CR001360

Convention AGCD
Université Libre de Bruxelles - CERAAS (Sénégal)

Projet d'initiative propre

« Mécanismes physiologiques de l'adaptation à la sécheresse et création variétale pour les régions sèches »

Référence G62-21- 30/10/1995

Coordonnateur :
Prof. Jean-Paul DELHAYE

RAPPORT D'ACTIVITES
février 1998 - janvier 1999
(3ème année de convention)

INTRODUCTION 1

CONTEXTE 2
OBJECTIF 2
ORGANISATION DU PROJET 2
GESTION FINANCIERE DU PROJET 3
Appui financier fortement lié au projet 4
Communauté Française de Belgique 4

ACTIVITES POURSUIVIES 6

ACTIVITES POURSUIVIES DANS LE CADRE DU PROJET 7
Renforcement de la capacité technique des cultures hors-sol au CERAAS 7
La serre 7
Test de l'homogénéité de la serre 7
Conception d'une application d'aide au choix d'un dispositif expérimental 9
Cultures en hydroponie 10
Cultures en aéroponie 11
Test de la fonctionnalité de l'homogénéité du phytotron 12
Prolongation du contrat de l'expert belge 12
Echanges scientifiques formations croisées 13
Formation des chercheurs du CERAAS au LPAV/ULB 13
Formation d'un technicien supérieur à l'utilisation des équipements et des techniques de culture hors-sol au CERAAS par l'expert belge 14
Visites scientifiques des chercheurs de l'ULB et de l'UCL au CERAAS 14
Visite du responsable du CERAAS au LPAV 14
Recherches - développement 15
Missions effectuées dans le cadre de ces activités 16
ACTIVITES NON SPECIFIEES MAIS FORTEMENT LIEES AUX OBJECTIFS DE LA CONVENTION DU PROJET 16
Mise en place d'une formation diplômante 16
Formation des chercheurs et enseignants du Sénégal en thèse au LPAV 17
Travaux de fin d'études, les étudiants du grade de l'ingénieur agronome de l'ULB 18
Missions effectuées dans le cadre de ces activités 18

PERSPECTIVES 19

RENFORCEMENT DE LA CAPACITE TECHNIQUE DU SYSTEME DE CULTURE HORS-SOL AU CERAAS 20
ECHANGES SCIENTIFIQUES ET FORMATIONS CROISEES 20
Recherche - développement 21
Formations diplômantes 22
Appuis financements et partenariats 23

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation du CERAAS
Annexe 2 : Visite de la serre
Annexe 3 : Résumé du rapport final du stage de Macoumba DIOUF (27/11/97 AU 27/2/98)
Annexe 4 : Programme de la mission des experts belges (ULB et UCL) au Sénégal en décembre 1998
Annexe 5 : Compte rendu de la journée de validation du programme de formation diplômante (CESS) Après-midi
Annexe 6 : Programme de la mission du Directeur et le responsable de la formation diplômante du CERAAS au LPAV (du 24 janvier au 2 février 1999)
Annexe 7 : Calendrier des activités pour la 4ème année de la convention (février 1999 - janvier 2000)
Annexe 8 : Résumé de l'article sur l'évaluation de la serre pour guider le choix des dispositifs expérimentaux
Annexe 9 : Notification d'accord de l'AGCD pour le financement du projet PIP sur les formations diplômantes
Annexe 10 : Posters sur les travaux scientifiques effectués par Omar Diouf au CERAAS et au LPAV dans le cadre d'une thèse

INTRODUCTION

CONTEXTE

Dans les PED[1] en zones sèches, le manque d'eau est le principal facteur responsable de la diminution de la production agricole et par conséquent de la baisse du niveau économique et de la santé des populations. Plusieurs initiatives ont été prises à différents niveaux pour apporter des solutions adéquates à ce problème. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet d'étude de la physiologie de l'adaptation à la sécheresse et de création variétale pour les régions sèches. Il est financé par l'AGCD[2] de la Belgique dans le cadre de la coopération inter-universitaire francophone.

OBJECTIF

L'objectif général du projet est d'approfondir la compréhension des mécanismes physiologiques qui permettent aux cellules de conserver une intégrité fonctionnelle en conditions de contraintes environnementales majeures comme le déficit hydrique, les hautes températures et les fortes intensités lumineuses régnant dans les régions tropicales sèches.

ORGANISATION DU **PROJET**

Le projet est conduit au travers d'une coopération entre l'ULB[3] et le CERAAS[4]. Le LPAV[5] est le coordinateur de ce projet et le CERAAS, basé au Sénégal, est le partenaire (annexe 1).

Le LPAV poursuit deux activités principales : la formation et la recherche dans les domaines de la physiologie et de l'agrotechnologie végétales. Dans le cadre du projet, le LPAV assure la formation des chercheurs du CERAAS et l'appui à la mise en place des techniques modernes et efficaces d'études des effets de la sécheresse sur l'organisation et le fonctionnement de l'appareil photosynthétique des plantes.

Le CERAAS conduit des activités de recherche et de formations par la recherche dans les domaines de l'agronomie, de la physiologie et de la génétique de l'adaptation des espèces cultivées à la sécheresse. Les résultats obtenus permettent d'identifier des critères intéressants pouvant être intégrés dans les programmes d'amélioration génétique ou de développer des outils utilisables pour l'amélioration de la production agricole. Les espèces étudiées sont principalement cultivées dans les zones sèches comme le niébé (*Vigna unguiculata L. Walp*), l'arachide (*Arachis hypogaea L.*) et le mil (*Pennisetum glaucum*). Ce laboratoire accueille en stage des chercheurs et des étudiants des institutions de recherche et des universités partenaires. Il met à leur disposition ses équipements ainsi que ses ressources humaines.

[1] Pays en développement

[2] Administration Générale pour la Coopération au Développement

[3] Université Libre de Bruxelles

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

[5] Laboratoire de Physiologie et d'Agrotechnologies Végétales

Dans le cadre du pro-jet. le CERAAS poursuit ces actions en mettant l'accent sur lc niébé, plante d'intérêt cible par la convention.

Par des actions croisées dc formation, les laboratoires partenaires belges améliorent et valident, en milieu réel, des méthodes scientifiques développées en conditions contrôlées. Parallè~lement, le CERAAS, **en** raison de sa dimension régionale, assure un transfert efficace des concepts. méthodes et techniques correspondant vers les PED en zones sèches.

GESTION FINANCIERE DU PROJET

I .e LPAV assure la gestion financière du projet d'un montant global d'environ 241 403 400 CFA. Le budget du CERAAS pour l'année 1998 qui s'élève à environ 1660000 est entièrement exécuté. Le montant du budget restant pour e CERAAS sur la convention s'élève à 830 000 CFA.

Les partenaires du projet ont propose a ce qu'une partie des soldes des deux premières années (1996 et 1997) soit reportée sur le budget de la 3^{ems} et de la 4eme année de la convention. Ces propositions ne supposent aucun budget complémentai e mais résultent d'une ventilation mieux adaptée au bon déroulement de la convention. Elles ont été acceptées par l'AGCD et concernent les rubriques suivantes :

1 Frais de personnel

Coopérant : Pour contribuer à la linalisation de la rédaction ct la publication des résultats des expérimentations réalisées en conditions contrôlées. il est proposé une prolongation du contrat du coopérant du 01/2/99 au 3 1/4/99 et un report du solde des 3 premières années.

Visite (partenaire CERAAS CM Belgique) : Durant cette convention, la coopération UI B-CERAAS nous a poussé à considérer la question de la formation diplômante comme un élément important pour le transfert de technologies et la concrétisation des acquis scientifiques. L'association d'un conseiller scientifique en mati ère d'enseignement au Directeur du CERAAS dans les réunions annuelles d'évaluation et de coordination du projet a apporté une plus-value au déroulement du projet au bénéfice de l'ensemble des partenaires. Cependant. ceci a fait que pour 1998, le budget mission a été épuisé. Pour la réunion de coordination annuelle des activités de 1999. il serait nécessaire de bénéficier du report du solde non utilisé pour financer les deux missions CERAAS au cours de cette troisième année de convention. II est demandé donc 2 visites supplémentaires nécessitant deus Aller/Retour Dakar-Bruxelles au cours de la 3ème année de la convention.

Stages et études (1 stagiaire / an du CERAAS à l'ULB)

II est demandé une prolongation de la bourse. Etant donné que la période de récolte des expérimentations conduites par le candidat est survenue en fin d'année. le boursier prévu en 3ème année de convention ne pourra effectuer son stage en Belgique qu'en 1 999 (4ème année). La durée sera prolongée à concurrence du solde disponible.

2. Frais dc déplacement : frais correspondant au personnel du CERAAS en visite

3. Frais de fonctionnement : sans changement

4.Frais d'équipement : Une demande d'achat d'équipements complémentaires pour les expérimentations en conditions contrôlées au CERAAS a été formulee depuis mars 1998 et l'émargement pourrait se faire sur le budget de l'année 3. Les commandes devraient être effectuées durant cette année de convention.

5 Frais administratifs : Il a été proposé de consacrer le solde restant à la fin de la convention à l'élaboration d'une brochure de diffusion.

Appui financier fortement lié au projet

Communauté Française de Belgique

Une convention de financement accordée par le CGRI[6] de la Communauté Française de Belgique pour la période 1997-1999 (ADE/JGH/SEN/CMP/4337/bgi/23/12/1996-009-S) à l'ULB et au CERAAS pour appuyer le projet «Adaptation à la sécheresse des espèces cultivées et amelioration de la production agricole)) est toujours en cours. Cet appui, fortement lié au projet financé par l'AGCD, entre dans le cadre du renforcement et de la formalisation de la coopération entre les institutions africaines de formation (INA- et UCAD[8] au Sénégal) et de recherche (ISRA[9] et CERAAS) pottr valoriscr une expertise scientifique à travers la création d'une formation diplômante.

Cette convention prévoit des missions de courte durée des experts belges et sénégalais et des missions de spécialisation d'un an des chercheurs et des étudiants sénégalais dans les institutions belges.

La notification d'accord de cette convention arrivée au CERAAS fin janvier 1997 a coïncidé avec une période de réforme importante (changement du directeur du CERAAS) et l'absence de l'interlocuteur principal au niveau de la Belgique (le Directeur du laboratoire de Physiologie et d'Agrotechnologies Végétales. pour raison de santé. De plus les délais d'exécution des démarches administratives préalables à l'organisation des missions n'ont pas pertnis l'exploitation de la convention. Cette année. deux missions ont été réalisées, l'une pour la formation d'un chercheur du CERAAS, et l'autre pour des échanges scientifiques avec le séjour du Directeur du CERAAS en Belgique. Les trois missions belges prevues en 1998 n'ont pas été effectuées.

En 1999, lss préparatifs de la mission d'un an de spécialisation à l'ULB d'un étudiant de l'UCAD sont en cours. Son départ est prévu en mars 1999. Une mis-

[6] Commissariat Général aux Relations Internationales

[7] Ecole Nationale Supérieure de l'Agriculture à Thiès

[8] Université Cheikh Anta Diop de Dakar

[9] Institut Sénégalais de Recherche Agricole

sion de courte durée d'un enseignant sénégalais sera effectuée pour discuter et identifier des intervenants des institutions belges (UCL[10] et Université de Gembloux) dans la formation diplômante, dont le démarrage est prévu pour la mi-février 1999.

[10] Université Catholique de Louvain

ACTIVITES POURSUIVIES

ACTIVITES POURSUIVIES DANS LE CADRE DU PROJET

Ces activités comprennent :

- le renforcement de la capacité technique des cultures hors-sol au CERAAS :
- les échanges scientifiques et formations croisées ;
- les recherches-développement .

Renforcement de la capacité technique des cultures hors-sol au CERAAS

Les tests d'homogénéité de la serre réalisés en 1997 sur le compartiment 1 ont été poursuivis sur le compartiment 2. Les systèmes de cultures hors-sol installés dans la serre en 1997 ont été testés cette année afin d'adapter et de valider les méthodes liées à leur utilisation.

La serre

La serre (fig. 2) est entièrement opérationnelle. La gestion et la maintenance sont assurées par l'expert belge assisté du personnel technique du CERAAS Au cours de cette année. plusieurs personnalités du monde scientifique. des partenaires financiers et des autorités administratives ont visité la serre (annexe 2).

