à la volée, suivie du sarcla-binage.

Au cours de la culture, deux traitements phytosanitaires (Spithoate 300 CE à 12 l/ha) ont été effectués pour lutter contre une infection par les pucerons et les thrips. Le stress hydrique a été induit en phase végétative le 18 avril (30 jours après le semis JAS) et la levée du stress a été effectuée 52 JAS.

Toute la culture a été conduite en irrigation totale par aspersion tous les 3 à 5 jours en moyenne. Les quantités d'eau moyennes apportées par l'irrigation peu avant la culture et au cours de celle-ci sont représentées à la figure 1.

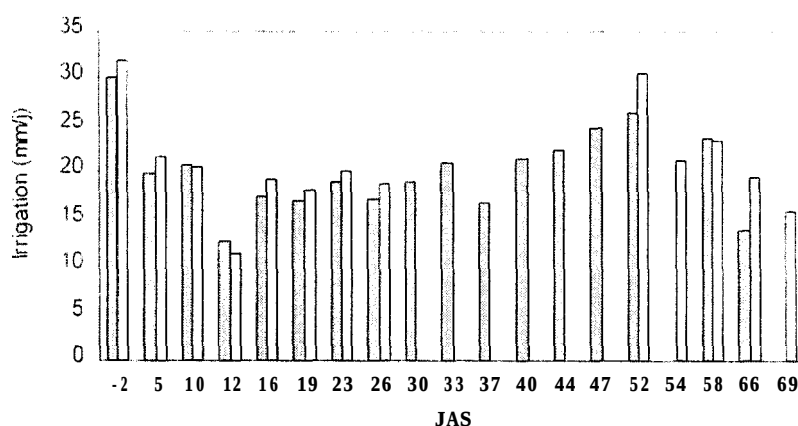


Figure 1. Quantités moyennes journalières d'eau apportées par irrigation au cours de la culture. (▨) parcelles irriguées, () parcelles non irriguées.

En terme de données cumulées, cela fait environ 350 à 390 mm au début des premières récoltes sur les parcelles irriguées (à ETM) et 250 à 290 mm sur les parcelles ayant subi un déficit hydrique par arrêt de l'irrigation.

1.4. MESURES ET OBSERVATIONS

1.4.1. *Etat hydrique du sol*

L'état hydrique du sol a été suivi durant tout l'essai à l'aide d'une sonde à neutrons (Troxler 4300). Cet appareil est muni d'une source annulaire de neutrons rapides provenant de la réaction entre les particules α et le béryllium, et d'un compteur de neutrons lents. Son principe de fonctionnement consiste à irradier le sol avec les neutrons rapides dont le ralentissement est détecté en retour par le compteur. Ces particules neutroniques sont ralenties en entrant, en collision avec d'autres noyaux d'éléments de masse voisine tels que les atomes d'hydrogène. Ces derniers (contenus essentiellement dans les molécules d'eau) sont réputés pour le ralentissement de ces neutrons (Hénin, 1977). C'est pourquoi l'on admet que la teneur en eau du sol peut être estimée par cette technique. Les comptages neutroniques corrigés (CNC) ont été traduits en humidité volumique grâce à une courbe d'étalonnage d'équation **$HV (\%) = 0.0288 (CNC) - 1.4801$** ; avec **$CNC = (CN \text{ brutes} / CN \text{ référence}) \times 1000$**

La détermination des variations des stocks et des apports en eau (à l'aide d'un pluviomètre) a permis de suivre l'évapotranspiration réelle de la culture (ETR). Ce paramètre est donné dans le cas de cet essai par la relation

$$ETR = irr + \Delta stock \pm R \pm D.$$

Dans cette relation, **Irr** correspond à la quantité d'eau apportée par irrigation. **$\Delta stock$** correspond à la variation des stocks d'eau entre deux dates de mesure consécutives. **R** et **D** correspondent respectivement au ruissellement et au drainage de l'eau en profondeur. L'irrigation des parcelles a été pilotée de manière à éviter le drainage et le ruissellement. D'une façon générale, les quantités d'eau apportées n'ont pas échappé à l'absorption racinaire. Par conséquent, **R** et **D** ont été négligeables.

1.4.2. Observations phénologiques

Les stades phénologiques des plantes ont été estimés par la détermination des dates correspondant à 50% de la floraison, 50% de fructification et 50% de maturation.

1.4.3. Développement de la culture

La mesure de l'indice foliaire à l'aide du LAI-2000, (*LI-Cor, Inc., Lincoln, Nebraska, USA*) et le suivi de la biomasse sèche totale au cours du cycle cultural (tiges, feuilles, gousses, graines) ont servi de critères agromorphologiques pour apprécier le développement global de la plante. Parallèlement à ces mesures, la longueur moyenne des pédoncules floraux a été estimée au cours de la phase reproductive. Le LAI-2000 permet d'estimer la structure et l'importance de la canopée en utilisant la différence entre le flux quantique mesuré au-dessus de la canopée et celui mesuré en différents points en dessous.

1.4.4. Mesures physiologiques

La conductance stomatique et le taux de transpiration foliaire ont été mesurés à l'aide d'un poromètre à régime stationnaire LI-1600 (*LI-Cor, Inc., Lincoln, Nebraska, USA*). Cet appareil intègre les valeurs d'humidité relative! du flux d'air sec entrant, de températures de la feuille et de l'air ainsi que la densité de flux de photons et la surface foliaire pour calculer le taux de transpiration foliaire et la conductance stomatique.

La détermination de la température du couvert à l'aide d'un téléthermomètre (*Telatemp AG42[®]*) repose sur le principe de la loi de Stefan-Boltzmann stipulant que tout corps émet un rayonnement dans des longueurs d'ondes différentes en fonction de sa température de surface (en °C) et que l'intensité de ce rayonnement est proportionnelle à la puissance quatrième de sa

température (Lannoye, 1996). Cet appareil permet une mesure automatique et conjointe de la température de surface de la cible (ici le couvert végétal) et la différence entre la température de cette surface et celle de l'air environnant. Il est généralement couplé à un psychromètre ventilé (**Assman, Germany**) qui mesure les températures sèche et humide de l'air. Les données de ces deux appareils permettent de calculer le déficit de pression de vapeur (à l'aide du logiciel SANJI) de l'environnement immédiat de la culture et l'indice de stress hydrique de la culture (CWSI) selon Jackson et *al.* (1981) et Jackson (1991) et Sepaskah et Ilampour (1996). Ce dernier paramètre nous a permis d'évaluer l'intensité du stress chez les plantes en relation avec la teneur en eau du sol fournie par les données neutroniques et gravimétriques.

L'analyse statistique des résultats a été effectuée à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System, USA). L'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (régime hydrique et variété) et le test de Newman et Keul's au seuil de 5% ont permis de déceler l'existence ou non de différences significatives entre les traitements.

1.4.5. Paramètres du f-en dement

Le rendement en matière sèche aérienne totale (paille, gousses) et le rendement en graines ont été déterminés au cours de la croissance et du développement des plantes et à la récolte. Le poids de 100 graines a été déterminé après comptage à l'aide d'un numigral suivi de leur pesée. Le poids moyen d'un grain en a été déduit (données non encore exploitées).

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.2. CARACTERISTIQUES DU SITE EXPERIMENTAL

(Saison sèche . a t chaude)

La culture a été conduite durant la contre-saison 1999 à Bambey (14° 42'N et 16°28'O) au Sénégal, sur un sol ferrugineux tropical lessivé, localement appelé dior. Ce type de sol contient plus de 90% de sable, 2% d'argile et 0.4% de matière organique. Sa capacité au champ est comprise entre 0.05 et 0.09 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ et l'humidité au pF 4.2 entre 0.03 et 0.05 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ (Annerose, 1990). Trois saisons se succèdent dans cette localité : une saison sèche et chaude de mars à juillet, une saison humide allant de juillet à octobre et une saison sèche et froide allant d'octobre à février. Ce site présente les caractéristiques d'une zone semi-aride avec une pluviométrie comprise entre 400 et 500 mm/an (Dancette, 1983), et des températures pouvant atteindre 45°C pendant la saison sèche et chaude (contre-saison). Durant la période de culture, les Températures maxima et minima moyennes relevées par une station météorologique (type Cimel) située à 300 m de l'essai sont de 37.6 ± 3 et $19.2 \pm 1.7^\circ\text{C}$ respectivement, avec une évaporation bac (bac normalisé classe A) moyenne de 7.2 ± 1.1 mm.

