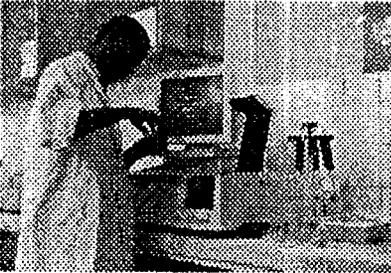


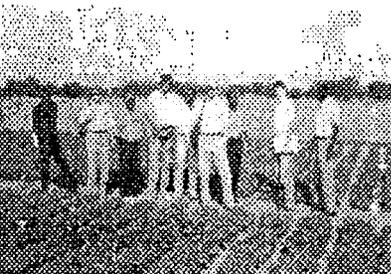


Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de
l'Adaptation à la Sécheresse

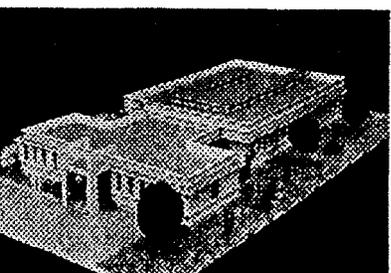


Commission des
Communautés Européennes
DGXI I

Contrat n° TS3-CT93-0215



*Physiologie de l'adaptation à la
sécheresse et création varié tale
pour les régions sèches*



RAPPORT ANNUEL 1996

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION	2
Organisation du projet	2
Position du CERAAS	2
Financement du projet	3
Développement institutionnel	3
ADMINISTRATION ET FINANCES	5
Gestion du projet	5
Financement STD 3	5
Personnel	5
SERVICES D'APPUI	6
Informatique	6
Biométrie	7
Documentation	8
Service d'exploitation	9
ACTIVITES SCIENTIFIQUES	10
Généralités	10
Recherche	10
Physiologie et agrophysiologie	10
Biochimie/génétique	24
Formation par la recherche	24
Ateliers/séminaires/symposiums	30
Relations et partenariat	32
Missions et Visites	34
PERSPECTIVES	34
Installation à Thiès	34
Formation diplômante	34
Préparation du FED 8	35
Liaison DG XII - STD (CE)	35
ANNEXES	36

INTRODUCTION

Dans les pays situés en zone soudano-sahélienne, la sécheresse est un des principaux facteurs responsables de la baisse de production agricole, du niveau de vie et de santé des populations. Depuis plusieurs années, ces pays associent leurs efforts, surtout dans le domaine de la recherche, afin de s'assurer une sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte que ce projet de physiologie de l'adaptation à la sécheresse et création variétale pour les régions sèches a été élaboré. Il est financé par le CE/DGXII dans le cadre du programme STD 3. Son objectif global est de contribuer à l'amélioration de la production agricole vivrière des PED en zones sèches par la création des espèces cultivées à forte valeur économique mieux adaptées à la sécheresse.

Organisation du projet

Le Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS) situé au Sénégal coordonne ce projet avec comme partenaires : le Laboratoire de Biochimie et de Physiologie de l'Adaptation Végétale (LBPAV) de l'Université de Paris 7 le Laboratoire de Physiologie Végétale (LPV) de l'Université Libre de Bruxelles et le Département de Physiologie Végétale (DPV) de l'Estação Agronomica Nacional d'Oeiras au Portugal. Les aspects de recherche traités par chaque partenaire sont les suivants :

- Le LBPAV conduit des recherches sur les aspects cellulaires et moléculaires de la tolérance à la sécheresse.
- Le LPV étudie les effets de la sécheresse sur l'organisation et le fonctionnement de la photosynthèse.
- Le DPV étudie les mécanismes biophysiques de l'adaptation à la sécheresse.
- Le CERAAS conduit des recherches portant à la fois sur les aspects agronomiques, physiologiques et génétiques de l'adaptation à la sécheresse.

Le CERAAS accueille également les chercheurs des institutions partenaires des PED et d'Europe pour des séjours de recherche ou de formation à la recherche. L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est la principale espèce étudiée au CERAAS. L'expertise acquise sur cette plante, a été utilisée dans les recherches sur d'autres espèces comme niébé (*Vigna unguicula* L. Walp.) dans les institutions des PED et d'Europe, en partenariat avec le CERAAS.

Position du CERAAS

Pour faciliter la mise en place de programmes de sélection et de création variétale adéquats afin d'améliorer le développement agricole en zones sèches, Il s'agit de :

- améliorer les connaissances sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à des espèces cultivées en zones sèches pour identifier des critères stricts de sélection ;
- 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, 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 contrainte hydrique rencontrées dans chaque situation.

Le projet vise à renforcer les capacités de recherche des équipes des institutions des PED par le développement d'actions conjointes et coordonnées à une échelle régionale. Il permet d'apporter ainsi un appui direct à l'amélioration des programmes nationaux de création variétale avec un transfert des concepts et méthodes en direction des PED.

Les résultats acquis à travers la conduite des recherches et de la formation par la recherche dans ce projet sont déjà appliqués par plusieurs laboratoires des PED, dans des programmes nationaux de sélection variétale. Les nouveaux matériels adaptés à la sécheresse sont vulgarisés et les modèles de fonctionnement de culture en conditions de sécheresse sont exploitables dans des outils de prévision agricole et alimentaire pour l'aide à la décision.

Une importante Communauté scientifique africaine travaille à l'échelle régionale, de manière conjointe et coordonnée. Elle est maintenant parfaitement reconnue et intégrée dans la communauté scientifique internationale, à travers notamment le développement d'un partenariat d'excellence entre les chercheurs des laboratoires des PED et ceux des institutions du Nord. L'accueil des collaborateurs, la formation de jeunes chercheurs, l'organisation d'ateliers et de colloques ainsi que la publication d'articles et d'ouvrages scientifiques, illustrent les efforts déployés par le CERAAS dans ce domaine de l'adaptation des végétaux à la sécheresse.

Financement du projet

Les recherches du CERAAS et de ses partenaires scientifiques pour ce projet sont financées par la CE/DGXII dans le cadre de son programme STD 3. Cette initiative est également soutenue par la France et plus récemment par la Belgique. Grâce à ces projets scientifiques en partenariat, le CERAAS coordonne les activités scientifiques de laboratoires de recherche des pays du Sud ainsi que des institutions du Nord dans le domaine de l'adaptation des plantes à la sécheresse.

Afin d'adapter la capacité d'accueil scientifique et technique aux importants besoins régionaux en recherche exprimés dans le domaine de la sécheresse, l'UE dans le cadre du FED 7 Régional a accepté de financer le projet de renforcement du CERAAS, élaboré sous la tutelle de la CORAF et du CILSS. Le développement et l'élargissement des collaborations établies avec les équipes des organismes de recherches nationaux, régionaux ou internationaux sont aussi pris en compte à travers l'extension du dispositif en place.

Ce projet qui a démarré en janvier 1995 constitue une phase de mise en place du dispositif et de démarrage des activités sur une période de deux ans (1995-1997). L'actuel laboratoire du CERAAS à Bambey a été légèrement réhabilité. Les structures d'hébergement, notamment le centre d'accueil du CNBA et cinq maisons d'experts ont été remises en état. La capacité maximale d'accueil du CERAAS passe ainsi de 16 mois/chercheurs/an à 30 mois/chercheurs/an.

La construction d'un nouveau laboratoire dans l'enceinte de l'ENSA à Thiès a démarré en octobre 1996. Le bâtiment devrait être livré en mai 1997, conformément au délai contractuel. Une nouvelle serre a également été montée dans l'enceinte de l'ENSA à Thiès. Ceci rentre dans le cadre de la coopération avec l'ULB, financée par la Belgique

A partir de ce dispositif, une stimulation et une coordination des efforts de recherche engagés dans le domaine de l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées devraient ainsi contribuer à faciliter le transfert des nouvelles technologies en direction des PED et à favoriser l'émergence de solutions réalistes.

Développement institutionnel

Les responsables des institutions de recherche avaient formulé, lors de la plénière de la CORAF organisée en mars 1996 à Brazzaville, leur souci de voir les efforts engagés au CERAAS en matière de recherche et de formation, s'exprimer de manière lisible dans l'affichage de l'expertise et des compétences de leurs équipes. Ils avaient pour cela clairement soutenu l'initiative présentée par le CERAAS, de renforcement du partenariat permettant d'ouvrir les actions vers une formation diplômante (Rapport de la IXe Réunion Plénière de la CORAF, du 18 au 23 mars 1996, Brazzaville Congo).

Pour cela, le CERAAS, la CORAF, l'ISRA, l'ENSA de Thiès et l'UCAD ont entamé des négociations qui se sont concrétisées par un accord d'exploitation des acquis scientifiques du CERAAS pour la création de deux formations supérieures ouvertes à la région. Il s'agit d'un cycle de spécialisation aux sciences de l'ingénieur (6 mois), et d'un DEA spécialisé dans le domaine de [adaptation des végétaux à la sécheresse

Le campus de l'ENSA à Thiès a été choisi comme le site autour duquel les efforts des différentes institutions et de leurs équipes s'articuleront. Afin de donner rapidement corps à ces initiatives et pour afficher clairement la volonté de la communauté scientifique du Sénégal d'ouvrir dans ce domaine son expertise à la région, ces institutions ont communément accepté le 18 janvier 1996, que le nouveau laboratoire du CERAAS soit construit dans le campus de l'ENSA (annexe 1). Cette décision a eu une forte portée nationale car elle jette les premières bases opérationnelles du SNRA maintenant en cours de constitution au Sénégal.

Par ailleurs, la CORAF, le CILSS, l'ISRA et le CERAAS ont poursuivi la réflexion sur les conditions nécessaires à l'amélioration du cadre institutionnel du CERAAS et à sa durabilité, au bénéfice de l'ensemble des institutions membres. Cette réflexion a abouti à la signature d'un protocole d'accord entre l'ISRA et la CORAF le 17 décembre 1996, qui place maintenant le CERAAS sous la seule tutelle de la CORAF (annexe 2). Cet accord prévoit le maintien de relations précises entre le CERAAS et l'ISRA, dont notamment la prise en compte par le CERAAS des priorités nationales fixées par l'ISRA dans le domaine de l'amélioration de la production en zones sèches.

ADMINISTRATION ET FINANCES

Gestion du projet

Le CERAAS est géré depuis 1995 de manière autonome. Durant l'année 1996, une part importante du travail de la direction du projet a consisté à renforcer le fonctionnement du système de gestion.

L'informatisation complète du système de gestion du CERAAS a été lancée. Elle a bénéficié pour cela d'un réseau informatique installé au CERAAS, grâce à l'appui du CIRAD.

Sur la base des premiers résultats obtenus, l'ISRA a identifié le CERAAS comme un site pilote pour ses propres initiatives dans ce domaine, et lui a confié l'animation de son groupe d'étude et de travail sur le système informatisé de gestion (GETSYG)

Ces études ont abouti à la définition et à l'adoption des procédures de gestion améliorées pour :

- un suivi fiable de ressources et de dépenses jusqu'au niveau simple de l'activité (annexe 3) ;
- une préparation optimisée des mémoires de remboursement ;
- une remontée précise et en temps réel des situations financières et comptables.

Financement STD 3

Débuté en 1994, ce financement prend fin en janvier 1998. Pour un budget initial d'environ 271 197 146 CFA, il est exécuté en fin 96 pour la somme de 169 450 860 CFA soit 62,48%.

Le processus d'alimentation du CERAAS, en transitant par l'Université Paris 7, s'est révélé extrêmement lent et par conséquent ralentit l'exécution des activités du projet. Il sera avantageux de reprendre le système d'alimentation direct. D'autant plus que le CERAAS a déjà mis en place un système de gestion amélioré.

Personnel

L'évolution du personnel du CERAAS s'est faite de manière progressive en réponse à l'expression réelle des besoins. Chaque poste a préalablement fait l'objet d'une analyse précise de profil. L'équipe scientifique a été renforcée par le recrutement de deux chercheurs sénégalais, les Docteurs Benoît Sarr et Macoumba Diouf, et d'une assistante de recherche sénégalaise, Mademoiselle Ndèye Ndack Diop.

La coopération française a donné suite à la demande du CERAAS en lui affectant

un poste de CSN biométricien.

Monsieur David Boggio, diplômé en agronomie est ainsi arrivé au CERAAS en février 1996 après avoir été identifié et brièvement formé par l'URBI du CIRAD/CA

La coopération belge a aussi affecté un expert spécialisé en cultures hors-sol et en système d'information géographique. Il s'agit de Monsieur Réginald Guissard de l'ULB qui a pris fonction au CERAAS au début de l'année. Cet expert avait été identifié et en partie formé grâce à des stages effectués au CERAAS.

Le secrétariat a été réorganisé avec le remplacement de la secrétaire de direction et le recrutement d'une assistante de direction.

L'équipe technique a également été renforcée. L'équipe du CERAAS est maintenant composée de 31 personnes, dont 11 chercheurs et 8 techniciens (annexe 4). La majeure partie du personnel est recrutée dans le cadre des contrats à durée déterminée (Cdd). Le salaire des agents de l'ISRA affectés au CERAAS est reversé à l'ISRA. Il est aussi prévu de compléter ce dispositif dans le domaine de l'information scientifique et technique

SERVICES D'APPUI

informatique

Les principaux domaines d'activités du service informatique sont les suivants :

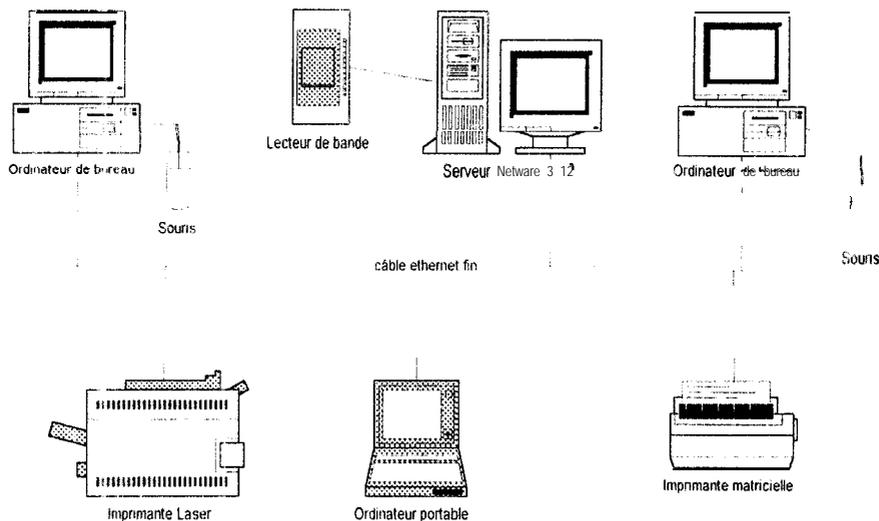
- formation aux logiciels bureautiques, analyses de données, présentations etc
- gestion courante du matériel et des logiciels ;
- encadrement des stagiaires.

Des activités spécifiques ont été menées en 1996. Il s'agit notamment :

- du renforcement du parc machine et la mise en place du réseau informatique Novell Netware 3.12 (un schéma synoptique du réseau est proposé ci-dessous) ;
- du choix et de l'installation des logiciels de la gestion comptable et de la comptabilité matière du CERAAS ;

- des développements informatiques internes de gestion (du personnel permanent, de la main d'oeuvre temporaire, des ordres de missions, des proformas et des bons de commande) ainsi que du développement des modèles de simulation de développement et de production de cultures.
- de la réalisation d'un serveur WEB pour le CERAAS.

Le réseau du CERAAS



Biométrie

Le développement d'une expertise en biométrie-statistiques au CERAAS a permis d'améliorer la qualité scientifique des activités de recherche engagées

Formation et appui

Les stagiaires accueillis au CERAAS suivent une formation aux méthodes statistiques. Ceci leur permet de valoriser au mieux leur séjour par l'apprentissage de techniques et l'exploitation approfondie des données. Plusieurs départements de l'ISRA ont sollicité un appui en biométrie pour la mise au point des protocoles expérimentaux, et le traitement des données récoltées, dans des domaines aussi variés que l'agronomie, la malherbologie, la zootéchnie. Plusieurs techniques ont été utilisées, depuis les expérimentations en station de recherche jusqu'aux enquêtes en milieu paysan

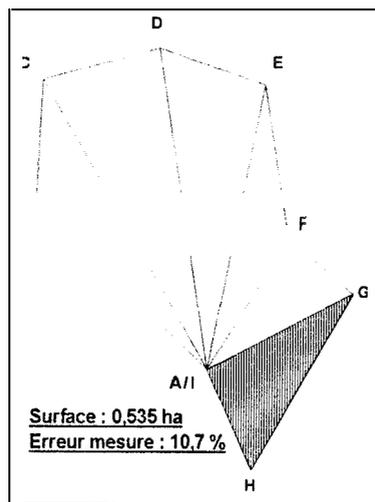


Présentation de techniques d'échantillonnage au cours de l'atelier CERAAS-CNBA (déc. 1996)

Développement d'outils et étude des informations pour le SIG

Des outils informatiques ont été mis au point pour le traitement des données récoltées pour le Système d'Information Géographique (SIG) appliqué à la prévision agricole. La qualité et la vitesse de mesure des

superficies emblavées sur le terrain par arpentage ont été accrues par le développement d'outils informatiques de correction des informations en temps réel.



mesure des superficies par arpentage: calcul et estimation d'erreurs

Certains protocoles d'échantillonnage ont été évalués et ceux qui ne répondaient pas aux objectifs de précision de l'information ont été modifiés. L'étude de la structuration spatiale des données a conduit à identifier les fonctions géostatistiques et leurs paramètres, permettant ainsi un ajustement de l'interpolation des données sur le département pilote de Diourbel.

Techniques de modélisation des cultures

Quant aux spéculations, pour lesquelles les modèles de simulation sont en cours de développement, l'accent a été mis sur la simplification des équations et à la souplesse du fonctionnement, pour permettre une adaptation à plusieurs conditions

d'utilisation. Cette démarche a également été adoptée pour les évolutions en cours du modèle de simulation du bilan hydrique de l'arachide ARABHY.

Le module de reparamétrisation automatique du modèle ARABHY a fait l'objet d'une étude théorique. Celle-ci a conduit à la mise au point d'un algorithme informatique, préalable à la réalisation du module en 1997.

Documentation

La documentation du CERAAS a été réorganisée cette année et fait l'objet d'une gestion informatisée.

Documents	Nom	Nouve
	bre	autés
	déc.	96
	96	
Documentation scientifique		
Ouvrages	79	7
Revue	5	0
Articles Biblio	417	70
CERAAS *		
Thèses, mémoires	33	4
Rapports	67	24
Rapports de mission	75	12
Publications	Q	5
CERAAS		
Colloques	14	6
Bibliographies	6	1
Articles de presse	219	21
Posters	8	8
Photos	700	350
Usuels	4	2
Documentation administrative		
Rapports	21	8
Rapports CERAAS	12	3
Information, Communication		
Bulletins d'informations	22	9
Rapports d'activités d'organismes	18	5
Plaquettes	16	6
Plaquettes d'universités	17	14

* La "bibliographie CERAAS" est constituée d'une sélection d'articles traitant de l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse.

Une actualisation des collections a été réalisée à partir d'un inventaire et d'une classification.

Bases de Données

Deux bases de données sont actuellement disponibles : « Current Contents » et « CERAAS » sous EndNote.

La première est une base de données internationale qui permet la réception de 2000 nouvelles références sur disquettes chaque semaine. En plus de cette actualisation régulière, les CD-ROM annuels d'archives bibliographiques facilitent les recherches rétrospectives. Actuellement, 272 000 références sont consultables.

La seconde est une base créée au CERAAS qui rassemble tous les documents scientifiques de la bibliothèque et est mise à jour régulièrement. Elle comporte aujourd'hui 750 références. L'objectif à terme est de rassembler 23000 références après la saisie des sommaires des revues disponibles au CERAAS.

Publication et communication

Des photographies des expérimentations, des événements et des rencontres sont prises au CERAAS et sont par la suite archivées.

Plusieurs éditions sont réalisées au CERAAS : rapports de mission, publications, comptes-rendus d'ateliers organisés par le CERAAS et posters.

Le service s'est également tourné vers des activités de communication, en développant les relations

avec d'autres organismes de recherche ou de formation pour promouvoir le CERAAS (plusieurs articles sont parus dans des bulletins d'informations). L'idée est d'échanger des informations et d'initier de nouveaux partenariats.

Cette volonté d'ouverture vers l'extérieur s'est concrétisée également par la mise au point d'une plaquette de présentation du CERAAS

Enfin, une base de données rassemblant des renseignements sur les intervenants du CERAAS (chercheurs, stagiaires, missionnaires, partenaires) a été créée. Un annuaire sera édité lorsque toutes les informations auront été rassemblées.

Service d'exploitation

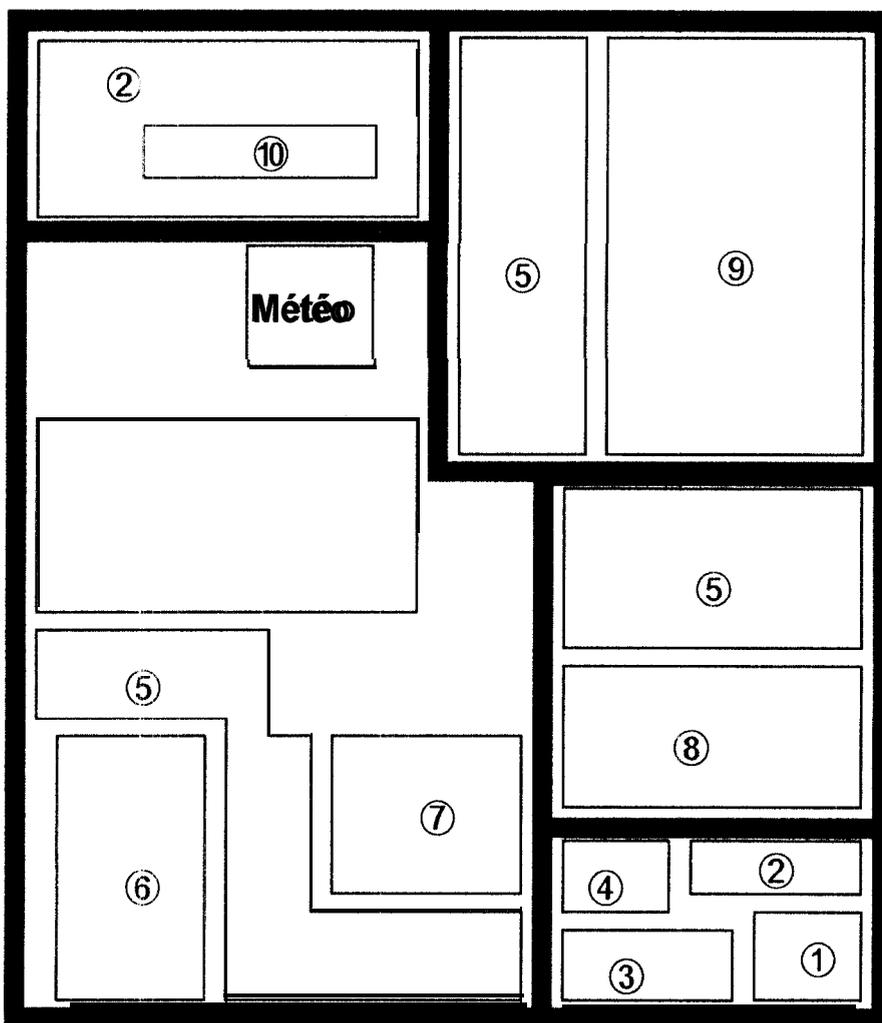
Le service d'exploitation est responsable, avec les chercheurs, de la mise en place et la conduite des essais Ses objectifs sont la rationalisation de l'utilisation des ressources matérielles et humaines et la gestion des parcelles.

Plusieurs espèces sont étudiées au champ dans des dispositifs et avec des méthodes différentes. En 1996, 13 essais ont été conduits, dont 9 en champ expérimental, 5 en milieu paysan et 4 en serre. Ils ont concerné 7 espèces (arachide, niébé, igname-haricot, mil, sorgho, coton et kenaf) dans des essais de comparaison variétale, de bilan hydrique et de tests agrophysiologiques. En tenant compte des superficies emblavées pour assurer la rotation culturale, 4.3 ha ont été cultivés en 1996.

Le service est équipé depuis 1996 d'ordinateurs permettant aux techniciens d'effectuer la saisie et le traitement préliminaire des données collectées.

Tous les coûts et les caractéristiques des interventions du service d'exploitation au champ et en serre ont été relevés. La base de données ainsi constituée fournit les informations de base permettant de budgétiser précisément les coûts de ces interventions. Cette base sera exploitée pour la programmation budgétaire en cours.

Disposition des essais de la parcelle expérimentale



Expérimentations *

- | | | | |
|---|------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Bilan hydrique niébé | 6 | Coton |
| 2 | Multiplication | 7 | Sorgho |
| 3 | Bilan hydrique pachyrhizus | 8 | Bilan hydrique mil |
| 4 | Essai multilocal pachyrhizus | 9 | Line source |
| 5 | Engrais vert | 10 | Test agro-physiologique arachide |

ACTIVITES SCIENTIFIQUES

Généralités

Les activités scientifiques du CERAAS, couvrant à la fois la recherche et la formation à la recherche, sont orientées vers le développement agricole pour l'amélioration de la production dans les régions sèches. L'animation scientifique du projet est assurée par des experts sénégalais, régionaux africains, du Cirad et belges.

L'équipe de base consacre 50% de son temps à la recherche et 50 % à l'appui et à la formation des équipes des institutions membres de la CORAF et du CILSS. Cette année, une part importante de l'activité des chercheurs du CERAAS a été mobilisée autour des questions relatives à la construction et de la mise en place du dispositif de renforcement.

L'organisation des activités scientifiques du CERAAS se poursuit autour d'une approche pluridisciplinaire, visant à renforcer la maîtrise des concepts et des méthodologies sur les différents thèmes de recherche sur l'adaptation à la sécheresse (agronomie, physiologie, génétique, sélection et modélisation du développement de culture) par les chercheurs des PED.

L'atelier de janvier "995 organisé par le CERAAS a placé en priorité le problème des interactions eau x fertilité des sols sur les niveaux de production agricole observés en zones sèches. Cette question est particulièrement importante dans le cas des pays comme le Sénégal, où la baisse de fertilité du sol est une cause majeure des baisses de rendement. Cette problématique doit être mieux étudiée afin d'intégrer ces connaissances dans les programmes de création variétale. Ceci doit être fait en continuant d'aborder la question au niveau des mécanismes physiologiques et de l'agronomie. Il convient aussi, dans le domaine de la physiologie, de poursuivre les recherches sur la biochimie de l'adaptation à la sécheresse afin d'aborder de manière moderne les problèmes de la création variétale par des techniques de biologie moléculaire.

Le CERAAS, en collaboration avec la base centre arachide (CORAF - ISRA), a organisé un atelier sur « L'arachide cultivée en zones sèches - stratégies et méthodes d'amélioration de l'adaptation à la sécheresse » à Bambey du 17 au 20 décembre 1996.

Plusieurs travaux ont été effectués dans l'ensemble des domaines étudiés au CERAAS et ont fait l'objet de 31 documents scientifiques dont 3 articles, 9 communications dans des ateliers, séminaires ou symposiums, 4 posters et 15 rapports et autres documents scientifiques (annexe 5)

Recherche

Les recherches menées sur l'arachide, la principale plante étudiée au CERAAS, s'inscrivent dans l'ensemble des priorités nationales fixées par l'ISRA. Cependant, d'autres cultures comme le niébé, le mil, l'igname-haricot et le coton sont étudiées par l'équipe de base du CERAAS. Les recherches en agronomie, en physiologie et en génétique de l'adaptation à la sécheresse font l'objet de programmes d'amélioration et de création variétale, associant plusieurs pays du Sud et du Nord. Les connaissances acquises sur l'arachide sont actuellement utilisées dans la recherche sur les autres espèces étudiées au CERAAS

Physiologie et agrophysiologie

Légumineuses à graines

Arachide

L'étude des interactions eau x fertilité des sols est abordée au regard des nombreuses connaissances acquises dans les programmes de création variétale. Pour cela, il est indispensable d'élargir la description des mécanismes physiologiques d'adaptation à la

sécheresse et des facteurs agronomiques associés dans la réponse de la culture du fait de la prise en considération du facteur fertilité des sols et de ses interactions avec la disponibilité en eau. Le maintien du confort hydrique des légumineuses est indispensable à l'expression de leur capacité à fixer l'azote. Il contribue ainsi à un rééquilibrage du bilan azote dans le sol. Le maintien de la fertilité des sols et ses conséquences sur l'amélioration du rendement des céréales dépend ainsi de l'état de fertilité de ces sols après la culture en alternance des légumineuses. Ce point est maintenant important à considérer dans le contexte de l'agriculture en zones sèches.

L'équipe s'est intéressée à caractériser le type de sol sur lequel les études sont faites au Sénégal. Des recherches sur les performances agronomiques et les mécanismes d'adaptation impliqués dans la réponse de l'arachide à la sécheresse, ont également été réalisées. Une fois le comportement agrophysiologique de certaines de ces variétés précisé, elles peuvent être alors utilisées comme plante modèle dans l'étude des interactions eau x fertilité. Les résultats de ces travaux développés au CERAAS sont exploités dans des recherches entreprises sur le programme d'amélioration de l'arachide, par les sélectionneurs de l'ISRA. L'ensemble de ces travaux trouve également une application dans les programmes de création variétale conduits par les chercheurs des institutions membres de la CORAF (réseau régional arachide). Les équipes d'Amérique du Sud (Argentine et Brésil) bénéficient également de ces résultats.

Résultats voir pages suivantes

Comportement agronomique d'une variété d'arachide cultivée sous différents régimes hydriques au champ,,

Introduction

En zones sèches l'eau et la fertilité des sols jouent un rôle déterminant dans la baisse du rendement de l'arachide. L'objectif de cette étude est de préciser le comportement agronomique d'une variété de l'arachide sous différents régimes hydriques.

Matériel et méthodes

L'étude porte sur la variété Fleur 11 (90 jours), semée avec une densité de 160 000 pieds.ha . Trois régimes hydriques à 300, 600 et 900 mm), répétés 4 fois en blocs complets équilibrés ont été comparés.

L'irrigation a été réalisée tous les 6 jours jusqu'à la floraison, puis tous les 4 jours, et arrêtée 15 jours avant la récolte. L'analyse du sol a été réalisée et un diagnostic foliaire établi 35 jours après semis. Un suivi de l'humidité du sol de la surface foliaire et de la phénologie a été réalisé. Les composantes du rendement ont été analysées à la fin du cycle.

Résultats et discussion

L'analyse du sol d'expérimentation révèle de bonnes teneurs en éléments minéraux dans l'horizon 0-20 cm contrairement à ce que t'on peut observer en parcelles paysannes. D'ailleurs, ces observations sont confirmées par le diagnostic foliaire.

A 300 mm d'irrigation, le ratio fanes/gousses (F/G) de 4.4, montre que la production de fanes est plus importante que la production de gousses et de grains. L'apport important d'eau (600 et 900 mm) ne favorise cependant pas la production de fanes au détriment des gousses (F/G ratios = 2.1). Le nombre de grains.m⁻² ainsi que le poids de 100 grains augmentent significativement avec les quantités d'eau apportées,

mais avec un effet plus marqué sur le nombre de grains (Figs 1 et 2). Le rendement potentiel en grains semés à une densité de 160 000 pieds ha⁻¹ et en conditions optimales de fertilité de sol, s'élève à 1,5 t pour 300 mm, 2,5 t pour 600 mm et 3,5 t pour 900 mm d'irrigation.

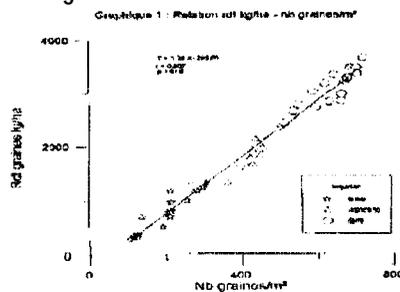


Fig. 1 : Relation entre le rendement en kg.ha⁻¹ et le nombre de grains.m⁻².

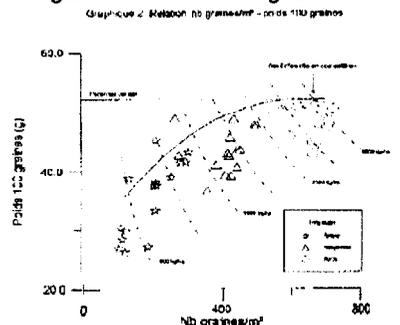


Fig. 2 : Relation entre le nombre de grains.m⁻² et le poids de 100 grains.

L'efficacité maximale de la matière sèche végétative (MSV) au moment de formation et remplissage de gousse se situe autour de 690 g.m⁻² avec une production potentielle de 730 grains.m⁻² (Fig. 3).