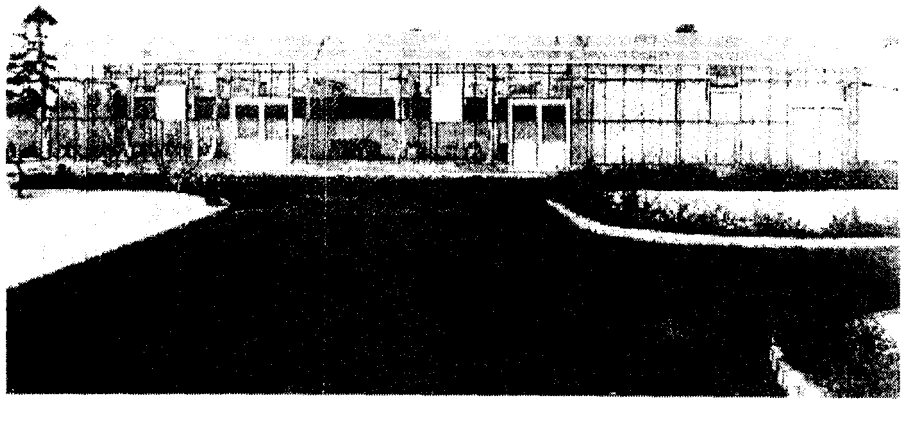


Fig. 2 . La serre du CERAAS à Thiès

Test de l'homogénéité de la serre

Les résultats obtenus à partir du test de l'homogénéité du compartiment 1 de la serre. mis en place le 20 novembre 1997, ont été csploités durant cette annee. dans 'optique d'aide au choix des dispositifs expérimentaux (cf. Rapport d'activité 1997).

Les variations des conditions climatiques à l'intérieur du compartiment et divers paramètres agrophysiologiques de la variété de mil, Souna III, ont été suivis pendant une durée de 90 jours (fig. 3). Les résultats ont mis en évidence la présence d'une hétérogénéité spatiale pour certains paramètres. Selon les constations faites, la ventilation située sur la partie centrale du compartiment en face du système de refroidissement peut être une source complémentaire d'hétérogénéité.

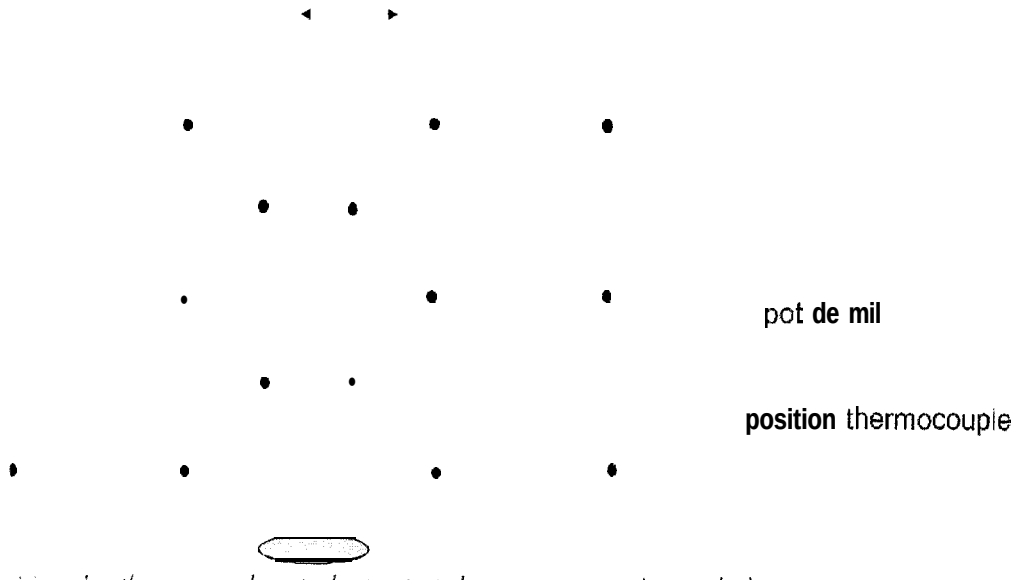


Fig. 3 Position des thermocouples et plantes test dans un compartiment de la serre (6.4 x 8.8m).

Le couplage de la cartographie des conditions internes avec des, méthodes d'analyse **statistique** a permis de développer un outil d'aide au choix des dispositifs expérimentaux, basé sur le calcul de la puissance statistique de différents dispositifs expérimentaux (fig. 4).

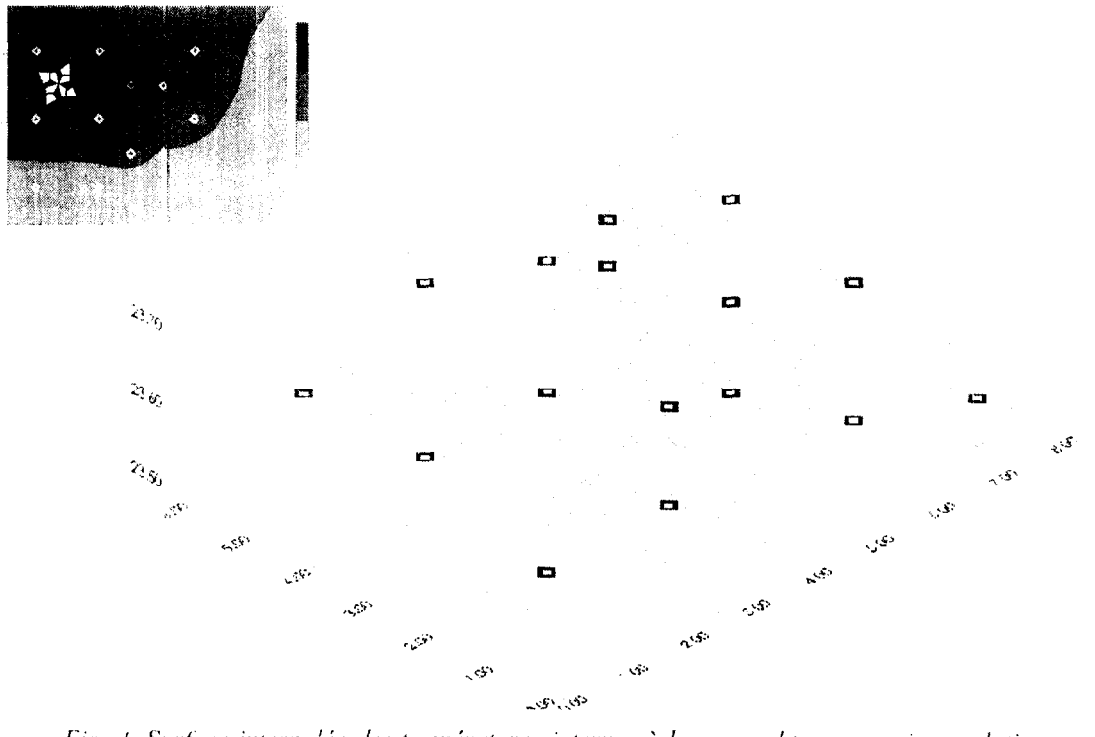


Fig. 4. Surface interpolée des températures internes à la serre obtenue par interpolation sur base des mesures de thermocouples positionnés comme indiqué par les signes « ◊ ».

Sur la base de ces résultats, le compartiment 2 de la serre a été testé cette année (fig. 5)

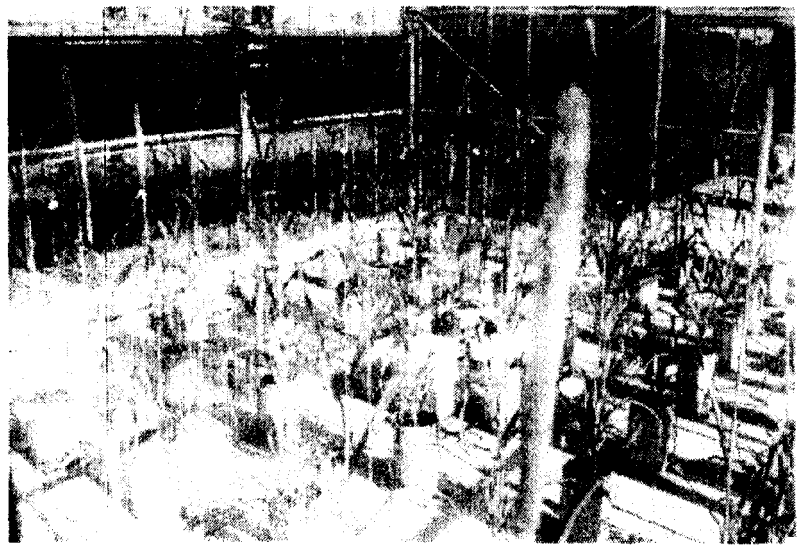


Fig. 5 : Test de l'homogénéité du compartiment 2 de la serre

Les résultats obtenus sont en cours d'analyse en vue d'affiner l'application développée à partir des premiers résultats.

Conception d'une application d'aide au choix d'un dispositif expérimental

L'utilisation de différents logiciels, la multiplicité des dispositifs susceptibles d'être appliqués et la nécessité de créer des fichiers d'analyse statistique au format défini par l'application employée (SAS, logiciel statistique), ont nécessité la conception d'une application informatique permettant de valoriser la démarche entreprise. Cette application pourrait être utilisée par d'autres centres de recherche.

A l'aide de cette application, l'utilisateur peut après avoir défini les variables à étudier, simuler un certain nombre de dispositifs (randomisation totale, bloc de Fisher). L'application permet alors en générant un fichier d'analyse de tester la puissance statistique et la validité de chaque dispositif pour les variables choisies (fig. 6).

Cependant, l'utilisateur doit être conscient des limites de l'outil qui lui est proposé de façon à pouvoir tenir compte des recommandations statistiques avant d'installer son essai.

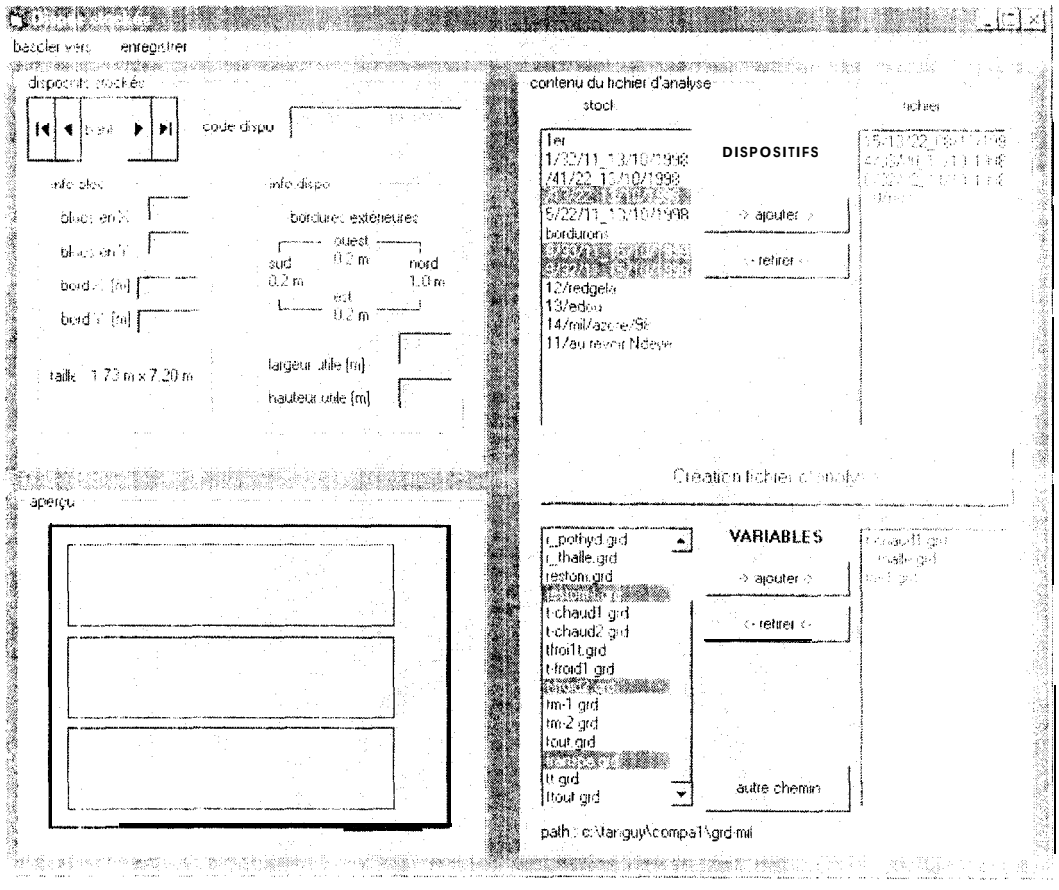


Fig. 6. Fenêtre de l'application permettant de créer un fichier d'analyse statistique par le choix des dispositifs et variables étudiées.