Le déficit de pression de vapeur (DPV) à l'interface sol-couvert végétal-atmosphère était fortement variable au cours de l'essai, avec des valeurs allant de 21.1 à 68.4 mb en passant par des valeurs intermédiaires de 21.6 à 38.8 mb (Fig. 2). L'humidité relative de cette même interface avait une évolution inverse de celle du DPV. L'intensité lumineuse moyenne au-dessus de la culture au moment des mesures était de $2060 \pm 286 \mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

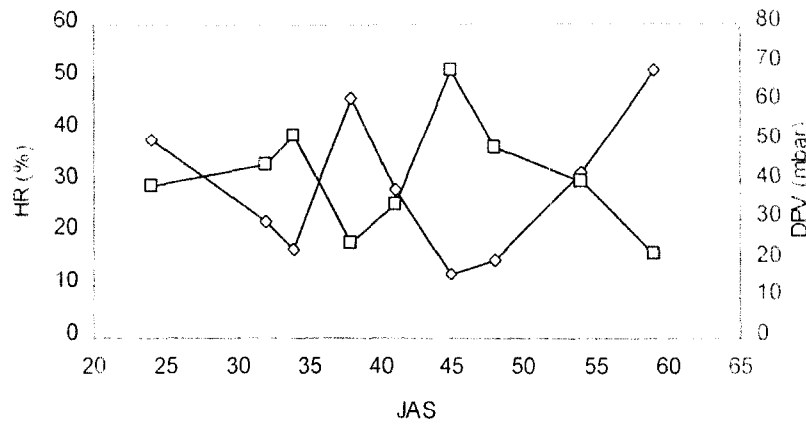


Figure 2. variations du déficit de pression de vapeur (DPV) et de l'humidité relative au cours de l'expérimentation. (□) DPV, (◇) HR.

2.2. TENEUR EN EAU DU SOL

2.2.1. EVOLUTION DES STOCKS D'EAU DU SOL

La figure 3 donne les stocks d'eau du sol à l'horizon 80 cm durant la période de culture. tes stocks constituent un bilan dépendant des entrées et des sorties de l'eau du sol. L'absence de toute entrée durant la période d'induction du stress hydrique explique la diminution progressive constatée pendant cette période dans les parcelles non irriguées.

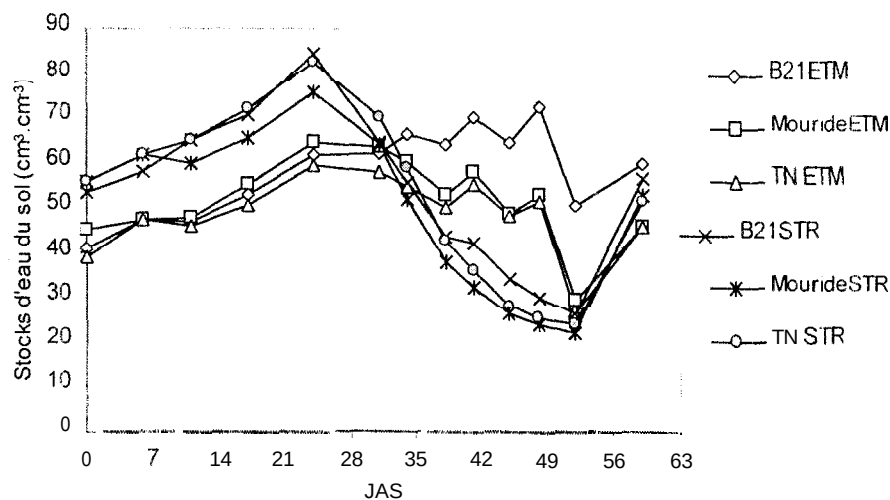


Figure 3. Evolution des stocks à l'horizon 80 cm durant les expérimentations dans les parcelles irriguées et les parcelles non irriguées.

En revanche, les stocks des parcelles irriguées restent relativement constants du fait de la compensation des pertes (dus l'absorption par les plantes et aux vents) par l'irrigation. La diminution de la quantité d'eau apportée aux parcelles à ETM vers la fin du cycle cultural (sénescence) explique la légère baisse constatée à cette période. L'horizon 80 cm a été choisi parce qu'il correspond à la profondeur maximale d'enracinement enregistrée chez l'ensemble des variétés.

2.2.2. HUMIDITE VOLUMIQUE DU SOL

Ce paramètre permet également de se renseigner sur la teneur en eau du sol. La figure 4 présente l'humidité volumique moyenne des parcelles témoins (irriguées) et celle des parcelles non irriguées depuis 18 jours en fonction de la profondeur du sol. Elle indique le maintien d'une humidité importante dans les couches superficielles du sol (0-30 cm) dans les parcelles irriguées. En revanche, les parcelles non irriguées apparaissent fortement desséchées dans ces horizons après 18 jours de stress. Les taux d'humidité des deux types de parcelles ne s'équivalent qu'à partir de 75 cm de profondeur.

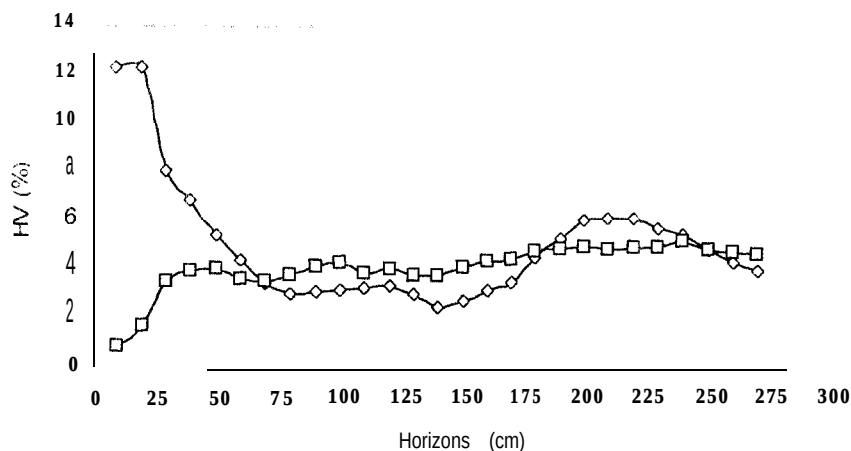


Figure 4. Variations de l'humidité volumique moyenne des parcelles irriguées (ETM) et des parcelles non irriguées pendant 18 jours (ETR). (O) parcelles ETM. (□) parcelles STR.

Ceci montre que l'eau apportée par l'irrigation reste concentrée en grande partie dans les couches superficielles du sol. Ce qui sous tend l'absence de drainage en profondeur. Par ailleurs, la profondeur moyenne d'enracinement observée chez les plantes à ETM est comprise entre 47 et 58 cm, et celle observée chez les plantes stressées est comprise entre 63 et 73 cm (photo 1). Ce résultat prouve que les plantes stressées ont été contraintes d'allonger leur racine principale pour assurer une meilleure absorption hydrique dans les couches profondes du sol. Cette réaction des plantes stressées mise en évidence par de nombreux auteurs (Annerose et Cornaire 1994 ; Olufayo *et al.* -1996) constitue un mécanisme d'évitement de la sécheresse. L'efficacité de l'allongement racinaire cependant n'est atteinte que si ce caractère structural d'adaptation (allongement racinaire) est associé à une densité moyenne de racines. L'optimisation de l'absorption de l'eau par les racines est en effet liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques racinaires comprenant non seulement la longueur, mais aussi le volume et la masse racinaire, ainsi que de l'importance de la ramification (Belhassen *et al.*, 1995). La forte ramification racinaire au détriment de l'allongement chez les plantes Irriguées (photo 2) et l'allongement des racines suivi de la reprise de la ramification dans les profondeurs humides du sol chez les plantes stressées (photo 1) répondent à cette préoccupation d'optimisation de l'absorption de l'eau.

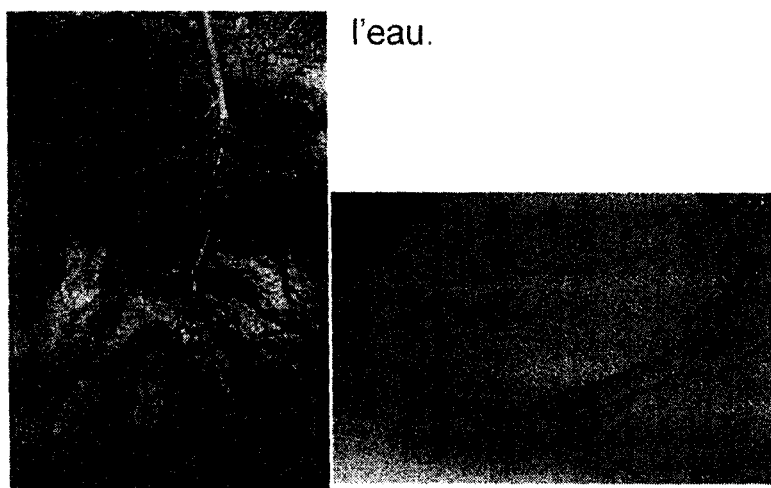


Photo 1a et 1b. Mise en évidence de l'allongement de la racine principale chez la variété TN88-63 soumise à un stress hydrique de 22 jours. On peut remarquer la suppression de la ramification racinaire et de la nodulation dans les couches sèches du sol, et la reprise de ces mécanismes dans les profondeurs plus humides.