En absence de facteur limitant, le poids potentiel de 100 grains de 51,8 g est atteint à partir d'une MSV à la récolte de 825 g.m⁻² (Fig. 4). A 300 mm d'irrigation, la Fleur 11 produit des grains, mais elles restent de très petite taille avec un rendement au décortiquage de bons grains qui ne dépasse pas 33 %.

Conclusion

La Fleur 11 possède la particularité de produire beaucoup de fanes (4400 kg.ha⁻¹) avec un faible

apport d'eau. Cette production n'est pas améliorée par des apports d'eau supérieurs à 300 mm.

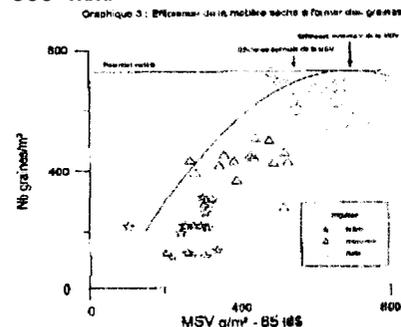


Fig. 3 : Evolution de l'efficacité de la matière sèche à former des grains.

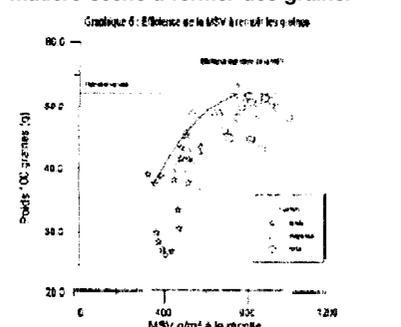


Fig. 4 : Efficacité de la matière sèche végétative à remplir les grains.

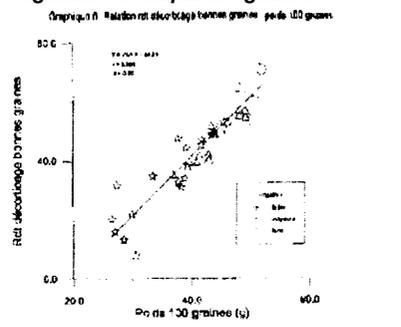


Fig. 5 : Relation entre le rendement-décortiquage de bons grains et le poids de 100 grains.

Son rendement en nombre et poids des grains est cependant sensible à la quantité d'eau apportée. Une faible apport en eau.. diminue sensiblement le rendement et la qualité de grains. La Fleur 11 peut être utilisée comme plante modèle dans des programmes de recherche autour du thème interactions eau x fertilité des sols.

Effets du déficit hydrique sur la régulation stomatique de l'arachide pendant différents stades de développement.

Introduction

Les effets d'un déficit hydrique de fin de cycle sur la régulation stomatique ont déjà été étudiés au CERAAS, L'objectif de cette étude est d'évaluer la mise en place de ce mécanisme pendant un déficit hydrique, tout au long du cycle de développement d'une variété d'arachide.

Matériel et méthodes

L'étude a porté sur la variété 55-437 (90 jours). Le dispositif expérimental comporte 5 traitements (témoin maintenu à ETM tout au long du cycle, pluvial strict (PV), déficit hydrique pendant la croissance végétative (SV), du 14 au 49 jas, la floraison Intense (SF), entre 36 et 64 jas et la formation et le remplissage des gousses (SG), du 41 au 90 jas), répétés 3 fois et disposés en blocs aléatoires. Le déficit hydrique a été appliqué par la technique des parcelles couvertes. La teneur en eau du sol a été suivie à l'humidimètre à neutrons, la conductance stomatique et la transpiration foliaire ont été mesurées au poromètre Licor 1600.

Résultats et discussions

La conductance stomatique et donc la transpiration des plantes maintenues à ETM et en conditions PV ne présentent pas de différence (Figs 1a, 1 b. 2a et 2b).

Un déficit hydrique pendant la phase SV provoque une diminution progressive de la conductance stomatique et la transpiration foliaire pour s'annuler quand la réserve utile racinaire (RUR) est égale à 30 % de la réserve utile maximale (Figs 1c et 2c).

Lors du déficit hydrique durant la phase SF, la conductance stomatique diminue et s'annule

à une RUR égale à 48 %, correspondant à la fermeture complète des stomates (Fig. 1d). La transpiration s'annule quand la RUR atteint 45 % (Fig. 2d).

Durant le déficit hydrique en phase SG, la conductance stomatique est maintenue jusqu'à une RUR égale à 36 % (Fig. 1e). A cette valeur de RUR, la transpiration est nulle (Fig. 2e).

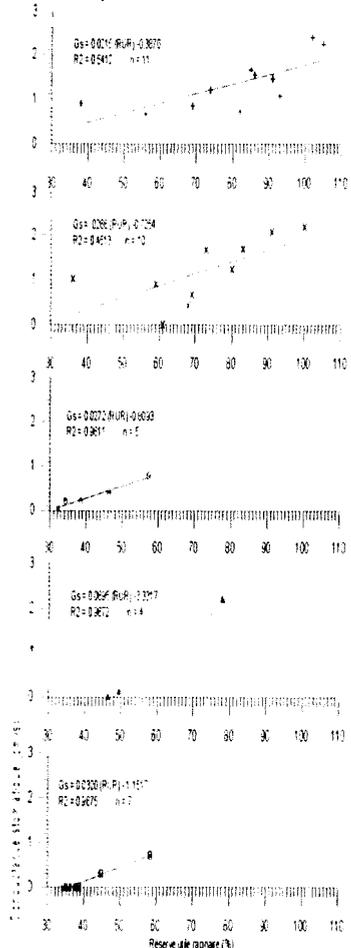


Figure 1: Relation entre la conductance stomatique (Gs) et la réserve utile racinaire sous régime hydrique normal (a), sous régime pluvial (b), et sous une sécheresse de début de cycle (c), durant une sécheresse à la floraison (d) et pendant une sécheresse de fin de cycle (e).

Conclusion

Ces résultats montrent que le déficit hydrique provoque une régulation stomatique différentielle chez le 55-437, selon le stade de développement.

Ce mécanisme est mis en oeuvre plus rapidement et les stomates se referment à une RUR plus importante, pendant le stade de floraison intense. Cette réponse traduit une gestion rationnelle d'eau pendant le stade de floraison intense. Cette stratégie assure la production des organes floraux pendant un déficit hydrique.

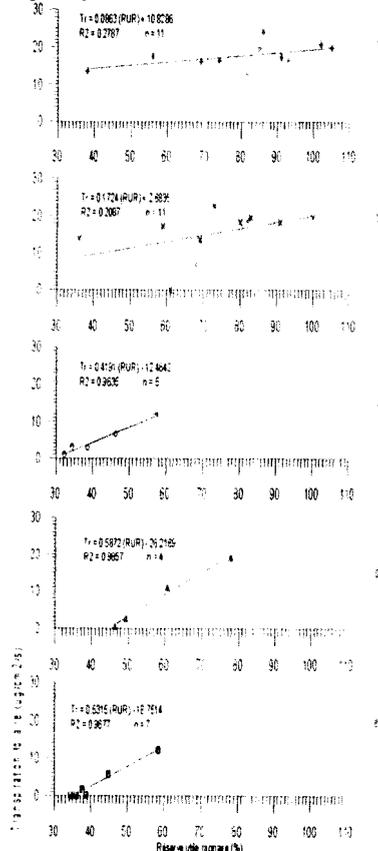


Figure 2: Relation entre la transpiration foliaire et la réserve utile racinaire sous régime hydrique normal (a), sous régime pluvial (b), lors d'une sécheresse de début de cycle (c), durant une sécheresse à la floraison (d) et pendant une sécheresse de fin de cycle (e).

L'objectif est de poursuivre ces recherches en intégrant les réponses agronomiques afin de formuler des éléments pour l'amélioration des programmes de création variétale de l'arachide en zones sèches

Niébé

Les recherches sur le niébé se développent au CERAAS. Cette espèce a été identifiée lors de l'atelier de janvier 1995 comme une plante communément étudiée par l'ensemble des partenaires.

Le niébé (plante alimentaire importante au Sénégal), manifeste des comportements en condition de sécheresse différents de ceux de l'arachide. Son étude offre l'opportunité de mener des investigations sur d'autres mécanismes physiologiques susceptibles d'être mis en oeuvre en conditions de sécheresse.

Une première étude sur la variété **Mouride**, cultivée au Sénégal, a permis de mettre en évidence l'importance de l'irrigation complémentaire pendant la saison des pluies en zones sèches. La mise en évidence des corrélations entre les réponses physiologiques et agronomiques fournira des éléments intéressants qui contribueront à l'amélioration des programmes de création variétale. L'élaboration de modèles de simulation du développement et de production de cette culture, en se basant sur ces résultats, est également envisagée au CERAAS

Résultats voir page suivante

Relevance of complementary irrigation in sustaining cowpea production in semi arid zones

introduction

A new variety of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Mouride, with a cycle of 65 days and requiring about 300 mm of rain to yield to its optimal capacity, was developed to fit into the short rainy season (mid July to September) of north central Senegal, the cowpea producing region, with annual rainfall of 400 mm. However, the uneven distribution of rainfall and high evapotranspiration rates, more often than not, induces significant soil moisture deficits at the critical phase of the crop's development. This paper the initial report of an on-going two year study, examines the necessity of complementary irrigation during the rainy season

Materials and methods

The experimental plots were completely randomized, with five water treatments (rainfed conditions only with a total rainfall of 235 mm during the period of the experiment, complementary irrigation throughout the cycle with a mean of 68 mm, complementary irrigation during vegetative growth corresponding to 46 mm, irrigation during flowering corresponding to 14 mm and irrigation during podfilling corresponding to 14 mm). replicated three times.

Results

Agrophysiological studies indicated the usual prompt and effective control of transpirational water loss during periods of dry spell for cowpea plants that did not receive complementary irrigation, resulting in the maintenance of the plant's water status.

Complementary irrigation throughout the cycle and irrigation during vegetative development caused significantly better canopy growth. Plants exposed to only rainfed conditions had higher chlorophyll, soluble sugar and total protein contents in their leaves than those that received complementary irrigation at various stages of development. The mean pod growth rates, 102 kg.ha⁻¹.day⁻¹ for rainfed plants, 112 kg.ha⁻¹.day⁻¹ for plants irrigated during flowering, and 111 kg.ha⁻¹.day⁻¹ for those irrigated during pod filling, were significantly lower than the rates in plants irrigated throughout their cycle (131 kg.ha⁻¹.day⁻¹) and during

during the vegetative phase, 55 kg.ha⁻¹.day⁻¹. The final above ground yield (Fig. 1 b) of plants irrigated throughout their cycle (3745 kg.ha⁻¹) and those irrigated during vegetative growth (3561 kg.ha⁻¹) were statistically similar, but were significantly higher than yields in rainfed plants (2492 kg.ha⁻¹). those irrigated during flowering (3119 kg.ha⁻¹) and pod filling (2561 kg.ha⁻¹). The intervening water deficit that occurred in rainfed plants and those given supplementary irrigation late in the cycle, induced increased accumulation of assimilates in the seeds (Fig. 1a).

Conclusions.

Since there were no significant

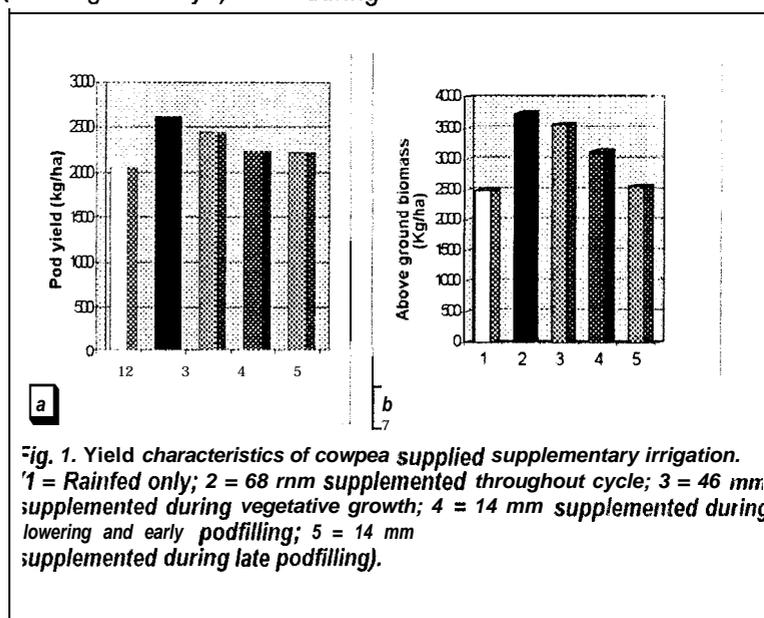


Fig. 1. Yield characteristics of cowpea supplied supplementary irrigation. '1 = Rainfed only; 2 = 68 mm supplemented throughout cycle; 3 = 46 mm supplemented during vegetative growth; 4 = 14 mm supplemented during flowering and early podfilling; 5 = 14 mm supplemented during late podfilling).

vegetative development (122 kg.ha⁻¹.day⁻¹). Crop growth rates measured during the whole plant cycle for rainfed plants, 38 kg.ha⁻¹.day⁻¹, and for those irrigated during pod filling, 39 kg.ha⁻¹.day⁻¹, were significantly lower than those irrigated during flowering, 48 kg.ha⁻¹.day⁻¹, throughout the cycle, 58 kg.ha⁻¹.day⁻¹, and

differences between plants irrigated throughout their cycle and those irrigated only during vegetative development, it is therefore plausible to give complementary irrigation only during the vegetative development of cowpea in this region. This would reduce cost and optimize production.

Légumineuses à tubercules

L'introduction de nouvelles espèces peut jouer un rôle important dans l'amélioration de la production agricole dans les PED. D'autre part, des travaux portant sur l'évaluation des ressources végétales ont mis en évidence l'intérêt des légumineuses tubérisées,

Un tel contexte a conduit le CERAAS à associer à ses recherches sur l'adaptation à la sécheresse des principales espèces vivrières, des travaux visant à augmenter la productivité d'autres légumineuses en zone sahélienne. Les recherches conduites sur le *Pachyrhizus* s'inscrivent dans le programme d'amélioration et de stabilisation de la production des espèces vivrières. L'un des objectifs spécifiques du CERAAS est d'améliorer l'adaptation du *Pachyrhizus* à la culture en zones sèches, en particulier au Sénégal ; et d'exploiter ses multiples avantages. Ce travail réalisé au CERAAS est une des composantes d'un travail plus large sur l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse du *Pachyrhizus*, entrepris dans un autre contrat n°STD 3-0115 coordonné par le Danemark (Ce projet arrive à terme en février 1997).

Le CERAAS souhaite poursuivre ces relations aussi bien avec le Danemark et les autres pays du Nord qu'avec les pays d'Afrique et d'Amérique du Sud, pour le montage d'un projet sur les légumineuses à tubercules à soumettre à la CE/FED.

Résultats voir page suivante

Pachyrhizus ou *igname-haricot*

Le *Pachyrhizus* ou *igname-haricot* est une plante utilisée notamment pour l'alimentation humaine, l'alimentation du bétail et l'effet insecticide de ses graines.

Le CERAAS conduit depuis plusieurs années des recherches sur les espèces de ce genre. Les résultats obtenus à partir des essais multilocaux confirment l'existence d'une importante diversité des réponses agronomiques de *P. erosus*. Le rendement des variétés est compris entre 10 et 63 tonnes.ha⁻¹ pour des besoins en eau à préciser. (Fig.1).

Les niveaux de production obtenus sont très encourageants et le CERAAS poursuivra les recherches en collaboration avec plusieurs pays d'Afrique (Gabon, Mali, Tchad, Burundi, Madagascar, Congo, Togo, Guinée, Guinée-Bissau, Côte d'Ivoire, Bénin, Cameroun, Nigeria, Sierra Leone).

Des recherches ultérieures auront pour objectif de déterminer les besoins en eau des espèces. *P. erosus* et *P. ahipa*, et de caractériser leurs réponses physiologiques à un déficit hydrique.

Les résultats obtenus sur l'étude de l'effet de la date de semis sur la croissance végétative et le rendement en

tubercule de 7 variétés de *P. erosus* ont démontré leur

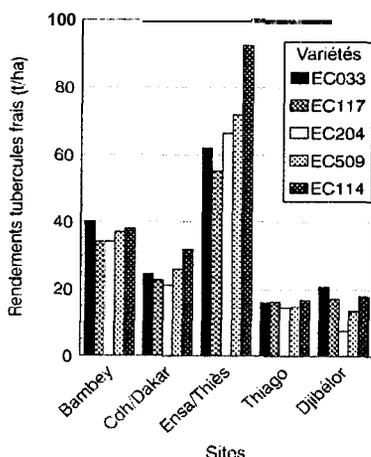


Fig. 1: Rendements moyens des différentes variétés (1994 - 1996)

grande sensibilité au photopériodisme. De mars à mi-mai, la production de fane est plus importante que la production de tubercule alors qu'à partir de mi-mai jusqu'en septembre, la production de tubercule est privilégiée. Ainsi, pour la production de fanes destinée à la nutrition animale, il est souhaitable de semer entre mars et la première quinzaine de mai, et pour la production de tubercule et de graines pour l'alimentation humaine entre mi-mai et septembre (Fig. 2).

L'étude de l'effet insecticide des graines de *fachyrhizus* a été réalisée en collaboration avec l'ORSTOM et l'ITA. Les premiers résultats montrent

que le traitement des graines d'arachide par une poudre de graines de *Pachyrhizus* dont le principe actif est la roténone, est efficace contre l'attaque des bruches (*Bruchidius sp.*).

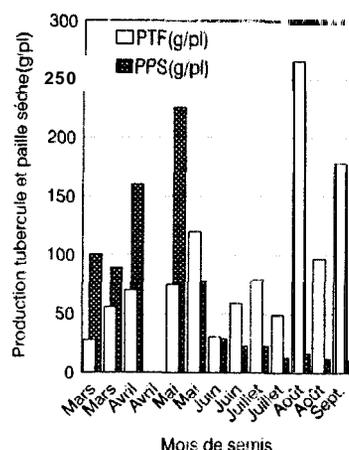


Fig. 2 : Effets de la date de semis sur la production de tubercule et de fanes de la variété EC204.

Le CERAAS envisage ainsi de promouvoir l'utilisation de ces graines par les agriculteurs pour la conservation des semences agricoles.

En ce qui concerne la transformation des tubercules à des fins alimentaires, les premiers contacts ont déjà été pris avec l'ITA qui souhaite s'associer aux recherches conduites par le CERAAS

Céréales

Mil

Au Sénégal et dans d'autres PED en zones sèches, le système de culture dominant employé est la rotation légumineuse-mil. Cette rotation avec la légumineuse permet de restaurer, au moins partiellement, un bilan azoté du sol favorable à la culture du mil.

Les premiers travaux sur la réponse du mil au champ en conditions de sécheresse à différents stades de son cycle ont été conduits en 1996.

Les principaux résultats indiquent que le mil peut supporter des périodes de sécheresse sans effets sur son rendement durant toutes les phases de son cycle à l'exception de la phase de formation et de remplissage des graines. Les données obtenues fournissent les bases conceptuelles pour la modélisation du développement de cette culture dans la région. L'objectif est de poursuivre ces recherches en intégrant l'étude des interactions eau x fertilité des sols, afin de proposer des modèles de prévision de la production céréalière au Sénégal et à d'autres pays de la région.

Résultats voir page suivante

Consommation en eau et productivité de la variété de mil Souna III (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke cultivée au champ sous différentes conditions d'alimentation hydrique

introduction

L'eau constitue l'un des principaux facteurs jouant un rôle important dans la variabilité des niveaux de rendement agricole en zone sahélienne. L'objectif de ce travail est de définir des stratégies d'utilisation optimale des ressources en eau de cette culture.

Matériels et méthodes

L'expérimentation a été conduite au champ. L'étude porte sur la variété Souna III (cycle de 90 jours). Le dispositif expérimental comporte 5 traitements (ETM cycle, ETM au cours du tallage (T1), ETM à l'épiaison-floraison (T2); ETM pendant la formation et le remplissage des grains (T3) et pluvial strict (T4)), répétés 3 fois et complètement randomisés. La saison des pluies 1996 a été caractérisée par un cumul pluviométrique de 325 mm au cours du cycle et par une sécheresse en phases végétative et formation de graines. Le bilan hydrique a été suivi à l'aide d'une sonde à neutrons. La relation ETR/ETM (TSAT) a été exploitée pour le pilotage de l'irrigation. Les mesures effectuées ont porté sur la teneur en eau du soi, la phénologie, la croissance, le développement, l'accumulation et la répartition de la matière sèche.

Résultats et discussion

Les plants du régime non irrigué ont subi un stress sévère en phase tallage (TSAT de 30 à 35 %). Ceci a cependant eu peu de répercussions sur la croissance végétative. Cette réponse confirme la bonne adaptabilité des jeunes plants de mil à la sécheresse. L'effet du déficit hydrique en phase terminale des plants soumis aux régimes

T1 et T4 a provoqué un dessèchement foliaire sévère, une réduction importante de la surface foliaire et une sénescence précoce, surtout chez les plants du régime T4, contrairement aux plants du régime ETM pendant cette phase (Figs 1 et 2).

L'action du stress hydrique se manifeste par un remplissage médiocre des épis dû vraisemblablement à des perturbations au cours de la fécondation ou à un arrêt



Fig. 1 : plants de mil en période de stress hydrique (TSA T < 60%) : importance de la mortalité du système foliaire, stade floraison mâle à formation laiteuse du grain (59 jas)



Fig. 2 : Vigueur du développement végétatif et reproducteur des plants de mil maintenus à l'évapotranspiration maximale ETM (59 jas), irrigation par système de rampes oscillantes.

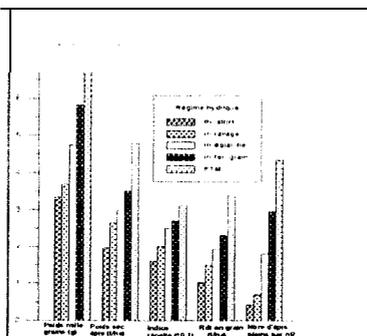


Fig. 3 : Principales composantes du rendement

d'allocation des assimilats vers les épis déjà fécondés.

Par conséquent, on assiste à une importante baisse du nombre d'épis productifs, du poids sec des épis, du poids des grains d'où un faible indice de récolte (Fig. 3).

Des corrélations entre le rendement final en grains et les composantes du rendement montrent que la baisse du rendement sous l'effet d'un stress hydrique provient essentiellement de la diminution du poids sec épis (PSE). Le poids de matière sèche des épis qui peut être suivi facilement depuis le début de la floraison, peut constituer un bon indicateur pour le suivi et la prévision des rendements agricoles.

Des différences significatives des cumuls des consommations réelles en eau entre les plants du régime ETM cycle et ceux du régimes T1, T2 et T3, n'ont pas été observées. L'efficacité de l'utilisation de l'eau est cependant nettement meilleure pour le régime T3. On peut dire que les effets de la sécheresse durant la phase végétative et, dans un degré moindre, durant la phase épiaison floraison, peuvent être limités ultérieurement grâce aux capacités de récupération du mil. L'apport d'eau par irrigation de complément est donc plus efficace pendant la formation des grains.

Conclusion

Le mil peut supporter des périodes de sécheresse sans effets majeurs sur le rendement en grains durant toutes les phases de son cycle à l'exception de la phase de formation et de remplissage des grains.

Les données obtenues constituent des référentiels pour la modélisation de la croissance et la productivité du mil en zones sèches au Sénégal.

Coton

Les études sur le coton font l'objet d'un travail de thèse conduit par un chercheur du CIRAD Jean-Marc Lacape. Ces travaux ont permis d'identifier des variétés de coton particulièrement résistantes à la sécheresse comme la variété Guazuncho, originaire d'Argentine. Cette variété précoce a la capacité de maintenir sa production florale et d'avoir une répartition de ses assimilats en faveur des parties reproductives en conditions de sécheresse. Deux indicateurs de stress, le contenu relatif en eau (CRE) et l'indice de stress de la culture, le 'crop water stress index ' (CWSI), ont été retenus pour leur stabilité et pourraient être utilisés dans la conduite des programmes de création variétale. Ce travail devra permettre de développer des bases conceptuelles pour le montage d'un programme de création variétale de coton adapté à la sécheresse pour les pays des zones sèches de la région.

Modélisation

Depuis de nombreuses années, le CERAAS a développé des compétences sur la modélisation de la croissance et de la production de l'arachide. Il est en train d'élargir cette compétence aux autres espèces, comme le niébé et le mil. D'autres connaissances ont depuis peu été intégrées dans un système de prévision agricole. Le prototype de ce système est testé depuis deux ans dans le département de Diourbel.

L'objectif est de travailler en appui au Comité National Interprofessionnel de l'Arachide (CNIA) et avec la Direction de l'Agriculture (DA), le Centre de Suivi Ecologique (CSE), l'ISRA et le CIRAD, pour le montage d'un observatoire national sur la production agricole. Ces travaux sur la modélisation ont également trouvé des applications en Argentine où le modèle ARABHY est déjà utilisé pour le pilotage de l'irrigation.

Résultats voir pages suivantes

Approche de modélisation de la croissance et de la productivité du mil (*Pennisetum glaucum*) cultivé en zone semi-aride.

Introduction

L'objectif de ces recherches est de valoriser les connaissances sur le fonctionnement d'une culture du mil à travers des outils dynamiques de modélisation.

Matériels et méthodes

Les données de base ont été obtenues à partir d'un essai au champ mené au cours de la saison des pluies 1996 à Bambey. La croissance, le développement et la productivité du mil ont été évalués sous différents régimes hydriques.

En faisant abstraction de la germination, trois phases phénologiques sont décrites ici:

- la pleine croissance végétative se traduit par l'accumulation de matière sèche aérienne entre les différents organes (feuilles, tiges, épis),
- la répartition du grain,
- la sénescence (Fig. 1).

Résultats

Les principaux facteurs explicatifs de la production de matière sèche sont le rayonnement solaire à travers la photosynthèse, la température et les conditions d'alimentation en eau. Dans ce modèle on estime l'effet thermique comme le moteur de processus de la croissance et de la productivité.

Le modèle de croissance considère que les conditions radiatives sont optimales pour la photosynthèse.

L'accumulation de la matière sèche (Ps) suit alors une fonction (Fcr) qui dépend du

$P_{stotalmax}$, A', B et D1 (somme des températures cumulées au jour j depuis le début de la phase de croissance exprimée en °C) (Fig. 2).

La sénescence débute à partir d'un certain nombre de degré-

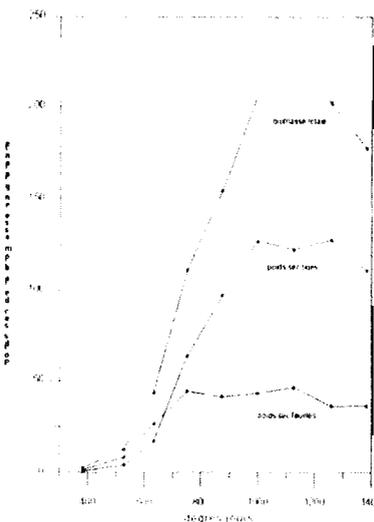


Fig. 1 Production et répartition de la matière sèche au cours de la saison 1996. Courbe moyenne du mil Souana III

jour D2. Cette sénescence suit une fonction linéaire, F_s , qui dépend de C, D et D2.

Dans le modèle de productivité, on estime que la production en grain suit une fonction linéaire (Fgr) qui dépend de E, F et D3 (somme des températures cumulées au jour j depuis le début de la formation des grains).

Les fonctions et les paramètres associés font l'objet du développement d'un modèle sous Visual Basic. Ce modèle peut être interfacé aux modules d'autoparamétrisation développés au CERAAS. Il sera validé en comparant la simulation à d'autres jeux de données d'essais réalisés sur le mil.

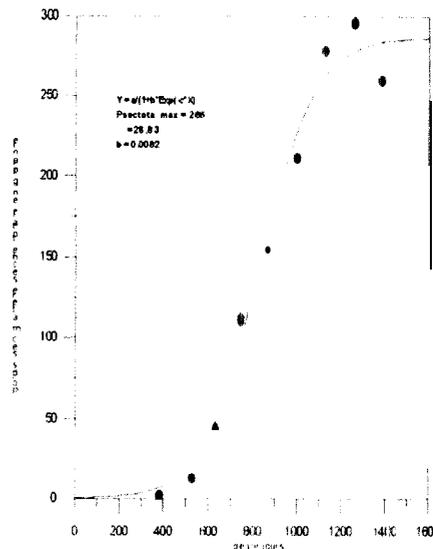


Fig. 2 Evolution du poids matière sèche totale (courbe enveloppe) en fonction de la somme des températures (Mil souana III, Hiver 1996)

Perspectives et conclusion

Ces premiers résultats offrent de bonnes perspectives pour la mise au point d'outils de suivi et de prévisions de la production milicole dans les zones semi-arides du Sénégal.

¹ Les coefficients A, B, C, D, E, F sont des paramètres variétaux déterminés par par régression. $P_{sectotalmax}$ est le poids sec total maximum par plante (en g/plante), c'est une constante variétale.

Amélioration des méthodologies de suivi de campagne agricole : intégration des outils de modélisation dans un système d'information géographique (SIG).

Les outils de modélisation développés au CERAAS permettent d'améliorer les techniques de suivi de campagne agricole par des évaluations en temps réel de l'état des cultures et une optimisation de la prévision des rendements.

L'intégration d'une composante spatiale dans la méthodologie d'échantillonnage apporte la possibilité de coupler des informations issues de sources multiples et concernant des thèmes variés

Une étude menée sur le département de Diourbel (Sénégal) durant les saisons d'hivernages 1995 et 1996 a permis d'élaborer un ensemble intégrant : les protocoles d'échantillonnage, la récolte, la gestion et le traitement des données et la diffusion de l'information.

L'hivernage 1996 correspond à la deuxième saison d'essai de ce système en milieu réel. L'amélioration des techniques de récolte de données sur le terrain, la quantification des taux d'échantillonnage et l'étude de fonctions géostatistiques pour améliorer l'exploitation des données représentent les principaux objectifs pour cette saison.

La mise en place d'un dispositif d'échantillonnage dense et le suivi en cours de saison ont été réalisés notamment à travers deux stages de formation. Ceux-ci ont permis de collecter un volume important de données indispensables aux études statistiques de faisabilité. et ont contribué au développement de méthodes de collecte et de contrôle plus performantes.

Les résultats concernant le développement du Système d'Information Géographique

sont répartis en trois domaines : mise en place du dispositif et relevés des données sur le terrain, analyse statistique et géostatistique des données, mise en valeur de l'information.

Les résultats du suivi de la campagne agricole sur le département de Diourbel sont présentés sous forme de cartes thématiques reprenant la répartition de la pluviométrie et des cultures, les rendements et la productivité de l'arachide.

Mise en place du dispositif et relevés des données sur le terrain

L'introduction du GPS dans la méthodologie de mise en place de la base géographique d'échantillonnage permet d'améliorer sensiblement la qualité du découpage géographique et son identification sur le terrain.

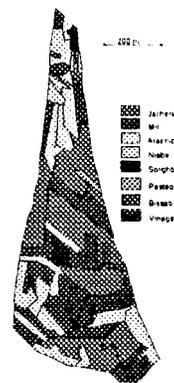


Unité d'échantillonnage primaires N° 64 et 68 sur le département de Diourbel : découpage en segments

Les outils de mesures télémétriques pour les relevés de données agro-physiologiques ont été calibrés au CERAAS. Ceci a abouti à la simplification des protocoles d'échantillonnage de terrain.

Les relevés de superficie sont exploités à travers des outils informatiques graphiques très adaptés pour le contrôle et la correction des mesures de terrain. La représentation graphique du parcellaire est exploitable par les outils de représentation géographique

et permet d'accéder à une étude précise de l'évolution de la structure du terroir et des systèmes de cultures appliqués.



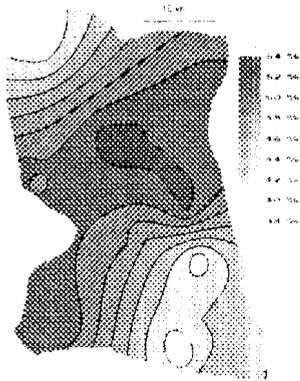
Parcellaire d'un segment d'échantillon, département de Diourbel 1996.

Analyse statistique et géostatistique des données

L'échantillonnage dense réalisé durant la saison 1996 a permis d'effectuer une étude de la structure et de la répartition spatiale des données récoltées. Les sources de variabilité des données ont été identifiées. L'analyse variographique a permis de paramétrer les fonctions d'interpolation des données.