Cultures en hydroponie

Les résultats du premier test de culture de l'arachide effectué sur le dispositif en fin d'année 1997 ont montré la nécessité d'adapter les techniques aux conditions climatiques de la région. En effet, une importante variation Je la conductivité électrique de la solution nutritive a été observée. De plus. dc fortes températures ont été souvent enregistrées dans la serre durant toute l'année. Les premières observations laissent penser que cette variation est probablement liée aux variations de température de l'air et au développement de la plante.

A la suite de ces premiers résultats, un essai a été conduit afin de préciser la consommation en eau et en éléments minéraux en fonction du stade phénologique de deux variétés de niébé : Bambey 21 et TN 88-63. respectivement variété tolérante et sensible à la sécheresse. Ces résultats devraient permettre d'ajuster lc volume de la solution nutritive conforme à la concentration des éléments minéraux conseillée pour l'utilisation du système.

Avant la conduite de l'expérimentation, les conteneurs à solution ont été blanchis et/ou isolés afin d'éviter leur réchauffement et de diminuer l'évaporation des solutions nutritives. Le régime des marées a été réglé sur un rapport 10/7 (haute /basse) afin d'optimiser l'oxygénation des racines.

Lès résultats ont montré que, malgré les précautions prises. les températures ambiantes maximales de l'ordre de 30 à 34 °C, provoquent une augmentation

significative de la température des solutions nutritives et également de l'évapotranspiration. La diminution du volume de la solution nutritive constatée ne diffère pas significativement d'une variété à l'autre et peut être liée à l'évapotranspiration.

Parallèlement, une augmentation de la concentration de la solution nutritive à partir de la quatrième semaine de croissance a été constatée. Cette dernière peut s'expliquer par un stress au niveau racinaire, provoqué par le régime des marées qui diminuait la capacité d'absorption racinaire. Pour minimiser ce phénomène de concentration, il est peut être nécessaire de diminuer la concentration de solution.

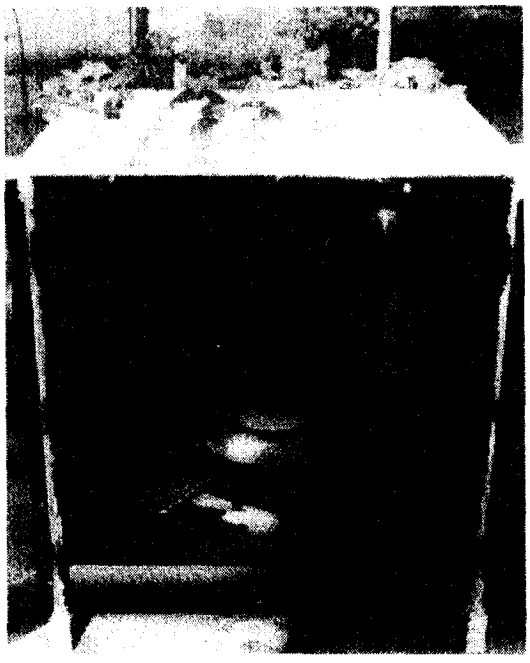
Lorsque les mesures physiologiques sont réalisées entre 9h00 et 10h30, une différence variétale significative pour la transpiration foliaire mesurée (température foliaire moyenne de 26.8°C) pendant les périodes de marées a été observée. La variété sensible, TN 88-63, présentait une transpiration foliaire plus élevée que celle de la variété résistante, Bambey 21. Lorsque les mesures étaient réalisées entre 15h00 et 16h00 (température foliaire moyenne de 40.4°C), la tendance de Bambey 21 était de diminuer sa transpiration pendant la marée basse et de l'augmenter pendant la marée haute. Cette réaction semble être retardée dans le cas de la variété sensible ,TN 88-63. Il faut cependant noter que des températures foliaires aussi élevées induisent un stress thermique défavorable au bon fonctionnement hydrique de la plante.

Ces résultats préliminaires doivent être confirmés. Mais ils laissent penser que le déclenchement de la fermeture stomatique est plus rapide chez la variété résistante. Bambey 3 1. que la variété sensible, TN 88-62. lorsque la quantité d'eau disponible est faible

Compte tenu de ces premiers résultats. la techniclue de culture hydroponique doit être améliorée. Elle pourra ensuite être utilisée pour rechercher de nouveaux paramètres physiologiques utiles aux sélectionneurs.

Cultures en aéroponie

Le prototype du dispositif aéroponique est une boîte carrée de 95,5 cm de côté permettant la culture de 42 plantes. Il a été conçu et réalisé lors des années précédentes, puis testé cette année (fig. 7a et 7b) dans l'objectif de déterminer son efficacité. Deux variétés de niébé, Bambey 21 et Melakh, ont été utilisées. Dans les deux cas, les valeurs obtenues pour la matière sèche racinaire, aérienne, totale, la longueur racinaire et la transpiration stomatique des plantes situées au centre du système ont été plus élevées que celles situées vers les parois. Ces résultats mettent en évidence la forte hétérogénéité du système. Cependant, l'analyse statistique nous a permis de définir deux dispositifs expérimentaux utilisables pour le cas d'une étude des systèmes racinaires. Il s'agit soit d'un dispositif complet diminué des bordures (20 unités expérimentales) soit d'un dispositif circulaire d'un rayon de 30cm (22 unités expérimentales).



Figs 7a et b : Culture de niébé en aéroponie. Variétés Bambey 21 et Melakh

Ces dispositifs pourraient être utilisés dans des essais de criblage variétal au niveau racinaire. Des tests plus approfondis permettront d'affiner le système pour l'utilisation de l'aéroponie dans des études d'autres paramètres physiologiques

Test de la fonctionnalité et de l'homogénéité du phytotron

Depuis le mois de février 1998, un phytotron a été installé dans le laboratoire du CERAAS (FRICAL, Avignon, France). Des essais destinés à maîtriser les conditions d'utilisation du phytotron et à examiner l'homogénéité ont été réalisés sur le sésame (*Sesamum indicum*). Les résultats sont actuellement en cours d'analyse.

Prolongation du contrat de l'expert belge

Le contrat de l'expert belge au CERAAS est arrivé à terme à la fin de cette année de convention. Une demande de prolongation de son contrat pour trois

mois a été accordée par l'AGCD. La poursuite du contrat lui permettra d'exploiter les résultats des essais réalisés en 1998 en cultures hors-sol, de finaliser les protocoles des expérimentations prévues en 1999. de terminer le programme de formation d'un technicien engagé par le CERAAS et de finaliser la rédaction pour la diffusion des résultats scientifiques.

Echanges scientifiques / formations croisées

Ces activités ont eu lieu entre les deux institutions, d'une part sous forme de stages effectués soit au LPAV soit au CERAAS et d'autre part sous forme de missions de courte durée effectuées par le Directeur du CERAAS et les chercheurs de l'ULB et de l'UCL. Le transfert de technologies, une composante clé de cette convention, est assuré à travers ces différentes missions.

Formation des chercheurs du CERAAS au LPAV/ULB

Au cours de la deuxième année de convention. le Dr Macoumba Diouf. chercheur au CERAAS. a effectué un stage de trois mois au LPAV/ULB du 27/11/97 au 27/2/98. Le travail de stage a porté sur la mesure de paramètres biophysiques pouvant fournir des informations sur la réponse des variétés au déficit hydrique. Ce stage lui a permis d'approfondir ses connaissances sur les techniques d'étude des paramètres de fluorescence chlorophyllienne. d'échanges gazeux photosynthétiques (CO_2) déjà développées au LPAV. La stagiaire a également abordé l'étude des substances impliquées dans l'osmorégulation via le dosage de la proline. Le résumé des résultats scientifiques du rapport final de ce stage est joint à ce rapport (annexe 3).

Les techniques apprises pendant ce stage ont été transférées dans les PED par le biais des recherches conduites au CERAAS cette année.

Un stage de trois mois sera effectué au LPAV par un chercheur du CERAAS. Il portera sur les techniques de dosage de l'ABA. Cette mission entre dans le cadre des activités dc la troisième année de la convention (1998). Il permettra au CERAAS d'approfondir les recherches sur l'implication de cette hormone dans l'adaptation des cspéces cultivées en zones sèches. Le démarrage de ce stage est fixé pour le mois de mars et le rapport final sera intégré au rapport annuel de la quatrième année de la convention (1999).

Formation d'un technicien supérieur à l'utilisation des équipements et des techniques de culture hors-sol au CERAAS par l'expert belge

Du 1er août au 31 novembre 1998. Monsieur Pape Malick Sall. ingénieur des travaux agricoles, diplômé de l'Ecole Nationale des Cadres Ruraux (Bambey. Sénégal) a subi une formation dans le domaine de la gestion des équipements de la serre et les techniques de culture hors-sol.

Durant les six derniers mois de cette troisième année de la convention, Monsieur Sall a suivi et assisté le coopérant Belge dans ses activités. Son intégration progressive dans les divers niveaux d'action. depuis la gestion technique

du matériel jusqu'à l'analyse et l'exploitation des résultats d'essais doit assurer la continuité et la viabilité des concepts et méthodes transférés.

Depuis le mois de décembre 1998, Monsieur Sall a été intégré à l'équipe du CERAAS sur la base d'un contrat à durée déterminé.

Visites scientifiques des chercheurs de l'ULB et de l'UCL au CERAAS

Dans le cadre d'une mission dc courte durée, les professeurs Luis Perez Aranda, spécialiste des cultures hors-sol de l'ULB et Jean François Ledent, spécialiste en agro-physiologie de l'UCL, ont visité le CERAAS du 15 au 20 décembre 1998 (annexe4).

Cette visite a permis des échanges scientifiques dans le domaine de la recherche, à travers des présentations de résultats, des discussions scientifiques sur les thèmes traités par les deux partenaires, des visites de terrain et des discussions avec les paysans Sénégalais. Ceci permettra aux partenaires, en particulier l'UCL, de réfléchir sur les axes de coopération scientifique à développer. D'ores et déjà, deux axes do recherche ont été ciblés : l'agrophysiologie et la modélisation de la croissance et du rendement des cultures pluviales tropicales.

Cette mission a également permis de faire un compte rendu de la journée de validation du programme de formation diplômanre qui a eu lieu le 3 décembre 1998 au CERAAS (annexe 5). En effet, les partenaires belges n'ont pas pu comme prévu participer à cette réunion du fait de leurs contraintes professionnelles. La mission a également permis de préciser quelques points administratifs relatifs à la convention.

Visitedu responsabledu CERAAS BU LPAV

Le Dr Harold Roy-Macauley, directeur du CERAAS à réalisé deux missions de coordination au LPAV durant cette année. La première mission effectuée du 16 au 23 novembre 1998 a permis aux partenaires de faire un point sur:

- l'avancement des travaux de recherche conduits au LPAV par un chercheur du CERAAS inscrit en thèse à I'ULB ;
- l'inscription en thèse d'un étudiant de l'UCAD (encadré par le CERAAS) et son stage d'un qu'il effectuera au LPAV ;
- le protocole expérimental du stage qu'effectuera un chercheur du CERAAS au LPAV (transfert de technologies) dans le cadre de la troisième année de la convention :
- les modalités d'accueil des chercheurs du CERAAS à I'ULB:
- l'accueil au CERAAS d'un étudiant en thèse au LPAV, pour des travaux en milieu réel ;
- une demande introduite à l'AGCD par les partenaires du projet pour l'utilisation d'une partie du reliquat du budget de la première et la

deuxième année de convention pour l'achat des équipements de cultures hors-sol (réunion avec: Monsieur MORAS de l'AGCD) ;

- la mission de courte durée a été effectuée par les chercheurs des institution: partenaires belges ait CERAAS.