Le développement de ce mécanisme adaptatif est beaucoup plus favorisé et plus visible lorsque ces plantes sont cultivées en champ (sur sol) que

lorsqu'elles sont cultivées en pot. Dans ce dernier cas, le développement racinaire (allongement et ramification) est limité par le volume du pot et du substrat utilisé.



Photo 2. Mise en évidence de la ramification racinaire importante chez la variété TN88-63 en condition hydrique optimale. On remarquera l'accroissement du volume racinaire dans les couches superficielles du sol. Photo prise 52 jours après semis.

Les profondeurs moyennes d'enracinement des trois variétés sont schématisées dans la figure 5.

Il apparaît intéressant de confronter ces observations avec l'évolution de l'humidité volumique en fonction de la profondeur (fig. 4). Souvenons-nous que les valeurs de HV des parcelles irriguées et celles à ETM s'équivalent à partir de 75 cm de profondeur. Il apparaît donc que la variété TN88-63 devrait pouvoir supporter plus longtemps l'arrêt de l'irrigation que les deux autres variétés.

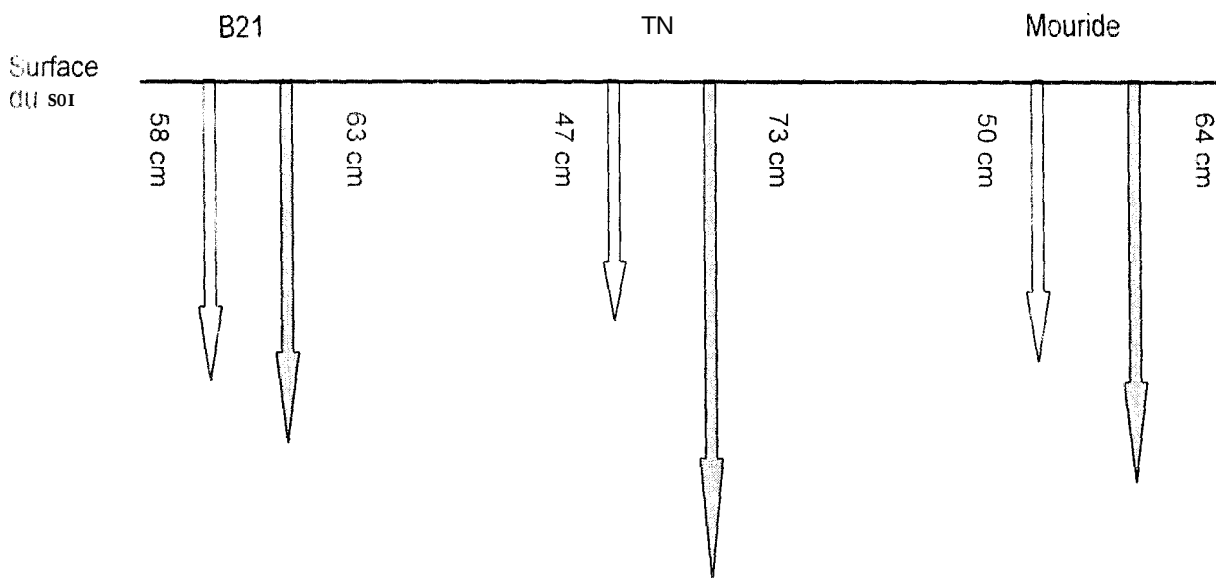


Figure 5. Profondeur d'enracinement (cm) de trois variétés de niébé soumises au stress hydrique. Observation faite après 22 jours de stress hydrique. (↓) plantes à ETM, (↓) plantes stressées.

2.3. OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES

Le nombre de jours après semis correspondant à 50% de la floraison, 50% de fructification et 50% de maturité a été considéré pour apprécier les stades phénologiques des plantes. Le tableau 1 donne les résultats de ces observations.

Ce tableau confirme la précocité de la variété Bambey 21 (B21) par rapport aux deux autres. Les résultats de ce tableau concordent avec ceux de Cissé *et al.* (1996) pour ce qui est des variétés Bambey 21 et Mouride.

Tableau 1. Stades phénologiques définis par le nombre de jours après semis pour observer 50% des étapes clé du développement de trois variétés de niébé

Variétés	Phénologie				
	50% Levée	50% Ramification	50% Floraison	50% Fructification	50% Maturation
B21	5	24	43	45	60
TN88-63	4	21	48	52	68
Mouride	-4	26	51	56	71

La précocité de la variété B21 par rapport aux autres est illustrée par la photo 3.



Photo 3. Vue partielle de la parcelle d'essai montrant les trois variétés étudiées au stade reproductif. On remarque aisément la précocité de la variété B21 qui est à maturité pendant que les deux autres ne sont qu'à la pleine floraison. La différence de structure de la canopée de ces variétés est également frappante.

Tableau 2. Résultats de l'analyse statistique de réponses physiologiques des 3 variétés de niébé cultivées en champ.

Variable	JAS	Probabilité d'effets significatifs				Variété			RH		Interaction RH x Variété					
		Bloc	RH	Var	Inter RH*Var	TN	MOU	B21	ETM	STR	TN ETM	MOU ETM	MOU STR	TN STR	B21 ETM	B21 STR
CWSI	24	0.2845	0.0315	0.0001	0.4032	A	A	B	A	B	A	A	A	A	B	B
CWSI	32	0.3690	0.0462	0.2714	0.1425	A	A	A	B	A	B	BA	A	A	BA	A
CWSI	34	0.7144	0.0299	0.4199	0.0593	A	A	A	B	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	38	0.0929	0.0643	0.8770	0.9441	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	41	0.6904	0.0192	0.3680	0.8505	A	A	A	B	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	45	0.0059	0.0061	0.5183	0.5369	A	A	A	B	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	48	0.2634	0.0069	0.6103	0.3168	A	A	A	B	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	54	0.0005	0.0806	0.5185	0.7381	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	A
CWSI	59	0.0269	0.0854	0.0063	0.0554	B	A	A	A	A	B	A	B	B	A	B
GS	34	0.2657	0.0183	0.0329	0.7035	A	A	B	A	B	A	A	B	B	A	B
GS	38	0.0090	0.0338	0.6085	0.7260	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
GS	41	0.0351	0.0685	0.0705	0.0950	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	C
GS	45	0.1225	0.0563	0.1242	0.1600	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B
GS	48	0.0727	0.0085	0.3500	0.1816	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
GS	54	0.0001	0.0014	0.0001	0.0006	A	B	B	A	B	A	B	F	D	C	E
GS	59	0.0439	0.2743	0.0772	0.7512	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LAI	21	0.3588	0.5847	0.2064	0.2301	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LAI	24	0.4277	0.2341	0.8632	0.9975	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LAI	31	0.3888	0.4386	0.6427	0.9046	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LAI	34	0.0686	0.2165	0.3035	0.7327	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LAI	38	0.2147	0.1481	0.0061	0.4566	A	A	B	A	A	A	BA	BA	BA	B	B
LAI	41	0.1007	0.1370	0.0260	0.2586	A	A	B	A	A	A	A	BA	BA	BA	B
LAI	45	0.0011	0.0888	0.0012	0.7483	A	A	B	A	A	A	A	C	CB	B	D
LAI	48	0.0088	0.0020	0.0043	0.2011	A	A	B	A	B	A	A	C	C	B	C
LAI	54	0.0276	0.0492	0.0048	0.0303	A	A	B	A	B	A	A	C	C	B	C
LAI	59	0.2579	0.0591	0.0020	0.2914	A	A	B	A	A	BA	A	C	BAC	BC	D
LAI	68	0.0859	0.4368	0.0060	0.1578	A	A	B	A	A	A	BA	A	A	B	BA

Tableau 2 (suite)