Mise en valeur et diffusion de l'information

L'information issue des traitements est présentée sous forme cartographique dans une application intégrant les formats graphiques matriciels et vectoriels. Cette mise en valeur permet d'obtenir une représentation zonale réelle de l'information tout en conservant un accès interactif avec les bases de données attributaires.



Taux d'occupation en mil, Diourbel 1996

Deux systèmes de diffusion exploitant les techniques modernes de communication sont proposés. Le premier consiste en une mise à jour à distance d'une application personnalisée auprès de l'utilisateur définitif, le second est un serveur d'informations interrogeable à distance.

Les objectifs pour la saison 1997 sont :

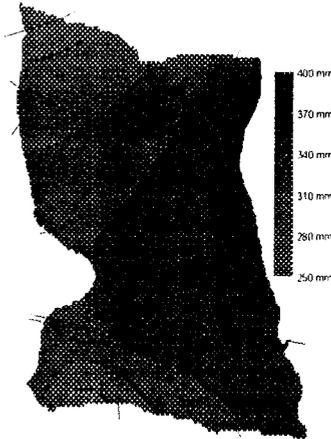
- de former des équipes de techniciens aux méthodes de terrain mises au point durant les deux premières saisons de développement du SIG au CERAAS
- de développer des outils informatiques pour l'automatisation des traitements.
- de confirmer sur le terrain les conclusions issues des traitements statistiques au niveau de l'ensemble du département.

Résultat du suivi de campagne : département de Diourbel 1996.

Les cartes présentées concernent la répartition de la pluviométrie cumulée, du taux d'occupation, des rendements et de la productivité de l'arachide ramenée à l'hectare de surface agricole. Les traitements appliqués pour l'interpolation des données échantillons sont issus des études réalisées sur l'échantillonnage dense et le

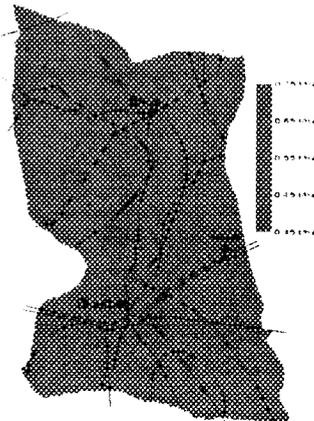
suivi global du département. Les résultats présentés ne sont pas issus du taux d'échantillonnage préconisé par ces mêmes études. Le lecteur doit par conséquent considérer l'information livrée dans les limites de sa validité.

-Pluviométrie cumulée



La saison 1996 est caractérisée par une pluviométrie faible et tardive.

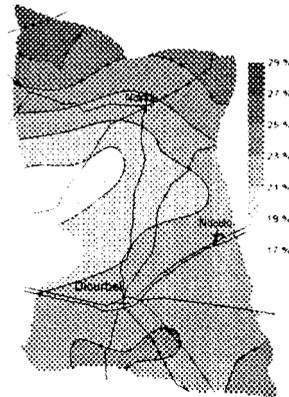
-Rendements en arachide



La seconde décade du mois de septembre est caractérisée par une pluviométrie très faible. Ce déficit en eau durant la phase de remplissage des gousses pourrait être la cause des faibles rendements observés

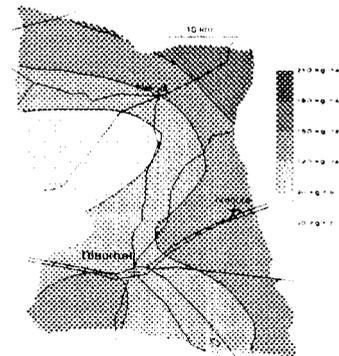
Le rendement moyen en gousses d'arachide sur le département de Diourbel pour la campagne 1996 est estimé à 520 kg/ha.

-Taux d'occupation en arachide



L'arachide, seconde culture en superficie occupe une surface estimée à 28500 ha sur le département de Diourbel, soit un taux d'occupation moyen de 22% du domaine cultivé.

-Productivité en arachide



La productivité est obtenue à partir des mesures de taux d'occupation et des estimations de rendements. L'intégration de la productivité par hectare sur le département de Diourbel permet d'accéder à une estimation de la production totale de 12500 tonnes d'arachide. Soit une diminution de près de 40% par rapport aux estimations de la saison 1995.

Biochimie/génétique

Une meilleure connaissance de la biochimie permet non seulement d'aborder le problème de la création variétale mais aussi de proposer des alternatives modernes comme la création de plantes transgéniques adaptées à la sécheresse. C'est dans cette voie que s'oriente le CERAAS avec ses partenaires notamment l'Université de Paris 7

Des essais de confirmation du rôle de l'aspartyl-protéinase dans le maintien de l'intégrité membranaire des plantes vont être prochainement conduits au CERAAS. L'objectif est d'intégrer ce paramètre dans la sélection des plantes tolérantes à la sécheresse.

Des travaux identiques sont conduits pour la création de plantes tolérantes grâce à une meilleure résistance des membranes à l'action des enzymes impliquées dans la dégradation des lipides.

Formation par la recherche

Chercheurs du CERAAS

Mademoiselle Ndèye Ndack DIOP, assistante de recherche au CERAAS, effectue un DESS de productivité végétale chez un des partenaires européens du CERAAS, l'université Paris 7. Son stage prévoit la constitution au CERAAS d'une banque de gènes obtenue à partir des principales variétés vulgarisées au Sénégal.

Monsieur Edouard MARONE, ingénieur agronome, effectue un DEA de production végétale à l'UCAD. Son stage portera sur la problématique eau x fertilité. Il sera à terme intégré dans le programme arachide du CNBA et prendra en charge, avec l'agronome responsable, l'étude de l'agrophysiologie de l'adaptation à la sécheresse.

Chercheurs en mission au CERAAS

L'appui aux chercheurs des PED a été organisé à travers des stages au CERAAS. Durant leur séjour, ils reçoivent une formation ou conduisent des recherches sur l'étude de l'adaptation à la sécheresse de leur propre matériel végétal. Le CERAAS prépare l'ensemble du dispositif expérimental avant l'arrivée du missionnaire et finance ses déplacements.

Ces séjours durent 1 semaine à 6 mois, selon la nature de la problématique traitée. Le séjour est de courte durée (2 à 3 mois) pour les chercheurs ayant à résoudre une problématique spécifique dans le cadre de leur programme national de recherche, ou de longue durée pour les chercheurs souhaitant obtenir un appui du CERAAS dans le cadre d'une formation diplômante. Plusieurs chercheurs des PED ont pu participer à l'atelier sur le thème lié aux objectifs du CERAAS, «L'arachide cultivée en zones sèches - stratégies et méthodes d'amélioration de l'adaptation à la sécheresse».

La durée totale de l'accueil au CERAAS cette année a été de 106 semaines/hommes (annexes 6 et 7).

Stages longue durée

Coton (Côte d'Ivoire, Bénin)

Léon I-lennou, étudiant béninois en thèse, a poursuivi les études entamées en Côte d'Ivoire sur le coton. Les résultats des travaux qu'il a menés au CERAAS indiquent que la productivité des deux variétés les plus cultivées en Côte d'Ivoire, 205N et GL7, est maintenue à un même niveau pendant une sécheresse précoce. Ces résultats montrent également qu'une importante économie d'eau peut être obtenue avec ces variétés sans modification de la productivité. Ces résultats seront utilisés pour la détermination de la zone de culture optimale de ces variétés dans les PED.

Résultats voir page suivante

Réponses physiologiques au déficit hydrique édaphique de quatre variétés de cotonnier.

Introduction

Les conditions climatiques en Côte d'Ivoire donnent lieu à un déficit hydrique préjudiciable à la production de coton.

L'objectif de ce travail est d'évaluer le comportement de 4 variétés du cotonnier en condition de déficit hydrique pendant les phases végétative et de floraison.

Matériel et méthodes

L'étude porte sur 4 variétés de cotonnier, dont 205N et GL7 2 les plus cultivées en Côte d'Ivoire puis COKER 310 et GUAZUNCHO étudiées au CERAAS. La culture a été réalisée en pot sous abri, et les plantes soumises 14 jours après semis, à 3 régimes hydriques différents (témoin T, stress modéré S1, et stress sévère S2). Les observations ont porté sur l'état hydrique du sol, l'état hydrique des plantes, les échanges gazeux et le développement de la culture.

Résultats et discussions

Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique édaphique provoque une diminution de l'état hydrique et des échanges gazeux des 4 variétés (Fig. 1a et 1 b) Plus le déficit hydrique s'intensifie, plus le contenu relatif en eau diminue. Toutefois, cette baisse, ne se manifeste que pour un déficit hydrique important sur 7 jours après suspension de l'arrosage. Elle est beaucoup plus marquée au cours du second cycle de sécheresse coïncidant avec la phase de floraison de la plante. Le déficit hydrique provoque une diminution du potentiel

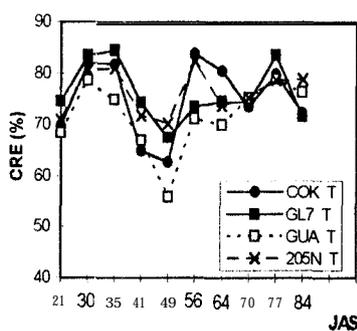


Fig. 1a : Evolution du contenu relatif en eau des plantes témoins (4 variétés).

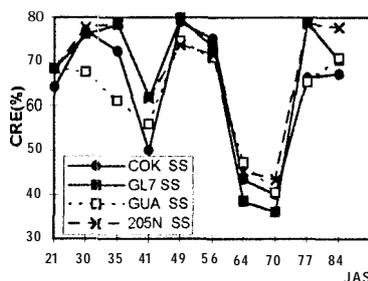


Fig. 1b : Evolution du contenu relatif en eau des plantes stressées (4 variétés).

hydrique plus accentuée pour le régime S2 que pour T (Fig. 2).

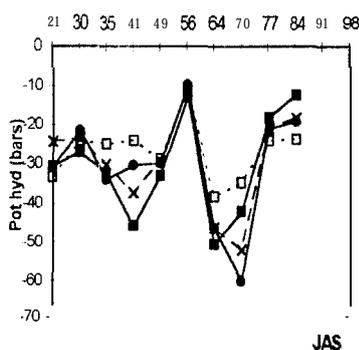


Fig. 2 : Evolution du potentiel hydrique foliaire des plantes stressées (4 variétés).

Ce paramètre révèle une différence variétale plus

significative par rapport au C.R.E. (Fig. 2). La grande capacité de récupération de ces variétés se traduit par un rétablissement rapide du C.R.E. et du potentiel hydrique de départ.

La conductance stomatique et la transpiration diminuent en situation de déficit hydrique (S2) sans différence significative entre les variétés.

De manière générale, le déficit hydrique sévère (S2) a provoqué un ralentissement de la croissance de tige de 7 mm.j^{-1} à 2 mm.j^{-1} , et un arrêt de la production d'organes reproducteurs avec une nette différence variétale.

Conclusion

La grande capacité de récupération du cotonnier a été confirmée. Ceci traduit sa bonne tolérance protoplasmique, comme révélé par ailleurs pour l'arachide. Cette vitesse de récupération est impliquée dans la réponse différentielle des variétés observées. Ces résultats indiquent que la productivité des 2 variétés les plus cultivées en Côte d'Ivoire 205 N et GL7 est maintenue pendant une sécheresse précoce. Ces résultats montrent également qu'une importante économie d'eau peut être obtenue avec ces variétés sans modification de la productivité. Ces résultats pourront être utilisés dans les espaces semi-arides d'Afrique pour déterminer les zones agroécologiques de ces variétés.

Kenaf (Nigeria)

Le kenaf est considéré comme une plante d'avenir au Nigeria du fait de sa capacité à produire de la fibre utilisée dans la fabrication de pulpe et de papier. Les conditions climatiques sèches affectent la production de cette plante au nord du Nigeria. Le Dr Chuks Ogbonnaya, chercheur-enseignant à Abia State University au Nigeria, a effectué un travail de recherche sur cette plante afin d'améliorer à la fois sa production et la qualité de ses fibres dans des conditions climatiques sèches. Les résultats montrent que la sécheresse provoque une baisse de la production, sans toutefois affecter la qualité de la fibre. Ces résultats en facilitant l'identification de matériel adapté, permettront de mieux caractériser les différentes variétés, et éventuellement de monter un programme d'amélioration variétale, pour l'obtention de croisements visant à augmenter la production du kenaf.

Résultats voir page suivante

The effect of water deficit on the physiological and histochemical properties of kertaf (*Hibiscus cannabinus* L.) relevant to pulp and paper production.

Introduction

The production of long rotation trees, traditionally used in pulping is no longer capable of sustaining the steadily growing paper and textile industries in sub Saharian Africa. Kenaf has been identified as an annual fibre crop capable of complementing these needs. The effects of soil moisture deficit on kenaf growth, water relations, physical and histochemical properties are undocumented. The present study was therefore conducted to provide information on the

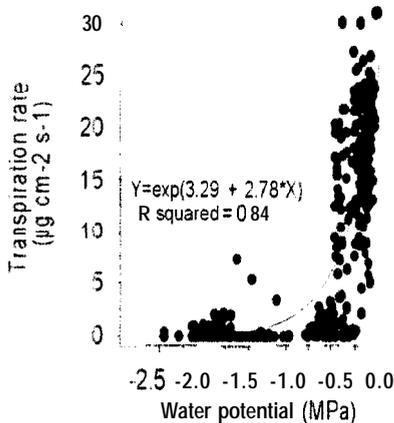


Fig. 1 Relationship between transpiration rate and water potential in kenaf.

water relations of the crop with the aim of improving its production.

Materials and methods

The plants were grown in pots placed in a completely randomized design. Three watering treatments (well watered, moderately stressed and severely stressed) were applied. Each treatment was replicated four times. The pots were placed in a greenhouse at CERAAS, Bambey, Sénégal (Latitude 16°. 28' West and

Longitude 14°. 42' North). At midday, maximum temperature was $35.5 \pm 0.95^\circ\text{C}$; relative humidity was $46.25 \pm 2.27 \%$, while photosynthetic photon flux density (PPFD) was $690.55 \pm 135.44 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Results

Soil moisture stress significantly retarded vegetative growth as analysed by plant height, collar growth, leaf development, branching, flowering,

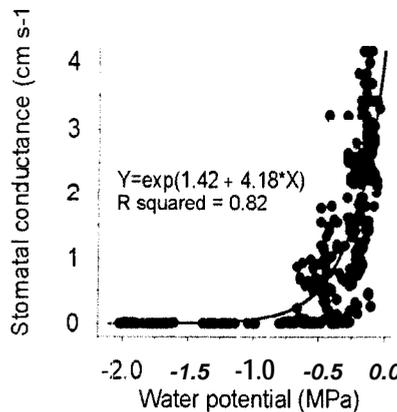


Fig. 2 Stomatal conductance of kenaf as a function of water potential.

biomass accumulation and allocation. Kenaf avoided drought by leaf rolling and its water potential (ψ_w) went as low as -2.53 MPa under severe stress. The water potential at which the stomata started closing (Fig. 1) and transpiration declined significantly (Fig. 2) was -0.50 MPa .

Below this critical level, leaf-air temperature differential became positive, an indication of advanced soil moisture stress.

Although the harvest index, and the volume of pulpable stem material were significantly

reduced, kenaf resisted drought remarkably and resumed growth after six weeks without irrigation. Although water deficit significantly reduced such dimensions as fibre length and diameter, fibre lumen diameter, fibre wall thickness, and the final volume of materials available for pulping, holistic analysis of these characteristics indicated that water stress could improve the quality of pulp and paper produced from

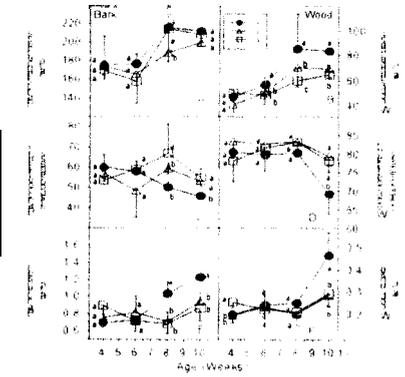


Fig. 3 Effect of water stress on bark and wood fibre length, fibre diameter, fibre lumen diameter, and fibre wall thickness.

this crop (Fig. 3). Water stress, however, increased the accumulation of lipids, waxes, resins, pentosans, hexosans and lignins, all of which are undesirable in pulping.

Conclusions

Although soil moisture stress significantly retarded vegetative growth, holistic analysis of the physical and histo-chemical properties of kenaf relevant to pulp and paper production indicated that water deficit could improve the quality of pulp and paper produced from this plant.

Sorgho (Sénégal)

Les études sur le sorgho font l'objet de la thèse d'un chercheur de l'ISRA, Monsieur Manièvel Sène. Cette thèse porte sur l'analyse des effets de systèmes de culture sur la variation des rendements de Sorgho. Au cours de cette année, l'effet de l'ensemble des facteurs maladie, allélopathie, teneurs en azote et accumulation de phénols sur le rendement a été étudié au CERAAS. L'objectif est d'améliorer le système cultural du sorgho pour stabiliser ou augmenter la production en zones sèches

Modélisation (France, Belgique)

Une optimisation de la méthodologie de l'exploitation géostatistique des données agricoles sur le terrain en vue d'alimenter un système d'information géographique (SIG) permettra de mieux préciser la prévision agricole qui est effectuée chaque année par le CERAAS. Les travaux effectués par Mademoiselle Sonia Chan Ho Tong, étudiante à l'ISTOM (France) et Monsieur Samir Temara, étudiant à ULB (Belgique) dans ce domaine, ont permis de définir les méthodes permettant d'obtenir, plus rapidement, un ensemble d'informations fiables sur l'évolution de la situation agricole de la région de Diourbel au Sénégal, au cours de la campagne 1996. Ces travaux permettent d'envisager l'extension du SIG à l'échelle du département et du pays. Ils ont également fait l'objet de mémoires de fin d'étude.

Informatique (Sénégal)

Dans le cadre de l'informatisation du système de gestion du CERAAS, Monsieur Souleymane Mbengue, étudiant de l'École Polytechnique de Dakar (ESP), a effectué un stage de développement d'une application de gestion du personnel temporaire et contractuel du CERAAS. Ce travail s'est concrétisé par la fourniture des premiers éléments d'applicatifs exploitables par le CERAAS dans la gestion de ses activités.

Stages courte durée

Cette année, à la suite de stages de courte durée (entre 5 jours et deux semaines), Il a été organisé une réunion pour la formulation d'un programme de recherche sur le palmier à huile, des séjours de familiarisation avec les recherches conduites au CERAAS et des visites de contact pour une éventuelle collaboration avec le CERAAS.

Formulation du programme sur le palmier à huile

Dans l'idée de renforcer la coopération entre chercheurs des PED travaillant sur la même problématique, le CERAAS a rassemblé autour du thème "Evaluation des mécanismes d'adaptation à la sécheresse du palmier à huile", 4 chercheurs: Messieurs Bonaventure Cornaire du Bénin (SRPH), Umaru Cande de Guinée Bissau (INPA) et Docteurs Omorefe Asemota et Augustus Isemila du Nigeria (NIFOR). Les principes d'une collaboration et d'un programme de recherche d'une durée totale de 3 mois ont été mis en place au CERAAS. Les recherches sont conduites à la Station de recherche sur le Palmier à Huile de Pobé au Bénin. Le CERAAS apporte un appui scientifique, logistique et financier pour réaliser ce programme. Les travaux ont commencé au mois de décembre 1996.

Techniques et méthodes d'étude de l'adaptation à la sécheresse

L'expertise développée par le CERAAS sur les techniques et méthodologies d'étude de l'adaptation à la sécheresse a été exploitée par Messieurs Sylvain Ndjendolé, chercheur à l'ICRA (Centrafrique) et Mustapha Ceesay, agronome à NARI (Gambia) au cours d'un stage. Ce séjour leur a permis également de se familiariser avec les outils informatiques disponibles pour le traitement des données et de discuter de l'organisation d'un prochain stage de recherche au CERAAS.

Monsieur Victor Samgue, étudiant tchadien de l'ENCR (Sénégal) en stage de fin d'études au service semencier de l'ISRA, a bénéficié d'un appui sur les méthodologies et techniques de l'analyse de l'intégrité membranaire et du dosage des macromolécules biochimiques développées au CERAAS.

Visites de contact

Monsieur Mohamed Kamara, chercheur sierra léonais, en thèse actuellement à Georg-August University de Goettingen (Allemagne) a effectué une visite de contact au CERAAS. Cette visite fait suite à une rencontre du Dr Grueneberg, professeur à Georg-August University, et le Directeur du CERAAS Mr. D. Annerose, au symposium sur les légumineuses tubérifères au Mexique. Cette visite de contact a permis de discuter d'un programme de coopération et d'échanges entre le CERAAS et Georg-August University. Par ailleurs, il a été convenu que le Directeur du CERAAS rende visite au Docteur Grueneberg pour discuter de cette coopération.

Ateliers/séminaires/symposiums

Atelier de Bambey (1996)

Le CERAAS, en collaboration avec la base centre arachide (CORAF - ISRA), a organisé un atelier sur «L'arachide cultivée en zones sèches - stratégies et méthodes d'amélioration de l'adaptation à la sécheresse ». Cet atelier s'est tenu à Bambey du 17 au 20 décembre 1996. Sans compter les chercheurs des instituts organisateurs, 10 chercheurs de 9 pays d'Afrique et de France étaient présents (annexe 7).

Cet atelier avait pour objectif d'assurer un échange et une bonne diffusion des connaissances sur l'amélioration de la production de l'arachide en zones sèches. Les récents concepts d'amélioration de l'adaptation de cette espèce à la sécheresse, couvrant l'agronomie, la physiologie, la sélection et la biologie moléculaire (en application à la

sélection) ainsi que pour le développement agricole ont été présentés (annexe 8). Cette réunion a également fourni l'occasion aux membres du réseau arachide de faire le point sur les projets et les initiatives en cours, et les possibilités de renforcer les coopérations dans ce domaine ont été examinées. Cet atelier a bénéficié du financement de la DGXII/STD3 et du FAC (coopération française).

European Society For Agronomy (ESA), 1996, Pays Bas

Le CERAAS a été représenté au 4^{ème} congrès par deux chercheurs. Ce congrès s'est tenu du 7 au 11 juillet 1996 à Veldhoven - Wageningen, aux Pays Bas. Le CERAAS a présenté 3 communications portant sur le thème "Réponses physiologiques du niébé et de l'arachide à la sécheresse" (annexe 5).

Symposium International sur les légumineuses tubérifères, 1996, Mexico

Le CERAAS a été représenté au deuxième symposium sur les légumineuses tubérifères qui s'est tenu du 5 au 8 août 1996 à Celaya, Mexique par deux chercheurs. Le CERAAS a présenté 2 communications portant sur les travaux de recherche effectués sur *Pachyrhizus* en 1995 (annexe 5).

Mini-Séminaire "Sécheresse", 1996, Bénin

Le CERAAS a répondu à la demande de la Station de Recherche sur le Palmier à Huile à Pobé concernant le Mini-Séminaire "Sécheresse". Ce séminaire s'est tenu le 5 décembre 1996. Le CERAAS a présenté une communication portant sur le thème "Concept de la sécheresse en agriculture, les approches d'études et les différentes stratégies d'amélioration de la productivité des espèces cultivées" (annexe 5). Le chercheur qui a représenté le CERAAS a par la même l'occasion supervisé la mise en place des essais sur le palmier à huile élaborés au CERAAS, durant le séjour de 4 stagiaires africains travaillant sur cette plante.

Atelier Régional (ISRA - CTA), 1996, Sénégal

Le CERAAS a été représenté à l'atelier régional sur "la valorisation des résultats de la recherche agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre", par un chercheur. Cet atelier s'est tenu à Dakar, du 5 au 8 novembre 1996. L'ensemble des travaux de recherche effectués au CERAAS portant sur le développement agricole a été présenté sous forme de posters. Des fiches techniques et de la documentation ont été également distribuées lors d'une session de communication en guise d'échange d'expériences.

Relations et partenariat

R3S-INSAH

Le Coordonateur du R3S, Monsieur Laomaïbao Netoyo du CILSS-INSAH, continue d'apporter son appui efficace au CERAAS dans sa phase de consolidation et dans ses relations avec les institutions partenaires de la CORAF et du CILSS. Cette année, l'appui apporté a été centré essentiellement sur la fonctionnalité du dispositif de recherche et de formation, et sur la construction du nouveau laboratoire du CERAAS à l'ENSA de Thiès (Rapport d'activités coordination R3S, 1996).

France

CIRA D

Le CIRAD, et plus particulièrement le département des cultures annuelles (CIRAD-CA), continue à jouer un rôle important dans l'organisation et le fonctionnement du projet CERAAS. Le CIRAD apporte toujours son soutien à l'organisation informatique du Ceraas. Monsieur Jean Parriaud, spécialiste en systèmes et réseaux informatiques (URBI), a effectué une mission au CERAAS pour le montage de son réseau informatique.

Une mission de formation et d'appui, dans le domaine de la biométrie-statistique, organisée par le CIRAD avec la collaboration du CERAAS, a été effectuée suite à la demande de l'ISRA. L'objectif de cette mission est d'apporter une aide à l'élaboration des protocoles de recherche. Deux experts de l'URBI, (Montpellier), Messieurs E. Gozé et P. Letourmy ont passé 12 jours avec les chercheurs de l'ISRA. Des méthodes statistiques améliorées ont été proposées pour les différents types d'essais (champ, serre, laboratoire, etc.). Cette mission a permis de constater qu'il est nécessaire de créer une équipe permanente de biométriciens à l'ISRA.

Ministère de la coopération française

Un CSN, Monsieur David Boggio, a été affecté au poste de biométricien au CERAAS par la Coopération française avec l'appui de la Mission de Dakar. Il a pris fonction au début de l'année 1996 au CERAAS et apporte également un appui ponctuel aux chercheurs de l'ISRA.

Université Paris 7

Le Laboratoire de Biochimie et Physiologie de l'Adaptation Végétale de l'Université Paris 7, France., (LBPAV) est un des principaux partenaires du CERAAS. Le CERAAS mène en collaboration avec Paris 7 des recherches dans le cadre du programme STD/DGXII Ce partenariat avec le LBPAV couvre aussi des aspects « ressources humaines et techniques ». Une assistante de recherche du CERAAS, Mlle Ndèye Ndack Diop y est actuellement en formation (DESS) dans le domaine de la biologie moléculaire. Le LBPAV assiste le CERAAS dans le montage de son futur laboratoire de biochimie et de biologie moléculaire. Il est également impliqué dans l'établissement du projet de formation entre le CERAAS, l'ENSA, l'UCAD et les partenaires européens.

Belgique

Dans le cadre de la coopération belge inter-universitaire francophone, les échanges entre le CERAAS et le laboratoire de physiologie végétale de l'Université libre de Bruxelles, Belgique (AGCD-ULB-CERAAS) ont débuté cette année. Monsieur R. Guissard, agronome de l'ULB a pris ses fonctions au CERAAS en mars 1996 après une formation spécifique aux techniques de cultures en hydroponie (février 1996). Sa mission au CERAAS prévoit la coordination des travaux de construction et d'équipement du kit d'extension de la serre du

CERAAS, l'appui aux chercheurs et aux stagiaires du CERAAS pour les cultures en milieu contrôlé et l'appui à la mise en place d'un SIG pour le suivi de la production agricole. Les échanges scientifiques ont eu lieu entre les deux institutions avec l'arrivée au CERAAS d'un étudiant pour un stage de fin d'études et la formation à l'ULB d'un chercheur du CERAAS sur les techniques et les méthodologies de l'étude de la photosynthèse (fluorescence) en condition de déficit hydrique. L'ULB est aussi un partenaire du CERAAS dans ses projets FED/DGXII.

Sénégal

L'ENSA et l'UCAD

Le CERAAS collabore avec l'ENSA, l'UCAD et l'ISRA pour le montage d'une formation diplômante spécialisée sur l'adaptation à la sécheresse, ouverte aux chercheurs des institutions de la région. Cette coopération est novatrice car elle alimente les réflexions en cours sur le montage du futur SNRA sénégalais. Elle repose sur une mobilisation des compétences scientifiques nationales permettant d'améliorer sans surcoût la qualité de réponse de la recherche agricole et agronomique aux questions actuelles du développement agricole

L'ouverture vers une formation diplômante permet d'assurer à une échelle nationale mais aussi régionale, le transfert des concepts et des connaissances, des techniques et des méthodes à travers un dispositif alternatif à celui plus classique reposant sur une formation dans les pays du Nord. Son avantage le plus important dans ce domaine réside en ce qu'il permet d'afficher clairement l'existence d'une communauté scientifique africaine qui trouve dans les résultats issus de ce type d'actions les raisons de s'affirmer et de se positionner de manière lisible dans le contexte international.

Cette formation couvrira les champs disciplinaires traités au CERAAS dans le domaine de l'adaptation à la sécheresse. Elle sera articulée autour d'un certificat de spécialisation aux sciences de l'ingénieur organisé par l'ENSA, et un DEA spécialisé organisé par l'UCAD. Les scientifiques du CERAAS et des institutions partenaires du Nord assisteront les enseignants de l'UCAD et de l'ENSA pour les cours. De la même manière, le CERAAS ouvre l'accès de son laboratoire aux enseignants-chercheurs afin d'y conduire les actions de recherche qui contribueront aussi à alimenter l'élaboration de leurs cours,

Ces enseignements sont principalement ouverts aux chercheurs des institutions de la CORAF et du CILSS déjà en poste, ainsi qu'aux étudiants. Ils seront élaborés de manière à contribuer rapidement au renforcement des compétences des SNRA concernés. Ils seront aussi ouverts à l'accueil d'étudiants européens qui pourront bénéficier d'une formation dans ce domaine. Monsieur Nicolas DIALLO, professeur de l'UCAD, intervient à mi-temps au CERAAS pour coordonner cette initiative et conduire dans le même temps une activité de recherche en biochimie de l'adaptation à la sécheresse.

Ecole Supérieure Polytechnique (ESP)

Le CERAAS continue son partenariat avec l'ESP. L'automate de pesée qui permet d'effectuer, sans intervention, le suivi de la vitesse de déshydratation de 200 échantillons foliaires, est en cours d'amélioration. Cet outil interviendra dans la mise en place de tests de sélection pour l'adaptation à la sécheresse.

Sierra Leone

Le Dr, Harold Roy-Macauley, professeur à Fourah Bay College, l'université de Sierra Leone, mis à la disposition du CERAAS en qualité d'expert régional, anime les activités dans le domaine de la biochimie de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées. Les techniques et les méthodologies biochimiques de base ont été mises en place et sont exploitées dans les recherches courantes. L'Université de Sierra Leone a donné suite à Sa

demande de la CORAF, de renouveler le contrat de mise à disposition du Dr Roy-Macauley au CERAAS.

La collaboration entre le CERAAS et le département de Botanique a été renforcée par les actions de recherches conjointes sur l'igname-haricot (*Pachyrhizus*). Les résultats encourageants obtenus fourniront le thème autour duquel s'articulera ce renforcement. Le CERAAS accueillera bientôt le chercheur responsable de cette activité de recherche menée en Sierra Leone, Monsieur Ebenezer Belford, pour un stage de formation. Ce stage lui permettra de faire une analyse détaillée des résultats et d'établir un protocole de travail pour la deuxième partie de ses recherches. Ces études feront l'objet d'un mémoire de Master of Science à l'Université de Sierra Leone.

Nigeria

L'Université de Imo State (Nigeria) a mis à la disposition du CERAAS un expert spécialiste de la biophysique de l'adaptation à la sécheresse. Le Dr Marcel Nwalozie anime le thème de la biophysique au CERAAS Il donne également son appui au montage du nouveau laboratoire du CERAAS L'Université de Imo State a également donné suite à la demande de la CORAF, de renouveler le contrat relatif à la mise à disposition du Dr Nwalozie au CERAAS

Argentine

L'INTA (Argentine) continue sa coopération avec le CERAAS essentiellement sur le développement de modèles d'aide à la décision dans le domaine agricole. Une mission du CERAAS en Argentine a été organisée pour préciser les conditions du renforcement de cette coopération. Une prochaine mission des chercheurs de l'INTA au CERAAS permettra d'une part d'adapter le modèle à d'autres espèces et d'autre part de consolider cette coopération.

Brésil

Une mission du CERAAS à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (Brésil) a permis de développer une collaboration de recherche conjointe dans le domaine de la biochimie et de la biologie moléculaire pour l'adaptation à la sécheresse. Par ailleurs, le CERAAS en liaison avec le CIRAD, donnera son appui également dans la formation d'un chercheur aux techniques et méthodologies du SIG.

Missions et Visites

Le CERAAS a effectué des missions, des visites et a également accueilli des visiteurs dans le cadre des relations et des partenariats scientifiques (annexes 9,10 et 11).