Cette mission a été prise en charge par la convention CGRI. Une deuxième mission au LPAV du 24 janvier au 2 février 1999, a été réalisée (annexe 6) Cette réunion d'évaluation et de coordination du pro-jet a permis aux partenaires de faire un point sur :

- Mission du coopérant, T. Smoes
- Suivi des essais
- Accueil des chercheurs CERAAS à l'ULB
- Accueil des étudiants de l'ULB en TFE et Thèse au CERAAS
- Missions des experts belges
- Démarrage de la formation diplômante
- Financement (clôture. report)
- Rapport de la 3eme année de la convention
- Plan pour la 4eme.

Elle a également permis de planifier les activités pour la 4ème année de la convention (annexe 7).

Recherches - développement

Le CERAAS a poursuivi l'application des concepts. méthodes et techniques acquises dans le cadre du projet aux diverses activités de recherche et de formation par la recherche menées cette année.

Dans le cadre de la mise au point d'un modèle de prévision des situations d'insécurité alimentaire au Sénégal financé par la FAO (Projet CASPAR/FAO GCP/SEN/046/NET) . le CERAAS est intervenu dans la définition des méthodologies et dans la modélisation des rendetnents des principales cultures pluviales au Sénégal.

Cette année, un temps important a été consacré à la vulgarisation des résultats de recherche. Ainsi, dans le cadre de la convention, le LPAV a participé et a donné un appui financier à l'élaboration de quatre posters présentés par cinq chercheurs du CERAAS au 5ème congrès de l'«European Society for Agronomy», qui a eu lieu du 28 juin au 2 juillet 1998 à Nitra en Slovaquie. Un des posters intitulé «Effet de la date de semis sur la consommation en eau. le développement et la productivité de l'igname-haricot (*Pachyrhizus erosus* L. Urban)» a été récompensé pour le prix du meilleur poster dans la session « Water limited Agriculture».

Les articles suivants ont été soumis pour publication:

T. Smoes, D. Boggio, B. Sarr and H. Roy Macauley. Evaluation of a greenhouse condi tions to guide designs of experiment (annexe 8)

O . Diouf. C.I. Ogbonnaya, M. C. Nwalozie, H. Roy-Macauley and D. J. M. Annerose. Population Density and Sowing Date Effects on the Performance of Yam bean (Pachyrhizus erosus L,.) in the semi-arid Senegal (soumis à la revue European Journal of Agronomy)

C. Pimentel, H. Roy-Macauley and B. Sarr. Electrolyte leakage in two genotypes of' *Vigna unguiculata cv* Mouride and Epacc culitivated in the field with different irrigation levels. (Soumis à la revue Bragantla de l'Institut agronomique de Rio de Janéiro, Brésil).

B. Sarr S. Ndjendole, O. Diouf, M. Diouf and H. Roy-Macauley. Gestion de l'eau à a parcelle par un suivi de l'état hydrique du sol et de la température du couvert : application à la culture de maïs (*Zea mays* L., variété Synthétic-C) au Sénégal (soumis à la revue Sécheresse)

Les travaux de recherche concernant la modélisation et le système d'information géographique ont été synthétisés dans un ouvrage intitulé «Outils et méthodologies pour le suivi des cultures et la prévision de la production agricole en régions sèches». Ce document est sous presse.

Missions effectuées dans le cadre de ces activités

H. Roy-Macauley (Directeur CERAAS).
Mission scientilique à Bruxelles (Coordination) du 16 au 23/11/1998 et du 24/01 au 02/02/1999.

L.P. **Aranda** (Professeur à l'ULB) et J-F **Ledent** (Professeur à l'UCL)
Mission scientifique au Sénégal (milieu contrôlé. hydroponie, agrophysiologie. développement de collaboration UCL-CERAAS, formation diplômante) du 15 au 20/12/1998.

ACTIVITES, NON SPECIFIEES MAIS FORTEMENT LIEES AUX OBJECTI[FS DE LA CONVENTION DU PROJET

Il s'agit essentiellement de :

- la mise en place d'une formation diplômante au CERAAS ;
- la formation en thèse au LPAV de chercheurs et d'étudiants sénégalais :
- travaux de fin d'études des étudiants de l'ULB.

Mise en place d'une formation diplômante

Dans le cadre de la valorisation des acquis scientifiques du CERAAS par les institutions dc recherche et d'enseignement supérieurs régionaux et internationaux, le démarrage des formations diplômantes n'a pas eu lieu comme prévu en

1 998. faute de financement. Ces formations concernent un cycle de spécialisation aux sciences de l'ingénieur de 4 mois (CESS[11]), et un DEA[12] spécialisé dans le domaine de l'adaptation des végétaux à la sécheresse II est prévu l'intervention des partenaires scientifiques belges et ceux d'autres institutions du Nord pour les cours théoriques et les travaux pratiques.

Un nouveau projet PIP[13] élaboré par les partenaires et portant sur ies formations diplômantes. a été récemment approuvé pour financement par l'AGCD (annexe 9).

Par ailleurs. la réunion du 3 décembre 1998 qui rassemblait la majorité des partenaires a permis d'arrêter les derniers choix scientifiques et organisationnels concernant le CESS. Le démarrage est désormais fixé à la mi-février 1999

Le professeur Nicolas Diallo a accompagné le Directeur du CERAAS à **la** réunion de coordination qui s 'est tenue au LPAV du 24 janvier au 2 fév rier 1999 Pendant cette mission il a pu finaliser. avec les partenaires belges. les modalités de leur Intervention dans le programme de cette année. Le point a également été fait sur Ics modalités de gestion du financement accordé par l'AGCD. Cette mission a été financée par la convention.

Formation des chercheurs et étudiants du Sénégal en thèse au LPAV

lin chercheur du CERAAS. Monsieur Omar Diouf'. inscrit en thèse à l'U l .B. effectue un stage d'une durée d'un an au LPAV. II est co-dirigé par le Professeur Jean-Paul Delhaye et le Dr Harold Roy-Macauley.

Les travaux de thèse portent sur l'étude du comportement du mil cultivé en conditions de faible fertilité de sol (fertilité azotée) et sécheresse, dans un système de rotation mil – arachide. La conjonction de facteurs tels que la sécheresse et la dégradation des sols en zones sèches et surtout dans les PED est la cause majeure de la baisse de la production agricole.

Les résultats des travaux effectuées au CERAAS et au LPAV sont résumés dans trois posters (annexe 10). Ces travaux ont permis également d'acquérir certaines techniques de dosage des enzymes et de détermination de la répartition et de l'accumulation des sels minéraux au niveau de la plante et pourront être transférées au PED.

La suite de travaux dc thèse sera réalisée au Sénégal. La soutenance est prévue en l'an 2000. Ce stage d'un an qui s'achèvera en février 1999. a été pris en charge par la convention CG RI.

L'inscription d'un deuxième chercheur sénégalais en thèse à l'ULB sous la co-direction du Professeur Jean-Paul Delhaye et du Dr Nicolas Diallo. et la réalisation d'un stage d'une année au LPAV ont fait l'objet de deux réunions des partenaires. Les démarches d'inscription sont en cours. L'arrivée du chercheu

[11] Certificat d'Etudes Supérieures Spécialisées

[12] Diplôme d'Etudes Approfondies

[13] Projet d'initiation propre

à l'ULB est prévue pour le mois de mars 1999. Ce stage sera également pris en charge par la convention CGRI.

Travaux de fin d'études des étudiants du grade de l'ingénieur agronome de l'ULB

Le CERAAS a encadré Mlle Valérie Op de Beeck, étudiante belge en dernière année du grade d'ingénieur agronome à J'ULB. Elle a conduit un essai portant sur la caractérisation de l'influence de l'alimentation hydrique et de la fertilisation azotée sur la productivité du mil en zones semi-arides du Sénégal : synthèse d 'une rotation en année 2. Les résultats en cours d'analyse feront l'objet d'un mémoire qui sera soutenu en juillet 1999.

Missions effectuées dans le cadre de ces activités

O. Diouf.(Chercheur CERAAS)
Stage à l'ULB clans Je cadre d'un doctorat depuis le 17/03 1998.

V. Op **de Beeck** (Etudiante ULB)
Stage de fin d'études en agro-physiologie végétale au CERAAS du 03/07 au 21/12/1998.

Ri. **Diallo** (Responsable de la Formation diplômante au CERAAS)
Mission de la programmation des formations diplômantes à 24/0 1 au 02/02/ 1990.

PERSPECTIVES

RENFORCEMENT DE LA CAPACITE TECHNIQUE DU SYSTEME DE CULTURE HORS-SOL AU CERAAS

Les méthodes de culture hors-sol permettent. entre autres. une mise en évidence aisée de la variabilité génétique ainsi que l'observation des désordres physiologiques induits lors d'un stress. Les dispositif's expérimentaux de ces études sont souvent installés en serre. Les premiers essais dans le compartiment 1 de la serre du CERAAS ont mis en évidence l'existence d'une hétérogénéité inattendue de température qui peut poser des problèmes lors de l'analyse des résultats. L'exploitation de ces premiers résultats obtenus a abouti à la conception d'une application qui facilitera le choix des dispositifs expérimentaux à mettre en place dans ce compartiment. Un test identique a été effectué dans le compartiment 2 et les résultats obtenus sont en cours d'analyse. L'homogénéité du compartiment 3 sera étudiée. L'ensemble des résultats obtenus permettra d'affiner cette application Une extension de ces tests en utilisant d'autres cultures permettra également d'affiner l'application. Cette dernière pourrait être proposée à d'autres institutions utilisant des serres en régions tropicales moyennant une validation préalable.

En raison de l'hétérogénéité observée au niveau de la serre, il doit être envisagé d'étudier les effets de l'emplacement de la ventilation dans les compartiments sur les conditions micro-climatiques de la serre.

Les essais réalisés en hydroponie durant 1998 ont permis également d'adapter la méthodologie en conditions locales. Ce système peut maintenant être utilisé. Cependant. des essais complémentaires doivent être effectués en tenant compte des hypothèses déjà émises. En particulier, la planification des essais d'étude de la réponse physiologique à un stress contrôlé par l'expérimentateur est en cours. Dans cette optique. les modalités d'application d'un stress feront l'objet de divers tests de calibrage prévus en début 1999.

L'analyse des résultats des tests effectués sur le prototype d'aéroponie confirme que ce système pourrait. en l'état actuel, être utilisé principalement dans l'étude du systeme racinaire. Des méthodes de criblage pour la sélection variétale basées sur le comportement racinaire en condition de sécheresse ou de forte chaleur peuvent être développées en utilisant ce système. D'autre part. les hypothèses émises à la suite des premiers tests doivent être validées pour permettre l'utilisation du système dans le criblage basé sur d'autres critères physiologiques.

De manière générale ces techniques d'hydroponie et d'aéroponie conviennent parfaitement pour les expérimentations conduites dans les domaines de recherches prioritaires du CERAAS.

ECHANGES SCIENTIFIQUES ET FORMATIONS CROISEES

Un chercheur du CERAAS effectuera un stage au LPAV pendant la quatrième année de convention. Ce stage portera sur des nouvelles techniques non encore exploitées par le CERAAS dans le domaine de compréhension des mécanismes

physiologiques et biochimiques d'adaptation des espèces cultivées à la sécheresse.

Un étudiant de l'UCAD, qui a effectué son stage de DEA au CERAAS portant sur le comportement physiologique et biochimique de l'arachide en condition de sécheresse, s'inscrira en thèse à l'ULB au courant de la quatrième année de la convention. Cette thèse portera sur le comportement physiologique et la performance agronomique du mil en condition de faible fertilité du sol (la fertilité phosphatée) et de sécheresse. Dans le cadre de cette thèse un stage d'une année réalisé au LPAV à compter de mars 1999 sera pris en charge par la convention du CGRI.

L'accueil des étudiants de l'ULB en stage au CERAAS sera poursuivi avec la même volonté et sera étendu aux autres universités et institutions de recherche belge (UCL).