Variable	JAS	Probabilité d'effets significatifs				Variété			RH		interaction RH x Variété					
		Bloc	T	T	Inter RH*Var	TN	MOU	B21	ETM	STR	TN ETM	MOU ETM	MOU STR	TN STR	B21 ETM	B21 STR
TRANSP	34	0.1124	0.1031	0.0172	0.5365	A	A	B	A	A	A	A	B	B	A	B
TRANSP	38	0.5850	0.0347	0.3405	0.7501	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
TRANSP	41	0.2389	0.0383	0.3391	0.2163	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
TRANSP	45	0.2402	0.0383	0.3387	0.2176	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
TRANSP	48	0.1026	0.0111	0.1917	0.1849	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
TRANSP	54	0.0045	0.0014	0.0001	0.0073	A	B	B	A	B	A	B	E	C	B	D
TRANSP	59	0.2180	0.5220	0.0487	0.1881	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	21	0.3756	0.4139	0.2007	0.2456	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	24	0.2513	0.2707	0.8802	0.4595	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	31	0.6082	0.4212	0.4071	0.9645	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	34	0.4300	0.5138	0.3605	0.9755	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	38	0.0875	0.0860	0.0022	0.9079	A	A	B	A	A	A	BA	BA	BA	BC	C
TXCOUV	41	0.5550	0.0864	0.0658	0.3955	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TXCOUV	45	0.0208	0.0615	0.0067	0.4308	A	A	B	A	A	A	A	B	B	BA	C
TXCOUV	48	0.0626	0.0011	0.0060	0.0927	A	A	B	A	B	A	A	C	C	B	C
TXCOUV	54	0.1716	0.0462	0.1165	0.9776	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B
TXCOUV	59	0.2638	0.0486	0.0008	0.0542	A	A	B	A	B	BA	A	B	BA	BA	C
TXCOUV	68	0.2015	0.2476	0.0136	0.1199	A	BA	B	A	A	A	BA	A	A	B	A

2.4. SUIVI DU DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE

Cette étude a été faite par la mesure de l'indice foliaire à l'aide du LAI-2000. La figure 6 présente l'évolution de ce paramètre mesuré chez les plantes soumises au stress hydrique et chez celles à ETM durant la période de culture, avant le stress et après la levée de celui-ci.

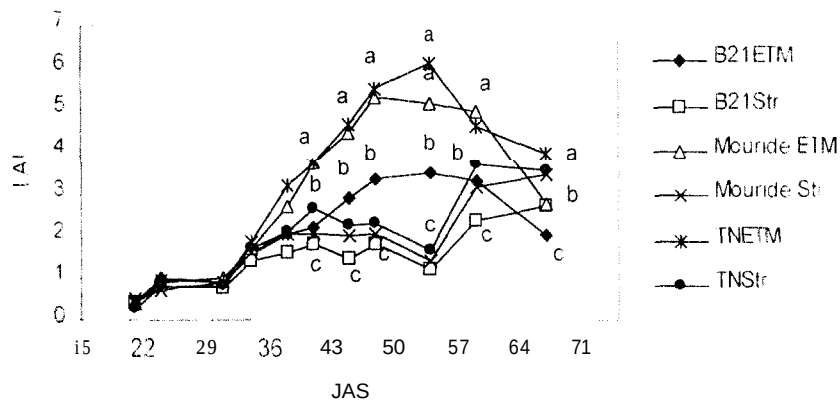


Figure 6. Mise en évidence du développement de la culture par la détermination de l'indice foliaire

Les deux types de variétés (ETM et STR) présentent le même niveau de développement foliaire jusqu'au 34^{ème} jour après le semis. Cette date correspond approximativement à 70% de ramification des plantes. A partir de cette phase, parmi les plantes irriguées ; la variété B21 se distingue des deux autres par un indice foliaire beaucoup plus faible que celui des variétés Mouride et TN88-63 qui présentent le même indice foliaire (fig. 4). Ce résultat s'explique par le port érigé de la variété B21 à l'opposée des variétés TN88-63 et Mouride qui ont respectivement un port rampant et semi-érigé (Cissé et al. 1996). L'analyse statistique n'a cependant pas mis en évidence de différence nette entre la variété à port rampant et celle à port semi-érigé lorsque celles-ci sont à ETM (tableau 2).

Le stress hydrique limite de façon significative le développement de la canopée chez toutes les variétés quelle que soit la structure de leur port, ce

qui explique une interaction (régime hydrique x variété) non significative (tableau 2). La chute de l'indice foliaire chez les plantes à ETM entre 57 et 60 jours après le semis s'explique par l'installation de la sénescence. La réhydratation des parcelles précédemment déficitaires en eau conduit à une remontée de l'indice foliaire (reprise du développement de la canopée) des plantes concernées. On note toujours la même spécificité variétale pour le paramètre étudié sans non plus voir de différence de comportement de celles-ci vis-à-vis du facteur eau, comme c'est le cas lorsqu'elles sont encore stressées (interaction régime hydrique x variété non significative).

2.5. REPONSES PHYSIOLOGIQUES DES VARIETES

Une bonne connaissance du statut hydrique des plantes est essentielle non seulement pour un pilotage efficace de l'irrigation, mais aussi pour comprendre l'effet du stress hydrique sur la physiologie globale de celles-ci. Nous adoptons dans ce travail l'indice de stress hydrique de la culture pour suivre son état hydrique lors de l'expérimentation.

2.5.1. ETUDE DE L'INDICE DE STRESS HYDRIQUE DE LA CULTURE(CWSI)

L'estimation du CWSI par la méthode empirique de Idso et al. (1981) est basée sur la relation linéaire entre le déficit de pression de vapeur de l'air environnant la culture et la différence de température entre le couvert végétal et l'air ($T_c - T_a$). Deux séries de DPV et de $T_c - T_a$ ont été utilisées, l'une mesurée sur les plantes irriguées (ligne de base inférieure) et l'autre provenant des plantes stressées (ligne de base supérieure) (Jackson et al., 1981; Jackson, 1991 ; Sepashkah et Ilampour, 1996 ; Olufayo et al., 1996). Ces deux séries de données recueillies toutes les trente minutes de 9 heures à 17 heures ont permis de tracer les corrélations $T_c - T_a = f(DPV)$ pour chaque variété (Figure 7).

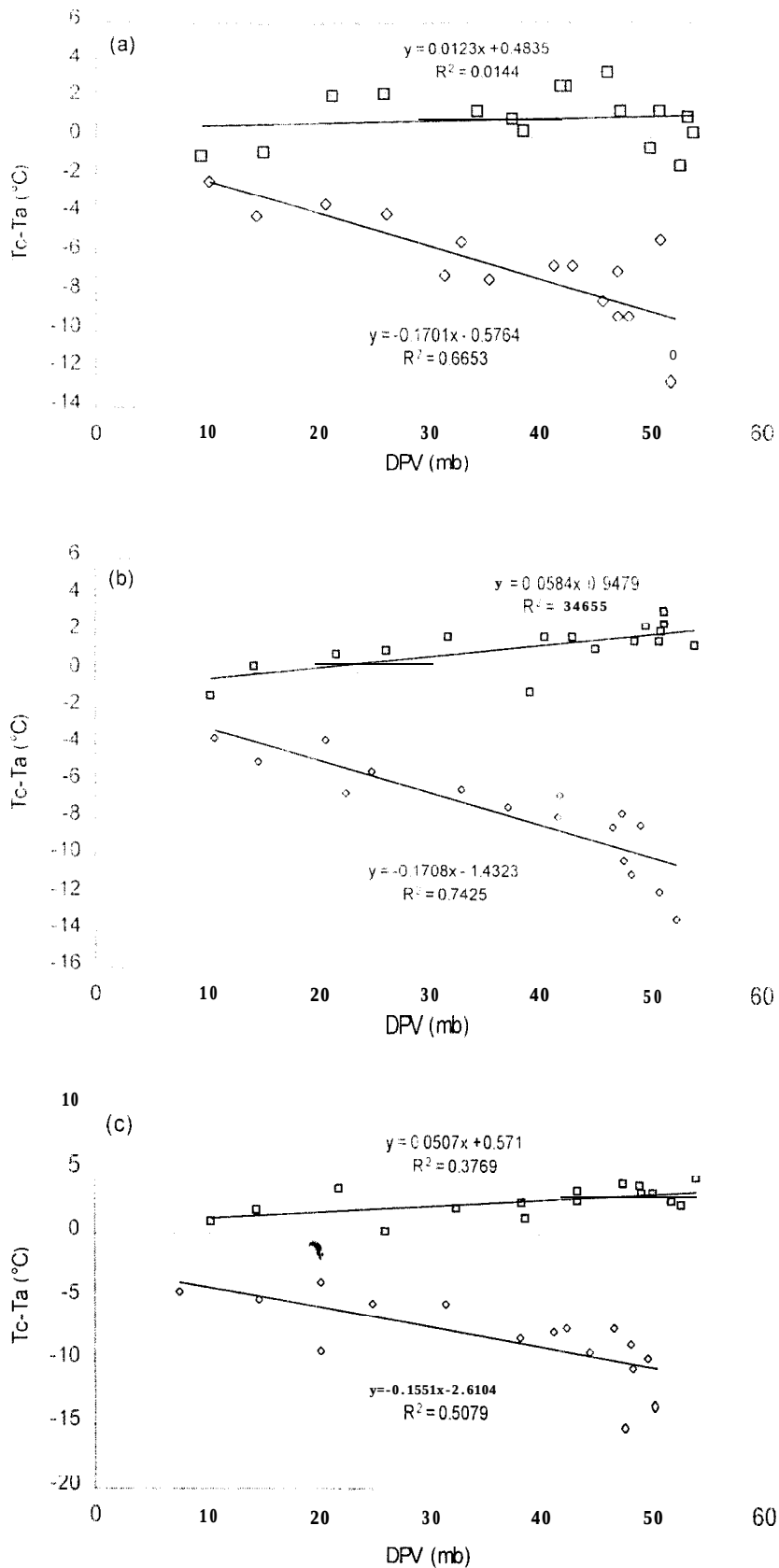


Figure 7. Relation entre $T_c - T_a$ et DPV obtenue à partir de données provenant de plantes stressées et de plantes à ETM de chaque variété. (a) B21, (b) TN88-63 et (c) Mouride.