PERSPECTIVES

Installation à Thiès

La construction du nouveau laboratoire du CERAAS dans l'enceinte de l'ENSA de Thiès devrait être achevée en mai, selon les prévisions initiales. La préparation pour le transfert du CERAAS à Thiès constitue une des nombreuses préoccupations du CERAAS. Cette activité engagera une partie importante du temps du personnel du CERAAS.

Formation diplômante

Le démarrage de la formation diplômante spécialisée sur l'adaptation à la sécheresse ouverte aux chercheurs des institutions de la région est prévu en deux étapes :

- les cours de spécialisation des ingénieurs agronomes devraient démarrer pour l'année scolaire 1997/98 et dureront 6 mois ;

- les enseignements du DEA débuteront durant l'année universitaire 1998/99.

Des propositions sont à élaborer pour supporter une partie des coûts de cette initiative. Les premiers contacts ont été pris avec plusieurs partenaires européens (France, Belgique). Il convient de les poursuivre et de les concrétiser par des projets à soumettre notamment à la coopération française et belge.

Préparation du FED 8

A cette étape d'exécution du projet, le renforcement du CERAAS est conforme au calendrier établi. Du point de vue scientifique et sur la base des résultats, le CERAAS contribue très largement à ce que la communauté scientifique africaine soit un des acteurs reconnus dans la communauté scientifique internationale. Ce dispositif trouve aussi des applications significatives pour le développement agricole en Afrique.

Cependant, la demande des équipes des PED demeure qualitativement et quantitativement importante à mesure que le transfert de concepts s'effectue de façon efficace.

Il convient par conséquent de garantir ce dynamisme en contribuant notamment à la consolidation du développement du CERAAS. Des mécanismes particuliers comme ceux relatifs à l'ouverture à la formation diplômante peuvent y contribuer de façon efficace à condition qu'ils soient soutenus par des actions appropriées pour lesquelles la CORAF et le CILSS envisagent d'élaborer une proposition à soumettre au 8^{ème} FED.

Les premières idées dans ce domaine ont déjà été formulées dans la proposition faisant l'objet du fonctionnement actuel. Elles seront reprises dès le début de 1997 pour finaliser une proposition à soumettre.

Liaison DG XII - STD (CE)

L'appui du FED à ces initiatives joue un rôle essentiellement dans la Constitution d'une communauté scientifique africaine autour du thème de l'adaptation à la sécheresse,

Le partenariat est indispensable et les partenaires du Nord doivent être maintenus. Ceci permet de prendre en charge au moins une partie des programmes scientifiques lancés par le DGXII. Ces programmes jouent ainsi un rôle important dans la réduction du gap de connaissances entre les institutions du Nord et du Sud, et le CERAAS se prépare dans cette optique à poursuivre ses relations avec ses partenaires du Nord par le montage d'un projet INCO soumis à la DG XII.

ANNEXES

Annexe 1 : Protocole d'accord-Construction dans l'enceinte de l' ENSA à Thiès	1
Annexe 2 : Protocole d'accord-CERAAS sous tutelle de la CORAF	2
Annexe 3 : Oganigramme du CERAAS	3
Annexe 4 : Liste du personnel au CERAAS	4
Annexe 5 : Documents scientifiques 1996	5
Annexe 6 : Missions effectuées au CERAAS	8
Annexe 7 : Participants à l'atelier du 17 au 20 décembre 1996	10
Annexe 8 : Communications à l'atelier	11
Annexe 9 : Missions du CERAAS	12
Annexe 10 : Visites au CERAAS	13
Annexe 11 : Missions effectuées au CERAAS	14
Annexe 12 : Liste des sigles	16

**Annexe 1 : Protocole d'accord-Construction dans l'enceinte de l'ENSA
à Thiès**

Protocole d'accord

Entre

La Conférence des responsables de recherche agronomique africains, (CORAF),

L'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA)

et

L'Ecole nationale supérieure d'agriculture (ENSA)

Article 1 : Objet

La CORAF, l'ISRA et l'ENSA acceptent d'un commun accord que le nouveau laboratoire du Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS), projet régional fédérateur du Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S) de la CORAF, soit construit dans l'enceinte de l'ENSA. Cette initiative constitue pour les partenaires sus-cités le point de départ d'une collaboration permettant d'élargir à la formation les compétences acquises par le CERAAS dans le domaine de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées.

Article 2 : Obligations de l'ENSA

L'ENSA met à la disposition de l'ISRA dans l'enceinte de l'école, et pour une durée de 99 ans sauf si il en était décidé autrement d'un commun accord, un terrain pour la construction d'un laboratoire et de ses dépendances pour le CERAAS. Les caractéristiques de ce terrain feront l'objet d'une description formalisée par les services techniques du CERAAS et de l'ENSA.

L'ENSA s'engage à donner les informations et l'appui nécessaires à la bonne exécution par le CERAAS de la construction des infrastructures sur le terrain attribué.

L'ENSA s'engage durant cette période à garantir au CERAAS, à l'ISRA et à la CORAF le libre accès et la libre utilisation des infrastructures construites par le CERAAS ou mises à la disposition du CERAAS par l'ENSA.

L'ENSA s'engage à respecter les conditions en vigueur déterminant les règles administratives, financières et scientifiques du CERAAS.

L'ENSA met à la disposition du CERAAS des locaux pour l'hébergement et la restauration des missionnaires du CERAAS dans des conditions négociées d'accord partie avec le CERAAS.

Article 3 : Obligations de l'ISRA

L'ISRA s'engage à maintenir dans le nouveau laboratoire du CERAAS des activités de recherches dans le domaine de l'adaptation à la sécheresse à un niveau suffisant pour justifier l'existence du laboratoire.

L'ISRA s'engage à tenir informé l'ENSA des modifications majeures du contenu de ses programmes exécutés au CERAAS.

Article 4 : Obligations de la CORAF

La CORAF s'engage pour le CERAAS au respect conforme des conditions mentionnées dans cet accord. Ces conditions pour le CERAAS sont les suivantes :

- Le CERAAS s'engage à communiquer à l'ENSA les informations architecturales relatives à la construction de ses locaux.
- Le CERAAS prendra en charge pour la durée du projet les charges de structures résultant de l'utilisation de ses locaux.
- Le CERAAS prendra en charge la part des coûts d'exploitation liée à ses activités.
- Le Directeur du CERAAS est responsable de l'ensemble des activités conduites dans le CERAAS.

Article 5 : Mise en oeuvre

La CORAF, l'ENSA et l'ISRA s'engagent à mettre en oeuvre les moyens nécessaires pour que le démarrage de la construction du nouveau laboratoire s'effectue à une date conforme à celle prévue par le CERAAS et son bailleur de fonds, soit avant la fin du premier trimestre 1996.

La totalité des coûts de construction sera assurée sur financement de l'U.E./FED7 dans le cadre du projet de renforcement du CERAAS n° 7 ACP.RPR.342.

Article 6 : Communications

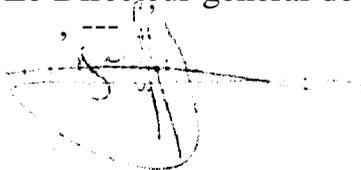
Les parties s'engagent à ce que toute communication officielle annonçant cet accord soit organisée et faite de manière conjointe et coordonnée.

Article 7 : Document

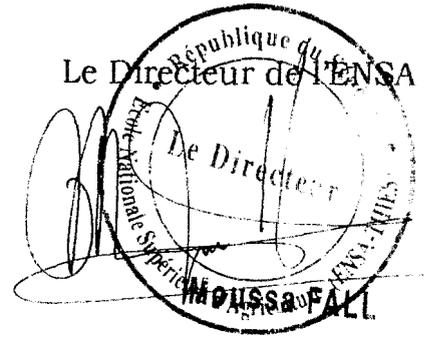
Ce présent protocole sera annexé au projet global associant sur ce thème l'ISRA, l'ENSA, la CORAF et leurs partenaires nationaux dans les domaines de la formation, de la recherche et de la valorisation.

Fait à Dakar, le 10/05/2011

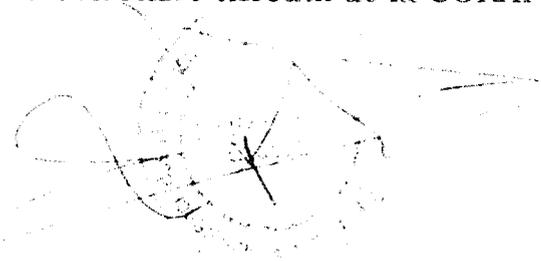
Le Directeur général de l'ISRA



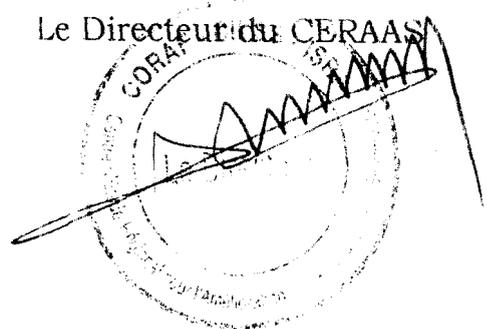
Le Directeur de l'ENSA



Le Secrétaire exécutif de la CORAF



Le Directeur du CERAAS



Annexe 2 : Protocole d'accord-CERAAS sous tutelle de la CORAF

Protocole d'accord

Entre

La Conférence des Responsables
de Recherche Agronomique Africains
(CORAF)

et

l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
(ISRA)



- Vu les recommandations du colloque de Dakar (Sénégal) en 1984 sur la nécessité de créer un Réseau de recherches sur la résistance à la sécheresse en zone intertropicale;
- vu les décisions du Séminaire Constitutif du Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S) de Ouagadougou (Burkina Faso) en 1985 définissant l'organisation et les domaines d'intervention dudit réseau;
- Vu la décision dudit séminaire recommandant que la coordination du Réseau R3S soit assurée par le Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS);
- Vu l'acte de reconnaissance du Réseau R3S par la CORAF lors de sa 1ère Réunion Plénière de mars 1987 à Abidjan (Côte d'Ivoire), intégrant ce réseau dans l'ensemble des réseaux affiliés à cette organisation;
- Vu les décisions l'Atelier de Programmation Parcelle de Bamako (Mali) organisé par le R3S en 1987 confiant l'animation du thème "Mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse et création variétale" à l'équipe ISRA-CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) travaillant dans ce domaine;
- Vu les décisions de ce même Atelier approuvant la création du Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) et son accueil par l'ISRA;
- vu les décisions de la CORAF lors de sa IIIème Réunion Plénière de Tananarive (Madagascar) en 1989 définissant la charte des réseaux et bases-centres;
- vu l'approbation par le R3S et la CORAF, lors de leurs successives Assemblées générales et Réunions Plénières, des résultats obtenus par le CERAAS depuis sa création.
- Vu les termes du Protocole d'accord entre la CORAF et l'INSAH visé par l'ISRA renforçant leur coopération au sein du CERAAS;
- Vu la position actuelle du CERAAS au sein de l'ISRA en tant qu'unité de recherches à vocation régionale et à gestion autonome;
- Vu la décision de la CORAF lors de sa IXème Réunion Plénière tenue à Brazzaville en 1996 de mettre en place son Comité Scientifique et Technique;
- Vu la concertation engagée depuis 1992 entre l'ISRA, la CORAF, le CILSS et le CIRAD afin de renforcer le statut de structure régionale du CERAAS;

- Vu la concertation engagée depuis le 3ème trimestre 1995 entre l'ISRA, l'ENSA (Ecole nationale supérieure agronomique, Thiès), l'UCAD (Université Cheikh Anta Diop) et la CORAF afin de constituer sur le thème de l'adaptation à la sécheresse un pôle scientifique national à dimension régionale, fort et ouvert vers la formation supérieure;
- Vu le Protocole d'accord de janvier 1996 entre la CORAF, l'ISRA et l'ENSA relatif à la construction du nouveau laboratoire du CERAAS dans l'enceinte de l'ENSA;

Le Directeur Général de l'ISRA
et
Le Secrétaire Exécutif de la CORAF

conviennent ce qui suit :

L'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

et

La Conférence des Responsables de Recherche Agronomique Africains

décident d'établir un protocole d'accord entre les deux institutions afin de renforcer le cadre institutionnel régional du CERAAS, de renforcer son efficacité et de garantir sa pérennité au bénéfice de l'ensemble des institutions partenaires au sein de la CORAF et du CILSS.

Article 1 : Champ d'application

La CORAF, association créée sur l'initiative des Responsables de Recherche Agronomique Africains, qui a pour vocation de fédérer les efforts des institutions nationales de recherches agricoles en Afrique de l'Ouest et du Centre en vue de développer une coopération scientifique régionale, contribuer ainsi au développement et au renforcement d'une communauté scientifique, renforcer les programmes nationaux, faciliter la mobilité des personnels, optimiser à l'échelle régionale la gestion des moyens et des hommes,

et

l'ISRA qui a pour vocation de mobiliser les ressources nationales de recherche, d'enseignement et de développement y compris la société civile, pour définir et mettre en oeuvre une recherche agricole appliquée au développement rural du Sénégal

décident de par la complémentarité de leurs mandats de renforcer et de préciser les conditions dans lesquelles l'ISRA et la CORAF poursuivent leur coopération dans le cadre du projet CERAAS.

Le CERAAS est une base-centre régionale de la CORAF basée à l'ISRA. Le CERAAS mène depuis 1989 des recherches sur l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées couvrant à la fois les problématiques observées au Sénégal et celles

rencontrées par les chercheurs des institutions partenaires des autres pays accueillis dans ce centre. Une communauté scientifique de plus d'une centaine de chercheurs de 25 pays d'Afrique, d'Europe et d'Amérique du Sud s'est constituée autour du CERAAS et obtient des résultats applicables pour le développement des pays. Pour cela des mécanismes de coopération originaux, compatibles avec les objectifs d'intégration régionale défendus par de nombreux pays, ont été mis en place au CERAAS. Il convient maintenant pour la CORAF et l'ISRA, et pour le compte des institutions partenaires, de renforcer cette initiative à la fois pour améliorer les bénéfices qu'elle génère, la dynamique qu'elle crée et la valeur d'exemple qu'elle a pour l'ensemble de la communauté scientifique nationale et internationale.

Article 2 : Responsabilités

La CORAF assure la responsabilité de la gestion scientifique et administrative du CERAAS. Elle veillera à la bonne exécution du projet conformément aux dispositions de la Charte des réseaux et des bases-centre (CRB) de la CORAF et du présent accord.

La CORAF s'engage à ce que le CERAAS conduise pour le compte et avec l'ISRA toute ou partie des recherches d'intérêt national définies par l'ISRA dans le domaine de la physiologie, agronomie et génétique de l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées.

L'ISRA, en tant qu'institution de recherche membre de la CORAF, accueille le CERAAS. Conformément aux termes de la CRB et du présent accord, l'ISRA veillera et apportera l'appui nécessaire à la mise en oeuvre et au maintien des dispositions nécessaires à la bonne exécution du mandat du CERAAS.

L'ISRA confiera au CERAAS l'animation et la conduite de recherches et travaux en physiologie, agronomie et génétique de l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées correspondant à la problématique nationale. Le CERAAS exercera ce mandat en veillant notamment à constituer et développer une communauté scientifique nationale performante dans ce domaine et, associant à l'ISRA les écoles d'ingénieurs et les universités.

Article 3 : Objectifs des recherches, description des travaux et résultats attendus

Les recherches conduites au CERAAS concernent le domaine de l'agronomie, de la physiologie et de la génétique de l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées.

Au niveau régional les objectifs, la description des travaux et les résultats attendus sont ceux définis par les institutions des pays membres de la CORAF et l'Assemblée générale du R3S dans le cadre du mandat régional confié au CERAAS.

Au niveau national les objectifs, la description des travaux et les résultats attendus sont tout ou partie de ceux issus des problématiques définies par l'ISRA.

Article 4 : Organisation

Le CERAAS est placé sous la responsabilité du Directeur du CERAAS désigné par la CORAF après consultation de l'ISRA. Le Directeur du CERAAS est assisté d'un

gestionnaire-comptable en charge de la gestion administrative, financière et comptable du projet.

Le Comité scientifique et technique (CST), nommé par la CORAF, est chargé de suivre et d'évaluer les activités du CERAAS.

L'ISRA est membre permanent du Comité scientifique et technique (CST) du CERAAS.

L'ensemble des résultats d'intérêt national obtenus par le CERAAS, les coopérations, développées avec les institutions et les organismes sénégalais ainsi que les applications pour le développement national développées au CERAAS seront élaborées et présentées sous le label conjoint de l'ISRA et de la CORAF.

Le laboratoire principal du CERAAS est situé dans l'enceinte de l'ENSA de Thiès conformément au protocole d'accord signé entre l'ISRA, CORAF et l'ENSA. Un site d'expérimentation et des bureaux sont conservés à l'ISRA (Bambey).

Article 5 : Moyens

Le Directeur du CERAAS a la responsabilité de la gestion de l'ensemble des moyens mis à la disposition du projet. Il a la responsabilité du montage, de l'exécution et de la valorisation des projets de recherche conduits au CERAAS.

Article 5.7 : Terrains et infrastructures

L'ISRA maintient à la disposition du CERAAS les terrains d'essai et les locaux (laboratoires, serres, magasins, logements, ...) actuellement occupés. Le CERAAS remettra à l'ISRA les locaux inoccupés.

Article 5.2 : Personnel

Le personnel local du CERAAS est placé sous le statut de l'ISRA. Il sera placé dans la grille de salaires de l'ISRA et pourra bénéficier de primes complémentaires allouées par le CERAAS.

Le CERAAS rembourse à l'ISRA le salaire du personnel ISRA affecté au CERAAS.

La durée du séjour effectuée par le personnel de l'ISRA au CERAAS et la nature du poste occupé seront pris en compte par l'ISRA dans son plan de carrière.

Le personnel de l'ISRA, stagiaire au CERAAS pour des séjours de recherche ou de formation, bénéficiera des indemnités prévues par le CERAAS conformément aux dispositions appliquées aux stagiaires des autres institutions de la CORAF.

Article 5.3 : Fonctionnement

Le CERAAS prend en charge, et dans le domaine de la recherche concerné, les coûts de fonctionnement au CERAAS des chercheurs ou stagiaires de l'ISRA accueillis par le CERAAS. Chacune de ces interventions fera l'objet d'un protocole agréé par la Direction Scientifique de l'ISRA et le CERAAS décrivant la nature des recherches, le calendrier des expérimentations, les résultats attendus et les moyens alloués.

Article 5.4 : Frais de gestion

Le CERAAS reversera à l'ISRA les frais de gestion liés à la part de ses activités de recherches exécutées dans l'enceinte de l'ISRA et déduits de ceux déjà supportés par le

CERAAS. Ces frais de gestion ne peuvent dépasser 8% du montant des coûts directs de fonctionnement des activités concernées.

Article 6 : Coopération

Les coopérations développées par le CERAAS avec les institutions sénégalaises autres que l'ISRA seront présentées sous le label conjoint de l'ISRA et de la CORAF. Le CERAAS veillera à travers ses initiatives dans ce domaine à garantir la possibilité pour l'ISRA d'exploiter ces coopérations pour le renforcement de la communauté scientifique nationale.

Article 7 : Rapports

La CORAF transmettra à l'ISRA l'ensemble des rapports et documents publiés par le CERAAS.

Les documents et communications faites par le CERAAS feront état de manière claire et lisible du partenariat entre la CORAF et l'ISRA dans le fonctionnement et les résultats obtenus par le CERAAS.

L'ISRA pourra exploiter au niveau national les résultats obtenus par le CERAAS et correspondant à une problématique nationale.

Article 8 : Annexes

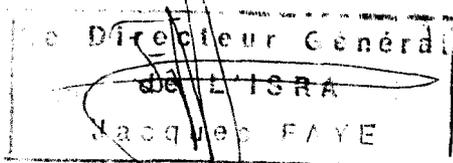
Les points complémentaires et spécifiques à ce document pourront être, en cas de besoin et avec l'accord des deux parties, la CORAF et l'ISRA. annexés à ce protocole.

Article 9 : Date d'application

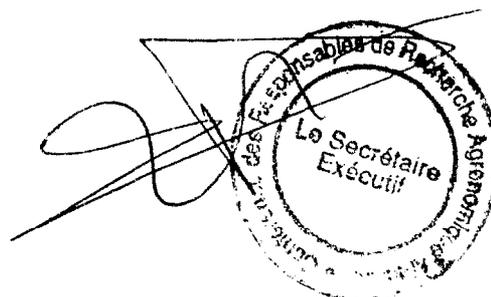
Ce protocole s'applique à compter de la date de signature par les deux parties.

Dakar, le 17 Juin 1988

Le Directeur général de l'ISRA



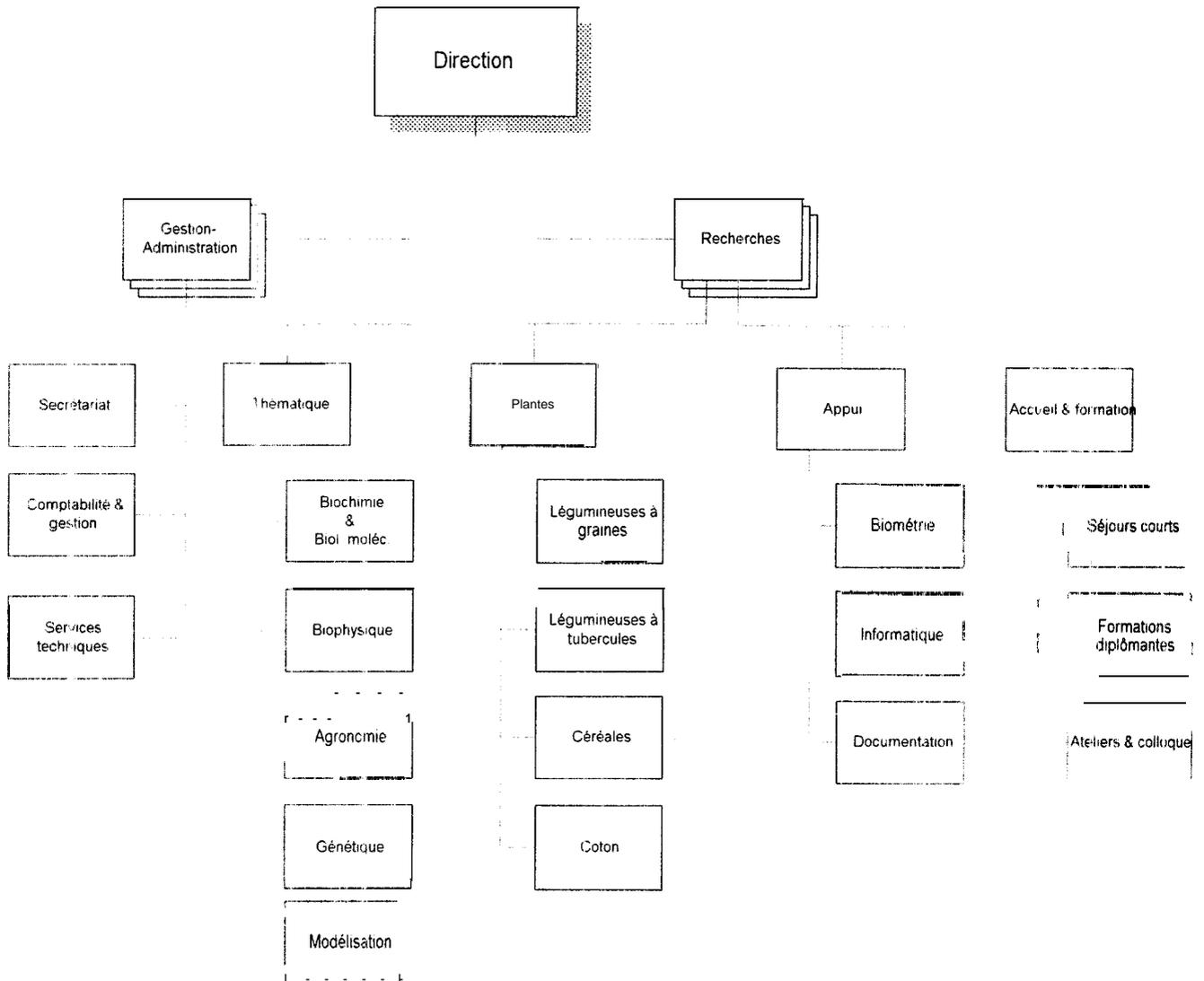
Le Secrétaire exécutif de la CORAF



Annexe 3 : Oganigramme du CERAAS

L'unité de base de l'organigramme est le thème. Chaque thème est animé par un cadre et regroupe un ensemble d'activités. Dans le système de gestion comptable, les activités du CERAAS correspondent chacune à un centre d'imputation analytique et sont organisées selon l'organigramme présenté ci-dessous.

Organigramme du Ceraas



Annexe 4 : Liste du personnel au CERAAS

Nom	Prénom	Fonction	Date	Statut
Annerose	Daniel	Directeur/chercheur		CIRAD
Roy-Macauley	Harold	Directeur adjoint/chercheur	03/95	Expert
Nwalozie	Marcel	Chercheur leader	04/95	Expert
Lacape	Jean-Marc	Chercheur		CIRAD
Diouf	Omar	Chercheur	01/94	Cdd
Marone	Edouard	Chercheur		ISRA
Sarr	Benoît	Chercheur	05/96	Cdd
Diouf	Macoumba	Chercheur	10/96	Cdd
Guissard	Réginald	Chercheur	03/96	Expert
Boggio	David	Biométricien/chercheur	02/96	CSN
Diop	Ndeye	Assistante de recherche	04/96	Cdd
Kandji	Amadou	Gestionnaire-comptable	11/94	ISRA
Sarr	Raymonde	Assistante de direction	10/96	Cdd
Dacosta	Félicité	Secrétaire de direction	10/96	Cdd
Ba	Demba Sidy	Agent administratif	09/95	ccdd
Faye	Louise-Marie	Informaticienne	07/95	Cdd
Sylla	Couna	Informaticienne	09/95	Cdd
Diokh	Robert	Resoonsable technique	07/94	Cdd
Cissé	Idrissa	Technicien de maintenance	11/96	Cdd
Sidibé	Sidy	Chef d'exploitation	09/95	Cdd
Sall	Mbaye Ndoye	Technicien (recherche)	09/95	Cdd
Faye	Abdou	Technicien (recherche)	09/95	Cdd
Sané	Ibrahima	Technicien (recherche)	09/95	Cdd
Ndiaye	Pape	Technicien (recherche)	09/95	Cdd
Sène	Cheikh	Technicien (recherche)	09/95	Cdd
Hann	Matar	Technicien (recherche)		ISRA
Ndong	Ibrahima	Ouvrier	09/95	Cdd
Diop	Amadou	Ouvrier	09/95	Cdd
Ndoye	Edouard	Chauffeur	04/96	Cdd
Ndour	Djibril	Chauffeur	04/96	Cdd
Gning	Saliou	Chauffeur	04/96	Cdd

Annexe 5 : Documents scientifiques 1996

Articles dans des revues internationales à comité de lecture

- Nwalozie, M.C. and Annerose, D.J.M., 1996. Stomatal behavior, osmotic adjustments and water status of cowpea and peanut at low soil moisture levels. *Acta Agronomica Hungarica* 44 (vol 3) : 229 - 236.
- Ogbonnaya, Cl , Roy-Macauley, H., Nwalozie, M.C. and Annerose, D.J.M., 1996. Physical and Histochemical properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown under water deficit on a sandy soil. (accepté pour publication dans le *Journal of Industrial Crops and Products*).
- Ogbonnaya, C.I., Nwalozie, M.C., Roy-Macauley, H. and Annerose, D.J.M., 1996 Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil (accepté pour publication dans le *Journal of Industrial Crops and Products*).

Communications - Ateliers/Symposia/Séminaires

- Annerose, D.J.M., 1996. Modélisation et applications pour le développement agricole. Atelier Base Centre Arachidière - CERAAS, 1996, Bambey, Sénégal. pp 3.
- Annerose, D.J.M., Clouvel, P. et Mayeux, A., 1996. Conduite de l'irrigation dans la région du Fleuve Sénégal. Approche physiologique et l'application à la culture de l'arachide. Atelier Base Centre Arachide - CERAAS, 1996, Bambey, Sénégal. pp 8.
- Annerose, D.J.M. and Diouf, O., 1996. Studies on the adaptation to drought of *Pachyrhizus* spp in semi arid zones. 2nd Annual International Symposium on Tuber Legumes, 1996, Celaya, Mexico. pp 15.
- Annerose, D.J.M., Roy-Macauley, H. and Nwalozie, M.C., 1996. A comparative physiological study of cowpea and peanut grown in specialized pots. Fourth Congress of The European Society of Agronomy 1996, Veldhoven - Wageningen, The Netherlands. In : *European Society of Agronomy* Vol I. M.K. van Ittersum, G.E.G.T. Venner, S.C. van de Geijn and T.H. Jetten eds, ESA Congress Office AB-ADLO Publ. pp 74 - 75. ISBN 90-73384-43-5
- Annerose, D.J.M., Roy-Macauley, H. and Nwalozie, M., 1996. A case study of CERAAS. Dans : *North-South Research Partnerships. Redressing the Imbalance* (Communication de Joske Bunders et Chandan Mukherjee). Conférence Européenne sur Partenariats de Recherche pour le Développement Durable. Leiden, Pays Bas, du 11 au 13 mars 1997. 21-22.
- Diouf, M. et Annerose, D.J.M., 1996. Concept de la sécheresse en agriculture, approches d'étude et stratégies d'amélioration de la productivité des espèces cultivées. Mini Séminaire "Sécheresse", 1996, Pobé, Bénin. pp 5.
- Nwalozie, M.C., Roy-Macauley, H. and Annerose, D.J.M., 1996. Diurnal pattern of water balance in maturing cowpea pods and their subtending leaves during soil moisture stress. Fourth Congress of The European Society of Agronomy 1996, Veldhoven - Wageningen, The Netherlands. In : *European Society of Agronomy* Vol I. M.K. van Ittersum, G.E.G.T. Venner, S.C. van de Geijn and T.H. Jetten eds, ESA Congress Office AB-ADLO Publ. pp 104 - 106. ISBN 90-73384-43-5
- Roy-Macauley, H., Sall, M., Nwalozie, M.C. and Annerose, D.J.M., 1996. Drought resistance of five groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes during germination and early seedling stages. Fourth Congress of The European Society of Agronomy 1996, Veldhoven - Wageningen, The Netherlands. In : *European Society of Agronomy* Vol I.

M.K. van Iltersum, G.E.G.T. Venner, SC. van de Geijn and T.H. Jetten eds, ESA Congress Office AB-ADLO Publ. pp 116 - 118. ISBN 90-73384-43-S

Roy-Macauley, H., 1996. Biochimie et Biologie Moléculaire: outils pour l'étude de l'adaptation à la sécheresse. Atelier Base Centre Arachide- CERAAS, 1996, Bambey, Sénégal. pp 8.

Projets de posters

Hennou, L., Roy-Macauley, H. et Annerose, D.J.M., 1996. Réponses physiologiques au déficit hydrique édaphique de 4 variétés de cotonnier.

Nwalozie, M.C., Roy-Macauley, H., Sall, M. and Annerose, D.J.M., 1996. Relevance of complementary irrigation in sustaining cowpea production in semi-arid zones.

Mayeux, A., Roy-Macauley, H., Diouf, M. et Annerose, D.J.M., 1996. Comportement agronomique d'une variété d'arachide cultivée en champ expérimental sous différents régimes hydriques.

Sarr, B. et Annerose, D.J.M., 1996. Approche de modélisation de la croissance et de la productivité du mil (*Penisetum glaucum* Leake, R. Br) en zone semi-aride.

Rapports et autres documents

Annerose, D.J.M., 1996. Rapport annuel (1995) du contrat N° TS3-CT93-0215. Physiologie et Génétique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées. pp 26

Annerose, D.J.M., Guissard, R., Soumaré, P.B., Soumaré, A. et Diagne, M., 1996 Une nouvelle approche d'estimation de la production agricole. pp 7.

Boggio, D., 1996. Choix d'un dispositif et dimensionnement d'un essai pour un meilleur respect des objectifs de l'expérimentateur. Mission Biométrie du CIRAD à l'ISRA, Sénégal. pp 25.

CERAAS, 1996. Rapport de l'atelier sur les Stratégies et méthodologies pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées. Dakar, Sénégal, 10 - 12 janvier, 1995. pp 42.

Chan Ho Tong, S., 1996. Méthodologie de collecte de données agricoles pour l'alimentation d'un système d'information géographique. pp 34.

Equipe CERAAS, 1996. Adaptation à la sécheresse : techniques et méthodes d'études. pp 23.

Guissard, R., Boggio D. et Annerose, D. 1996. Suivi de la campagne agricole sur le département pilote de Diourbel 1996, pp 10

Faye, L.-M., 1996 Formation aux responsabilités d'administrateur réseau Novell Netware 3 12. p 8.