Les techniques acquises pendant ces échanges et formations set-ont appliquées aux divers activités de recherche et de formation par la recherche conduites au CERAAS. Par la suite, un transfert peut être effectué par l'intermédiaire du CERAAS pour améliorer la qualité de recherche conduite dans le domaine de l'adaptation des espèces cultivées à la sécheresse dans les PED.

Recherche - développement

Les perspectives scientifiques du CERAAS et de l'ULB feront l'objet d'une discussion permanente. Le CERAAS possède de fortes compétences en agrophysiologie. Les thèmes intéressant le LPAV et d'autres institutions belges dans ce domaine présentent des points de convergence avec ceux du CERAAS, bien que l'approche soit souvent différente.

Les recherches en physiologie de l'adaptation à la sécheresse vont s'étendre aux principales cultures céréalières de la région (mil, maïs, sorgho). Elles s'étendront également aux nouvelles espèces comme l'igname haricot (*Pachyrhizus erosus*) et le sésame (*Sesamum indicum*), dans le cadre de la diversification de cultures en zones sèches. L'intégration des techniques de biochimie et de biologie moléculaire fait actuellement partie prépondérante des discussions avec les partenaires. Il en va de même pour la génétique qui devrait profiter de la prochaine intégration d'un généticien dans l'équipe du CERAAS.

Le comportement du système racinaire qui est un aspect fondamental de l'adaptation des plantes à la sécheresse est souvent placé au second plan, derrière les études des parties aériennes. Les techniques de culture hors-sol sont des outils qui se prêtent bien aux études simultanées du comportement des systèmes racinaire et aérienne. Des recherches pourraient être effectuées dans cette voie. Parallèlement, les différents tests complémentaires des systèmes de culture hors-sol pourraient être faits.

La coopération entre le LPAV et le CERAAS dont les approches sont complémentaires sera poursuivie et étendue à d'autres institutions universitaires comme l'UCL. Les résultats de recherche obtenus en Belgique pourraient être

validés en milieu réel au CERAAS et utilisés dans des programmes nationaux de sélection des PED.

Formations diplômantes

Le démarrage des enseignements du CESS prévu en mi-février 1999 et ceux du DEA en 2000 se fera en partie sur financement accordé par l'AGCD. Le CERAAS poursuit les discussions avec d'autres partenaires, notamment la coopération française, allemande, l'Association des Universités Africaines (AUA) et la communauté française de Belgique (CGRI) pour participer aux financement de ces formations diplômantes.

Les techniciens agricoles jouent un rôle important dans la conduite de recherche dans le domaine de l'agrophysiologie dans les PED en zones sèches. Les compétences de ces techniciens ont souvent été reconnues par les partenaires scientifiques accueillis au CERAAS. Dans le cadre de l'amélioration de la gestion de ressources humaines « middle level manpower », le CERAAS et ses partenaires proposent une valorisation des compétences de ces techniciens par la création d'une formation diplômante.

Le CERAAS a élaboré un programme de formation intitulé « Certificat de Techniciens Agricoles Supérieurs (CTAS) » en se basant sur le modèle du CESS. Le CERAAS avec le concours de l'UNESCO[14] prépare une note d'information relative à ce programme pour les institutions de développement telles que l'ONUDI[15], la FAO[16], la BAD[17], la BOAD[18] et la Banque Mondiale.

Appuis, financements et partenariats

L'importance des travaux et la pertinence des résultats confirment la nécessité de poursuivre et d'élargir le partenariat entre le CERAAS et les institutions de recherche du Nord.

L'appui de l'Union Européenne à ces initiatives est essentiel pour la communauté scientifique africaine. L'acquis du financement du projet de consolidation du CERAAS soumis auprès du FED, contribuera également à renforcer le partenariat déjà existant entre le CERAAS, l'ULB et d'autres institutions de recherche, de formation et de développement agricole belges.

Un mini-atelier organisé par le CERAAS du 30 novembre au 5 décembre 1998, rassemblant plusieurs partenaires (la CORAF, le CILSS, le CIRAD, LBPAV[19] de l'Université Paris VII, le Département de Physiologie Végétale de l'EAN[20]

[14] Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

[15] Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

[16] Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation

[17] Banque Africaine de Développement

[18] Banque Ouest Africaine de Développement

[19] Laboratoire de Biochimie et de Physiologie de l'Adaptation Végétale

[20] Estação Agronómica Nacional

Portugal, et l'IPR[21], Mali) a permis d'esquisser un plan d'action pour un projet de recherche sur la problématique sécheresse et fertilité du sol en zones sèches. Le projet est en cours de finalisation et sera soumis pour financement auprès de la DG XII dans le cadre du programme INCO 1999.

Toutes ces démarches assureront l'efficacité, la stabilité et la pérennité du CERAAS.

[21] Institut Polytechnique Rurale de Katibougou

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation du CERAAS

Le CERAAS est un laboratoire national à vocation régionale de recherche et de formation dans le domaine de l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse. L'animation scientifique du CERAAS est assurée par des experts africains et européens. La mission du CERAAS est de contribuer à l'amélioration de la production agricole et l'élimination de la pauvreté dans des pays en développement des zones sèches. Ses objectifs spécifiques sont :

- approfondir des connaissances sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées dans les zones sèches en particulier dans la région sahélienne ;
- préciser la génétique des espèces concernées afin de proposer des stratégies de sélection et de création variétale réalistes ;
- intégrer ces connaissances dans une approche pluridisciplinaire du problème de la sécheresse, avec des spécialistes en physiologie végétale, génétique, biochimie, biophysique, bioclimatologie, agronomie et modélisation, afin de mettre en place pour chaque situation, des programmes de sélection performants ;
- proposer à la vulgarisation du matériel végétal amélioré et adapté aux formes de contraintes (hydriques, nutritionnelles) rencontrées dans chaque zone agro-écologique.

Du point de vue des ressources humaines, les activités engagées par le CERAAS visent à renforcer les capacités de recherche des équipes des institutions des PED. Ceci est réalisée à travers le développement d'actions conjointes et coordonnées à l'échelle régionale afin d'apporter un appui direct aux programmes nationaux de création variétale. Cette démarche repose principalement sur l'amélioration du transfert des concepts et méthodes en direction des PED, contribuant plus efficacement à l'élaboration de solutions améliorantes adaptées aux exigences particulières de chaque pays.

Les résultats obtenus à travers la conduite de recherches et de formations par la recherche sont déjà appliqués dans les programmes nationaux de sélection variétale. Ceci a abouti à la création de nouveau matériel adapté aux conditions de sécheresse de plusieurs PED, et l'élaboration des modèles de croissance et de productivité des espèces cultivées en zones sèches. Ces modèles associés à d'autres outils comme le système d'information géographique sont exploités dans la prévision agricole et l'identification des zones de calamité.

L'importante communauté africaine travaillant à l'échelle régionale de manière coordonnée continue à se développer et reste parfaitement reconnue et intégrée au sein de la communauté scientifique internationale. Ceci a été accompli notamment au travers du développement d'un partenariat d'excellence avec les chercheurs des laboratoires des pays membres de la CORAF et ceux des institutions du Nord. L'accueil des chercheurs en mission, la formation de jeunes chercheurs, l'organisation d'ateliers et de colloques, la publication d'articles et d'ouvrages scientifiques constituent des concrétisations des efforts déployés par le CERAAS.

Localisation

Le CERAAS est localisé à Thiès à 72 km à l'Est de Dakar. Il est installé au sein du périmètre de l'ENSA. Les conditions climatiques y sont caractéristiques de la zone semi-aride soudano-sahélienne. La zone pluviométrique est celle comprise entre 400 à 600 mm bien que les dernières années aient un cumul pluviométrique proche de 400 mm. La température est comprise entre 17°C et 44°C.

Personnel

L'équipe du CERAAS est actuellement composée de 29 personnes, dont 9 chercheurs (tableau 1). Cette année, le CERAAS a vécu deux départs, deux arrivées et l'évolution d'un poste.

En avril 1998, Mademoiselle Louise Marie Faye, informaticienne, et Monsieur Ousmane Diallo, communicateur, ont quitté le CERAAS pour des raisons de convenance personnelle.

En octobre 1998, la demande exprimé par le CERAAS à travers la CORAF à la Coopération française pour la transformation du poste de biométricien (CSN[22]) en poste d'assistant technique de développement a été acceptée. Ceci permettra à Monsieur David Boggio, diplômé en agronomie et spécialiste en biométrie, arrivé au CERAAS en février 1996, de continuer à apporter son appui à la recherche au CERAAS durant 2 nouvelles années.

En novembre 1998, le CIRAD sur la demande du CERAAS à détaché un chercheur spécialiste en physiologie, le Dr Serge Braconnier. Il sera chargé de questions scientifiques et adjoint au Directeur. Cette affectation est pour une période de deux ans renouvelables.

En décembre 1998, un ingénieur des travaux agricoles en stage de formation au CERAAS en culture hors-sol a été intégré en tant que technicien au sein de l'équipe du CERAAS sur la base d'un contrat à durée déterminée.

[22] Coopérant du Service National

Tableau 1 : Liste du personnel au CERAAS

Nom	Prénoms	Fonction	Date	statut
Roy-Macauley	Harold	Chercheur/Directeur	03/95	Expert Régional
Braconnier	Serge	Chercheur/Responsable scientifique et adjoint au Directeur	11/98	Expert Français
Diouf	Omar	Chercheur – enseignant	01/94	Cdd
Sarr	Benoît	Chercheur – enseignant	05/96	Cdd
Diouf	Macoumba	Chercheur – enseignant	10/96	Cdd
Ogbonnaya	Chuks	Chercheur – enseignant	09/97	Expert Régional
Boggio	David	Chercheur – enseignant	02/96	Expert Français
Smoes	Emguy	Chercheur – enseignant	05/97	Expert Belge
Diop	Ndeye Ndack	Chercheur – enseignant	04/96	Cdd
Kandji	Amadou	Gestionnaire – comptable	11/94	ISRA
Sarr	Raymonde	Assistante de direction	10/96	Cdd
Dacosta	Félicite	Secrétaire de direction	10/96	Cdd
Ba	Demba Sidy	Agent administratif	09/95	Cdd
Sylla	Coura	Informaticienne	09/95	Cdd
Diallo	Fatimata	Documentaliste	04/97	Cdd
Diokh	Robert	Responsable technique	07/94	Cdd
Cissé	Idrissa	Technicien de maintenance	11/96	Cdd
Sidibé	Sidy	Chef d'exploitation	09/95	Cdd
Sall	Mbaye Ndoye	Technicien	09/95	Cdd
Sall	Pape Malick	Technicien	12/98	Cdd
Faye	Abdou	Technicien	09/95	Cdd
Sané	Ibrahima	Technicien	09/95	Cdd
Ndiaye	Pape	Technicien	09/95	Cdd
Sène	Cheikh	Technicien	09/95	Cdd
Ndong	Ibrahima	Technicien	09/95	Cdd
Diop	Amadou	Technicien	09/95	Cdd
Ndoye	Edouard	Chauffeur	04/96	Cdd
Ndour	Djibril	Chauffeur	04/96	Cdd
Gning	Salou	Chauffeur	04/96	Cdd

Annexe 2 : Visite de la serre

M. André Sonko, Ministre de l'Education Nationale du Sénégal, lors des Journées agronomiques et culturelles de l'ENSA, le 10/06/1998 ;

Une délégation composée de **bailleurs de fonds (FED[23], BAD[24])**, des **partenaires scientifiques (ISRA, CIRAD, ORSTOM)**, des **responsables des CIRA[25]** et des **membres du Comité Exécutif de la CORAF[26]**, à l'occasion de la réunion sur l'étude institutionnelle de la CORAF le 22/07/1998 (fig. 8) ;

M. Nourdin El Mourabit, Ingénieur chercheur microbiologiste de l'Institut National de la Recherche Agronomique au Maroc en visite au CERAAS du 8 au 10/09/1998 ;

M. Idrissa Camara, Gouverneur de la région de Thiès accompagné **de M. Moussa Fall**, Directeur de l'ENSA, Thiès, le 04/11/1998,

Une Délégation composée de **Mme Louise Avon**, Chef de la Mission Française de Coopération et d'Action Culturelle à Dakar, **MM Philippe Chartier**, Conseiller dans cette même structure, et **Jacques Dubernard**, Délégué du CIRAD au Sénégal, le 24/12/1998 ;

Le **Pr. Uriel Safriel**, Directeur du Blaustein Institute for Desert Research en Israël, le 24/12/1998 ;

Les partenaires du LBPAV de l'**Université Paris VII**, du Département de Physiologie Végétale de l'EAN (Portugal), de l'**IPR** (Mali) et du **R3S**[27] de la CORAF, lors du mini-atelier d'élaboration du projet de recherche, à soumettre auprès de la DGXII de l'UE du 30/11 au 05/12/1998.