L'analyse de ces graphes permet de constater une probable spécificité variétale telle qu'observée dans l'étude précédente. On peut noter un accroissement plus important de la température du couvert chez TN et Mouride, tandis que la température du couvert de B21 reste relativement stable tout au long de la journée.

Un programme informatique développé au CERAAS a permis, en intégrant les séries de ces corrélations et les séries de mesures ponctuelles, de déterminer le CWSI de chaque variété à chaque date de mesure. Les résultats sont présentés à la figure 8.

..l'effet du déficit hydrique se traduit par l'augmentation du CWSI pouvant atteindre la valeur de 0.99, indiquant l'installation du stress hydrique chez les plantes. La nette distinction entre les plantes stressées et celles qui sont irriguées indique que ce paramètre est un bon indicateur du stress hydrique chez le niébé (Jackson et al., 1981). L'augmentation du CWSI au début du stress aussi bien chez les témoins que chez les plantes stressées peut s'expliquer par l'accroissement de la demande évaporative à l'interface sol-couvert végétal-atmosphère. Cette augmentation du DPV au 32^{ème} après le semis (2 jours après l'induction du stress) (fig. 2) est intervenue probablement après une irrigation insuffisante. Cette observation confirme l'intérêt du choix de ce paramètre pour gérer et piloter l'irrigation (Jackson 1991, Olufayo *et al.* 1996).

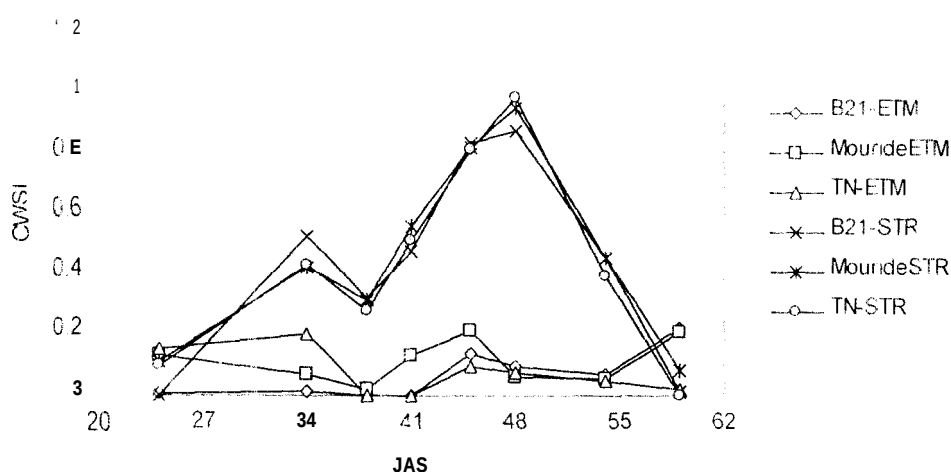


Figure 8. Variations du GWSI en fonction du nombre de jours après semis chez les plantes stressées et celles à ETM.

La dépendance du CWSI du DPV est aussi illustrée chez les plantes stressées pendant 22 jours (52 JAS). Il est intéressant de remarquer que la diminution importante du CWSI de l'ensemble des variétés et la diminution du DPV et l'accroissement de l'humidité relative (fig. 2) sont simultanés. La levée du stress accentue la diminution du CWSI avec cependant, selon l'analyse statistique, une différence hautement significative entre les variétés ($p = 0.0063$ à $\alpha = 5\%$) ; la variété TN88-63 se distinguant des deux autres variétés (tableau. 2).

Sur l'ensemble du cycle, l'analyse statistique des données révèle une interaction régime hydrique x variété non significative. Les trois variétés repondraient donc de la même manière pour un régime hydrique donné. La contradiction est ici évidente ; cependant, cette dernière conclusion concorde mieux avec les résultats (fig. 8). La différence hautement significative précédemment mentionnée pourrait être due à une observation aberrante, Il apparaît que le stress commence dès que le CWSI est supérieur ou égal à 0.28 chez la variété TN, 0.31 chez la variété Mouride et 0.32 chez la variété B21. Ces seuils correspondent au statut hydrique des plantes à partir duquel l'alerte à l'irrigation doit être donnée. Les valeurs du CWSI des témoins

correspondants sont de 0 pour les variétés B21 et TN et de 0.023 pour la variété Mouride.

2.5.2. VARIATIONS DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE

L'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture est fonction des apports d'eau (par irrigation dans notre cas) et des stocks d'eau du sol. Elle est aussi liée à la demande climatique et aux caractéristiques du sol (Freteaud *et al.* 1987). Sa valeur journalière a été déterminée durant toute la période de l'essai chez toutes les plantes (figure 9).

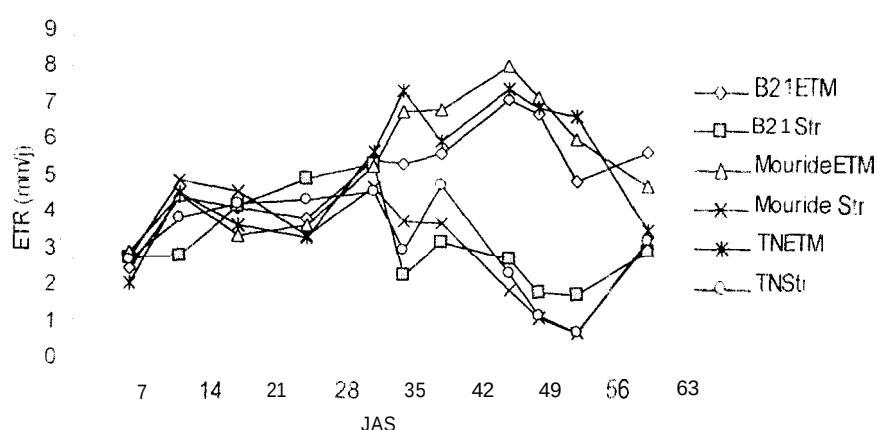


Figure 9. Evolution au cours de la culture des évapotranspirations réelles journalières du niébé en irrigation totale.

Rappelons que le stress hydrique a été induit 30 jours après le semis. Tout comme le CWSI, cette observation doit être interprétée en relation avec les variations du déficit de pression de vapeur de l'interface sol-couvert végétal-atmosphère (fig. 2). La forte demande évaporative de cette interface du 32 au 34 JAS s'est traduite par un léger accroissement de l'ETR chez les témoins, comme chez les plantes soumises au stress, malgré l'absence de stress à cette période (seulement 2 jours après l'arrêt de l'irrigation). Au 34^{ème} JAS (4 jours de stress), la diminution du DPV s'est traduite par la diminution simultanée de l'ETR chez les plantes à ETM et par la stabilisation de l'ETR des variétés B21 stressées. Celle des variétés Mouride et TN88-63 continue

son accroissement Cette dépendance de l'ETR du DPV s'est observée aussi aux fortes intensités du stress hydrique (45-52 JAS). Au cours de cette évolution, les valeurs cumulées de l'ETR des variétés se sont avérées statistiquement identiques (tableau 3), indiquant un niveau de consommation analogue de l'eau par ces variétés.

Tableau 3. Valeurs des ETR cumulées des variétés sur une période de 59 jours après le semis.

Variétés	Régime hydrique	ETR Cumulée (mm)
B21	ETM	291.7
B21	STR	206.7
Mouride	ETM	299.7
Mouride	STR	199.0
TN	ETM	287.0
TN	STR	202.7

Les variations de l'ETR peuvent également être mises en relation avec le développement de la plante exprimé par l'indice de la surface foliaire (LAI) L'on peut distinguer en effet trois grandes phases d'évolution de l'ETR : une première phase, ascendante, correspondant à la consommation d'eau pendant la phase de croissance végétative. Une seconde, relativement stable, correspondant à la l'ETR de la pleine croissance végétative et de la phase reproductive caractérisée par une consommation importante d'eau proportionnellement à la structure et à l'importance de la canopée. La dernière phase, descendante, correspondant à la fin de la phase reproductive et au début de la sénescence au cours de laquelle la demande en eau est faible.