Marone, E. et Annerose D.J.M., 1996. Effets d'une sécheresse appliquée à différentes phases de développement sur le contrôle de la transpiration et sur la production chez l'arachide. pp25.

Mayeux, A., Grosshans, R., 1996. Etude de la relation eau-fertilité sur le comportement de l'arachide. pp 8.

Ndjendolé, S., 1996. Méthodes et techniques utilisées dans l'étude de l'agrophysiologie de l'adaptation à la sécheresse. pp 10.

Ogbonnaya, C.I., 1996 The effect of water stress on the physiological and histo-chemical properties of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) relevant to pulp and paper production. pp 27.

- Roy-Macauley, H and Annerose, D.J.M., 1996. Evaluation of Membrane Integrity electrolyte and inorganique phosphate leakage methods. pp 8.
- Roy-Macauley, H., Nwalozie, M. and Annerose, D.J.M., 1996. Mesures des paramètres physiques de l'environnement en zones arides. pp 60.
- Sarr, B., 1996. Relations consommations hydriques et productivité chez la variété de mil Sauna III (*Penisetum glaucum* Leeke, R. Br) cultivée au champ sous différentes conditions d'alimentation en eau. pp 10.

Annexe 6 : Missions effectuées au CERAAS

Allemagne

- **M. Kamara** (Institute of Agronomy and Plant Breeding, Goettingen).
Mission de prise de contact avec le CERAAS du 07/12 au 15/12.

Belgique

- **S. Tamara** (ULB)
Mission en modélisation /SIG du 17/07 au 8/09

Benin

- **B. Cornaire** (INRAB Pobé)
Mission de recherche sur le palmier a huile du 26/06 au 29/06

Centrafrique

- **S. Ndjendole** (ICRA Bangui)
Mission de formation sur les techniques et les méthodologies de l'étude de la résistance à la sécheresse du 16/08 au 31/08.

Côte d'Ivoire

- **L. Hennou** (Univ. Nationale de Côte d'Ivoire)
Mission de recherche sur le coton du 07/05 au 04/10.

France

- Mlle **S Chan Ho Tong** (ISTOM/EADI)
Mission en modélisation/SIG du 18/06 au 17/09
- **J. Parriaud** (URBI CIRAD)
Mission en informatique (installation du réseau) du 15/06 au 22/06.
- **E. Gozé** (URBI CIRAD)
Mission en appui Biométrie/Statistiques du 01/05 au 12/05
- **P. Letourmy** (URBI CIRAD)
Mission en appui Biométrie/Statistiques du 01/05 au 12/05
- **J. Wery** (INRA - ENSAM)
Mission en appui thèse de J-M Lacape chercheur au CERAAS du 28/10 au 1/11

Gambie

- **M. Ceesay** (NARI Yundum)
Mission de formation sur les techniques et Méthodologies de l'étude de la résistance à la sécheresse du 15/08 au 31/08.

Guinée Bissau● **U Candé** (INRA Bafata)

Mission de recherche sur le palmier à huile du 24/06 au 29/06

Nigeria● **A. Asemota** (NIFOR)

Mission de recherche sur le palmier à huile du 26/06 au 29/06

● **A. Isenmila** (NIFOR)

Mission de recherche sur le palmier à huile du 26/06 - 29/06

● **C. Ogbonnaya** (Abia State University)

Mission de recherche sur le Kenaf du 22/07 au 29/11

Sénégal● **S. Mbengue** (ESP Dakar Sénégal)

Mission en informatique du 13/03 au 15/09

Annexe 7 : Participants à l'atelier du 17 au 20 décembre 1996

France

- **P. Dimanche** - (CIRAD)

Bénin

- **J.P. Detongnon** - Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin (INRAB)

République Centrafricaine

- **R.P. Yakende** - Institut Centrafricain de Recherches Agronomiques (ICRA)

Ghana

- **K.O. Matfo** - Savana Agricultural Research Institute (SARI)

Guinée

- **L. Doumbaya** - Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG)

Guinée Bissau

- **T.T. Jalo** - Instituto Nacional de Pesquisa Agraria (INPA)

Mali

- **K. Ondie** - Institut d'Economie Rurale (IER)

Nigéria

- **O. Alabi** - Faculty of Agriculture Ahmadu Bello University

Algérie

- **B. Abdesselem** - Directeur Adjoint Chargé de la Post Graduation et de la Recherche Insitut National Agronomique (I.N.A.) EL Harrach

Togo

- **N. Bitignime** - Direction Nationale de la Recherche Agronomique (DNRA)

Annexe 8 : Communications à l'atelier

Le point sur les activités du Réseau Arachide / Coraf et les initiatives en cours

AMADOU BA
ISRA, Bambey, Sénégal

Le Réseau Arachide de la CORAF, créé en 1987, a pour vocation de coordonner les recherches sur cette plante au niveau de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Sa création apporte ainsi une réponse originale au constat de dispersion et de dédoublement de l'effort de recherche sur cette denrée d'intérêt stratégique pour la sous-région et à l'impérieuse nécessité d'une mise en synergie des ressources humaines et des infrastructures des systèmes nationaux de recherches agricoles membres de la CORAF, dans la perspective d'une meilleure gestion de leurs complémentarités et d'un renforcement de la coopération scientifique régionale et internationale.

Mandat

Le Réseau a pour vocation de favoriser les échanges d'expériences et de matériel végétal entre ses membres, susciter des réflexions communes sur des thématiques prioritaires, élaborer et exécuter des projets associatifs de recherche, faciliter la circulation de l'information scientifique et technique (lettre du Réseau), et promouvoir la formation des chercheurs et des agents d'appui.

Domaines prioritaires de recherches

L'examen des programmes nationaux a permis de dégager des thèmes fédérateurs. Ceux-ci s'articulent autour de l'amélioration variétale pour la tolérance à la sécheresse, la lutte contre les maladies foliaires, la prévention et le contrôle de l'aflatoxine, la mise au point des techniques de production adaptées aux zones à deux saisons des pluies.

Le présent document a pour objet de faire le point des projets et des initiatives en cours, dans le cadre du programme d'action du Réseau.

Situation des projets

A ce jour, les quatre projets ayant bénéficié de financements sont soit terminés, soit en phase finale d'exécution. Leur situation se présente comme suit :

Le projet "Amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide" financé par l'Union Européenne et qui associe l'ISRA (Sénégal), l'INERA (Burkina Faso), le CIRAD et l'Université Paris VII (France), l'Université du CEARA (Brésil) et la DAR (Botswana) a pour objectif de créer des variétés d'arachide à cycle court (back-cross et sélection généalogique) et des variétés physiologiquement adaptées à des périodes de sécheresse en cours de cycle (sélection récurrente).

Sa réalisation a permis de créer la variété GC-8-35 (80 jours) suffisamment productive ainsi que de nombreuses lignées à cycle court, prometteuses. Elle a également permis de réunir des connaissances sur le comportement physiologique des plantes sous l'effet d'un stress hydrique, d'élaborer une méthode originale de pilotage de l'irrigation et de développer un modèle de simulation de la croissance des plantes d'arachide et de prévision des rendements (modèle ARA.B.HY).

Le projet "Lutte contre les maladies foliaires de l'arachide en Afrique de l'Ouest", également financé par l'Union Européenne, est conduit par l'INERA (Burkina Faso) en relation avec le CIRAD, l'University College (Londres) et l'IDR (Burkina Faso). Il vise à étudier l'épidémiologie de la rouille et des cercosporioses et à mettre au point des méthodes de lutte.

Son exécution a permis de mettre au point une méthode originale d'inoculation artificielle des plantes par les spores de ces parasites, ainsi que des méthodes de lutte chimique et agronomique. L'identification de composantes antifongiques (phytoalexines) sécrétées par les plantes en réaction à l'attaque de ces parasites ouvre de nouvelles perspectives en matière d'amélioration variétale pour la tolérance à ces maladies.

Le projet "Aflatoxine" (ISRA, CIRAD, ICRISAT - Centre de Hyderabad) financé par la Mission Française de la Recherche Scientifique a eu pour objectif d'étudier les modalités de la contamination des variétés d'arachide du Sénégal et de l'ICRISAT, dans des conditions agroécologiques contrastées. Ces recherches ont permis de relever l'importance relative de la contamination pré-récolte et post-récolte selon les zones agroécologiques et de mettre en exergue la nécessité d'une recherche plus approfondie sur l'interaction sécheresse/aflatoxine.

Enfin, le projet "Mise au point des techniques de culture de l'arachide irriguée" (ISRA, CIRAD, Grèce, Espagne) qui vient d'achever sa première phase d'essais, sur financement de l'Union Européenne, a eu pour but de mettre à la disposition des pays sahéliers et tropicaux un référentiel technique pour la culture de l'arachide irriguée. Deux utilisations valoriseront l'irrigation de manière efficace : la production de semences sélectionnées et celle d'arachide de bouche de haute qualité.

Sa conduite a permis d'élucider l'incidence de nombreux paramètres (dates et modes de semis,

types de sol, types d'irrigation, maladies foliaires, choix des variétés) sur les performances des cultures. Ces connaissances permettent d'espérer une extension notable des superficies cultivées en zone irriguée.

Cette première génération de projets étant arrivée à terme, une réflexion a été menée pour en élaborer de nouveaux. C'est ainsi que deux autres projets viennent de voir le jour.

Le projet "Germoplasme Arachide" (ICRISAT, CIRAD, ISRA) est financé par la FAO. Il a pour objectif d'assurer la collecte et la conservation du matériel végétal arachide utilisé ou utilisable en Afrique de l'Ouest, de caractériser, évaluer et identifier le matériel disponible dans la collection mondiale pour le mettre à la disposition des Institutions de recherche avec un volet appui à la formation du personnel. Ce projet associé l'ensemble des Institutions membres du Réseau et sa réalisation permettra d'accroître l'interactivité scientifique au sein du Réseau grâce à la mise en place d'un réseau d'essais multilocaux dont les retombées seront profitables à l'ensemble des membres.

Un projet portant sur "le contrôle de l'aflatoxine par l'amélioration génétique et les techniques culturales" a été soumis, courant 1996, au financement de l'Union Européenne (STD4). Les partenaires sont le CIRAD, l'ISRA, l'University College (Londres) et l'Indonésie. Son agrément pourrait ouvrir la voie à de nouvelles initiatives de recherche portant sur d'autres aspects de la problématique de l'aflatoxine.

Nouvelles orientations

La nouvelle orientation scientifique de la CORAF accorde une large part à l'écorégionalité, la transdisciplinarité et à une forte implication des partenaires des filières dans la conception et l'exécution des projets. Cette nouvelle donne incite à une revue des principes organisationnels du Réseau. Celui-ci devra se structurer autour de groupes de travail thématiques et renforcer ses potentialités humaines par l'accueil de nouvelles compétences dans des disciplines faiblement représentées jusque-là au sein du Réseau. Un accent tout particulier devra être mis sur l'organisation, au niveau de la Base-Centre/Arachide à Bambey, de cours de formation avec l'appui de nos partenaires scientifiques et des bailleurs de fonds.

Le marché mondial des produits arachidiers, les critères qualitatifs des récoltes et le contrôle de l'aflatoxine

PHILIPPE DIMANCHE
CIRAD-CA, France

Le marché mondial des produits arachidiers

La production mondiale

Après avoir plafonné assez longtemps aux alentours de 19 MT, la production arachidière a repris une expansion importante et soutenue (+ 54 % depuis 1970) pour atteindre en 1994, 28,5 MT base coque, soit environ 20 MT en décortiquées. Sur les deux dernières années l'augmentation de la production (+ 14 % est nettement plus forte que celle des superficies (+ 6 %) ce qui témoigne d'une nette amélioration de la productivité

C'est en Asie, où est concentrée 72 % de la production mondiale que la croissance est la plus forte (84 %). En Chine cette croissance est due à une très forte augmentation de productivité, avec un rendement à l'hectare qui est passé de 1,2 T à 2,2 T au cours des vingt cinq dernières années. En Amérique du Nord (essentiellement les USA) la production (9 %) est en hausse de 25 % sur les quatre dernières années, alors que les superficies ont baissé de 20 % au cours de la même période. En Amérique du Sud l'arachide représente maintenant moins de 2 % de la production mondiale, les principaux pays producteurs (Argentine, Brésil) s'étant réorientés vers le soja.

	Product Graines	Teneur Graines	Product Huile	Product Tourt	Export Graines	Export Huile	Export Tourt
Nigeria	830	425	187	229	-	2	-
Sénégal	522	313	139	173	25	79	110
Soudan	260	220	83	132	8	19	62
Etats-Unis	1451	900	123	170	300	34	32
Argentine	262	114	44	65	98	37	40
Chine	5200	3400	1300	2023	360	58	27
Inde	5640	4340	1703	2453	70	-	320
Indonésie	600	34	11	13	2	-	2
Vietnam	200	26	10	15	140	-	-
Autres pays	2865	822	332	433	247	86	26
TOTAL	18134	10229	4130	5844	1270	315	644

Production de graines et valorisation 1994-95 (source Oil World 1994) (en milliers de tonnes)

Avec 19 % de la production mondiale l'Afrique a elle-même enregistré une hausse de 36 % sur les quinze dernières années, celle-ci étant plus le fait de petits pays producteurs que celui des grands pays producteurs tels que le Sénégal et le Soudan dont la production a fortement baissé.

Le marché mondial et ses perspectives

Les échanges mondiaux de produits arachidiers (graines + huile + tourteau) ne portent que sur 2,3 MT soit seulement 18 % de la production base graine, ce qui témoigne de l'importance de l'autoconsommation.

Le marché international doit être appréhendé séparément pour ses trois composantes (graines de bouche, huile, tourteau) car ils constituent des marchés séparés dont les prix ne sont pas liés.

Arachide de bouche

Le marché des graines (dont 10 % en coques trices) qui porte sur 1,2 MT est de loin le plus conséquent puisqu'il représente un volume 3 fois plus important que celui de l'huile et 2 fois plus élevé que celui du tourteau. L'Europe occidentale représente le principal client avec 0,6 MT. Le marché est couvert à 80 % par 5 pays, dont la Chine 30 %, les USA 24 %, le Vietnam 11 %, l'Argentine 8 % et l'Inde 6 %. Le solde est assuré principalement par l'Afrique de Sud, le Soudan, Israël, le Sénégal et le Brésil.

L'arachide de bouche concurrence des fruits secs plus chers (amande et noisette) et son marché double sur les dix dernières années. La croissance de la consommation va se poursuivre en Europe et la reprise des importations par les ex-pays du Bloc de l'Est vont fortement stimuler la demande. Les grands pays exportateurs ne pourront pas suivre (culture réglementée aux USA, concurrence du soja en Amérique du Sud, besoins intérieurs accrus dans les pays asiatiques) créant ainsi une opportunité pour un certain nombre de petits pays producteurs, africains en particulier.

Huile

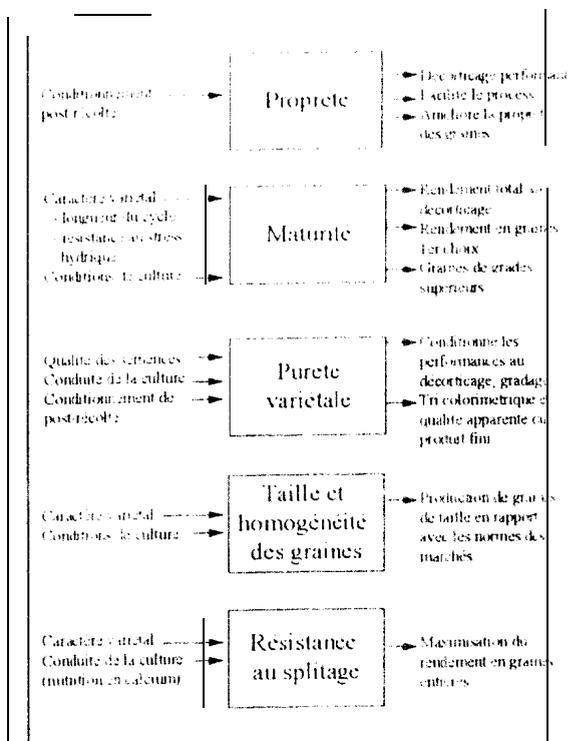
Le marché de l'huile qui ne porte que sur 8 % de la production (310 mT) est dominé par 5 pays : Sénégal, Chine, Soudan, USA et Argentine et donc fortement influencé par les variations de production ou de comportement de ces pays. Le principal client est l'U.E., avec 225 mT dont 40 % pour la France. Bien que concurrencée par des huiles moins chères, la demande d'huile d'arachide reste encore très forte en raison de ses qualités technologiques spécifiques (composition équilibrée et tenue à la friture). Son prix est nettement plus élevé que celui des huiles concurrentes et vient en second derrière l'huile d'olive.

Le tourteau

Le marché du tourteau 621 mT qui ne porte que sur 11 % des fabrications est dominé par l'Inde (50 %) suivie du Sénégal, du Soudan, de la Chine et de l'Argentine. Les cours qui avaient accusé un recul de 10 % en 94/95 en raison de l'offre abondante de soja devaient connaître une reprise importante depuis l'interdiction d'utiliser des farines animales pour l'alimentation des bovins à la suite de la « maladie de la vache folle ».

Critères de qualité des récoltes

Le diagramme ci-joint montre que la maturité des graines constitue le critère le plus important après les caractéristiques variétales. En effet, celle-ci conditionne tout à la fois la qualité physique et sanitaire des graines, le rendement au décortiquage, la teneur en huile et la rentabilité de l'exploitation industrielle. En conséquence, la recherche et le développement doivent tout mettre en œuvre en vue de mieux maîtriser la maturité des récoltes.



Critères qualitatifs de l'arachide de bouche et des semences en coques exigés par les décortiqueurs

Actions à entreprendre

Par la recherche

- Réduction de la longueur du cycle ;
- Résistance au stress hydrique ;
- Résistance à la contamination par *Aspergillus flavus* ;
- Maîtrise de l'irrigation

Par le développement

- Choix de variétés adaptées aux conditions climatiques ;
- Respect du calendrier cultural ;
- Respect de l'itinéraire technique de culture afin d'éviter tout allongement du cycle de la plante ;
- Maîtrise de l'irrigation de fin de cycle

Les autres critères peuvent être ensuite relativement bien maîtrisés tant par des mesures organisationnelles diverses que par l'application d'un process industriel adapté

Le contrôle de l'aflatoxine

Les deux principaux facteurs de contamination des graines par *Aspergillus flavus* sont :

- la combinaison de taux élevés de température (25-35° C) et d'humidité (10 % - 35 %) essentiellement en fin de maturation et en début de séchage des récoltes ;
- des atteintes à l'intégrité coque/tégument (fruits immatures, trous d'insectes du sol, graines avortées).

Le contrôle de l'aflatoxine requiert successivement l'application d'actions de prévention pour abaisser le taux de contamination puis l'utilisation de méthodes de ségrégation des graines contaminées ou de destruction des toxines par process industriel

Parmi les mesures de lutte préventive on conseillera :

- des variétés adaptées (écologie, sécheresse) ;
- le respect du calendrier de culture (semis, récolte) ;
- l'égoussage et le séchage améliorés ;
- la réduction des dégâts d'arthropodes ;
- la mise au point de variétés tolérantes à l'aflatoxine et au stress hydrique.

La lutte curative doit s'envisager à deux niveaux :

- une ségrégation précoce et un traitement séparé des lots contaminés (piéds malades, restes en terre, écarts de tri) ;
- l'élimination des graines contaminées (cas de l'arachide de bouche), par le tri électrocolorimétrique et le tri manuel ;
- la destruction de la toxine par détoxification industrielle (cas des tourteaux et de l'huile)

Diagnostic de l'élaboration du rendement de l'arachide par l'analyse de ses composantes et de la croissance

ALAIN MAYEUX, JOSE MARTIN, CIRAD
ISRA, Bambey, Sénégal

La variabilité des récoltes en quantité et qualité est très importante et dépend des conditions du milieu et des facteurs de production. Le diagnostic agronomique vise à identifier et à hiérarchiser a *posteriori* les caractéristiques du milieu et du système de culture ayant limité la production (MEYNARD, 1992).

Le cycle d'une plante peut être délimité en un certain nombre de phases de développement correspondant à l'apparition ou à l'entrée en croissance de nouveaux organes. Pour les plantes dont on récolte les grains, la méthode de l'analyse des composantes du rendement permet de déterminer les périodes d'intervention des conditions ou facteurs limitants. La décomposition la plus simple s'écrit :

Rendement = nombre moyen de grains /m² x poids moyen d'un grain.

Pour une céréale à cycle déterminé, ces deux composantes se forment pendant des phases du cycle bien délimitées, pratiquement disjointes. Le niveau des composantes dépend largement de la croissance pendant leur phase de formation. Pour l'arachide et les autres légumineuses à graines à croissance indéterminée, la démarche est plus complexe, à cause de l'étalement et du chevauchement des périodes de floraison, de formation des gousses et de remplissage des graines : le poids moyen des graines se détermine en partie en même temps que leur nombre. Cependant, pour une variété d'arachide de type spanish à récolter à 90 jours après le semis, le nombre de fruits formés, et donc le nombre potentiel de graines cesse pratiquement d'évoluer vers 50-55 jours après le semis (CATTAN, 1996). On peut donc considérer que les conditions de croissance pendant les 2 premiers tiers du cycle sont déterminantes pour la formation du nombre de graines, et que les conditions du fonctionnement du peuplement pendant le dernier tiers du cycle sont les plus déterminantes sur le remplissage des graines.

Le niveau de la composante poids moyen d'un grain (PIG) dépend aussi du niveau de la composante antérieurement formée, le nombre surfacique de graines (NG). Le graphe représentant la relation théorique entre ces deux composantes permet d'identifier le seuil d'entrée en compétition des graines entre-elles : au delà de ce seuil, le nombre de graines en croissance est trop important par rapport à l'offre en assimilats, et le Poids moyen d'une graine diminue par rapport au maximum variétal.

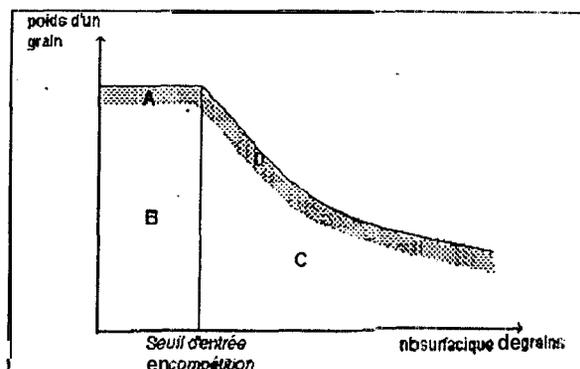


Fig 1 : relation théorique entre deux composantes du rendement. Cas du nombre surfacique de graines et du poids moyen d'une graine

On distingue 4 zones de diagnostic (FLEURY, 1992):

- zone A : PIG maximal, le NG est limitant ;
- zone B : les deux composantes sont limitantes ;
- zone C : le PIG est limitant ;
- zone D : aucune composante n'est limitante ; correspond au maximum de production surfacique accessible à la variété dans un milieu donné.

Variabilité observée

La variabilité observable sur ces deux composantes est illustrée à l'aide de 3 exemples récents

a) Comportement de la variété 55-437 (huilerie, 90 jours) dans le Centre-Nord-Bassin Arachidier. Les composantes NG et P100G (paramètre habituellement utilisé sur arachide au lieu du poids moyen d'une graine) ont été mesurées sur 15 parcelles en 1994 à Sob avec une pluviosité déficitaire et très mal répartie, et 15 parcelles en 1995 à Ndiakane avec une meilleure pluviosité. Les cultures ont été implantées dès la première pluie utile sur des champs jugés bons, moyens et pauvres pour leur niveau de fertilité, et équivalents dans les deux villages.

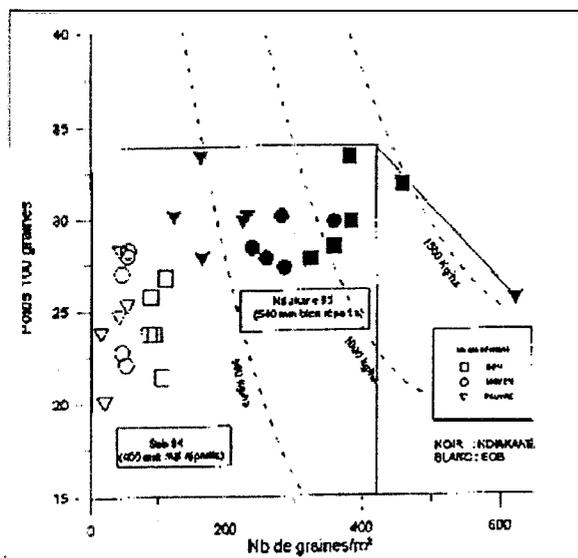


fig 2 : Relation Nb de graines/m² - Poids de 100 graines. Variété 55-437

La figure 2 fait apparaître que le PIOOG et plus encore le NG discriminent les champs de Sob 94 et Ndiakane 95. Les champs de Sob 94 sont situés dans la zone B où les deux composantes sont très limitantes et conduisent à des rendements en graines faibles (<300 kg/ha) et très variables (de 1 à 8). Les champs de Ndiakane 95 évoluent dans une gamme de NG et de PIOOG plus élevés bien qu'encore limitants et conduisent à des rendements en graines moyens (375 à 1500 kg/ha) et moins variables (de 1 à 4). Dans les deux séries, les NG bas sont associés aux champs peu fertiles, et les NG élevés aux champs fertiles. Cet exemple montre que les rendements varient largement en dessous du maximum permis par la pluviosité annuelle, cette variabilité étant essentiellement imputable à celle du NG liée à la contrainte fertilité des sols. *sensu lato*

b) Variété 73-33. Cet exemple qui provient du Centre-Sud-Bassin Arachidier en 1994 et 1995, montre qu'avec une variété à plus grosses graines, comme la variété de confiserie 73-33 (Virginia érigée, dormante, 105-110 jours), les conditions de fertilité peuvent affecter significativement le PIOOG, et donc la qualité et la valorisation de la production, les valeurs les plus élevées n'étant accessibles qu'aux meilleurs champs, excepté pour les faibles nombres de graines.

c) Culture irriguée (figure 3). Un essai de contre-saison a été réalisé à Bambey en 1996 avec une variété non dormante de 90 Jours, Fleur 11, destinée à remplacer la 55-437 mais valorisable aussi en confiserie. L'essai comportait 3 niveaux d'irrigation fort (900 mm), moyen (600 mm) et faible (300 mm) pendant toute la durée du cycle, le niveau fort correspondant à une alimentation hydrique du couvert non limitante. La densité et le niveau de fertilité du sol n'étaient pas limitants.

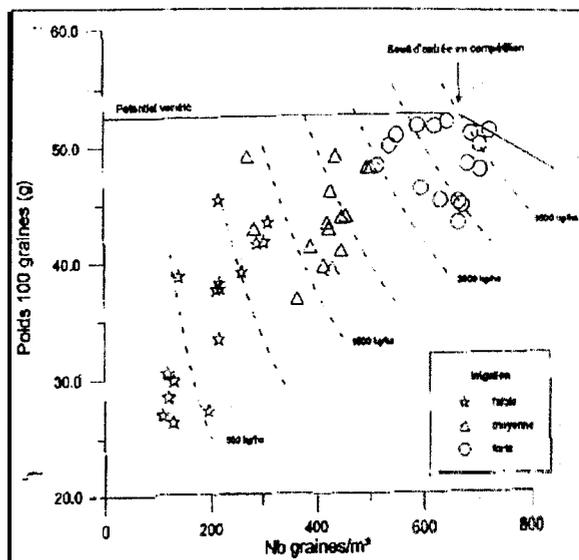


fig 3 : Relation Nb de graines/m² - Poids de 100 graines. Variété leur 11.

L'alimentation hydrique a provoqué un fort étagement du NG et du PIOOG. Les 3 niveaux d'irrigation permettant d'accéder à des rendements en graines de 1500, 2500 et 3500 kg/ha. On peut considérer que les potentialités de la variété ont été bien approchées, avec un PIOOG de 52 g et un seuil d'entrée en compétition 700 graines/m².

Relations entre croissance et composantes du rendement

Les gousses en formation constituent des puits à assimilats qui deviennent prioritaires à partir du début de la phase de croissance rapide des graines. Ceux-ci sont en compétition avec les puits reproducteurs en formation et avec les puits végétatifs (ramifications aériennes, racines et nodosités) pour l'offre en assimilats. L'offre en sucres est liée à l'évolution de la surface foliaire et à son activité, l'offre en acides aminés étant liée à l'activité racinaire et symbiotique. La satisfaction de la demande par l'offre dépend aussi de l'efficacité de la translocation des assimilats des sources vers les puits; en fin de cycle, du carbone et de l'azote sont mobilisés à partir des tiges et des feuilles au profit des graines en remplissage. Pour des variétés d'arachide de cycle court, on considère que la matière sèche végétative aérienne produite 60 jours après semis (MSV60) est un bon indicateur des capacités du peuplement à former et conserver des graines, la matière sèche à la récolte (MSVR) servant d'indicateur des capacités du peuplement à remplir les graines (graphes PIOOG = f(MSVR)).

Dans un graphique NG = f(MSV60), la courbe enveloppe rassemble les points correspondant à la meilleure efficacité de la biomasse végétative à former et conserver des graines; elle renseigne sur le NG potentiellement accessible à chaque niveau de biomasse végétative. Les points situés en dessous de la courbe enveloppe correspondent à des situations de défaut d'efficacité de la biomasse végétative à former ou conserver des graines défaut de nouaison

ou pertes de graines d'origine parasitaire. L'exemple de Ndiakanc 1995 avec la variété 55-437 montre que l'efficacité de la biomasse végétative à former et conserver des graines décroît fortement des parcelles fertiles aux parcelles fatiguées. L'exemple de Bambey 1996 avec la variété Fleur 11 montre que de bonnes conditions d'alimentation hydrique améliorent non seulement la production de matière sèche végétative mais également son efficacité à former des graines.

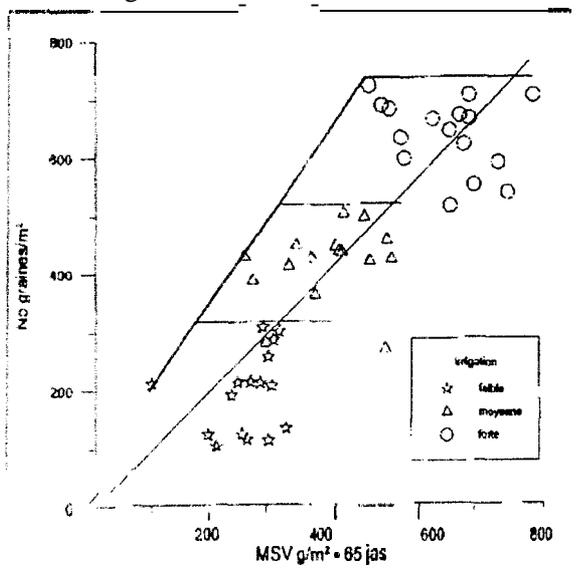


Fig 4 : Efficacité de la matière sèche à former des graines. Variété Fleur 11.

Plus généralement les résultats de 94 et Ndiakanc 95 montrent que l'efficacité la matière sèche totale à former, conserver et remplir des graines est diminuée par la sécheresse et la pauvreté du sol. L'affinement du diagnostic agronomique consiste à rechercher l'abord les causes des réductions de production de biomasse végétative (hiérarchisation des facteurs limitants, sécheresse et fertilité, avec ses composantes chimiques, physiques et biologiques), puis les causes de défaut d'efficacité de la biomasse végétative à former, conserver et remplir des graines causes agro-physiologiques mais aussi dégâts parasitaires aériens ou souterrains.

Pour cela, il apparaît nécessaire de renforcer la démarche analytique sur les parcelles d'expérimentation ou d'enquête avec un suivi plus rapproché des états du peuplement (évolution des sources et puits en présence, et de leur état fonctionnel : aspects physiologiques et sanitaires des organes aériens et souterrains) complété par un suivi des états du milieu (profil cultural, enherbement et états de surface). Une décomposition plus fine du rendement sera nécessaire avec par exemple la prise en compte de la composante nombre surfacique de plants, qui continue à décroître bien après le début de la floraison. Cette phase de démarche analytique et pluridisciplinaire doit s'attacher à couvrir la maximum de variabilité et constituer un préalable indispensable pour alimenter les phases de synthèse et de modélisation.

Références

CATTAN Ph., 1996. Contribution à la connaissance du fonctionnement d'un peuplement d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) : proposition d'un schéma d'élaboration du rendement. Thèse INA-PG, 179 p.

FLEURY A., 1990. Méthodologie de l'analyse de l'élaboration du rendement. In Physiologie et production du maïs, ed. coll. AGPM-INRA, 279-290.

MEYNARD J.M., 1992. Diagnostic de l'élaboration des cultures. Cahiers d'agriculture 1:9-19.