Fig. 8 : Visite de la serre du CERAAS

[23] Fonds Européen de Développement

[24] Banque Africaine de Développement

[25] Centres Internationaux de Recherche Agricole

[26] Conférence des Responsables des Institutions Agricoles en Afrique de l'ouest et du centre

[27] Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse

Annexe 3 : Résumé du rapport final du stage de Macoumba DIOUF (27/11/97 AU 27/2/98)

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Physiologie et d'Agrotechnologies Végétales (LPAV) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). Il entre dans le cadre de l'exécution du projet intitulé "*Mécanismes physiologiques de l'adaptation à la sécheresse et sélection variétale pour les régions sèches*" Référence G62-21-30/10/1995.

Son objectif était de caractériser les *conséquences physiologiques, biochimiques et moléculaires du déficit hydrique chez le niébé (Vigna unguiculata* (L.) Walp cv. *Mouride) et le mil (Pennisetum glaucum R. Leeke* cv. *Souna 3) cultivés au Sénégal*. L'essai a été conduit en pots dans une serre automatisée et le déficit hydrique a été induit par arrêt de l'arrosage des plantes.

Pour analyser la réponse au stress développée par les plantes, le suivi des échanges gazeux (conductance stomatique, transpiration, assimilation nette), de l'activité photochimique (fluorescence des chlorophylles), des teneurs en pigments chlorophylliens, en proline libre, et de l'activité enzymatique (superoxyde dismutase - SOD - et ascorbate peroxydase - APX -) a été réalisé au cours de la contrainte hydrique avec différentes méthodes et techniques.

Les résultats révèlent chez les 2 espèces une diminution de la conductance stomatique (Gs) qui traduit une fermeture rapide des stomates. Parallèlement, une forte baisse de la photosynthèse nette (Pn) d'une part, et une augmentation de la teneur en CO_2 intercellulaire (CO_2 int) d'autre part, ont été enregistrées, mais aussi une meilleure capacité de récupération après le stress chez *Pennisetum*.

L'évolution du rendement quantique maximum (Fv/Fm) et du rendement quantique réel (F'v/F'm) montre qu'en condition de stress, d'une part Fv/Fm est peu affecté (-1 à -4%) chez les 2 espèces, avec un retour à une situation quasi normale après reprise de l'apport d'eau ; et que d'autre part, F'v/F'm indique chez *Vigna*, une inhibition déjà pour un stress modéré (-10%), et fortement accentuée (-43%). Par ailleurs, P700$^+$ s'accumule (10 à 15%) au cours du stress hydrique chez *Vigna*, et traduit une inhibition du transport d'électrons dans le PS I.

L'évolution de la teneur des pigments photosynthétiques (chlorophylles a et b, et caroténoïdes) montre une diminution en condition de déficit hydrique chez ces 2 espèces. On a pu constater une baisse de la teneur en chlorophylle a (Chla) et en chlorophylles totales (Chla+b) induite déjà par un stress modéré, et qui s'accentue pour une intensité plus forte du stress et une bonne capacité de récupération. Les caroténoïdes (Cx+c) montrent chez les 2 espèces une cinétique similaire à celle de Chla et Chla+b, même si ces derniers semblent moins affectés par la contrainte hydrique. On a aussi pu mettre en évidence une accumulation progressive de proline au cours du stress, qui est d'autant plus forte que la contrainte hydrique est intense.

La caractérisation et le suivi de l'évolution des isozymes de superoxyde dismutases (SOD) et de l'ascorbate peroxydase (APX) chez les 2 espèces ont révélé la présence des trois principales isoformes de superoxyde dismutase connues chez *Vigna* (Mn-SOD, Fe-SOD, Cu/Zn-SOD) et *Pennisetum* (Mn-SOD, Cu/Zn-SOD). Des électrogrammes, il ressort également que la concentration des SODs augmente au cours du déficit hydrique, et de façon plus marquée chez *Pennisetum*. Avec la reprise de l'arrosage, une régression de ces bandes a été également observée, et semble témoigner de l'endurcissement suite à la phase de stress. En outre, la présence d'APX a été également observée en réponse à la contrainte hydrique.

Globalement, les résultats obtenus ont permis de révéler la mise en œuvre de diverses stratégies de résistance à la contrainte hydrique chez ces 2 espèces. La sensibilité des techniques utilisées a favorisé la détection plus ou moins précoce de variations souvent subtiles du comportement physiologique des plantes. En plus, du fait de leur capacité de discrimination et de leur complémentarité, ces techniques conviennent bien pour le criblage variétal.

Annexe 4 : Programme de la mission des experts belges (ULB et UCL) au Sénégal en décembre 1998

Missionnaires : Professeurs Luis Perez Aranda (ULB) et Jean François Ledent (UCL)

mardi 15	Arrivée à Dakar : trajet jusqu'à Thiès et installation des missionnaires.
mercredi 16	Présentation du CERAAS (personnel et installations) Prise de connaissance des travaux en cours au CERAAS, du type de démarche poursuivie et des évolutions réalisées en 1998. Visite au CNBA de Bambey Compte rendu de la journée de validation du programme de formation diplômante qui a eu lieu le 3 décembre 1998 au CERAAS.
jeudi 17	Présentation aux missionnaires des perspectives dégagées au CERAAS lors du mini-atelier effectué début décembre. Présentation des essais réalisés au CERAAS en 1998 en milieu contrôlé et présentation des perspectives dans ce domaine. Présentation à l'équipe du CERAAS des travaux réalisés par les missionnaires (transfert de connaissances).
vendredi 18	Discussion des perspectives dégagées et des orientations à favoriser. Echanges de propositions, évaluation des possibilités techniques. Propositions et discussion de essais futurs. Conclusions et perspectives du partenariat
samedi 19	Départ vers Dakar.
dimanche 20	Retour.

Annexe 5 : Compte rendu de la journée de validation du programme de formation diplômante (CESS)

Compte-rendu de la réunion de validation du Certificat d'Etudes Supérieures Spécialisées (CESS) sur l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées

Une réunion de validation du CESS s'est tenue au laboratoire du CERAAS le 03 **octobre** 1998 en présence des représentants d'institutions nationales, d'institutions régionales et de partenaires européens (voir liste de présence en annexe). Elle a porté sur le contenu des programmes, les volumes horaires, le contrôle des connaissances, la programmation des enseignements.

PROGRAMME

Matin

10h00 Ouverture et présentations

13H10 Pause

Après-midi

15h00 Confection des groupes pour l'analyse du contenu des programmes

Groupe 1 : Modules A1- **A2- A3- A4- P1**

Groupe 2 : Modules P2- G1- G2

16H15 Reprise des travaux en plénière, synthèses et exposé des travaux de groupe - Discussions

17H00 Conclusion et clôture

EXPOSE INTRODUCTIF DE M. HAROLD ROY-MACAULEY ET DE M. MOUSSA FALL

Historique du montage du CESS, implications des instituts, processus d'élaboration de la formation.

PRESENTATION DE M. NICOLAS DIALLO

Commentaire détaillé de la fiche synoptique pour critiques et évaluation du programme de formation proposé.

Thèmes des recherches abordés au département Biologie Végétale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), éléments nouveaux de la réorientation du département avec les propositions de création de nouvelles filières en DEA et thèses.

PRESENTATION DE M. SALIOU NDIAYE

Formation des ingénieurs agronomes à l'ENSA de Thiès : organisation des 5 années, particularités (terrain, travaux pratiques, options, thèmes de mémoire de fin d'études, etc.).

Complément par le Directeur des Etudes de l'ENSA, (M. A. Coly) sur les matières dispensées par années, leurs volumes horaires.

DISCUSSIONS EN PLENIERE SUR LE PROGRAMME DE FORMATION

Cours magistraux, Conférences, Travaux pratiques

La réunion a suggéré et retenu d'uniformiser tous les cours magistraux à 25H, de ramener les volumes horaires de travaux pratiques de certaines disciplines de 7 à 10H pour permettre leur réalisation convenable

La liste des conférences n'est présentée qu'à titre indicatif. Selon les propositions reçues, il en sera envisagé des aménagements et des modifications.

Les noms des intervenants sont également indicatifs. Des rajouts et réaménagements seront opérés selon les contacts et opportunités dans l'esprit d'une amélioration de la formation dispensée et d'un partenariat plus renforcé.

Les modalités d'attribution des coefficients aux matières dispensées

La réunion a adopté la base horaire de 10H. pour le calcul des coefficients. Par exemple une discipline de 30H. (cours magistraux et travaux pratiques) aura un coefficient de 3.

Dans la comptabilisation du coefficient, il ne sera tenu compte que du volume horaire des cours magistraux et des travaux pratiques. Les conférences seront comptabilisées avec les travaux de fin d'étude.

Les contrôles des connaissances

Les échanges d'avis ont porté sur leur réalisation soit en contrôle continu des connaissances ou examen final sous forme d'une session. La seconde proposition d'une session unique a été retenue, compte tenu du faible risque de déperdition des connaissances acquises durant le mois de formation. Toutefois, il reste à l'appréciation de chacun des enseignants de procéder pour ces contrôles de connaissances à des tests et/ou avec des sujets pratiques

Les travaux ou mémoires de fin d'études

Il a été retenu la réalisation d'un rapport qui sera corrigé. Le principe d'un exposé et d'une défense orale n'a été retenu dans l'immédiat.

Les contenus ou thèmes des travaux de fin d'étude pourront porter soit sur :

- un sujet bibliographique
- une thématique technique légère (fonctionnement et utilisation d'un appareil de laboratoire ou de terrain)
- des enquêtes-observations restreintes
- de toute autre proposition d'enseignant, chercheur intervenant dans la formation.

Le principe retenu étant la définition de sujets pouvant être réalisés sur 1 mois continu ou à étaler durant le déroulement de la formation si la proximité de la localisation le permet.

A l'issue d'échange d'avis suivant les expériences des uns et des autres (ENSA, UCAD,...) la réunion a retenu d'affecter au travail de fin d'études le coefficient 5 (cinq).

Il n'a pas été retenu d'octroyer une mention à l'issue de la notation du travail de fin d'études, mais simplement une note sur 20, avec la notification : Admis au CESS, si la note obtenue est supérieure à 10.

L'ensemble des 3 points ci-dessus développés sera communiqué au Directeur de l'ENSA, pour la préparation de l'arrêté ministériel de la création d'un Certificat (CESS) sur l'Adaptation et la Résistance à la Sécheresse, qui sera soumis à la signature du Ministère, (le principe étant acquis).