2.5.3. ETUDE DE LA TRANSPIRATION FOLIAIRE ET DE LA CONDUCTANCE STOMATIQUE

Ces deux paramètres ont été mesurés à l'aide d'un poromètre à régime stationnaire de Licor, modèle LI-1600. Ces mesures ont commencé 4 jours

après le début du stress hydrique (figures 1 0a et 1 0b) C'est ce qui explique la nette séparation entre les plantes stressées et les plantes à ETM Cependant les valeurs élevées de transpiration et de conductance stomatique (Gs) au 32^{ème} et au 38^{ème} JAS sont la conséquence d'une demande évaporative assez importante au moment des mesures.

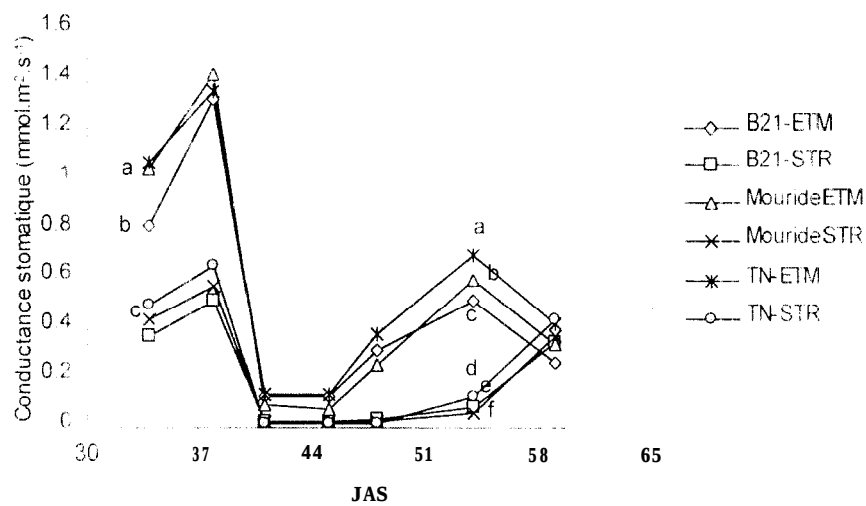


Figure 10a. Variations de la conductance stomatique chez le niébé au cours de la culture Les moyennes ayant la même lettre sont du même groupe homogène

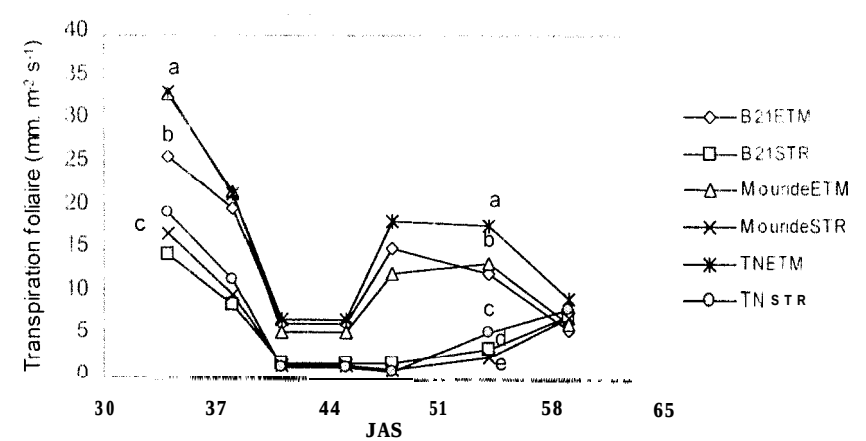


Figure 10b. Variations du taux de transpiration foliaire chez le niébé au cours de la culture. Les moyennes ayant la même lettre sont du même groupe homogène.

Par la suite, l'accroissement excessif de la demande évaporative s'est traduit **par** la fermeture des stomates aussi bien des plantes témoins que des plantes soumises au stress. Cette fermeture des stomates s'est répercutée sur le taux de transpiration foliaire qui a chuté aussitôt (fig. 10a et 10b). L'on remarque que la variété TN88-63 se distingue de façon très significative, par ses valeurs de transpiration et de conductance stomatique, des deux autres après 22 jours de stress (52 JAS) lorsque la demande évaporative s'est réduite ($p = 0.0001$ et $\alpha = 5\%$). Ceci pourrait être expliqué par la structure plus dense de sa canopée mise en évidence par l'étude de l'indice foliaire. Il existe une interaction régime hydrique x variété hautement significative ($p = 0.0006$ pour la variable G_s et $p = 0.0073$ pour la variable transpiration au risque de 5%) à cette même période pour les deux paramètres (Tableau 2). Ceci indique que les trois variétés répondent différemment au stress hydrique.

La conductance stomatique régule les flux de gaz (dont l'eau) entre l'atmosphère et la plante, c'est ce qui explique la similitude des variations des deux paramètres.

Le besoin de limitation des pertes d'eau s'observe à l'échelle de la plante entière par le redressement des feuilles (en position verticale) lorsque le rayonnement lumineux incident et la demande évaporative s'intensifient (photo 4).

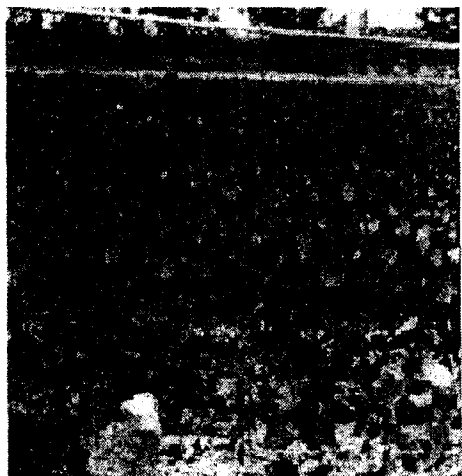


Photo 4. Développement d'un mécanisme d'évitement à l'échelle de la plante entière. L'on peut remarquer le redressement et le rapprochement des feuilles pour limiter les pertes d'eau et la quantité de lumière incidente perçue. Photo prise entre 14 h et 15 h.

Par ailleurs, la transpiration est connue pour réguler la productivité des plantes. La fermeture des stomates qui limite la transpiration constitue un mécanisme d'évitement de la déshydratation, mais en même temps limitera la productivité des plantes par la limitation de leur approvisionnement en CO_2 . Il est en effet actuellement bien établi que la

fermeture des stomates limite en partie l'activité photosynthétique (Dreyer et Epron, 1991). Les données de rendements permettraient de confirmer ce fait chez les variétés de niébé étudiées.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La possibilité d'un allongement racinaire important en condition de stress hydrique a permis aux plantes de s'alimenter en eau, en fonction de la densité de la «seconde» ramification (photo 1), dans les couches plus humides du sol. Cette possibilité n'est pas offerte à ces plantes lorsqu'elles sont cultivées dans des pots en serre. Ceci pourrait expliquer les différences entre les résultats obtenus en serre et ceux obtenus en condition réelle (champ).

L'absence de différence entre les plantes du point de vue de certaines de leurs réponses physiologiques au stress hydrique malgré l'avantage potentiel de la variété TN88-63 à l'enracinement et la structure particulière de la canopée de cette variété indique que d'autres mécanismes de résistance sont développés par B21 notamment à un niveau plus important que TN88-63 et même mouride.

Cette étude aura montré encore une fois la nécessité de connaître, à défaut de pouvoir les contrôler, les conditions environnementales d'un essai avant toute analyse physiologique des plantes cultivées dans les conditions réelles. Tout en offrant aux plantes la possibilité d'explorer les profondeurs humides du sol, l'essai en champ présente toutefois l'inconvénient de ne pouvoir contrôler l'ensemble des paramètres. Les quelques discordances qui semblent exister entre ces résultats et ceux obtenus précédemment en serre (absence de différence entre les variétés pour certains paramètres) pourraient être expliquées par la différence fondamentale entre ces deux approches méthodologiques. Il est intéressant de constater que les résultats relatifs à la conductance stomatique et à la transpiration concordent parfaitement avec ceux obtenus en serre dans le cadre de ma thèse. Il convient de noter aussi que les expérimentations portant sur la détermination de la profondeur d'enracinement ainsi que de l'ETR et du CWSI ne font pas partie de ma thèse. Ces résultats pourraient être appuyés par l'analyse des composantes de rendement afin de compléter les informations sur les réponses des plantes au stress hydrique. D'autres investigations au niveau enzymatique pourraient être conduites afin de rechercher d'autres mécanismes de résistance au stress.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Annerose, D. & Cornaire, B. (1994) Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches. In: Libbey, J. (ed.) - *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale* - Eurotext, Paris, France, pp. 137-150.