Conduite de l'irrigation dans la région du Fleuve Sénégal

Approche physiologique et application à la culture de l'arachide

DANIEL ANNEROSE, PASCAL CLOWEL, ALAIN MAYEUX, CIRAD
CERAAS, Sénégal ; CIRAD, France ; ISRA, Bambey, Sénégal

La pratique de l'irrigation en zone sahélienne constitue une des voies encore peu exploitées pour l'amélioration de la production agricole. Dans la région du fleuve Sénégal d'importants aménagements hydroagroles ont été réalisés conférant à cette région un potentiel de production significatif. Une partie importante de ces aménagements concerne des périmètres irrigués villageois (PIV) qui emploient généralement la méthode d'irrigation par gravité. Le manque de maîtrise des quantités d'eau apportées et la variabilité des caractéristiques hydrodynamiques des sols complique la détermination précise des stocks en eau du sol et les besoins en eau des cultures par les agriculteurs. Pour ces raisons, l'organisation de l'irrigation dans ces périmètres est généralement basée sur l'établissement de tours d'eau entre les agriculteurs qui ne satisfont pas nécessairement les besoins de la culture. L'amélioration de la gestion de l'eau constitue, par conséquent, un des objectifs principaux dans le fonctionnement de ces périmètres. Elle concerne à la fois la maîtrise quantitative et fréquentielle des apports en eau durant le cycle de développement de la culture.

La détermination des besoins en eau basée sur l'évaluation de l'état hydrique de la culture est encore peu utilisée et peut permettre d'améliorer la gestion des apports en eau. L'objectif de cette étude est de proposer une méthode de pilotage de l'irrigation reposant sur une détermination par téléthermométrie infrarouge de l'état hydrique de la culture. La méthode d'Idso et Jackson (1981), basée sur l'hypothèse que la température du couvert végétal (T_c) dépend des capacités transpiratoires de la plante, et donc de ses capacités à pouvoir absorber l'eau disponible dans le sol, a été adoptée. Une corrélation linéaire a été observée entre l'évolution du différentiel de température ; température du couvert végétal (T_c) moins température de l'air (T_a) et le déficit de pression de vapeur (DPV).

L'une des bases de cette étude est de valider cette méthode d'estimation par comparaison avec des indicateurs de stress fiables (potentiel hydrique foliaire, conductance stomatique, photosynthèse) généralement utilisés à l'échelle de la plante, afin de proposer les conditions d'application de cette méthode à une culture sous irrigation. Cette étude a été conduite sur une culture d'arachide sur le périmètre irrigué de Thiago (Richard-Toll, Sénégal). L'autre objectif de cette étude est d'évaluer en milieu réel (PIV) l'intérêt et l'applicabilité de cette méthode

à une meilleure gestion de l'eau sur une culture d'arachide.

L'étude a été conduite sur deux campagnes (1991 et 1992) sur le site de Thiago (200 ha) regroupant 300 agriculteurs. Les mesures ont été effectuées sur une parcelle d'arachide, cv 55-437. La parcelle choisie a été divisée en deux sous-parcelles au stade végétatif maximum. Une sous-parcelle a continué à être bien arrosée (ETM) tandis que l'autre était mise en condition de stress par suspension de l'arrosage. Le potentiel hydrique foliaire, la conductance stomatique, la photosynthèse, la température du couvert végétal et celle de l'air ont été mesurés simultanément à partir de la date d'application du stress. L'évolution du différentiel de température ($T_c - T_a$), en fonction du déficit de pression de vapeur (DPV), est représentée sur la figure 1 pour une journée de mesure 10 jours après l'application du stress. Sur la parcelle à ETM, une relation linéaire est observée entre $T_c - T_a$ et DPV. La diminution de $T_c - T_a$ avec l'augmentation du DPV au cours de la journée, rend compte de l'importance du flux transpiratoire lié à la bonne disponibilité en eau du sol et à l'absence de contrôle stomatique dans les tissus foliaires bien alimentés en eau. Sur la parcelle stressée, $T_c - T_a$ (-3°C) reste élevé avec l'augmentation du DPV, rendant compte de l'incapacité des plantes à maintenir leur transpiration due à une limitation de l'absorption racinaire (baisse des réserves en eau du sol) et/ou à une fermeture des stomates.

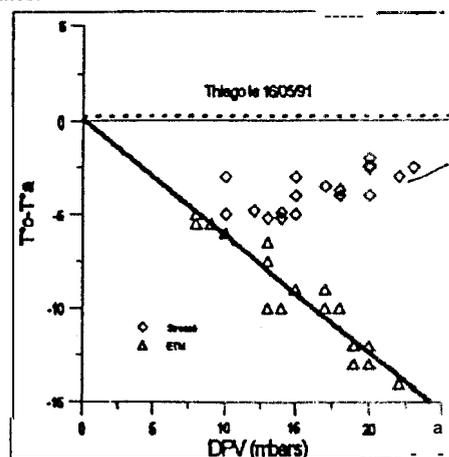


Fig. 1 - Etalonnage et calage

Selon Idso et Jackson, une culture complètement stressée (ETO) aurait une T_c voisine de celle de 'fa' (ligne pointillée de la figure 1). Un indicateur de stress (Crop Water Stress Index, CWSI), pour une parcelle donnée, peut donc être calculé à chaque valeur de DPV. Une relation linéaire (Fig. 2) est

mise en évidence entre le CWSI et potentiel hydrique foliaire (ψF). Ce résultat indique que le CWSI constitue un indicateur fiable de l'état hydrique foliaire. La relation entre ψF et la conductance stomatique (C_s) indique que la fermeture des stomates, et donc l'intensité des échanges gazeux, se manifeste à un ψF de -1MPa. Cette valeur de ψF correspond à un CWSI de 0,3 qui peut par conséquent être retenu comme valeur seuil pour l'alerte à l'irrigation

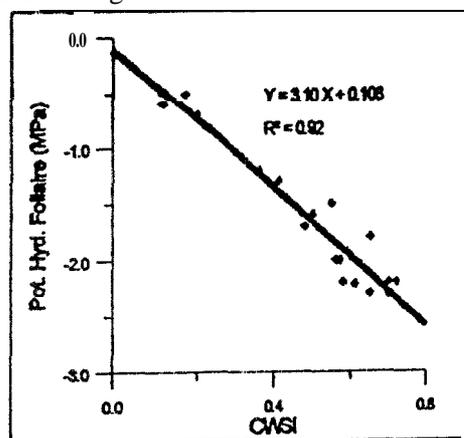


Fig. 2. Relation CWSI Potentiel Hydrique Foliaire

L'application en milieu réel a été conduite durant la campagne 1992 sur le même site et avec la même variété.

2 traitements principaux jusqu'au 30ème jour après le semis (jas) :

Sous-parcelle maintenue à ETM ;

Sous-parcelle ayant reçu uniquement une irrigation au semis.

2 traitements secondaires à partir du 30ème jas :

Sous-parcelle à ETM ;

Sous-parcelle avec irrigation pilotée à partir de la mesure du CWSI.

Les parcelles ont été choisies parmi celles mises en place par les agriculteurs afin de représenter la diversité des situations observées sur le périmètre. Les parcelles à ETM étaient irriguées dès que $T_c - T_a$ s'écartait de la courbe de référence préalablement établie. Les parcelles pilotées, étaient irriguées dès que le CWSI atteignait la valeur de 0,3. Cette alerte à l'irrigation était donnée à l'ensemble des agriculteurs.

- Le maintien des parcelles à ETM sur l'ensemble du cycle (T 1) a nécessité 9 irrigations.
- les parcelles ayant reçu une irrigation de semis et maintenues à ETM à partir de 30 jas (T3), ont nécessité 7 irrigations

Le pilotage de l'irrigation à partir de la détermination du CWSI a permis de réduire de 2 tours le nombre d'irrigation (T2 et T4) par rapport aux traitements principaux

Les rendements gousses sont compris entre 27 10 $kg \cdot ha^{-1}$ et 500 $kg \cdot ha^{-1}$ pour l'ensemble des parcelles. Cette gamme de rendements rend compte de la

diversité des situations agronomiques liée en grande partie au degré de technicité des agriculteurs (Tableau 1).

Traitement	Irrigations	Gousses kg/ha	Fanes kg/ha
T1 ETM cycle	9	1860a	6100a
T2 ETM + pilotage	7	1420a	5420a
T3 ETM 30 jours	7	1100b	5080a
T4 Pilotage 30j	5	970b	475a

Tableau 1 - Résultats

Le rendement gousses maximal a été obtenu sur le traitement à ETM(T1) avec une valeur moyenne de $1860 kg \cdot ha^{-1}$. L'économie effectuée par pilotage de l'irrigation sur le traitement T2 a permis de maintenir les rendements en gousses par rapport à la parcelle à ETM. Les rendements des traitements n'ayant reçu qu'une irrigation de semis puis irrigués à l'ETM ou pilotés par CWSI à partir du 30ème jas (T3, T4), sont significativement inférieurs à T1, mais pas entre-eux. Les rendements fanes sont compris entre $3500 kg \cdot ha^{-1}$ et $6950 kg \cdot ha^{-1}$ et ne sont pas significativement différents entre les traitements.

Ces résultats confirment que la détermination de l'état hydrique de la plante par téléthermométrie peut constituer une méthode efficace pour l'économie de l'eau sans diminution des rendements attendus par rapport à une parcelle à ETM. Comparativement au mode de gestion traditionnel de l'irrigation sur ces PIV, elle permet d'optimiser la répartition des tours d'eau entre les exploitants. In réduction de deux tours d'eau a permis de réaliser une économie de 1 20 000 F CFA sur les postes carburant et lubrifiant à l'échelle du périmètre. Cette économie permet de couvrir, dès la première année, les investissements et le fonctionnement nécessaires à la mise en oeuvre de cette méthode. Cette méthode peut aussi être appliquée à d'autres cultures.

Bibliographie

- Jackson R.D., Reginato R.J., Idso S.B. 1977. Wheat canopy temperatures : a practical tool for evaluating water requirements. *Water Resources Research* - 1977, 13 n°3, 651-656.
- Idso S.B. and al. 1981. Normalizing the stress degree day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology* - 1981, 24, 45-55.
- Idso S.B., Reginato R.J., Jackson R.D., Pitulter P.J. 1981. Foliage and air temperature evidence for a dynamic "equivalent point". *Agricultural Meteorology* - 1981, 24, 223-226.
- Jackson R.D. et al. 1981. Canopy temperatures as a crop water stress indicator. *Water Resources Research* - 1981, 17 n°4, 1133-1138.

Biochimie et biologie moléculaire : outils pour l'étude de l'adaptation à la sécheresse et la création variétale

HAROLD ROY-MACAULEY
CERAAS, Sénégal

Introduction

nu cours de ces dernières années, les concepts et les techniques de biochimie et de biologie moléculaire ont beaucoup évolué. Ainsi, la biochimie et la biologie moléculaire constituent des outils de plus en plus puissants pour l'étude de l'adaptation à la sécheresse et la création variétale.

Dans cette note, nous avons tenté d'expliquer des termes souvent mal compris et de préciser les utilisations de la biochimie et de la biologie moléculaire comme aide à la création variétale. Enfin, l'état des connaissances sur l'arachide a été discuté en relation avec l'utilisation de ces techniques.

Quelques termes importants

La biochimie

La biochimie étudie les aspects chimiques des processus biologiques du niveau de la plante entière jusqu'à l'échelle de la molécule

La biologie moléculaire

La biologie moléculaire décrit la structure, la réplication et l'expression des gènes (figure 1).

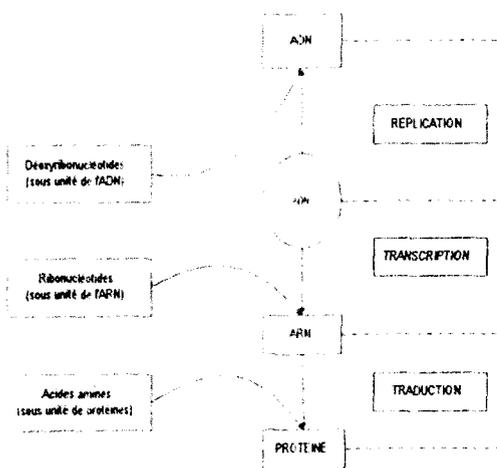


Figure 1. Schéma de la structure et des étapes de l'expression des gènes.

La biologie moléculaire est la partie de la biochimie qui concerne le fonctionnement cellulaire au niveau moléculaire. Une bonne connaissance de la biochimie est donc indispensable pour comprendre la biologie moléculaire

Le déficit hydrique

Le déficit hydrique peut être défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, qui se traduit par une réduction de la production par rapport au potentiel du génotype.

L'adaptation à la sécheresse

L'adaptation à la sécheresse est un caractère complexe, résultant de l'interaction de plusieurs mécanismes, opérant à différents niveaux d'organisation de la plante. Ces réactions aboutissent à des transformations déterminant une résistance, plus ou moins achevée et efficace à la contrainte hydrique. Elle intervient donc dans la productivité.

Approche pluridisciplinaire de l'étude de l'adaptation à la sécheresse

Du fait de sa complexité, l'étude de l'adaptation à la sécheresse et la compréhension des mécanismes impliqués, requiert une approche pluridisciplinaire. Les disciplines les plus concernées sont l'agronomie, la physiologie, la biochimie, la biologie moléculaire, la génétique et la bioclimatologie.

Les aspects de la biochimie et de la biologie moléculaire de l'adaptation à la sécheresse

La biochimie et la biologie moléculaire permettent d'identifier les gènes impliqués dans l'adaptation à la sécheresse. Une stratégie d'amélioration variétale, impliquant ces deux disciplines, pourrait passer par une sélection basée sur des indicateurs physiologiques (Blum, 1983) et/ou des marqueurs moléculaires de résistance, ou encore par la création des plantes transgéniques.

Critères physiologiques

L'étude des mécanismes de l'adaptation a permis la description et l'analyse de différents caractères phénologiques et morpho-physiologiques impliqués dans l'adaptation à la sécheresse. Leur étude, dans le cas des effectifs importants est difficile à réaliser et leur mesure est souvent fastidieuse. L'accès direct aux gènes correspondant à ces critères via les marqueurs moléculaires, aide à lever cette difficulté.

Marqueurs moléculaires

Les marqueurs moléculaires sont liés à l'expression des gènes. Ils concernent des changements fondamentaux et interactifs, notamment au niveau de la balance hormonale, des protéines et des activités enzymatiques (Roy-Macaulay *et al.*, 1992)

Ces modifications ont pour conséquence des réactions au niveau moléculaire, cellulaire et au niveau du développement (induction des gènes par l'ABA, extension du métabolisme, croissance et modifications anatomiques).

Cependant, l'induction ou l'amplification de l'expression de gènes pendant le déficit hydrique, ne suffit pas pour conclure que les produits correspondants de l'expression sont spécifiquement impliqués dans l'adaptation.

Expression des gènes

Le développement des techniques de la biologie moléculaire a ouvert la voie à des études sur les réactions chromosomiques et sur la modification du génome lorsqu'une plante est soumise à la sécheresse. Ces études ont pour objet l'identification des gènes modifiés et ayant une valeur adaptative.

Une fois la liaison entre l'expression d'un gène et un certain degré de tolérance établie, on peut avancer l'hypothèse de l'intervention de ce gène dans l'adaptation à la sécheresse (Moons *et al.*, 1995).

La génétique réversible permet d'obtenir l'ADNc du produit d'expression. Cette stratégie implique la purification d'une enzyme ou d'une protéine exprimée en condition de déficit hydrique, son séquençage et la fabrication de l'ADN correspondant qui code pour l'enzyme. Cet ADN est marqué au P^{32} et servira comme sonde pour caractériser le gène. Le gène identifié (ADNc) servira de sonde longue et permettra d'étudier la régulation de l'expression du gène dans différentes conditions physiologiques et chez différentes plantes. Cette étude de l'expression permettra le criblage rapide, fiable et proche du gène des plantes, pour une réponse physiologique dont on sait qu'elle confère un avantage sélectif vis-à-vis de la sécheresse.

Les techniques de marquage moléculaire sont devenues des outils potentiels de nombreux programmes de recherche. Les marqueurs moléculaires RAPD (random amplified polymorphic DNA) et RFLP (restriction fragment length polymorphism), permettent de corréler les caractères quantitatifs liés à l'adaptation à la sécheresse avec un polymorphisme de type RAPD ou RFLP (This *et al.*, 1993).

Les QTLs (quantitative trait loci) correspondent aux régions génomiques encadrées par des marqueurs moléculaires, dont la variation génique est liée à la valeur phénotypique. Les cartes génétiques construites à partir du marquage moléculaire pourraient permettre de localiser des loci responsables de la variation des caractères polygéniques tel que celui de l'adaptation à la sécheresse.

La sélection assistée par marqueurs (SAM) permet d'identifier les caractères morphophysiologiques de résistance à la sécheresse, indépendamment de leur expression phénotypique.

Arachide

En ce qui concerne l'arachide, l'application des techniques de la biologie moléculaire en est à ses débuts. Aucune étude de ce type sur la tolérance à la sécheresse n'est disponible à l'heure actuelle.

Récemment des cartes génétiques de l'arachide cultivée ont été établies grâce aux techniques de la biochimie et de la biologie moléculaire. Cependant, ces méthodes ne permettent pas de caractériser le polymorphisme probablement présent dans le génome de l'arachide cultivée.

Des schémas de sélection permettant de croiser l'arachide cultivée avec des espèces sauvages, montrant un important polymorphisme, sont longs et difficiles. Le marquage moléculaire permet de suivre l'introgession du génome sauvage dans le génome des espèces cultivées.

La transformation génétique via *Agrobacterium tumefaciens* est maîtrisée notamment sur le type Valencia : la régénération peut être obtenue à partir de différents types d'explants. Ces résultats offrent des perspectives intéressantes en matière de transfert de gènes dans le cas où des enzymes clés codant pour un gène particulier seraient identifiées.

Conclusion

La biochimie et la biologie moléculaire, qui permettent d'identifier les gènes coopérant à la tolérance et éventuellement de peser leur contribution à la réponse globale de la plante au déficit hydrique, constituent une perspective riche d'apport potentiel pour l'amélioration de la performance génétique et agronomique en cas de déficit hydrique.

Références

- Blum, A., Mayer, J. and Gozlan, G. 1983. *Plant Cell Environ.* 6 : 219-25.
- Roy-Macauley, H., Zuily-Fodil, Y., Kidric, M., Pham Thi, A. T and Vieira da Silva, J. 1992.. *Physiol. Plant.* 85: 90-96.
- Moons, A., Bauw, G., Prinsen, E., Van Montagen, M. and Vander Straeten, D. 1995. *Plant Physiol* 107: 177-186.
- This, D and This, P. 1993. Les principaux types de marqueurs moléculaires applicables à la sélection pour la tolérance à la sécheresse. Avantages et limites. In: *Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale*. Colloque Inra-Ensa-Agropolis. Montpellier, Inra éd., N° 64, pp 405-22.

L'adaptation génétique de l'arachide face à la sécheresse : critères et méthodes de sélection

DANIELE. CLAVEL, CIRAD
ISRA, Bambey, Sénégal

La sécheresse constitue une contrainte majeure en Afrique sub-saharienne. Le déficit hydrique figure parmi les facteurs abiotiques les plus difficiles à caractériser car il peut intervenir à tous les stades de la plante et de façon plus ou moins accentuée. Une analyse des différentes formes de sécheresse sévissant dans un milieu donné s'avère donc nécessaire avant de mettre en place un programme de sélection. C'est ce qui a été fait au Sénégal en 1989-90 (figure 1).

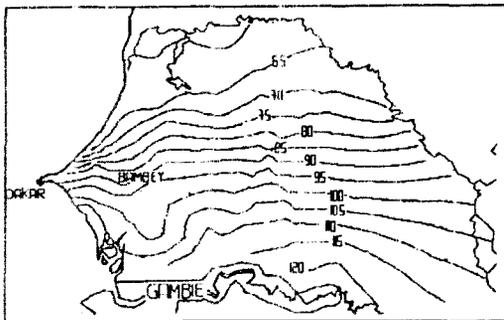


Fig 1. Durées de cycles satisfaits pour les variétés d'arachide au Sénégal

La sélection sur la base du seul critère de rendement en conditions de déficit hydrique a montré ses limites pour une amélioration significative des performances variétales en conditions sèches. En effet, le rendement et ses composantes sont fortement influencés par les facteurs environnementaux. En outre, si ces derniers sont limitants, la variation interannuelle des résultats sera importante car la variance génétique et l'héritabilité des caractères liés au rendement seront faibles. Par ailleurs, la prise en compte des interactions génotypes-milieus s'avère irréalisable dans le cas de génotypes en disjonction.

L'approche génétique idéale devrait consister à sélectionner pour des caractères remplissant les critères suivants :

- variabilité suffisante du caractère,
- possibilité de contrôle de l'influence du milieu sur l'expression du caractère,
- corrélation entre la présence du caractère et le rendement en conditions sèches,
- caractère facilement mesurable sur un grand nombre de génotypes,
- caractère héritable.

Les caractères sélectionnables pour l'adaptation, à la sécheresse

Les principaux mécanismes de la résistance à la sécheresse de l'arachide sont communs à la plupart des plantes cultivées. Cependant, leurs variabilités, leurs déterminismes génétiques et leurs degrés relatifs d'implication dans le processus complexe de la résistance à la sécheresse doivent être étudiés

spécifiquement pour chaque espèce afin d'en déterminer l'intérêt pour la sélection. Ces mécanismes correspondent principalement à des caractères morphophysologiques, physiologiques et cellulaires. Les caractères permettant à la plante de maintenir l'équilibre hydrique nécessaire pour poursuivre normalement ses activités physiologiques sont connus sous l'appellation de caractères **d'évitement de la déshydratation**. Il s'agit schématiquement pour la plante d'assurer sa bonne alimentation en eau grâce à l'efficacité de son système racinaire et de limiter ses pertes en eau en diminuant sa surface foliaire et sa transpiration. D'autres mécanismes liés à des caractères dits de **tolérance à la déshydratation**, permettent à la plante de SC maintenir en vie en conditions de sécheresse. Ces caractères chez l'arachide sont principalement :

- la capacité de germer en condition de pression osmotique élevée,
- la résistance des membranes à la déshydratation et à la chaleur (résistance protoplasmique),
- la capacité de maintenir une activité photosynthétique,
- une certaine aptitude à redistribuer ses assimilats et direction des gousses.

Les réponses au déficit hydrique se succèdent dans le temps et sont reliées entre elles de façon plus ou moins complexe. On peut distinguer les effets précoces qui concernent les modifications de la balance hormonale. Les effets à plus long terme comme la réduction de la surface des feuilles et du rapport feuilles / racines apparaissent très fortement reliés entre eux. La capacité photosynthétique est en relation avec la régulation stomatique et la surface foliaire.

Comment sélectionner pour ces caractères ?

La recherche de caractères pertinents pour la sélection, la mise au point et l'optimisation des tests de criblage physiologique correspondants, ainsi que les comparaisons agronomiques passent obligatoirement par une intégration pluridisciplinaire des recherches. (figure 2)

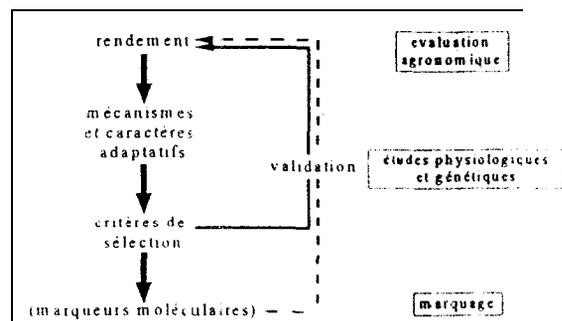


Fig. 2. Démarche intégrative pluridisciplinaire

Les paramètres morphophysiologiques retenus doivent être ceux dont la contribution est la plus importante dans la tolérance des génotypes d'où une phase nécessaire de **validation agronomique** des génotypes retenus. Cette validation est d'autant plus importante que les mesures physiologiques lourdes réalisées sur des lignées en disjonction ne peuvent être répétées.

La validation **agronomique** peut passer par la création de lignées isogéniques mais cette méthode n'est applicable que si le caractère est mono ou oligogénique. Cette démarche a été utilisée au Sénégal pour transférer des caractéristiques de taille de graine de la variété 55437 à la variété 57-422.

Une autre voie de sélection intéressant les caractères polygéniques fait intervenir la notion d'idéotype d'adaptation pour un milieu donné. Cet idéotype correspond à une variété dont les caractères d'adaptation ou le rendement en conditions de sécheresse sont satisfaisants. Pour la zone centre du Sénégal deux idéotypes ont été retenus : la variété 57-422, intéressante pour un ensemble de caractères d'adaptation, et la variété Fleur 11 qui montre une grande stabilité de rendement interannuelle. Ces deux variétés sont utilisées comme "témoins" dans les évaluations agronomiques (Fleur 11) et /ou dans les différents tests de criblage physiologique (57-422).

Les méthodes de sélection

La **sélection généalogique** classique, présente de fortes limitations dans le cas d'une sélection multicritère. En effet, elle suppose d'importantes pressions de sélection sur les individus incompatibles avec le maintien de la variabilité sur tous les caractères et sur le long terme.

La **sélection par rétrocroisement** peut être envisagée dans le cas où un caractère génétiquement simple doit être transféré sur une variété intéressante pour un ensemble d'autres caractères. Nous avons, par exemple, opéré le transfert du caractère lié à la germination à pression osmotique élevée de la variété 55-437 sur la variété 57322.

La **sélection récurrente** est la méthode qui permet le mieux de sélectionner des caractères polygéniques à hérédité complexe ou de réaliser une sélection multicritère. Son principe est d'effectuer, après chaque cycle de sélection, un brassage de recombinaison génétique afin de reconstituer la variabilité génétique initiale à l'intérieur d'une population à large base génétique. Cependant le nombre élevé des croisements manuels nécessaires pour les brassages représente une contrainte importante de cette méthode.

Cette démarche est, néanmoins, celle que nous suivons au Sénégal dans un programme de sélection pour l'adaptation à la sécheresse de l'arachide mené en collaboration avec différents pays partenaires. Ces derniers reçoivent la population à des fins de sélections généalogiques spécifiques. Parallèlement, cette population améliorée selon deux voies : une partie des lignées constitutives est criblée sur certains critères physiologiques associés dans un

index (système racinaire et aérien, régulation stomatique et résistance protoplasmique) (Figure 3) et l'autre partie est évaluée sur le plan agronomique. Les mêmes familles ont subi les deux types de tests lors du dernier cycle d'amélioration de cette population. Nous avons donc pu apporter une validation agronomique de l'index calculé à partir des performances sur tests physiologiques : 70 % des familles choisies sur caractères agronomiques ont également été choisies sur index physiologique.



Fig 3. Criblage physiologique en rhizotrons : mesures racinaires

Conclusion

Un programme de création variétale pour l'adaptation à la sécheresse ne peut se passer d'une approche pluridisciplinaire. L'identification des mécanismes physiologiques, leur validation agronomique, l'évaluation de leur variabilité génétique ainsi que la connaissance de leur déterminisme génétique sont autant de facteurs à même de garantir l'efficacité de la sélection classique.

Dans l'état actuel des connaissances, on ne peut espérer une amélioration significative de la résistance à la sécheresse en changeant l'activité d'un seul gène. On peut cependant envisager des transformations génétiques sur certains mécanismes cellulaires simples de tolérance, comme la résistance protoplasmique. Cette voie de recherche sera certainement très utile pour connaître la contribution de tels mécanismes à la réponse adaptative globale.

Dans l'état actuel des connaissances sur l'adaptation à la sécheresse de l'arachide, la sélection récurrente qui permet d'associer différents caractères favorables tant sur le plan physiologique que sur le plan des performances agronomiques à l'intérieur d'une même population représente probablement la meilleure voie de progrès dans ce domaine.

Introduction de la dormance dans des variétés d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) à cycle court

OUSMANE NDOYE
ISRA, Bambey, Sénégal

Introduction

Villers (1972) définit la dormance comme étant "un stade d'arrêt du développement entrepris seulement par des conditions environnementales défavorables telles que le manque d'eau". Cet état se distingue cependant de la dormance imposée, (ou dormance secondaire par opposition à la dormance primaire), de la quiescence et de la perte de viabilité des graines.

La dormance peut être également induite en pulvérisant les feuilles de l'arachide de l'hydrazine maleique (Nagarjun, 1983). Cependant, cette dormance induite est de courte durée et est instable. De plus, l'application de cette technique à grande échelle n'est pas envisageable en raison de son coût élevé. C'est pourquoi, la dormance acquise génétiquement est la voie la plus souhaitable et la plus fiable. L'objectif de cette note est de faire le point des résultats obtenus sur le transfert de la dormance à des variétés d'arachides sénégalaises à cycle court.

La dormance des graines d'arachide est un phénomène naturel qui affecte plusieurs aspects de la culture de l'arachide. Elle peut être bénéfique quand elle empêche les graines de germer en place avant la récolte, elle est néfaste quand elle réduit les densités ou augmente la quantité de semence nécessaire pour emblaver une surface donnée élevant ainsi les coûts de production.

La nouvelle variété d'arachide Fleur 11 a un potentiel de production supérieur de 30% à la variété traditionnelle 55-437. Elle présente un intérêt pour les zones Centre et Centre Nord du Bassin Arachidier. Cependant, elle n'est pas à l'abri de pluies tardives de fin de cycle qui occasionnent des germinations au champ entraînant une baisse de la qualité des récoltes. Ce risque est d'autant plus grand qu'actuellement la Fleur 11 est cultivée jusque dans le Sud du Bassin Arachidier, donc hors de son domaine de recommandation.

Des hybridations ont été effectuées dans le but de transférer la dormance de la seule variété sénégalaise de type Spanish dormant 73-30, à la Fleur 11 et à la 55-437. Les descendances, en F₃ et F₆, ont été évaluées à Bambey CII 1995.

Matériels et méthodes

Le matériel végétal est composé de 30 lignées issues de croisements entre 55-437 x 73-30 et Fleur 11 x 73-30.

L'essai a été implanté selon un dispositif en blocs de Fisher avec 4 répétitions. Les parcelles élémentaires sont composées de 5 lignes de 6 mètres avec des écartements de 60 cm entre les lignes et 15 cm entre les poquets. Le semis est manuel à raison d'une graine par poquet.

La mesure de la germination au champ: après la maturité physiologique les deux premières répétitions sont récoltées (1^{ère} date de récolte). Les deux autres répétitions reçoivent, au besoin, un apport d'eau par arrosage manuel. La troisième répétition est récoltée 2 semaines après la première date de récolte et la quatrième répétition est récoltée 4 semaines après la première date. Le taux de graines germées au champ est déterminé, pour chaque répétition, à partir du nombre total de graines et du nombre de graines germées. A la récolte des 3^{ème} et 4^{ème} répétitions, 10 graines de chaque parcelle sont mises à germer dans des boîtes de Pétri au fond desquelles est déposé du papier buvard imbibé d'eau distillée. Les graines germées sont comptées après 24, 48, 72, et 96 heures d'imbibition. Le nombre total de graines germées est déterminé et exprimé en pourcentage.

Résultats

Les lignées dont l'un des parents est 55-437 (H86-1) ont les meilleures densités comparativement à celles dont Fleur 11 est un des parents (H87-0). La taille, plus grosse, des graines de Fleur 11 est la raison principale de cette différence. Au sein d'une même lignée les entrées ont des densités significativement différentes (P=0,01) à 20 JAS et 40 JAS. Les lignées ont produit des fleurs tôt dans la saison. En effet, à 22 JAS, il y a eu 50% floraison pour l'ensemble des lignées. La plus précoce a une moyenne de 20, 5 jours tandis que les témoins ont une moyenne de 21 jours. Les lignées issues de Fleur 11 semblent être plus précoces que les autres. Ce constat est vérifié également pour le paramètre 100% floraison puisque toutes les lignées de 55-437 ont une moyenne de 24 jours alors que celles de Fleur 11 en ont 23.

Pourcentage de gousses germées au champ

Le taux de gousses germées au champ (Taux %) est calculé sur les 3^{ème} et 4^{ème} répétitions qui sont récoltées respectivement à 2 et 4 semaines après la maturité physiologique et à la récolte des 2 premières répétitions. Des taux très bas, plus faibles que ceux de 73-30, sont relevés surtout chez les lignées issues de 55-437. Néanmoins une lignée de Fleur 11 (lignée 30) a un taux inférieur à celui de 73-30.

Taux de germination après récolte

La majorité des graines germe entre 24 et 48 heures d'imbibition pour les 2 répétitions. Après 3 jours d'imbibition, presque aucune graine ne germe, ce qui explique le faible taux relevé 96 heures après imbibition (Tableau 1). La répétition 3, récoltée 2 semaines après la maturité physiologique, comporte des lignées qui ne germent pas du tout (lignées 24, 2, 12, 20) (Tableau 1).