TRAVAUX DE GROUPE

Ces travaux consistent en l'analyse du contenu du programme, des modalités de dispense et de réalisation :

- Acquisition - renforcement des bases
- Information sur les originalités en matière de résistance et adaptation à la sécheresse.
- Collaboration inter-instituts pour la valorisation des acquis de chacun (CERAAS, ENSA, UCAD, ISRA, CILSS, etc.)
- Collaboration et échange avec des Universités, Instituts du Nord pour un renforcement de la formation (Paris XII, ULB, etc.)
- Programmation, cadre de passage des disciplines

Tableau : Liste des participants à la réunion

Prenoms et Nom	Institution
M. Nicolas Diallo	UCAD
M. Aliou Guissé	UCAD
Mme Madeleine Barreto	UCAD
M. Mamadou Coundoul	UCAD
M. Moussa Fall	ENSA
M. Alioune Coly	ENSA
M. Safiou Ndiaye	ENSA
Mme Irène Thiello	ENSA
M. Ahmed Tidjane Diallo	ENSA
M. Mamadou Ndiaye	ISRA
Mme Danièle Clavel	ISRA
M. Aly Ndiaye	ISRA
M. Harold Roy-Macauley	CERAAS
M. Serge Braconnier	CERAAS
M. Benoit Sarr	CERAAS
M. Macoumba Diouf	CERAAS
M. Tanguy Smoes	CERAAS
M. Chuks Ogbonnaya	CERAAS
M. David Boggio	CERAAS
M. Ndêye Ndack Diop	CERAAS
M. Mbaye Ndoye Sall	CERAAS
Mme Yasmine Zuily-Fodil	Université Paris 7
Mme Anh Pham Thi	Université Paris 7
Mme Maria do Ceu Matos	Estaçao Agronomica Nacional (Portugal)
M. Alhousseini Bretaudeau	IPR Katibougou (Mali)

Annexe 6 : Programme de la mission du Directeur et le responsable de la formation diplômante du CERAAS au LPAV (du 24 janvier au 2 février 1999)

Missionnaires : Drs Harold Roy-Macauley et Nicolas Diallo

Lundi 25 janvier	Remise du rapport AGCD 1998 : finalisation activités CERAAS et ULB Discussion sur la suite du programme de doctorat de M. Omar Diouf Discussion stage de Mlle Valérie Op de Beeck.
Mardi 26 janvier	Point sur la comptabilité 1998 –frais de fonctionnement et d'équipement CERAAS Point sur les stages et des missions (AGCD et CGRI 1999) : Macoumba Diouf, Berthe Albis, TFE Valérie Op de Beeck, fin d'activité du coopérant T.
Mercredi 27 janvier	Formations diplômantes
Jeudi et vendredi 28 et 29 janvier	Réunions avec le CTE (DG VIII XII)
samedi et lundi, 30 janvier et 1 février	Réunion avec les partenaires du Paris 7 ; retour à Bruxelles lundi
Mardi 2 février	Retour au Senegal.

Annexe 7 : Calendrier des activités pour la 4ème année de la convention (février 1999 - janvier 2000)

Activités	Lieu d'exécution	Responsables	Période
Appui scientifique et technique à l'équipe de recherche du CERAAS			
• Formation de techniciens aux techniques de culture en milieu contrôle	CERAAS	T Smoës	Mars à Mai 1999
• Participation à la recherche et mise en place de protocoles expérimentaux dans le cadre de l'étude de réponse physiologique à la sécheresse	CERAAS	J-P Delahaye L. Pérez Aranda H. Roy-Macauley	Février 1999 à janvier 2000
Stages de formation			
• Chercheurs CERAAS et étudiants sénégalais	ULB	J-P Delhaye M. Jaziri L. Perez Aranda	Juin 1999 à Juin 2000 Mars à Mai 1999 Novembre à Décembre 1999
• Etudiant belge (TFE et thèse)	CERAAS	Chercheurs CERAAS	Mars à Juin 1999
Missions d'expertise			
• Hydroponie	CERAAS	L. Perez Aranda	à définir
• Agrophysiologie		J. Ledent	à définir
Formation diplômante	CERAAS	N. Diallo (UCAD) O. Ndiaye (ENSA) H. Roy-Macauley (CERAAS) M. Eyeletters (ULB) J Ledent (UCL)	Cours (CESS) : Février à Juin 1999 Mission d'identification d'intervenant au niveau de Gembloux : à définir

Annexe 8 : Résumé de l'article sur l'évaluation de la serre pour guider le choix des dispositifs expérimentaux

Evaluation of a greenhouse internal condition to guide designing of experiments.

Tanguy SMOES[1,2], David BOGGIO[2], Benoit SARR[2], Harold ROY MACAULEY[2,3]

[1] Laboratoire de Physiologie et d'Agrotechnologies Végétales, Université Libre de Bruxelles

[2] Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS)

[3] Department of Botany, Fourah Bay College, University of Sierra Leone

Summary

In glasshouse experiments, homogeneity of the internal environmental conditions is often presupposed. However, in tropical areas it has been noticed that the external conditions could be the cause of great internal heterogeneity. The variation in temperature in particular has been observed to be the most important factor contributing to this. It is therefore necessary under such conditions to make a proper choice of the experimental design to be employed.

Measurements and observation of temperature variations and agro-physiological parameters of millet plants (*Pennisetum glaucum*, var. Souna III) grown in pots in one of the three compartments of the glasshouse of CERRAS were made during a period of 90 days. Temperature measurements were made using thermic sensors covering the study area.

Geostatistical analysis of the data and the mapping of internal conditions revealed heterogeneity and variations for the different parameters studied. For most of them, the gradient was high enough to justify the need of experimentation in blocs designs. Moreover, significative differences were observed between nine designs tested (fig. 1).

The collected data, subjected to statistical and geostatistical analysis, has allowed us to develop a tool which will aid researchers in the choice of experimental designs to be used in the glasshouse. More parameters could be investigated using this method. Although only a few parameters have been taken into account in the analysis, we conclude that this method is a valid one which needs to refined.

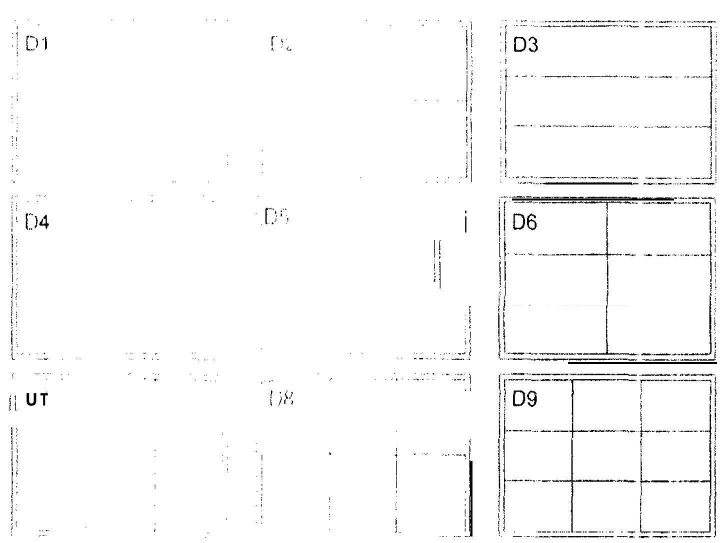


Fig. 1. Nine experimental designs tested in order to determine their statistical accuracy for given parameters

Annexe 9. : Notification d'accord de l'AGCD pour le financement du projet PIP sur les formations diplômantes

COOPERATION UNIVERSITAIRE AU DEVELOPPEMENT
Rue de Namur, 72/74 - 1000 BRUXELLES - Téléphone : 32 2 289 05 69 - Téléfax : 32 2 289 05 6

Monsieur J.-P. DELHAYE
Professeur à l'U.L.B.
avenue F.-D. Roosevelt 50
CP 169

1050 BRUXELLES

CERAAS
REÇU LE 07 JAN 199

6/4 - FV - 2066

Le 23 décembre 1998

Monsieur le Professeur,

Concerne : *"Mise en place de formations diplômantes spécialisées sur l'adaptation des espèces cultivées et l'amélioration de la production agricole en zones sèches"*

Par la présente, j'ai le plaisir de vous faire savoir que l'A.G.C.D. a approuvé votre projet. Toutefois, j'attire votre attention sur le fait que les projets ne pourront démarrer que lorsque la C.U.D. aura reçu officiellement l'approbation du Secrétaire d'Etat, sur le programme 1999.

En vue de contribuer à un bon déroulement des aspects administratifs des projets d'initiative propre, la C.U.D. vous propose une réunion permettant de clarifier tous les aspects liés aux dépenses autorisées ainsi qu'au chronogramme des rapports d'activités et financiers. A cette fin, nous vous suggérons de nous renvoyer la grille du calendrier ci-joint, en marquant d'une croix les dates qui vous agréent.

Je vous prie de croire, Monsieur le Professeur, en l'expression de ma considération très distinguée.

Françoise VANRIET
Secrétariat de la C.U.D.

c.c. à Mme N LEJEUNE

Annexe 10 : P... ers sur les travaux scientifiques effectués par Omar Diouf au CERAAS et au LPAV dans le cadre d'une thèse

Répartition de la matière sèche accumulée et élaboration du rendement en conditions de nutrition azotée et d'alimentation hydrique variées.

Introduction

La production des céréales au Sahel, en particulier du mil, est fortement liée à l'interaction entre la disponibilité en eau et en azote des sols. L'approche de la compréhension des mécanismes physiologiques et biochimiques qui sous-tendent l'adaptation de la culture dans ces conditions passe d'abord par l'évaluation du déterminisme de l'élaboration du rendement. ... travail a pour objectif de déterminer les variations du rendement ... en relation avec les effets ... la disponibilité en eau et en ... sur la répartition de la matière sèche.

Matériel et méthode

La variété de mil souna III ... cultivée en sol « dior », sableux ... pauvre en azote. Le dispositif est en ... avec 3 répétitions. Les deux facteurs étudiés sont : le régime hydrique avec 2 niveaux (évapotranspiration maximale [ETM] par irrigation de complément et régime pluvial strict [PLU]) et la fertilisation azotée avec 3 niveaux (**F0** sans apport d'azote, **F1** avec 17.125 kg N/ha, **F2** avec 68.5 kg N/ha) soit 6 traitements (**F0ETM**, **F1ETM**, **F2ETM**, **F0PLU**, **F1PLU** et **F2PLU**). Chaque semaine la consommation en eau ETR est déterminée dans chaque parcelle à partir de la mesure de l'humidité à la sonde à neutrons. De même, trois pieds sont prélevés par parcelle pour la détermination de la matière sèche et de la teneur en azote des différentes parties aériennes (tiges, feuilles, épis, grains).

Résultats et discussions

Au cours du cycle, les consommations en eau (ETR cycle) entre les deux régimes hydriques sont significativement différentes (P 0.05). Mais, au sein d'un régime hydrique, il n'existe pas de différence entre les ETR en fonction des doses d'azote. Les rendements en grains ne sont pas significativement différents mais présentent de grands écarts résiduels. La perte relative de rendement grains (PRRG) est cependant plus élevée pour F2 (37%) comparativement aux autres traitements (24%). La différence entre la matière sèche totale (MST) à la floraison et celle à la maturité (récolte) montre que le pourcentage de matière sèche totale accumulée après la floraison augmente en fonction de la dose d'azote en condition ETM et est significativement corrélé au rendement en grain (P 0.05, r² = 0.93). En condition pluviale, cette relation n'existe pas à cause de la forte réduction du % MST post-florale de F2. En effet, plus la dose d'azote est élevée plus le déficit hydrique affecte le % MST post-florale. Ainsi, le % MST post-florale de F2 a été fortement diminué (42.7% à 5.8%) alors que celui de F0 a été favorisé (15.1 à 31.7). La translocation ou remobilisation de matière sèche vers les grains augmente avec les doses d'azote en condition pluviale et diminue en condition ETM. L'efficience de la translocation de MS (ETMS) varie de la même manière. Ces résultats traduisent le fait qu'en ETM la remobilisation de la matière sèche vers les grains participe de façon signifiante à l'élaboration du rendement en grains de F0 (33.2%). Alors que l'élaboration du rendement en grain de F1 et F2 (ETM) est presque entièrement assurée par le transfert des assimilats nouvellement photosynthétisés grâce au maintien d'une production élevée de MS post-florale. En condition de déficit hydrique, le % MST post-florale de F2 étant fortement affecté, la remobilisation de la matière sèche déjà accumulée intervient pour une bonne proportion dans l'élaboration du rendement en grain. Il est à noter que le faible % MST post-florale de F2 pourrait être dû à une perte importante de feuilles consécutive à une sénescence plus marquée mais aussi à une remobilisation de la MS aérienne vers les racines.

Conclusion

En conditions d'alimentation hydrique égales, la fertilisation azotée ne semble pas influencer le TSAT et l'ETR. Par contre la fertilisation agit en interaction avec le régime hydrique pour modifier les processus de production et de répartition de la matière et par conséquence l'élaboration du rendement. Le taux de remobilisation et surtout celui de la production de MST post-florale sont les paramètres les plus déterminants et varient en sens inverse en fonction du régime hydrique et du niveau en azote. F1 semble ainsi présenter, dans ces conditions, le meilleur équilibre entre ces deux paramètres.