Annerose, D.J.M (1990) Recherche sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) cultivée au Sénégal. --Thèse -, Université de Paris VII ; 282 pp.

Belhassen. E., This, D. & Monneveux, P., (1995) L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. - *Cahiers Agricultures* - 4, 251-261

Dissé, N., Thiaw, S., Ndiaye, M. & Hall, A.E. (1996) Guide de production du niébé *Fiches Techniques*, ISRA, 6 (2), 12 pp.

Dancette, C. (1983) Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. - *Agronomie Tropicale* - 38 (4) : 281-294.

Dreyer E. & Epron D. (1991) Effets de la sécheresse sur la photosynthèse : mécanismes d'action et techniques d'étude. In : - *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides* - Paris, France, pp. 67-84.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1996) *FAO yearbook* - production. FAO, Rome, Italy.

Fretaud, J.P., Poss. R. & Saragoni, H. (1987) Ajustement d'un modèle de bilan hydrique à des mesures tensio-neutroniques *in situ* sous culture de maïs. - *Agronomie Tropicale* - 42 (2) : 94-101.

Hénin, S. (1977) Cours de Physique du Sol. ORSTOM-EDITEST, II (29), 221 p.

Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter Jr, P.J., Reginato, R.J. & Hatfield, J.L. (1981) Normalising the stress degree day parameter for environmental variability - *Agricultural Meteorology* - 24 :45-55.

Irvine, F.R. (1969) Cowpea (*Vigna* spp.). - *In* : *West African Crops* Oxford University Press.. London, UK.

Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. & Pinter, P.J. (1981) Canopy temperature as a crop water indicator. - *Water Resources Research* - 17 (4) : 1133-1138.

Jackson, S.H. (1991) Relationships between normalized leaf water potential and crop water stress index values for acacia cotton. - *Agricultural Water Management*- 20 '09-1-8.

Jannoye, R. (1996) Plants and Radiations. -- Short Course on the Biochemistry Biophysics and Molecular Biology of Photosynthesis- 16-20 september. Liège Belgium.

Ndiaye, M., (1996) .ISRA-Etudes et Documents, 5, 3-27.

Olufayo, A., Baldy, C. & Ruelle, P. (1996) Sorghum yield, water use and canopy temperatures under different levels of irrigation. - *Agricultural Water Management* - 30 :77-90

Quin, F.M. (1997) Introduction. *In* : *Advances in Cowpea Research* - (Singh, B.B. Mohan Raj, D.R., Dashiell, K.E. & Jackai, L.E.N. eds) - 375 pp.

Sepaskhah, A.R. & Ilampour, S. (1996) Relationships between yield, crop water stress index (CWSI) and transpiration of cowpea (*Vigna sinensis* L.). - *Agronomie* - 16 : 269-279.



CRO00290

RAPPORT DE MISSION
(du 26 au 28 juin 1996)

CENTRE D'ETUDES REGIONAL

POUR L'AMELIORATION

DE L'ADAPTATION A

LA SECHERESS E.

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR
L'ADAPTATION A LA SECHERESSE DU
PALMIER A HUILE
(COLLABORATION
SRPH, NIFOR, INPA, CERAAS)

ISRA - CNRA
B.P. 53 BAMBEY SENEGAL
TEL. (221) 73.61.97 - 73.60.50
FAX (221) 73.61.97 - 73.60.52

Umaru CANDE (INPA)
Omoréfé ASEMOTA (NIFOR)
Augustus ISENMILA (NIFOR)
Bonaventure CORNAIRE (SRPH)

SOMMAIRE

Rapport de mission SRPH, NIFOR, INPA 1

**Programme de travail de recherche en collaboration avec
SRPH, NIFOR,INPA, CERAAS 2**

Justification 2

Objectif general2

Objectifs specifiques 2

Phase 1 (du 1er octobre au 30 décembre 1996) 3

Phase 2 (du 1er juin au 15 juillet 1997) 3

Participants au programme 5

Duree du programme 5

Budget estimatif 6

1.Voy age	
Nigéria-Pobé-Nigéria x 2	
300.000 x 2	600.000
Total	600.000
2. indemnités de séjour	
500.000 x 2 x 1,5 mois	1.500.000
240.000 x 1 x 1,5 mois (Bénin)	360.000
Total	1.860.000
1 .Logistique d'expérimentation	
Mise a jour d'équipement	500.000
Fabrication de rhizotrons (15)	325.000
Consommable	1 .000.000
Complément construction serre	1.500.000
Total	3325.000
3. Fonctionnement du programme	
Secrétariat	75.000
Communication	250.000
Fourniture de bureau	150.000
Carburant et lubrifiant	100.000
Total	575.000
5.Edition rapport et publication	1.500.000
Total	1.500.000
Imprévu et divers (5%)	276.750
Total	276.750
Total général	8.136.750

Rapport de mission SRPH, NIFOR, INPA

Dans le cadre du développement de la recherche sur la sécheresse pour améliorer la production agricole en Afrique dans la zone sub-humide, l'atelier "**l'Adaptation** à la sécheresse chez les arbres : physiologie, techniques et méthodes **d'étude**", a été organisé en 1991 à la SRPH de Pobé au Bénin, conjointement par cette dernière et le CERAAS de Bambey au Sénégal.

Un des objectifs de cet atelier était de rassembler et d'identifier les chercheurs de la région travaillant sur une même thématique, et de les inciter à développer des collaborations régionales.

Suite à cette rencontre, des chercheurs du Bénin (**SRPH**), du Nigeria (**NIFOR**) et de la Guinée Bissau (**INPA**) ont exprimé leur désir de collaborer avec le CERAAS pour développer des axes de recherche sur l'effet de la sécheresse chez le Palmier à huile. Cette association permettrait de mettre en commun les **connaissances** déjà existantes dans ce domaine et de travailler à la SRPH de Pobé. Le CERAAS a appuyé cette initiative et a encouragé les chercheurs concernés à venir au CERAAS pour en discuter et bâtir un programme de recherche.

M. Uinaru Candé de la Guinée Bissau, le Dr Bonaventure **Cornaire** du Bénin, et les Drs Omorefe **Asemota** et Augustus Isemila du Nigeria, se sont alors réunis au CERAAS le 26 juin 1996. Après une revue exhaustive de l'état actuel de la Recherche dans les pays concernés, les principes d'une collaboration et d'un programme de recherche ont été mis en place. Il a été convenu que tout le volet expérimental serait conduit à Pobé. Le 27 juin, les quatre chercheurs, avec l'aide de M. Laomaibao Netoyo, Coordonateur du réseau **R3S**, ont élaboré le programme de recherche dont ils ont défini le **budget**. Ces résultats ont été soumis au Dr Daniel Annerose, Directeur du CERAAS, dont les suggestions et les indications ont permis de finaliser le programme le 28 juin.

Nous joignons à ce rapport le programme de recherche détaillé et le budget estimatif,

Programme de travail de recherche en collaboration avec SRPH, NIFOR, INPA, CERAAS

Justification

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) est une plante **pérenne** oléagineuse. Une pluviométrie d'environ 1500 à 2000 mm, bien répartie dans l'année, assure une meilleure expression de son potentiel de production. Cette pluviométrie est relevée dans un certain nombre de pays du Golf de Guinée au climat de type subtropical humide comme le Bénin, le Nigéria et le Ghana. Cependant, depuis quelques **décennies**, le climat dans cette région est caractérisé par une diminution de la pluviosité. Cette situation entraîne une variabilité accrue des productions avec une tendance à la baisse. Les produits du **palmier** à huile **occupent** une place essentielle dans l'économie agricole de plusieurs pays de la zone subtropicale humide de l'Afrique Occidentale et Centrale. Il est donc indispensable dans ces conditions de mettre à la disposition des agriculteurs des variétés adaptées à la sécheresse, pour garantir la production, malgré les aléas climatiques.

Dans la station de recherche sur le palmier à huile de Pobé, les travaux importants effectués ont porté sur :

- les relations entre le développement racinaire, la sensibilité à la sécheresse et le niveau de production ;
- les différences de capacité photosynthétique en faveur des croisements les plus tolérants, ce qui permet une meilleure répartition des assimilats entre les organes végétatifs (racines) et reproducteurs (régimes) ;
- les corrélations entre la tolérance membranaire et la teneur en acides gras **polyinsaturés**

Des **résultats** importants ont été également obtenus, en particulier sur l'amélioration des techniques **culturelles** en condition de sécheresse et la mise en évidence des critères physiologiques (contrat **STD2**) qui aident à expliquer les différences de comportement des hybrides des palmiers à huile les plus performants vis-à-vis de la sécheresse.