L'observation du pourcentage de germination des graines montre des valeurs faibles, voire inférieures à celles de 73-30, pour des lignées correspondant aux numéros 9, 24, 2 qui proviennent de 55-437 et les numéros 17, 12 et 20 issues de Fleur 11.

Conclusion

Ces travaux ont permis d'identifier des lignées dormantes présentant des taux de germination comparables à ceux de 73-30. Les lignées correspondant aux numéros 9, 24 et 2 ayant 55-437 x 73-30 comme parents et les lignées 17, 12 et 20 issues de Fleur 11 x 73-30 sont considérées comme dormantes. Il faudra conduire un autre test afin de confirmer leur bonne disposition à ne pas germer aussitôt après maturité.

Selon la technique que nous avons utilisée, on peut obtenir des lignées dormantes en imposant une pression de sélection assez forte. Il apparaît que, par la méthode d'imbibition des graines fraîches, on peut arriver à sélectionner des lignées dormantes. C'est d'ailleurs cette méthode de sélection massale qui a permis d'obtenir la variété dormante 73-30.

Le caractère le plus reproductible et constant de la dormance n'est pas l'aptitude à germer sur pied mais la dormance de graines mûres fraîches décortiquées qui est bien représentative de la précédente. Ceci est vérifié dans le cas de notre expérimentation pour les lignées 9, 2-t et 2 qui se révèlent être les meilleures (Tableaux 1).

Les lignées les plus prometteuses que nous avons obtenues seront évaluées par les techniques modernes de la biologie moléculaire et le degré d'héritabilité de leur potentiel de dormance sera aussi déterminé.

N°	2ème date de récolte					3ème date de récolte					
	Lign.	24h	48h	72h	96h	TG	24	48h	72h	96h	TG
	*	**	*	*	**	**	**	*	**	**	
9	0,5	0,5	0	0	10	0	0	0	0	0	
19	0	0,5	0	0	5	0	1,5	0,5	0	20	
24	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	5	
4	0	1,0	0,5	0	15	0	0,5	0	0	5	
16	3,0	4,5	0	0	75	0	4,5	0,5	0	50	
2	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	5	
10	0,5	1,5	0	0	30	0	2,0	2,0	0	40	
6	0	1,5	1,0	1,0	40	0,5	2,5	0	0,5	35	
14	1,0	1,0	1,0	0	20	0	3,0	0	0	30	
7	0	2,5	0	0	30	0	4,0	0,5	1,5	60	
26	1,0	2,0	0	0	30	1,0	3,5	1,0	0	55	
1	1,0	1,5	0	0	25	0	0	0,5	0,5	10	
3	0	1,5	0,5	0	20	0	2,0	0	0	25	
8	2,0	2,5	0	0	45	0	3,5	0	0	35	
11	0	4,0	0	0	40	0	3,0	0	0	30	
5	1,0	1,5	0	0	25	0	1,0	1,0	0	20	
15	0	4,0	0,5	0	45	1,0	2,5	1,0	0	45	
17	1,0	0	0	0	10	0	0,5	0	0	5	
13	0	1,5	0,5	0	20	0	2,0	0	0	20	
23	0,5	0	0,5	0	10	0	3,0	1,5	1,0	55	
21	0,5	3,5	1,0	0	50	0,5	4,5	0	0	50	
30	0,5	2,0	0,5	0,5	35	1,0	2,0	0	0	30	
27	0	2,0	1,5	0	35	0	3,5	0	0	35	
12	0	0	0	0	0	0	1,0	0	0	10	
20	0	0	0	0	0	0	0,5	1,0	0	15	
18	0	1,0	0	0	10	0	1,0	0	0,5	15	
29	3,0	4,0	0,5	0	75	0	4,5	0,5	0	50	
55-437	5,5	3,0	0	0	85	4,0	4,0	0	0	80	
Fleur	3,5	3,5	0	0	70	2,0	2,0	0	0	40	
73-30	0,5	0	0	0	5	0	0,5	0	0	5	

**= hautement significatif (P=0,01), *= significatif (P=0,05)

Tableau 1: Pourcentage de graines germées à 24, 48, 72 et 96 heures après imbibition et taux moyen de germination (TG) en fonction des 2 dates de récolte des lignées d'arachide cultivées à Bambey en 1995.

Références choisies

- Gautreau, J. 1984. Evaluation des taux effectifs de non-dormance au champ d'arachides sénégalaises Oléagineux Vol. 39(2):83-88.
- Ketring, D.L. 1971. Physiology of oil seeds. 111 Response of initially high and low germinating Spanish-type peanut seeds to three storage environments. Agron. J. Vol. 63:435-438.
- Mauboussin, J.C. 1966. Amélioration de l'arachide études en cours sur la dormance et la longueur du cycle. Doc; présenté à la réunion Samaru-Bambey tenue à Bambey du 17 au 22 Octobre 1966 11 p
- Nagarjun. P. and G.D Reddar. 1983. Studies on induction of seed dormancy in bunch type of groundnut. Seed Research 11:24-32.
- Ndoye, O., J.S. Senghor, A. Sy et I. Fall. 1996. Sélection générale arachide. Rapport analytique 1995. Doc. ISRA. Bambey. 43 p.
- Stokes. W.E. and F.H. Hull. 1930. Peanut breeding J. Am. Soc. Agron. Vol. 22(12): 1004-1019.

Modélisation et applications pour le développement agricole

DANIEL ANNEROSE, CIRAD
CERAAS, Sénégal

Introduction

Parmi les espèces annuelles cultivées au Sénégal l'arachide est, sans aucun doute, celle sur laquelle la plus grande masse de connaissances scientifiques a été accumulée. Le développement agricole et alimentaire de ce pays a été, et continue en grande partie, à être organisé autour de cette culture. Il a directement bénéficié des résultats des recherches conduites depuis de nombreuses années par l'Isra et ses partenaires, notamment le Cirad, dans des domaines allant de l'amélioration des plantes à celui des techniques de conservation. Ces recherches sont conduites d'une manière multidisciplinaire et intégrée à l'origine de la forte expertise de ces institutions chez cette espèce. Les applications concernent à la fois l'arachide cultivée dans les systèmes pluviaux caractéristiques de la zone sahélienne ainsi que celle cultivée dans les systèmes sous irrigation.

Ce capital de connaissances est constamment sollicité par les différents intervenants de la filière arachidière, les décideurs et les bailleurs de fonds qui jugent de son efficacité à travers la capacité de la recherche à apporter rapidement des solutions fiables et optimisées à leurs demandes.

Depuis plusieurs années l'Isra et le Cirad mobilisent l'expertise acquise sur arachide en développant une approche de valorisation des connaissances à travers la définition d'outils de modélisation des processus de la productivité arachidière. Ces modèles sont développés à la fois comme des moyens de formalisation des connaissances et de diagnostic scientifique, mais aussi comme des outils d'aide à la décision. Ils sont élaborés de manière à renforcer les relations entre les équipes de recherche autant que celles existant entre les structures de recherche et celles en charge du développement.

L'objectif de cette communication est de faire un point des travaux conduits dans le domaine de la modélisation du développement de l'arachide au Sénégal. Dans la zone sahélienne et au Sénégal en particulier la production arachidière est principalement affectée par le manque d'eau. Il n'est donc pas surprenant que la majorité des modèles développés à ce jour et donc ceux présentés ici concernent d'abord cette priorité. Un bref rappel historique des travaux de modélisation conduits sur l'arachide au Sénégal permettra d'illustrer les différents niveaux de complexité que peut avoir un modèle. Puis nous présenterons de manière un peu plus détaillée le modèle Ara.B.Hy (Arachide Bilan Hydrique) comme un outil complet de description de la simulation du développement de l'arachide. Enfin les applications actuelles de ces outils pour le développement seront succinctement présentées.

Bref historique

Nous savons maintenant que la plante placée en condition de sécheresse met en oeuvre des mécanismes physiologiques complexes lui permettant de réguler à court terme son état hydrique et d'adapter son développement de manière à maintenir un équilibre compatible avec sa survie. Ces mécanismes et processus interagissent de manière complexe et déterminent in fine la réponse agronomique observée. Cette complexité intervient à chaque niveau de la composante étudiée et l'utilisation des modèles à pour objectif principal de pouvoir la décrire plus simplement. Le modèle intervient ainsi comme un outil fédérateur des connaissances issues de champs disciplinaires différents.

Les premiers modèles ou modèles précurseurs ont été développés à l'Isra dans les années 70. Ces modèles de première génération étaient des outils simples synthétisant les connaissances acquises dans un seul champ disciplinaire. C'est le cas du modèle de Dancette (1978) qui déterminait la date optimale de semis de l'arachide à partir d'une connaissance partielle des besoins en eau de l'arachide et d'une analyse pluriannuelle de la pluviométrie. Ce modèle était d'abord un modèle bioclimatique et il a été longtemps exploité par les services de développement comme un outil d'aide à la décision. Il peut être aussi considéré comme le premier outil de communication directe de connaissances entre la recherche et le développement.

Les modèles précurseurs ont été suivis au début des années 80 par des modèles essentiellement basés sur une estimation du bilan hydrique des cultures en cours de cycle. Ces nouveaux modèles simulaient de manière empirique différents processus du développement de la culture sur un pas de temps très long (décade ou semaine). Ainsi l'évolution des stocks en eau du sol, l'évapotranspiration réelle de la culture et son taux de satisfaction des besoins en eau ont pu être simulés. Ces modèles empiriques demeuraient encore mono-disciplinaires puisqu'ils n'intégraient que des concepts et des connaissances de la bioclimatologie parmi lesquels les réactions de la plante à la disponibilité en eau n'étaient pas prises en considération. Cependant leur simplicité et leur robustesse permettent de les exploiter notamment dans des diagnostics effectués sur une grande échelle spatiale (zone climatique).

Ara.B.Hy., modèle semi-déterministe

L'intégration des connaissances pluridisciplinaires dans les modèles a commencé avec le développement d'Ara.B.Hy. Ce modèle a été le premier modèle semi-déterministe ajoutant à la simulation du bilan

hydrique des cultures, celle des réactions de la plante aux différents facteurs du milieu.

De plus il intègre dans son développement la composante génétique permettant de distinguer le comportement de différentes variétés.

Ara.B.Hy intègre dans un système modélisé la plante et son environnement considéré à l'échelle de la parcelle agricole. Il est architecturé autour de 3 compartiments (sol, plante, atmosphère) et il permet d'estimer les flux de matière (matière sèche fixée, eau) et d'informations (états hydriques, stades phénologiques, ...) entre différents sous-compartiments interconnectés (feuilles, tiges, racines, gynophores, gousses)

Le sous-modèle de croissance

Ara.B.Hy est classiquement structuré autour d'un sous-modèle de croissance qui simule le gain net de matière sèche (photosynthèse) et sa répartition entre les différents organes de la plante (figure xx). Le gain de matière sèche est calculé sur un pas de temps quotidien et il est supposé optimal en absence de stress. Les conditions d'éclairement au Sénégal sont optimales pour la photosynthèse et le gain de matière sèche quotidien est déterminé comme une fonction de la matière sèche présente de la plante et du nombre de degrés-jours cumulés. La matière sèche accumulée est répanie entre les différents organes selon le stade phénologique de la plante. Les organes végétatifs et les racines sont privilégiés en début de cycle, puis la matière sèche bénéficie prioritairement aux fruits (gynophores, gousses et graines) en phase de reproduction. Les taux de répartition de cette matière sèche sont caractéristiques de la variété étudiée. Le sous-modèle de croissance simule aussi le développement de l'indice foliaire et la densité racinaire. Les informations obtenues à l'échelle de plante sont ensuite agrégées à l'échelle de la parcelle en tenant compte des facteurs agronomiques (ex : densité, type de sol. . .).

Le sous-modèle de bilan hydrique

Le bilan hydrique du sol est estimé en distinguant l'évaporation du sol nu de la transpiration du couvert végétal. Pour cela les besoins en eau de la culture sont déterminés à partir de la connaissance de l'indice foliaire et la disponibilité en eau par l'estimation de la profondeur et de la densité du système racinaire.

Ce sous-modèle tient compte des caractéristiques hydrodynamiques des différents types de sols rencontrés déterminant leur réserve hydrique. La connaissance de l'indice foliaire permet de distinguer la part du sol nu, donc évaporante, et celle couverte c'est à dire évapotranspirante. L'absorption hydrique racinaire tient compte de l'architecture en pivot du système racinaire de l'arachide qui confère, jusqu'à une certaine densité de racines dans le sol, une meilleure efficacité d'absorption dans les horizons superficiels les plus denses.

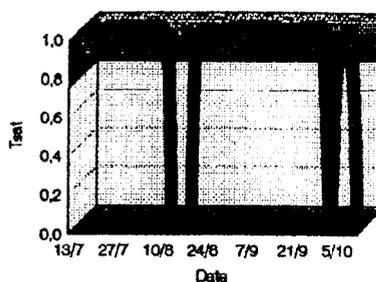


fig 1 : Taux de satisfaction des besoins en eau d'une culture.

Ce bilan hydrique est déterminé sur un pas de temps journalier et permet d'avoir une bonne estimation de l'évaporation et de la transpiration de la culture (figure 1).

Les fonctions de stress

Le principal facteur de stress dans Ara.B.Hy est l'état hydrique de la plante et de la culture. Ce facteur intervient dans le développement de la plante et de la culture comme un facteur limitant. Ces fonctions de stress varient de 0 (stress maximal) à 1 (pas de stress). Dans le cas d'Ara.B.Hy, la valeur de l'état hydrique est déterminée par celle du taux de satisfaction des besoins en eau de la plante et de la culture. La sensibilité au stress des différentes fonctions vitales de la plante sont déterminées par rapport à ce taux. Les fonctions touchées par les fonctions de stress sont successivement la transpiration, la photosynthèse et donc la fixation de matière sèche, puis la croissance foliaire et celle des organes reproducteurs. La croissance racinaire est en plus affectée par l'état hydrique des horizons de sol atteints par les racines les plus profondes.

Un modèle ouvert

Ara.B.Hy a aussi été conçu de manière ouverte c'est à dire permettant à l'utilisateur de modifier l'ensemble des paramètres utilisés dans la simulation. Cette caractéristique permet d'effectuer avec Ara.B.Hy les ajustements permettant de décrire avec précision une situation donnée. Par exemple, le sélectionneur peut estimer l'impact d'une modification de la vitesse d'élongation racinaire sur l'exploitation des réserves en eau du sol de l'arachide.

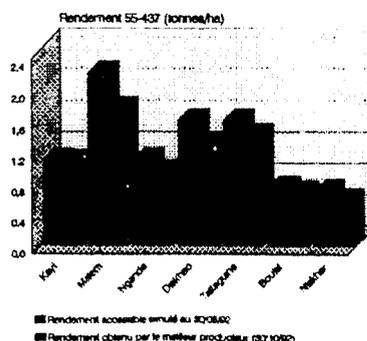


fig 2 : Comparaison de rendements.

De même il est possible grâce à cet outil de simuler avec précision le développement et la production d'une culture d'arachide dans le champ de l'agriculteur (figure 2).

Les applications

Les modèles, tel Ara.B.Hy, peuvent être des outils très performants pour l'aide à la décision au niveau scientifique et pour le développement. Nous avons déjà illustré pour la recherche une des applications intéressantes qu'est le test de faisabilité génétique, c'est à dire l'évaluation de l'impact de combinaisons génétiques données sur le développement de la culture.

Pour le développement, plusieurs applications ont été obtenues au Sénégal avec Ara.B.HY. La première consiste à fournir des conseils techniques aux agriculteurs basés sur une estimation à un instant t de l'impact d'une technique culturale sur le rendement. Cela va de la recommandation de la date de semis à des informations sur le rythme et les dates des travaux au champ (ex : désherbages)

Actuellement Ara.B.HY. est principalement utilisé comme outil de prévision des récoltes à l'échelle de plusieurs régions du Sénégal. Des initiatives sont en cours afin de l'exploiter dans un système modernisé de statistiques agricoles à l'échelle nationale. Ce modèle a aussi été utilisé comme base d'information pour la gestion d'un fond de calamité des producteurs. Il a aussi été adapté pour le suivi de l'irrigation de l'arachide en Argentine.

Ces résultats montrent bien que la modélisation peut être un vecteur performant de dialogue cohérent entre la recherche et le développement.

Perspectives et conclusions

De nombreux facteurs de stress, tels la fertilité du sol, peuvent être pris en compte dans des modèles de type de Ara.B.Hy. Dans le cas du Sénégal cet aspect est particulièrement important et les prochains résultats sur les effets des interactions eau x fertilité devront être considérés dans les prochaines versions. De même sur le problème du stress hydrique, une description plus fine des effets sur l'état hydrique et la réponse de la plante peuvent encore être ajoutée. Nous avons cependant le souci de ne pas complexifier à l'extrême ce type d'outil afin de ne pas aboutir à des modèles dont le nombre de paramètres les rendraient difficilement exploitables pour le type d'applications décrit.

Les successeurs d'Ara.B.Hy devraient être des modèles plus simples décrivant de manière pointue un processus donné, couplés à des modules d'autoparamétrisation permettant d'ajuster efficacement la simulation aux données expérimentales

Bibliographie

Annerose D.J.M., 1991. Caractérisation de la sécheresse en zone semi-aride. 11. Evaluation des formes de sécheresse agronomique de l'arachide au Sénégal par simulation du bilan hydrique de la culture. Oléagineux, vol 46, n° 12, 61-65.

Annerose D.J.M et M. Diagne, 1990. Caractérisation de la sécheresse en zone semi-aride. 1. Présentation d'un modèle simple d'évaluation appliqué au cas de l'arachide cultivée au Sénégal. Oléagineux, vol. 45, n° 12, 547-554.

Dancette C., 1978. Estimation des chances de réussite de 3 types d'arachide (90, 105 et 120 jours) à partir de l'analyse pluviométrique. Programme Brunet-Moret (Orstom). Cas de Bambey. Doc Isra, 16 pages.

Doc Agrymet, 1990. D.H.C., logiciel de diagnostic hydrique des cultures, version 2.0, 65 pages + addenda.

Mathieu C.P.L., 1990. Contribution à la modélisation de la croissance de l'arachide au Sénégal (*Arachis hypogaea* Lin). Doc Isra/Cirad, 43 pages + bibliographie.

Point sur la recherche de variétés d'arachide adaptées à la sécheresse au Burkina Faso

BERTIN ZAGRE, DIDIER BALMA
INERA, Burkina Faso

Problématique

Dans la zone soudano-sahélienne, la sécheresse affecte le développement des cultures du fait de la diminution importante de la longueur de la saison -les pluies (cas des régions du Nord et du Centre du Burkina Faso) et par la fréquence accrue de périodes sèches plus ou moins longues pendant la saison de culture.

Pour les zones les plus septentrionales affectées principalement par la diminution de la période pluvieuse, on s'efforce d'obtenir des variétés très précoces (75-80 jours) capables «d'esquiver» la sécheresse.

Pour les zones moins nordiques à saison de pluies utiles plus longue, on recherche des variétés précoces (90 jours) capables de résister à une ou des périodes de sécheresse survenant en cours ou en fin de cycle («tolérante» proprement dite à la sécheresse).

La diffusion à grande échelle de telles variétés dans le milieu rural permettrait d'augmenter la production, d'une part par l'amélioration des rendements et d'autre part par l'augmentation de surfaces cultivées en arachide grâce à l'utilisation des types très précoces dans les zones septentrionales. Cette progression de la production s'inscrit dans les préoccupations du gouvernement.

Résultats

Une expérience entreprise avec le Sénégal, le Brésil et le Botswana sous l'égide du réseau arachide pendant trois ans dans les régions les plus sèches du Burkina-Faso, portant sur la comparaison de variétés très précoces (75-80 jours) a permis d'obtenir des lignées dont les rendements gousses en kg/ha sont nettement supérieurs au témoin Chico (1900 à 2250 kg/ha contre 1500 au témoin). Le poids de 100 graines de ces lignées est supérieur à celui du témoin (29 à 31 g contre 27 g).

Huit lignées prometteuses en fin de sélection généalogique ont été obtenues à partir de 2000 graines de la première sous-population provenant de l'ISRA sur du matériel (75-80 jours) physiologiquement adaptées à la sécheresse. On note un gain de production en gousses de 250 à 350 kg/ha par rapport au témoin de production 55-437 avec un taux de maturité des lignées testées équivalent au témoin de précocité Chico. Le poids de 100 graines des lignées atteint 60 g avec 42 g pour le témoin.

Sur cent lignées de 90 jours dites tolérantes à la sécheresse provenant de l'ICRISAT, 14 SC sont distinguées par leurs rendements en gousses (2200-2500 kg/ha contre 2000 au témoin) et en fanes (4000-5000 kg/ha contre 3000 au témoin). Le poids

de 100 graines des lignées varie entre 50 et 60 g contre 42 g au témoin.

Conclusion

On dispose actuellement de matériel performant dont l'étape ultérieure sera l'essai en milieu paysan.

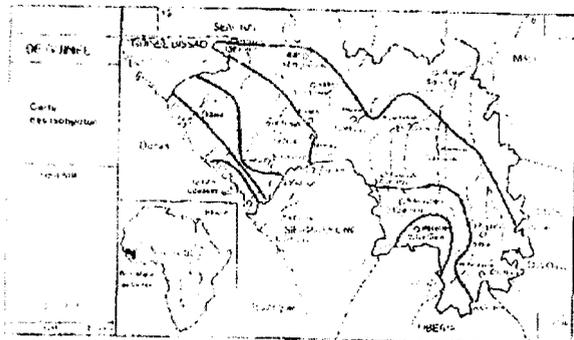
Essai d'adaptation de variétés d'arachide à la sécheresse en Guinée

LANCINE DOUMBOUYA
IRAG, Guinée

Introduction

La République de Guinée est située au Sud-Ouest de l'Afrique Occidentale entre 7° OS et 12° 51' de Latitude Nord et 7° 30' et 15° 10' de Longitude Ouest. Elle a une frontière commune au Nord et à l'Est avec 2 pays sahéliens ; le Sénégal et le Mali et avec 3 pays forestiers, la Côte d'Ivoire, le Liberia et la Sierra Leone à l'Est et au Sud. L'Océan Atlantique et la Guinée Bissau la limitent à l'Ouest.

Le pays possède un climat à 2 saisons dont la durée varie selon les régions ; la saison des pluies varie de moins de 3 mois au Nord à plus de 9 mois au Sud-Est. La hauteur d'eau varie de 4 500 mm en région côtière (Ouest) à 1 300 mm en Haute Guinée (Nord-Est) comme l'indique la carte des isohyètes ci-après de A. Kavalec, 1977 dans Climatologie de la Guinée



Des variations pluviométriques imposent souvent des contraintes à l'agriculture ; arrêt prématuré des pluies avant la fin du cycle des cultures, retard de la saison pluvieuse, pluies abondantes ou passagères à certaines périodes. Ces variations sont très préjudiciables aux cultures d'arachide et entraînent souvent des manques à gagner de l'ordre de 40 à 60%.

C'est pourquoi, la recherche de variétés productives et précoces de 85-90 Jours est devenue une priorité à l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée. C'est dans ce contexte que des essais variétaux ont été menés à Bordo et à Bareng.

Matériels et méthodes

Deux essais comparatifs de variétés précoces ont eu lieu. Le premier en 1991 au point d'essai de Kouroussa a comporté 4 variétés prometteuses dont 1 exotique issue de l'ICRISAT et 5 répétitions suivant un dispositif de blocs au hasard de Fischer.

Les variétés utilisées sont Thiagbénin, Tyoporo, Gambiaka et 47/10. Les parcelles élémentaires ont mesuré 20 m² (4 m x 5 m).

Une fertilisation au superphosphate triple (60 kg P₂O₅ / ha) a suivi les travaux de préparation du sol. Les semis ont été effectués en poquet suivant un

espacement de 20 cm x 40 cm. Deux sarclages eurent lieu.

Le deuxième essai a eu lieu à Bareng en 1993. Il comprenait 7 variétés dont 4 exotiques introduites à l'ICRISAT. Le dispositif expérimental était celui des blocs au hasard de 4 répétitions. Le semis a été fait en poquet distants de 30 cm x 35 cm après une fumure de fond de 100 kg/ha d'urée et 150 kg/ha de triple 15.

Les rendements en gousses de ces 2 essais ont été soumis à l'analyse de variance et les moyennes ont été comparées par le test de Newman-Kuels.

Résultats et interprétations

L'analyse de variance des rendements parcelaires en gousses du 1er essai n'a révélé aucune différence significative entre les variétés comparées.

Les rendements à l'hectare sont appréciables, ils varient de 2 780 à 3 170 kg soit une moyenne de 3 010 kg (tableau 1).

VARIETES	KG/PARCELLE	KG/HA
Thiagbénin	6,08	3 040
Tyoporo	6,10	3 050
Gambiaka	6,34	3 170
47-10	5,56	2 780
Moyenne générale	6,02	3 010
Effet variété	N.S.	
ETR	0,57	
CV (%)	9,5	
Puissance (%)	73	

Tableau 1 : Rendements en gousses de 4 variétés hâtives d'arachide au Point d'essai de Kouroussa en 1991.

Dispositif en blocs complets à 5 répétitions
N.S. = Non significatif au seuil de 5 %

Quant au 2ème essai, il existe des différences significatives entre les variétés. Les variétés locales Kondara et Labiriya et la variété introduite ICGV 86-117 ont donné les meilleurs rendements qui vont de 1 850 à 2 000 kg/ha (tableau 2)

IETES	Gousses/plant	Rendement en gousses (kg/ha)	Rendement au décortilage
ICGV 86-053	24	1700 d	63 a
KOUNDARA	25	2000 a	59 b
ICGV 86-017	27	1950 a b	62 a b
ICGV 86-003	27	1650 d	63 a b
LABIRIYA	27	1850 bc	59 b
ICGV 86-016	29	1175 cd	67 a
LYOPORO	27	1650 d	62 a b
Moyenne glé	26	1796	61
Effet variété	N.S	*	*
ETR	3.05	69.29	3.15

Tableau 2 : Rendement en gousses de 7 variétés d'arachide à la station de Bareng, 1993

Dispositif en blocs complets à 4 répétitions.

* Significatif au seuil de 5 %.

N.S. = Non Significatif au seuil de 5 %.

Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newmann-Keuls.

Conclusion

Les variétés de ces essais ont donné des rendements appréciables et présentent l'avantage de produire sans trop de risque d'être affectées par la sécheresse. Leur cycle de 90 Jours donne une marge de manœuvre dans les zones les moins arrosées de la Guinée, zones où les retards et les interruptions inattendues des pluies sont fréquentes.

Amélioration de l'arachide pour la tolérance à la sécheresse

EDGARDO H. GIANDANA
INTA, Argentine

La région semi-aride de la province de Cordoue concentre 98 % de la production d'arachide de la République Argentine. Sa production a connu des changements importants au cours des 20 dernières années.

Jusqu'au milieu des années 70, la production était wentiellement destinée à l'huilerie, avec des variétés de type Valencia (Coloré Irisé INTA et Blanc Rio Segundo), à cycle de 120-135 jours. L'exportation d'arachide de confiserie commença alors à se développer, ce qui amena des modifications dans les systèmes de production, de transformation industrielle et de commercialisation.

Pour satisfaire cette demande, il fallut développer des variétés de type Virginia Runner. C'est ainsi que dans le milieu des années 80 furent obtenues et diffusées des variétés de ce type (Florman INTA), à cycle de plus de 155 jours.

Mais les rendements et la qualité subissent d'amples fluctuations annuelles à cause de leurs besoins hydriques accrus. Les précipitations présentent une moyenne annuelle sur le cycle de 635 mm, mais elles sont erratiques en répartition et quantité, ce qui affecte l'expression des différents stades phénologiques reproducteurs. Ainsi, les fréquentes périodes de sécheresse pendant les stades phénologiques reproducteurs R1 à R4 entraînent un retard pour les stades phénologiques postérieurs et donc allongent le cycle de culture. Il arrive aussi que la sécheresse sévisse à partir du stade R4, période considérée comme la plus importante pour les rendements en quantité et qualité.

Cela a amené à inclure parmi les objectifs d'amélioration génétique l'obtention de cultivars moins exigeants en eau, plus particulièrement à partir du stade R4. Aussi lorsque les années s'y prêtent, les observations et la sélection de plantes présentant ces caractéristiques sont intensifiées. On détermine ensuite la stabilité et les performances de ces lignées avec la méthodologie proposée par G.K. SHUKLA (1972). C'est ainsi que la lignée Mf.393 fut retenue parmi 15 autres lignées pour la stabilité de ses rendements au cours de 11 années d'essais.

Mais cette méthodologie, même si elle peut aboutir aux résultats recherchés, requiert trop de temps. Aussi a-t-on commencé à partir de 1993 à travailler sur la recherche de variables physiologiques reliées à la tolérance à la sécheresse et facilement utilisables en sélection. Ce travail est réalisé avec l'Institut de Physiologie végétale et de Phytopathologie de l'INTA-Cordoue. Les corrélations entre des variables composantes du rendement et des variables physiologiques ont été étudiées ; elles ont été mesurées en conditions sèches ou en irrigué, en considérant les écarts relatifs entre production en

irrigué et non irrigué. Ainsi, les mesures de teneurs en hydroperoxydes, de résistance membranaire par conductivité, de pH en EDTA, de température foliaire et de résistance stomatique sont des variables prometteuses pour une sélection précoce de matériel tolérant.

Actuellement, les travaux en cours sur les descendances en ségrégation du croisement de Florman INTA (sensible) x Mf. 393 (tolérante) visent à déterminer parmi les variables énumérées celles qui pourraient être aisément et efficacement utilisées en sélection.

Groundnut production in Argentina

RICARDO PEDELINI
INTA, Argentine

The genus *Arachis* is a native of South America.

There is evidence that the cultivated groundnut *Arachis hypogaea* L. originated in north western Argentina and Bolivia. Today 90% of groundnut production in Argentina is from the Province of Cordoba, in a region between 30°30'S and 32°S. The average land sown to groundnut during the last 10 years was 176.000 ha. The largest area sown to groundnut was in 1977/78 with 449.000 ha.

Groundnut yields were 769 kg of kernel ha⁻¹ during 11 years since 1940 until 1980 with a rate of increase of 3.4 kg. ha⁻¹. In 1975, Argentina began to export some edible groundnut. As a result, groundnut farmers increased their net income and were able to introduce technological changes that resulted since 1981 in a yield improvement of 30.5 kg ha⁻¹. The average yield during the last 16 years was 1479 kg ha⁻¹. In spite of the importance of each innovation cited in table 1, the technology which produced the main change in the yield trend was the introduction of the virginia types varieties in 1980. While the average yield of the older Valencia and Spanish groundnut varieties under improved technology cropping system was 1.3 t ha⁻¹, the introduced Florunner and the local Florman INTA varieties were able to produce about 2 t ha⁻¹.

Argentinian groundnut growers use grass crops such as maize and sorghum preceding groundnuts in the crop rotation. Fertilizer is applied to preceding crops, soil nutrient levels are medium. Chances of a yield response of peanut to direct application of fertilizer are minimal. Land preparation begins by managing plant residues from the previous crops. Litter is shredded and harrowed into the soil surface during fall. Groundnut is planted after minimum tillage. Usually, the groundnut area receive each season enough rainfall to produce a good crop, but the use of the water could be inefficient. The land has to be partially covered with residue when the intense spring rains fall to facilitate the water infiltrate into the soil surface and percolate to the ground table, slow the runoff and decrease the evaporation. Seeds treated with recommended fungicides are sown with planters provided with forcefeed plates. Most of the groundnuts are sown with a row spacing of 70 cm and 14-16 seeds m⁻¹ in the row, during November. Virginia type varieties require from 150 to 160 days to fully mature, and hence, they are ready to harvest during late April or early May. All groundnut produced in Argentina are harvested by a combine harvester directly from the windrows. Whole groundnuts are brought into a combine harvester where pods are removed, cleaned and bagged or conveyed into a trailer. Artificial drying is minimal, no more than 1.5% of the total production, but is increasing each year. Bagged groundnuts are left in

the field until the moisture reaches the maximum level allowed for safe storage.

Ecological characteristics of the Argentinian groundnut area.

The Argentinian groundnut area has light textured soils, loamy sand, and sandy loam, well drained, with good chemical fertility for groundnut production. The average rainfall during the growing season is 675 mm while the annual rainfall is 776 mm. The average temperature in summer is about 21°C, with daily maximum up to 40°C and minimum down to 8°C. About 255 days are free from frost.