Tableau 1 :

Eau x Azote	MST (t/ha)		%MST post-flor.	Grains (t/ha)	PRRG (%)	TMS (kg/ha)	ETMS (%)	TSAT cycle (%)	ETR cycle (mm)
	Flor.	Récolte							
ETM - F0	4.82	5.68	15.1	1.66		1600	33.2	73.05	338.83
ETM - F1	4.05	6.62	38.8	2.09		180	4.4	74.31	319.31
ETM - F2	4.82	8.41	42.7	2.36		100	2.1	77.18	340.23
PLU - F0	3.99	5.81	31.7	1.26	24.1	340	8.5	63.35	289.5
PLU - F1	5.56	7.23	23.1	1.58	24.4	840	15.1	62.65	297.34
PLU - F2	5.64	5.99	5.8	1.48	37.3	1920	34.0	61.45	291.8

Effets du prélèvement et de la répartition de l'azote en conditions de nutrition azotée et d'alimentation hydrique variées.

Introduction

Ce travail a pour objectif de déterminer d'une part si le rendement en grain était relié au prélèvement, à la répartition et à l'efficience d'utilisation de l'azote, et d'autre part de caractériser l'influence des conditions de nutrition et d'alimentation hydrique sur ces paramètres.

Matériel et méthodes

Le matériel et les méthodes ont été décrits précédemment. Néanmoins, il est nécessaire de définir les paramètres utilisés dans l'azote de la plante et ses composantes du rendement à savoir l'efficience d'utilisation de l'azote, l'EUN (MS/N total) l'indice de récolte de l'azote (IRN (N grain/N total) ; la translocation de l'azote, l'TN (N total prélevé avant floraison - N total paille à la maturité) ; l'efficience de la translocation de l'azote, l'ETN (TN/N total prélevé avant l'anthèse) x 100. La teneur en azote a été déterminée par la méthode Kjeldahl.

Résultats et discussions

Le taux d'azote total prélevé augmente régulièrement jusqu'à la floraison (65 jas). Le prélèvement durant la période post-florale continue mais de façon moins régulière (figures 1 et 2). La quantité d'azote prélevé augmente avec les doses d'azote et le déficit hydrique n'a pas beaucoup affecté l'azote total prélevé en fin de culture (tableau 1). Il a induit cependant, en fonction du traitement azoté, une variation dans le prélèvement de l'azote durant les différentes phases de croissance. Le % N post-floral se trouve ainsi plus élevé pour F1 et F0 respectivement en conditions ETM et pluviale. L'ETN négative de F1 ETM traduit un gain d'azote à la récolte au profit de la paille en absence de remobilisation de l'azote vers les grains. Le rendement azote grain est ainsi assuré essentiellement par le % N post-floral prélevé. Par contre F1 présente une ETN plus élevée en condition de déficit hydrique. Le rendement en azote grain (figures 3 et 4) de la récolte reflète fortement celui de la MS grain. F1PLU et F2PLU ne sont pas différents mais sont statistiquement (P 0.05) supérieurs à F0. Il ressort de ces résultats que le rendement en azote grain est plus corrélé aux proportions relatives du % d'azote post-floral et de l'efficience de la translocation de l'azote qu'à l'azote total prélevé. Par ailleurs, l'IRN et l'EUN restent moins influencés par les conditions environnementales.

Conclusion

Les besoins hydriques étant satisfaits, l'absorption de l'azote conditionne la croissance du mil. Ainsi, les rendements aussi bien en grain qu'en azote grain augmentent avec la quantité d'azote absorbé et la dose d'azote appliquée. En condition de déficit hydrique (modéré dans notre cas), la quantité d'azote absorbé augmentent aussi avec la dose d'azote appliquée sans une augmentation concomitante des rendements en grains et en azote grain. F1 tend ainsi à exprimer un rendement (grain et azote) plus ou aussi élevé que F2. Ces résultats conduisent à affirmer qu'en condition de déficit hydrique la proportion d'azote prélevé et non assimilé (non transformer en acides aminés ou en protéines) augmente avec la forte dose d'azote. Ce qui traduit soit la non disponibilité de l'azote nitrique (vacuolaire) intervenant dans l'ajustement osmotique soit une diminution plus marquée de l'activité des enzymes des voies métaboliques de la nutrition azotée. La confrontation des concepts biochimiques avec les aspects agronomiques devrait conduire à préciser les mécanismes élémentaires qui s'intègrent dans la physiologie de la plante entière pour participer à l'élaboration du rendement.

Tableau

Eau x Azote	NT (kg/ha)		N post-flo (kg/ha)	%N post-floraison	TN (kg/ha)	ETN (%)	IRN (%)	EUN (kg/kg)		
	Floraison	*Récolte*						Floraison	*Récolte*	
								MST	MSP	Grain
ETM - F0	85.18	93.47	8.28	8.8	30.54	33.82	42	56.85	61.22	17.74
ETM - F1	70.3	126.53	56.23	44.4	-4.98	-7.05	40	57.63	51.78	16.39
ETM - F2	108.22	143.86	35.64	24.8	30.14	24.8	46	44.78	58.09	16.29
PLU - F0	74.84	92.34	18.15	19.8	13.2	13.69	34	53.09	63.39	13.66
PLU - F1	96.53	140.16	43.78	32.5	31.71	32.25	40	57.46	64.87	14
PLU - F2	113.22	128.76	15.53	12.1	29.10	25.24	34	49.55	46.54	11.32

Fig. 1 Évolution [illegible] absorbé en [illegible]

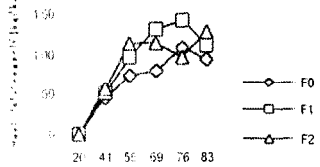


Fig. 2 Evolution de l'azote absorbé en conditions de déficit hydrique

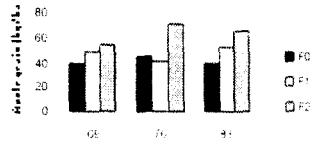


Fig. 3 [illegible] en conditions ETM

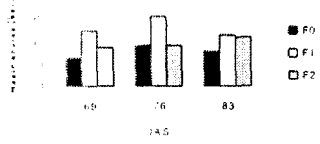


Fig. 4 Evolution du rendement azote grains en conditions de déficit hydrique

Approche biochimique de l'interaction eau x azote

Introduction

Chez les céréales la production d'azote protéique dépend presque exclusivement de l'azote nitrique. L'assimilation du nitrate est assurée par une chaîne de réactions enzymatiques qui aboutit à la formation de glutamine et de glutamate. Ces deux acides aminés vont fournir l'azote à la totalité des acides aminés nécessaires à la synthèse protéique. La compréhension des voies métaboliques de cette nutrition azotée permet d'améliorer les critères de sélection variétale et la recherche de conduites culturales adaptées. Dès lors, l'objectif de ce travail est de caractériser l'effet de l'interaction eau x azote sur l'activité de deux enzymes clé impliquées dans l'assimilation de l'azote, la nitrate réductase et la glutamine synthétase.

Matériel et méthodes

Les échantillons lyophilisés ont été obtenus à partir d'une expérimentation conduite en entre saison avec deux périodes de stress hydrique, en début et en fin de cycle. Le dispositif expérimental est parcil à celui décrit précédemment. La méthode *in vitro* (Hageman et a. 1980, Robin *et al.* 1983) a été utilisée pour le dosage de l'activité nitrate réductase (ANR) et celui de la glutamine synthétase (AGS) a été inspiré par la méthode de Rhodes *et al.* (1975).

Résultats et discussions

Stress en début de cycle. Après deux jours de stress, les ANR de F1 et F2 (figure 1) ne sont pas différentes mais sont significativement supérieures à celle de F2 ($P<0.05$). Au bout de 15 jours de stress, l'ANR de F2 s'annule alors que celles de F0 et F1 ont diminué fortement par rapport aux témoins. Pendant ce temps, on observe comparativement aux témoins une augmentation de l'AGS (figure 3) même après 19 jours de stress.

Stress en fin de cycle. Après 5 jours de stress, les ANR ne sont pas différentes mais sont significativement supérieures à celles des témoins (figure 2). Au 8ème jour l'ANR de F1 continue à augmenter et présente une valeur nettement supérieure ($P<0.05$) à celles des autres traitements. L'ANR de F2 a été réduite par rapport au 5ème jour mais reste supérieure à celle du témoin. Par contre l'ANR de F0 a fortement diminué comparativement au témoin. Parallèlement, l'AGS est restée équivalente à celles des témoins pour F1 et F2 après 11 jours de stress avec AGS de F1 significativement supérieure à celle de F2 (figure 4). Pendant cette période l'AGS de F2 a significativement augmenté par rapport au témoin.

Ces résultats montrent que l'ANR est variable en fonction de la période d'intervention du déficit hydrique au cours du cycle. L'ANR est fortement affectée en début de cycle et stimulée en fin de cycle surtout pour F1. L'AGS est nettement moins sensible quelque soit la période de déficit hydrique. Elle manifeste même une augmentation surtout en début de cycle. Cette augmentation est plus marquée pour F0.

Conclusion

A travers ces résultats la nitrate réductase apparaît comme l'étape limitante de l'assimilation du nitrate (Hageman, 1967, Harel *et al.*, 1977). La variabilité de l'évolution de son activité dans les deux phases de déficit hydrique suggère une régulation par activation et inactivation (Gandhi et al., 1973). Il est aussi probable que cette régulation soit due à une augmentation de la concentration en nitrate (cas F2) qui aurait un effet dépressif (Mattas et Pauli, 1965) ou des phénomènes de dégradation et d'inhibition de synthèse. Cependant cette régulation peut aussi dépendre de l'effet du déficit hydrique sur l'assimilation du carbone en vertu de l'interdépendance entre les deux processus (d'où l'étude de la rubisco et la PEPcase en cours). A travers la voie du cycle GS/GOGAT, le maintien ou l'accroissement de l'AGS observé permet l'assimilation du NH_3 directement absorbé ou la réassimilation du NH_3^+ régénéré (Seith et al., 1994), évitant ainsi l'effet toxique de l'accumulation de NH_3 (Mehrer et Mohr, 1989).

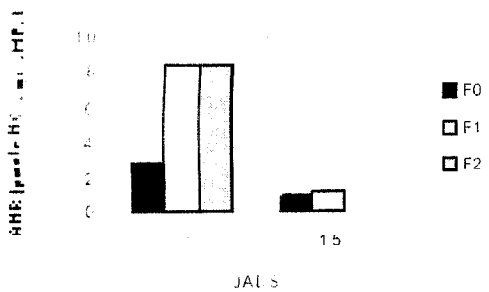


Fig. 1 Activité nitrate réductase et déficit hydrique de début de cycle

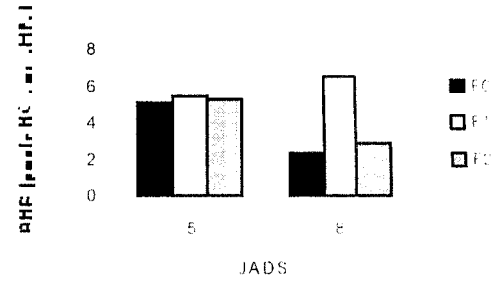


Fig. 2 Activité nitrate réductase et déficit hydrique de fin de cycle

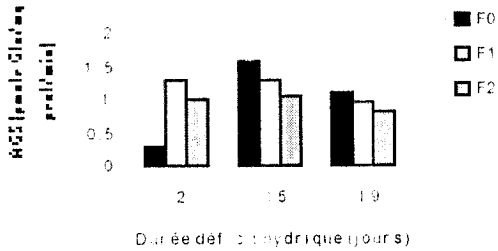


Fig 3. Activité glutamine synthétase et déficit hydrique de début de cycle

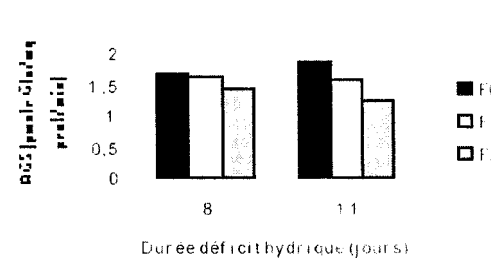


Fig 4. Activité glutamine synthétase et déficit hydrique de fin de cycle