Il existe un fort potentiel d'actions de recherches individuelles dans la zone subtropicale humide qui serait valorisé par la conduite de programmes régionaux coordonnés. Suite à l'atelier sur «l'**Adaptation** à la sécheresse chez les arbres physiologie, techniques et méthodes d'étude», organisé en 1991, conjointement par la station de Pobé et le CERAAS, des chercheurs de 10 pays ont exprimé leur volonté de collaborer sur cette thématique dans un cadre régional et de conduire les travaux à Pobé qui dispose déjà de plusieurs expertises sur l'adaptation du palmier à huile à la sécheresse. Lors des réunions du Comité Directeur de la **CORAF/R3S** (Cotonou, 1993) et des assemblées plénières de la CORAF (Banjul, 1994 ; Cotonneux, 1995), l'idée d'établir un centre de recherche sur l'adaptation à la sécheresse des cultures pérennes en zone tropicale humide au sein de la station de Pobé a été approuvée.

Objectif general

Des chercheurs de l'**INRAB** de Pobé (Bénin), du **NIFOR** (Nigeria) et de l'**INPA** (Guinée) ont **déposé** des demandes de stage individuelles au CERAAS, dans le but de travailler sur l'adaptation à la sécheresse du palmier à huile. C'est ainsi que le CERAAS leur a proposé de participer à une **réunion de travail** commune. Cette invitation est une conséquence de l'atelier dont la conclusion a été l'**idée** d'une collaboration sur des thèmes identiques dans un cadre régional. Ces chercheurs ont sollicité un appui logistique et financier auprès du CERAAS pour mettre en oeuvre un programme de recherche sur les mécanismes d'adaptation à la sécheresse du palmier à huile dans le but de sélectionner les meilleures **variétés** et d'améliorer la production.

Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de ce programme qui se déroulera en deux phases sont les suivants

- caractérisation de paramètres physiologiques et biochimiques liés à la résistance à la sécheresse du palmier à huile ;
- identification parmi ces paramètres de ceux qui permettront de réaliser des tests précoces pour la sélection des matériels les plus tolérants à la sécheresse ;
- création d'une équipe de travail dont les acteurs ont des préoccupations communes ;
- mise en commun des moyens humains, scientifiques et techniques disponibles.

Phase I (du 1er octobre au 30 décembre 1996)

Localisation

Les recherches se dérouleront au sein de la Station de Recherche sur le Palmier à Huile (SRPH) de Pobé au Bénin. Au cours de cette première phase du programme, M. Candé sera formé sur les méthodes et les techniques d'agroforesterie et d'étude de la résistance à la sécheresse du palmier à huile développées sur la station de Pobé.

Objectif

Evaluation de la dynamique d'enracinement et des réponses au déficit hydrique de 10 croisements de palmier à huile.

Action 1

Matériel végétal

10 croisements de palmier à huile (7 provenant de la SRPH et 3 du NIFOR).

Culture

Les jeunes plantules seront repiquées dans des rhizotrons remplis du même type de sol tamisé, dans lequel le semis était effectué. Les rhizotrons seront irrigués deux fois par semaine jusqu'à ce que les racines atteignent la moitié du tube (technique de culture en rhizotron à obtenir du CERAAS).

Dispositif expérimental

Le dispositif sera en 4 blocs complètement randomisés.

Facteurs

1. Croisement à 10 niveaux
2. Régimes hydriques à 2 niveaux
 - témoins : irrigués 2 fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérience
 - stressés : suspension d'arrosage jusqu'à la fin de l'expérience

Le rhizotron est l'unité expérimentale.

Mesures

Bioclimatologie : température journalière, pluviométrie, évapotranspiration, humidité, ensoleillement

Croissance et développement racinaire : vitesse de croissance, densité racinaire par horizon et totale

Biomasse : feuilles et pseudobulbe

Etat hydrique : potentiel hydrique, teneur relative en eau et conductance stomatique foliaires

Capacité photosynthétique

Biochimie : teneur en sucres solubles et amidon des feuilles, teneur en minéraux des racines (phosphore, magnésium, calcium, sodium, potassium et azote)

Action 2

Matériel végétal

De jeunes plants âgés de 9 mois issus des 7 croisements étudiés dans l'action 1 et provenant de la SRPH.

Dispositif expérimental

Il sera en 4 blocs complètement randomisés.

Facteurs

1. Croisement à 7 niveaux
2. Régimes hydriques à 2 niveaux

- témoins irrigués 3 fois par semaine avec un litre d'eau jusqu'à la fin de l'expérience

stressés seront arrosés avec un litre d'eau 1 fois par semaine. Après un cycle de mesures (1 jour, 3 jours, 6 jours), les plants stressés seront réhydratés avec un litre d'eau et de nouvelles mesures seront effectuées. Au total, il y aura 4 cycles de stress et de mesures.

Les 14 traitements seront répétés 4 fois à l'intérieur de chaque bloc. L'unité expérimentale sera le pot.

Mesures

Bioclimatologie : température journalière, pluviométrie, évapotranspiration, humidité, ensoleillement

Etat hydrique : potentiel hydrique, teneur relative en eau et conductance stomatique foliaires

Capacité photosynthétique

Résistance membranaire : fuites d'électrolytes, teneur en protéines et lipides foliaires

Biomasse : à la fin de l'expérimentation, des échantillons de pseudobulbes et de racines seront prélevés pour des mesures de matière sèche

Biochimie : teneur en sucres solubles et amidon des feuilles, teneur en minéraux des feuilles et des racines (phosphore, magnésium, calcium, sodium, potassium et azote)

Phase 2 (du 1er juin au 15 juillet 1997)

Matériel végétal

De jeunes plants âgés de 9 mois issus des 10 croisements étudiés dans l'Action 1, Phase 1

Dispositif expérimental

Il sera en 4 blocs complètement randomisés.

Facteurs :

1. Croisement à 10 niveaux
2. Régimes hydriques à 2 niveaux

- témoins irrigués 3 fois par semaine avec un litre d'eau jusqu'à la fin de l'expérience

stressés : seront arrosés 1 fois par semaine avec un litre d'eau. Après un cycle de mesures (1 jour, 3 jours, 6 jours), les plants stressés seront réhydratés avec un litre d'eau et de nouvelles mesures seront effectuées. Il y aura au total, 4 cycles de stress et de mesures.

Les 20 traitements seront répétés 3 fois à l'intérieur de chaque bloc. L'unité expérimentale sera le pot.

Mesures

Bioclimatologie : température journalière, pluviométrie, évapotranspiration, humidité, ensoleillement

Etat hydrique : potentiel hydrique, teneur relative en eau et conductance stomatique foliaires

Capacité photosynthétique

Résistance membranaire : fuites d'électrolytes, teneur en protéines et lipides foliaires

Biomasse : à la fin de l'expérimentation, des échantillons de pseudobulbes et de racines seront

prélevés pour des mesures de matière sèche

Biochimie teneur en sucres solubles et amidon foliaires et racinaires ; et teneur en **minéraux** des racines (phosphore, magnésium, calcium, sodium, potassium et azote)

Participants au programme

Drs Omorefe ASEMOTA et Augustus ISENMILA du **NIFOR** (Nigeria)

M. Oumarou CANDE de l'**INPA** (Guinée Bissau)

Dr Bonaventure **CORNAIRE** du SRPH de Pobé (Bénin)

L'équipe du CERAAS (Sénégal)

Durée du programme

Première phase : 3 mois

Deuxième phase : 1 mois et 2 semaines

Budget estimatif

Phase 1

1. Voyage

Nigéria-Pobé-Nigéria x 2

300.000 x 2 600.000

Guinee Bissau-Pobé-Gumée Bissau x 1

300.000 x 1 300.000

Total 900.000

2. Indemnités de séjour

500.000 x 3 x 3 mois 4.500.000

240.000 x 1 x 3 mois (Bénin) 720.000

Total 5.220.000

3, Logistique d’expérimentation

Mise à jour d’équipement 500.000

Fabrication de rhizotrons (15) 325.000

Consommable 1 .000.000

Complément construction serre 1300.000

‘Total 3.325.000

4. Fonctionnement du programme

Secretariat 50.000 x 3 mois 150.000

Communication 500.000

Fourniture de bureau 300.000

Carburant et lubrifiant 200.000

Total 1.150.000

5. Edition rapport et publication 3.000.000

Total 3.000.000

Imprévu et divers (5%) 704.750

‘Total 704.750

Total général 14.649.750

Phase 2