Economic characterization

In Argentina, groundnut is grown by 1500 farmers. The production was only about 1.5% of the world production during the last decade, but because of the export market, the Argentinian participation now is 15% of the world trade of groundnut products. Today, Argentina is the third largest exporter of edible groundnuts, after China and USA. In 1995, Argentina exported 165.000 Tn of edible kernels

Current research activities

Research is conducted by agricultural universities and mainly by INTA. Highly trained extension agronomists have helped groundnut farmers to reach high yield and quality through developments of modern groundnut production models

Technology	Year of diffusion
Preplanting soil incorporated with preemergence herbicides	1975
Grass control with postemergence herbicides	1979
Foliar disease control with organic fungicides	1979
Virginia type varieties (Flomner and Florman INTA)	1980
Digging with digger-shaker-inverter	1988
Artificial drying in Trailers	1992

Table 1 : Chronological list of the leading technology adopted by groundnut farmers during the last 20 years in Argentina.

Exemple du Nord-Ouest de la République Centrafricaine

RODRIGUE PROSPER YAKENDE
ICRA, République Centrafricaine

L'arachide est cultivée sur toute l'étendue du territoire en culture pure ou en association des cultures (binaire ou ternaire). On distingue deux bassins hydrographiques :

bassin Oubanguien dont le cumul de pluviométrie varie de 1600 à 2100 mm

bassin Tchadien ayant une moyenne de pluviométrie de 1100 à 1600 mm.

Le cas de notre communication se situera dans le premier cas.

L'arachide précoce (à cycle court : 90 jours) est semée en général à partir du mois de Mars dans les galeries forestières et dans les premières quinzaines du mois d'Avril dans les savanes arbustives et arborées. On constate régulièrement une courte

période de saison sèche qui sévit durant la première décennie du mois de Juin coïncidant ainsi avec la floraison de l'arachide. Cette situation entraîne une fanaison accentuée ou un dessèchement des plants ayant pour conséquence un avortement des fleurs donc une baisse de rendement à la récolte. Pour palier à ce phénomène agro-climatique, deux solutions ont été préconisées :

- le décalage de la date de semis par rapport à la date habituelle de semis. Or il s'avère qu'il y a une perte en rendement de 1 % de retard par jour par rapport à la date optimale de semis.
- La recherche des variétés tolérantes ou résistantes à la sécheresse en vue d'une production maximale.

Adaptabilité des variétés d'arachide sélectionnées pour la résistance à la sécheresse au Nord Bénin

J. DETONGNON, M. ADOMOU
INRAB, Bénin

L'arachide est une légumineuse à graine importante en République du Bénin. Sa culture se pratique dans tous les départements du pays sous différents systèmes dont la monoculture est la plus fréquente. Elle se pratique aussi en association avec d'autres cultures comme le maïs, le manioc, le palmier à huile, le sorgho, le mil et parfois l'igname.

La production arachidière au Bénin, pendant les dernières années oscille entre 50.000 et 75.000 tonnes avec les superficies évoluant entre 80.000 et 100.000 hectares et les rendements entre 600 et 800 kg par hectare.

Plusieurs contraintes limitent la production de l'arachide. Entre autres, les maladies foliaires. L'instabilité de rendement des variétés utilisées, les faibles densités de semis, les mauvaises herbes et les aléas climatiques.

En effet, les aléas climatiques jouent un rôle déterminant dans le faible niveau de rendement observé. Ces aléas sont dus à plusieurs facteurs tels que : l'installation tardive des pluies, les poches de sécheresse prononcée en cours de végétation, l'arrêt prématuré des pluies, etc.

Il importe alors de trouver des variétés adaptées à ces différentes situations. C'est dans ce cadre que des variétés sélectionnées à l'ICRISAT pour la résistance à la sécheresse ont été testées en 1992 et 1993 au Nord-Bénin. Trois localités ont fait l'objet de ce test. Il s'agit de INA (pluviométrie 900-1300 mm), ANGARADEBOU (pluviométrie 800-1000 mm), GUENE (pluviométrie 600-800 mm).

Vingt cinq (25) variétés ont été testées en dispositif lattice équilibre 5 x 5 répété 3 fois. Plusieurs paramètres ont été mesurés à savoir le nombre de jours à 50 % floraison, le nombre de jours à maturité complète, le poids de 100 grains, l'incidence de la cercosporiose (éch: 1-9), l'incidence de la rouille (éch: 1-9), la défoliation en fin de cycle (éch: 1-9), le rendement au décorticage (en %), le rendement fané (t/ha), le taux de croissance (t/ha/j), le partitionnement.

L'analyse des rendements gousses montre qu'à INA, ces rendements ont été élevés, moyens à Guéné et faibles à Angaradébou. La différence entre les rendements est significative à 1 % à INA et à Guéné sur les deux années et significatives à 5 % à Angaradébou. Cette analyse a permis aussi de dégager certaines variétés comme étant les meilleures sur le plan rendement. Il s'agit de ICGV90121, ICGV90122, ICGV90119, ICGV90136, ICGV90115, ICGV90135.

Les perspectives d'avenir pour le développement de variétés d'arachide résistantes à la sécheresse

consistent à explorer les possibilités de recherche autour des axes suivants :

- criblage des variétés en condition de stress hydrique variable y compris le milieu réel : effet du système racinaire sur la résistance à la sécheresse ;
- étude des paramètres de rendement et leur variation en condition de sécheresse prononcée, recherche de variétés à cycle long pouvant supporter les poches de sécheresse prolongée du Sud Bénin (Juillet-Août) ;
- recherche de variétés à cycle court pouvant cadrer avec le cycle pluviométrique de l'extrême Nord ; influence de la date de semis sur la réaction des variétés face à la sécheresse.

Research Strategies For Developing Groundnut Genotypes Adapted To The Dry Agro-Ecologies Of North Of Ghana

K.O. MARFO
CSIR, SARI, Ghana

Groundnut Cultivation in northern Ghana is experiencing unprecedented expansion in area and productivity in recent years. This may be attributed to the inability of farmers to procure the necessary external inputs such as fertilizers needed for the staple cereal crops, hence diversion to groundnut cultivation. The crop among other advantages, requires minimum external inputs. The increase in area is mainly confined to the northern fringes of the Guinea Savanna and the Sudan Savanna ecologies. These are areas characterized with erratic and inadequate rainfall distributions. The need to develop varieties which would be able to withstand not only mid-season drought, but also to avoid terminal drought is therefore imperative.

This paper describes the strategies adopted in our efforts to develop groundnut cultivars suitable for these ecologies. Emphasis is placed on not only high yields, but yield stability in the occurrence of adverse biotic and abiotic yield reducing factors. The results indicate that significant progress have been made in the identification of genotypes which are not only high kernel yielders, but also produce substantial quantities of haulm. Such genotypes are very important in the dry ecologies of northern Ghana, where the haulm is used to feed livestock and the kernel for human consumption, thus serving as « dual purpose » varieties.

Le potentiel de l'arachide en Guinée-Bissau

TCHERNO TALATO JALO
INRA, Guinée-Bissau

Les conditions de production

La Guinée Bissau présente des conditions agroclimatiques très favorables pour la culture de l'arachide :

pluviométrie suffisante et régulière sans sécheresse très grave ;

niveau de prédateurs de l'arachide peu élevé ;

rendements et qualité de l'arachide relativement stables d'une année sur l'autre ;

expérience de l'organisation des producteurs, bonne maîtrise des techniques, sensibilisation des producteurs à la qualité des produits et à un paiement différentiel en fonction de celle-ci acquise dans la multiplication des semences sur de grandes surfaces ;

maîtrise d'une commercialisation organisée avec un bon contrôle de la qualité, toujours avec l'expérience du plan semencier.

Outefois, il faut bien souligner que ces facteurs favorables n'existaient que dans le cadre du plan semencier arachide et de l'organisation du Projet Zone II (Zone Est du Pays)

La zone de l'Est du pays, exportateur traditionnel de l'arachide, est la région privilégiée pour cette culture. Elle présente une superficie de 17570 km², soit plus de la moitié du pays. Il est recensé environ 10.800 ha cultivables dont les trois tiers des sols sont ferrallitiques. La pluviométrie moyenne est de 1200 mm sur les dix dernières années, avec une saison de pluies qui se répartit de juin à octobre, alors qu'elle s'élevait à 1450 mm avant 1980 (Batafa, moyenne sur 34 années).

La topographie est caractérisée par des plateaux à faible altitude, entrecoupés des bas-fonds. La texture des sols est marquée par les régimes des eaux : sols ferrallitiques très légers en surface (80 à 85 % de sables dans les 20 premiers cm) et peu fertiles (faible capacité d'échange cationique et pH voisin de 5.5) sur les plateaux

Le système de production en place et son environnement socio-économique

Jusqu'à l'indépendance, le paysanat de l'Est a vécu en quasi autarcie sur un système de production agricole, extensif, céréalière, arachidier en culture manuelle sur les plateaux.

Les échanges commerciaux liés à l'arachide (à cette époque, la Guinée Portugaise exportait jusqu'à 50 000 tonnes) ont donné une place importante à cette spéculative puisque en 1978 les surfaces cultivées annuellement représentaient 60.000 ha pour tout le pays contre 90 000 ha pour les céréales de plateau.

Cette situation d'isolement et de statu-quo s'est accentuée après l'indépendance, durant les années où le gouvernement a mis en place une économie centralisée perpétuant les mêmes types de relations

marchandes avec le paysanat, crédit-troc de l'arachide mais avec des circuits commerciaux déliquescents et une monnaie non convertible. Pour une UPA de la zone, dont la surface moyenne est estimée à 2.26 ha, l'arachide représentait 35 % des cultures des plateaux en 1980.

La création d'un projet de développement rural, en 1977, a modifié les systèmes de culture sur une partie des exploitations en vulgarisant la traction animale, le développement des cultures de rente arachidière et cotonnière, a introduit l'utilisation d'intrants mais n'a pas atteint les objectifs de production attendus en raison du contexte économique encore défavorable.

Cependant, la politique de libéralisation économique a induit une monétarisation active du monde paysan, un accroissement des échanges campagne-marchés urbains mais aussi régionaux (Sénégal, Guinée), que vont certainement faire évoluer les systèmes des productions puisque toute culture peut être commerciable et source de revenus.

Les objectifs de ce Projet, sur financement conjoint FED-FAC, ont été en premier lieu d'augmenter la production d'arachide en déclin, pour alimenter l'huilerie de Cumeré construite en 1977, puis d'introduire une nouvelle culture, le cotonnier et vulgariser la pratique de la culture attelée, indispensable pour réaliser les deux premiers objectifs mais aussi augmenter la production céréalière.

Résultats

Un certain nombre d'acquis obtenus à partir des essais menés dans la zone sont déjà vulgarisés auprès des paysans dans l'optique d'améliorer la production sur la parcelle. En culture arachidière, les rendements ont régulièrement augmenté, plus de 1t/ha sans fumure contre 700 kg/ha.

Deux variétés ont été introduites avec succès, la 69 101 pour l'huilerie puis la 73 27 pour la bouche. Le labour à plat, qui a supplanté la préparation manuelle en billon, permet de meilleures densités. Les effets irréguliers des engrais sur l'arachide et la faiblesse de prix d'achat n'autorise pas actuellement l'utilisation rentable d'engrais phosphatés.

Par contre, l'arachide de bouche plus rémunératrice, l'engrais sur ces sols carencés en phosphore apporte un gain de production et des qualités économiquement valables,

Perspectives

Les thèmes de recherches futures sont orientés vers l'arachide de bouche : essais variétaux, bouche et hâtive ; influence des conditions de culture, de récolte et de conditionnement de l'arachide sur les teneurs en aflatoxine, traitement et relation avec fumure.

Drought effects on peanut net photosynthesis, photosynthetic capacity and energy conversion

JOAQUIM LAURIANO, NUNO MARQUES, Jose SEMEDO, EDUARDO REBELO, MARIA DO CEU MAI OS
EAN, Portugal

Introduction

Photosynthesis assumes a main role on plant productivity (Tombesi et al. 1984 and Lawlor, 1995) and the ability to maintain the rate of CO_2 assimilation under environmental stress such as drought, is fundamental for plant survival in this conditions (Lawlor, 1995). Indeed, according Pereira et al. (1985) under similar environmental conditions, differences in water use efficiency and productivity between species depend ultimately upon the photosynthetic capacity, stomatal behaviour and net photosynthesis, capacity for energy conversion and the pattern of carbon allocation within the plant. So the aim of this work was to analyse the effects of drought on the refreced photosynthetic parameters.

Material and methods

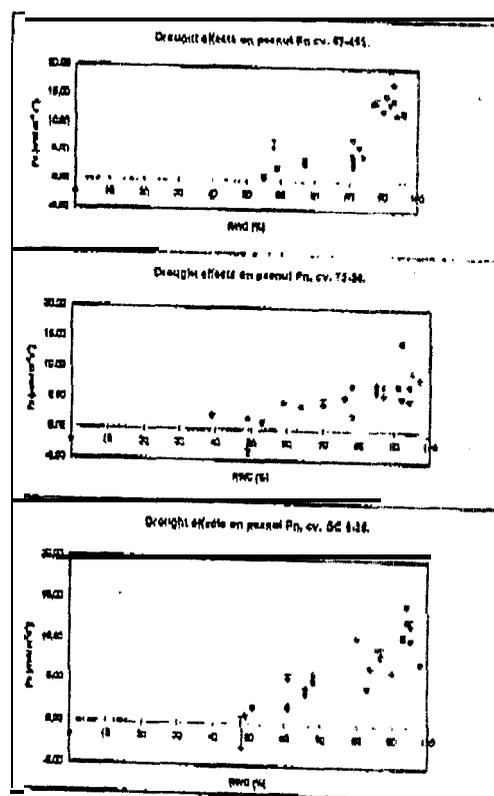
Three cultivars of *Arachis hypogaea* (57-422, 73-30 and GC-385) were grown in a glasshouse in pots filled with a mixture of Trio-hum tray substrate and vermiculite (5:4), under irradiance of about $1200\text{--}1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ at middle of the day, temperature between 10 and 32°C and relative humidity between 30 and 85 %. The plants were kept well-watered and fed weekly with 200 cm^3 of a Hoagland nutrient solution. Drought was imposed in 11 weeks old plants by withholding irrigation and thereafter the plants were irrigated again.

Relative water content (RWC) was determined gravimetrically according to Catsky (1950). Net photosynthesis (Pn), transpiration rate (E) and leaf conductance (gs) were measured using a portable system (LI-COR Lincoln, NE, U.S.A.). Model LI-600 Biomass was determined weighting the plants after dried in an oven at 60°C for at least 48h. Photosynthetic capacity (PC) was determined in a leaf disc oxygen electrode (LD2/2, Hansatech Ltd, Kings Lynn, UK) under irradiance of $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperature of 25°C , and for the control plants. CO_2 concentration of 6-7% (obtained through a carbonate/bicarbonate buffer) and for the stressed plants 15 % (through an air flow in the leaf chamber) to completely overcome the stomatal resistance, according to preliminary experiments. Chlorophyll fluorescence parameters namely, F_m (maximum fluorescence), F_v (variable fluorescence), F_o (initial, minimal or basal fluorescence), qp (photochemical quenching) and ϕ_e (quantum yield of PS II electron transport) were measured on fully expanded attached leaves, using the PAM 2000 system (H Walz, Effeltrich Germany). Leaves were dark adapted overnight before F_o and F_v/F_m were determined, qp was calculated according to van Kooten and Snell (1990) and measured under steady-

state photosynthesis conditions with ambient CO_2 , about 30°C , $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ of actinic light and saturating flashes of $4300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (with a duration of 1s). ϕ_e was calculated according to Genty et al. (1989).

Results

Our data show a decline of gs, E and Pn on all the cvs under drought. However differences on the pattern of these decreases were also observed among the cvs. The cv. 73-30 presented a gradual decline as RWC reduces.



The other two cvs, showed a sharp decrease. PC' was affected at high levels of stress (RWC around 70), being the decrease more gradual in the cvs. 73-30 and GC 8-35 and sharp in the cv. GC 8-35. The ratio of the variable to maximal chlorophyll fluorescence (F_v/F_m) was more affected in the cv GC 8-35. All cultivars showed decreases in photochemical quenching (qp) and quantum yield of PS 2 electron transport (ϕ_e). Increase of basal fluorescence (F_o) was observed in the cv. 73-30 and cv GC 8-35.

Amélioration de l'adaptation à la sécheresse: point de la situation dans la zone sahélienne du Cameroun

THOMAS MEKONTCHOU
IRAD, Maroua, Cameroun

Introduction

La zone soudano-sahélienne est caractérisée par la présence d'une période de sécheresse prolongée et dominante. Au Cameroun, cette zone est située entre 7° et 13° au Nord de l'équateur, et regroupe les provinces de l'Extrême Nord, du Nord et de l'Adamaoua. Cette zone a été subdivisée en trois grands ensembles écologiques compte tenu de: la pluviométrie :

la zone de l'Extrême Nord où la pluviométrie dure de 80 à 100 jours et reçoit généralement 400 à 800 mm de pluie par an ;

la zone du Nord où les précipitations sont bien réparties et supérieures à 900 mm par an ;

enfin la zone de l'Adamaoua où les précipitations atteignent parfois 1500 mm.

La durée de la campagne agricole est fonction du gradient Nord-Sud.

L'examen de l'évolution de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 1995 montre qu'en 1982 et 1992, sauf en 1988, la pluviosité totale annuelle est restée inférieure à la moyenne de la période 1950-1995 (figure 1). Le volume pluviométrique, bien que fluctuant d'une année sur l'autre, est donc en baisse depuis 1982. A partir de 1992, les totaux pluviométriques annuels sont remontés au-dessus de 1000 mm.

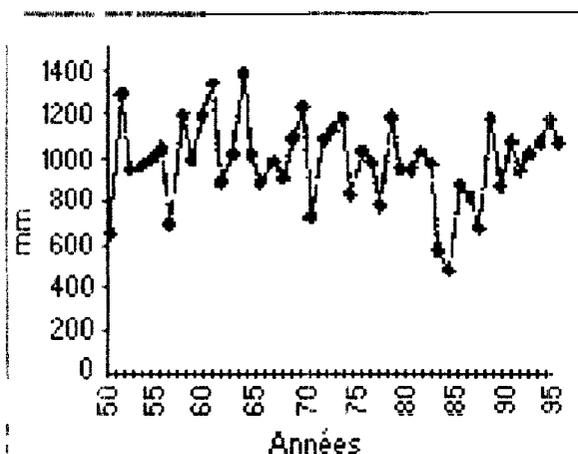


fig 1 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Garoua de 1950 à 1995.

À Maroua, le phénomène est presque identique depuis 1980 (figure 2). Néanmoins, on ne constate pas comme dans le cas de Garoua, une tendance nette à la hausse à partir de 1992.

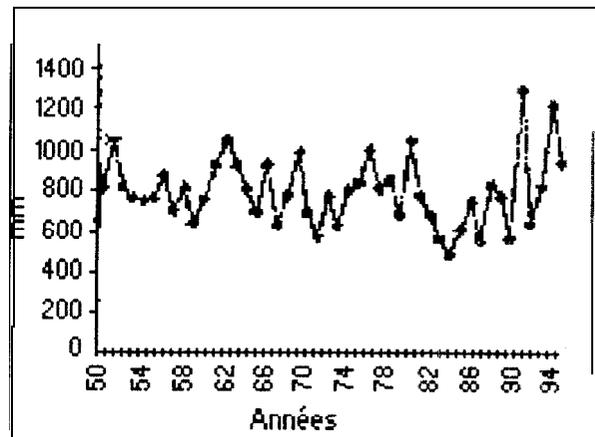


fig 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 1995.

L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) reste la principale légumineuse cultivée dans toutes ces zones. Toutefois, dans l'Extrême Nord, la faible et capricieuse pluviométrie reçue a un effet néfaste sur le rendement. Il est également caractérisé par un trou de sécheresse d'environ trois semaines au début de cycle (fin Juin - début Juillet) entraînant ainsi une pullulation de pucerons, vecteurs de la rosette ; d'où la nécessité de trouver des variétés précoces, dormantes, à haut rendement et résistantes à la sécheresse.

Problématique

Les contraintes majeures à la production d'arachide à l'Extrême Nord Cameroun sont

- la faible et mauvaise répartition de la pluviométrie ;
- l'absence des variétés résistantes / tolérantes à la sécheresse, conséquence de la non conduite des travaux de recherche dans ce domaine.

Situation actuelle

Actuellement un certain nombre de variétés est disponible, dont la 55-437 qui est résistante à la sécheresse (Morvan, 1983). Ces variétés n'ont jamais fait l'objet d'étude sur le sujet qui nous intéresse

Variétés	1984 (536.3mm)	1986 (760 mm)	1991 (1245.7 mm)	1993 (827.2mm)
55-437	0.386	1.75	1.12	1.98
73-30	0.229	1.62	0.97	1.60
K3237-80	0.575	1.64	1.38	2.24
CGS1272	-	1.24	1.76	1.89
CGS-269	-	1.31	1.55	1.92
X_i	0.400	1.50	1.35	1.926

Tableau : Rendements moyens de quelques variétés sur 4 campagnes.

Introduction de l'arachide en rotation avec les blés sous pivot au Sahara Algérien

ABDESLEM BENAMARA
INA, Algérie

La céréaliculture algérienne a orienté cette dernière décennie une partie de ses superficies (10.000 ha) vers le Sahara, où la culture du blé sous pivot, tant prometteuse à ses débuts, voit ses rendements chuter d'année en année, passant ainsi, en l'espace de cinq ans de 60 à 13 qx/ha alors que le seuil de rentabilité se situe autour de 30 qx/ha.

La texture quasiment sableuse de ces régions (moins de 2% d'argile), le climat sévère qui y prévaut (ETP > 1500 mm/an), les itinéraires techniques non maîtrisés et l'absence totale de rotation, ont engendré cette situation où le nombre d'adventices au mètre carré dépasse souvent les 10.000 pieds (*Bromus* et *Phalaris*)

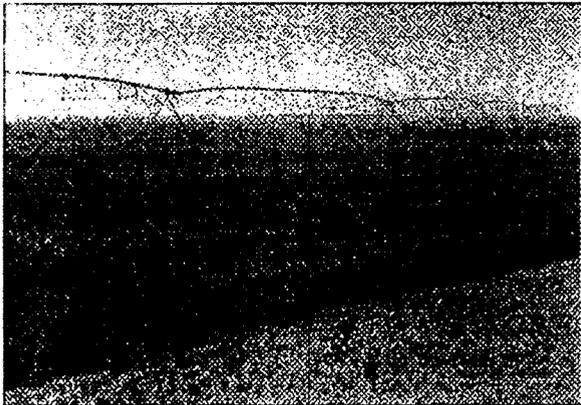


Fig blé sous pivot à Ouargla, Algérie

L'alternance d'une légumineuse avec la céréale apparaît comme une nécessité.

Parmi les légumineuses susceptibles d'avoir un bon comportement en milieu saharien, l'arachide a été retenue car elle est traditionnellement cultivée avec succès dans de nombreuses régions sahariennes. Par ailleurs, l'Algérie importe la totalité de ses huiles alimentaires (sauf l'huile d'olive) et l'introduction de l'arachide pourrait contribuer à diminuer cette dépendance.

De par son itinéraire technique, l'arachide permet d'améliorer certaines propriétés physiques du sol, telles que la porosité ou l'aération. Elle peut également contribuer à diminuer, voir éliminer, dans de tels sols, les plantes adventices grâce à l'usage d'herbicides appropriés.

L'introduction d'un tel agrosystème permettra de maintenir les rendements en blé à un niveau acceptable, de promouvoir l'industrie des huiles, et de dégager des tourteaux pour un élevage bovin et ovin souvent lié à la céréaliculture même dans ces régions.

Depuis 1992, l'INA se penche sur certains aspects agronomiques de la culture du blé sous pivot.

La nouvelle perspective de l'agrosystème « Blé - Arachide » a permis dès 1995 à l'équipe de phytotechniciens d'élargir leur champ à d'autres spécialistes de l'agronomie.

L'équipe comprend actuellement

- un généticien améliorateur chargé de sélectionner les variétés qui s'adaptent le mieux aux conditions pédoclimatiques et à l'irrigation sous pivot,
- un groupe de phytotechniciens, pour mettre au point les repères techniques de l'agrosystème,
- un hydraulicien.
- un groupe de machinistes agricoles : dans la conception du projet, toutes les opérations doivent être mécanisées car les superficies sont grandes (un pivot = 52 ha) et situées dans des zones où il n'y a pas de main d'œuvre
- un groupe de technologues des industries agroalimentaires chargé de l'étude sur la transformation, de la qualité des huiles et de la valorisation des sous-produits de cette transformation,
- un groupe de Zootechnie et de la Production des végétaux devrait s'intégrer à l'équipe dès 1998

Cette première année a été consacrée à la prospection qui a permis de repérer jusqu'à présent deux écotypes à l'est du pays, L'un à El-Kala en zone côtière SC caractérisant par sa gousse de taille très petite comportant presque toujours deux graines. L'autre à El-Oued, oasis du sud-est, dont la gousse est très grosse et a également deux graines. Dans les deux cas, il s'agit d'une arachide de bouche.

Leur mise en comportement à la station de l'INA nous a permis de nous familiariser avec l'espèce.

D'autres régions du centre et de l'ouest du Sahara (Ghardaia, Adrar, Béchar) cultivant traditionnellement l'arachide seront prospectées à la prochaine campagne;

Un premier travail de caractérisation physico-chimique de l'huile de l'écotype d'El-Oued a été effectué.

Le travail sous pivot au Sahara sera engagé dès 1997 avec des essais de comportement et de datage des semis.

Evaluation des variétés d'arachide pour la tolérance à la sécheresse au Mali

ONDIE KODIO
IER, Mali

Au Mali, l'arachide (*Arachis Hypogaea* L.) constitue une source importante de revenu pour les agriculteurs et pour les petites et moyennes entreprises chargées de sa transformation en pâte et en huile.

Elle est cultivée dans toutes les zones agricoles du pays et occupe environ 165 805 ha, soit 6.08% des superficies totales cultivées (DNSI-DNA, 1989).

L'arachide est utilisée aussi bien dans l'alimentation humaine qu'animale. Cependant, malgré son importance, la production de l'arachide au Mali est confrontée à plusieurs contraintes parmi lesquelles la sécheresse qui limite le rendement et affecte la qualité des graines d'arachide.

Depuis un certain nombre d'années, le programme arachide de l'IER a entrepris d'évaluer parmi le matériel mis au point par l'ICRISAT, ceux qui

s'adaptent aux conditions agro-écologiques dans la zone centre du pays (400 à 800 mm **pluie** / an)

Deux séries d'essais furent initiées depuis 1993 à travers les structures de recherche (Station de Samé, Béma et Cinzana).

La première série de l'essai résistance à la **sécheresse** avait pour objectif de tester la **réaction** à la sécheresse des lignées introduites, d'identifier et de sélectionner les variétés pour leurs **performances** agronomiques. Deux variétés se sont **révélées particulièrement** intéressantes au niveau des sites d'expérimentation. Il s'agit des variétés **WB9** et **TS 32-1** avec respectivement 1700 **kg/ha** et 1345 **kg/ha** de gousses. Ces deux **variétés** SC sont montrées assez tolérantes à la sécheresse.

Le deuxième essai comportait 15 variétés d'arachide de l'ICRISAT qui étaient comparées à la 55-437. L'étude est à sa deuxième année d'exécution.

Annexe 9 : Missions du CERAAS

France

- **D. Annerose, H. Roy-Macauley**

Réunion scientifique avec les partenaires (CIRAD, Paris 7, Paris 12)
du 11 au 17 mars

- **D. Annerose, A. Karrdji, L.M. Faye**

Paramétrage du logiciel de gestion comptable SIRIUS du 08 au 15 avril

- **D. Annerose**

Réunion scientifique avec les partenaires (CIRAD, Paris 7, Univ. libre de Bruxelles)(Pays Bas) du 29 Novembre au 07 Décembre,

Congo

- **D. Annerose**

Plénière CORAF (Congo Brazzaville) du 18 au 23 mars

Pays Bas

- **H. Roy-Macauley, M. Nwalozie**

Participation Congrès ESA (Pays Bas) du 07 au 11 juillet

Mexique

- **D. Annerose, O. Diouf**

Participation Symposium Légumineuses tubérisées (Mexique) du 01 au 10 aout

Bénin

- **M. Diouf**

Participation Mini séminaire-Sécheresse (Pobé Bénin) du 03 au 10 Décembre

Annexe 10 : Visites au CERAAS

- **Lycée de Bambey** (Sénégal) - 03/06/96
Demande d'informations et de graines de *Pachyrhizus*
- **CDH Cambérène** (Sénégal) - 04/06/96
Demande d'informations et de graines de *Pachyrhizus*
- **Délégation CIRAD** (France) - 04/06/96
Présentation du système de gestion comptable informatisé
- **Représentants USAID** (France) - 10/06/96
Présentation du système de gestion comptable informatisé
- **Responsable ONG ADHIS** (Sénégal) - 12/06/96
Relance de la coopération CERAAS - ADHIS pour le programme de vulgarisation agricole
- **Directeur ENSA** (Sénégal) - 15/06/96
Consultation équipements scientifiques et de calculs du CERAAS
- **Délégué du FED Sénégal** (Sénégal) - 10/07/96
Remise des clés du centre d'accueil réfectionné au Directeur du CNBA
- **Représentant CIRAD** (France) - 26/09/96
Etude filière arachide
- **Représentant ORSTOM** (Sénégal) - 26/09/96
Etude filière arachide
- **T. Doré** (INAPG France) - 15/10/96
Mission en appui, these de M. Sène (chercheur ISRA)

Guinée Bissau

- **U Candé** (INRA Bafata)
Mission de recherche sur le palmier à huile du 24/06 au 29/06

Nigeria

- **A. Asemota** (NIFOR)
Mission de recherche sur le palmier à huile du 26/06 au 29/06
- **A. Isemila** (NIFOR)
Mission de recherche sur le palmier à huile du 26/06 - 29/06
- **C. Ogbonnaya** (Abia State University)
Mission de recherche sur le Kenaf du 22/07 au 29/11

Sénégal

- **S. Mbengue** (ESP Dakar Sénégal)
Mission en informatique du 13/03 au 15/09

Annexe 11 : Missions effectuées au CERAAS

Allemagne

- **M. Kamara** (Institute of Agronomy and Plant Breeding, Goettingen).

Mission de prise de contact avec le CERAAS du 07/12 au 15/12.

Belgique

- **S. Tamara** (ULB)

Mission en modélisation /SIG du 17/07 au 8/09

Benin

- **B. Cornaire** (INRAB Pobé)

Mission de recherche sur le palmier à huile du 26/06 au 29/06

Cen trea frique

- **S. Ndjendole** (ICRA Bangui)

Mission de formation sur les techniques et les méthodologies de l'étude de la résistance à la sécheresse du 16/08 au 31/08.

Côte d'ivoire

- **L. Hennou** (Univ. Nationale de Côte d'Ivoire)

Mission de recherche sur le coton du 07/10 au 04/10.

France

- **Mlle S Chan Ho Tong** (ISTOM/EADI)

Mission en modélisation/SIG du 18/06 au 17/09

- **J Parriaud** (URBI CIRAD)

Mission en informatique (installation du réseau) du 15/06 au 22/06.

- **E. Gozé** (URBI CIRAD)

Mission en appui Biométrie/Statistiques du 01/05 au 12/05

- **P. Letourmy** (URBI CIRAD)

Mission en appui Biométrie/Statistiques du 01/05 au 12/05

- **J. Wery** (INRA - ENSAM)

Mission en appui thèse de J-M Lacape chercheur au CERAAS du 28/10 au 1/11.

Gambie

- **M. Ceesay** (NARI Yundum)

Mission de formation sur les techniques et Méthodologies de l'étude de la résistance à la sécheresse du 15/08 au 31/08.

Annexe 12 : Liste des sigles

CILSS :	Comité Inter-états de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CIRAD :	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CORAF :	Conférence des responsables de recherche agronomique de l'Afrique de l'Ouest et du Centre
CSN :	Coopérant du service national
DDI :	Direction de la dette et des investissements
DNRA :	Direction Nationale de la recherche agronomique
EAN :	Estação agronomia nacional
ENSA :	Ecole nationale supérieure d'agriculture
ICRA :	Institut Centrafricain de Recherches Agronomiques
INPA :	Instituto Nacional de Pesquisa Agraria
INRAB :	Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin
INSAH :	Institut du sahel
INTA :	Instituto de fitopatologia y fisiologia vegetal
IRAG :	Institut de Recherche Agronomique de Guinée
ISRA :	Institut sénégalais de recherches agronomiques
NARI :	National agricultural research institute
NIFOR :	Nigerian Institute for oil palm research
R3S :	Réseau de recherche sur la résistance à la sécheresse
SARI :	Savana Agricultural Research Institute
SIG :	Système d'information géographique
SRPH :	Station de recherches sur le palmier à huile
UCAD :	Université Cheikh Anta Diop de Dakar
ULB :	Université libre de Bruxelles
URBI :	Unité ce recherches biométrie et informatique