



CR0100313

**Atelier Base Centre Arachide - Ceraas
du 17 au 20 décembre 1996**

CENTRE D'ETUDE REGIONAL

POUR L'AMELIORATION

DE L'ADAPTATION A

LA SECHERESSE.

*L'arachide cultivée en zones sèches
Stratégies et méthodes d'amélioration
de l'adaptation à la sécheresse*

Compte-rendu

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|---|
| INTRODUCTION | 1 |
| COMMUNICATIONS DES PRINCIPAUX INTERVENANTS | 3 |
| COMMUNICATIONS DES CHERCHEURS INVITES | 4 |
| RECOMMANDATIONS | 5 |
| LISTE DES PARTICIPANTS | 7 |

INTRODUCTION

Depuis sa mise en place en 1988, la Base-Centre Arachide ne cesse de multiplier ses actions en vue de l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. C'est dans cette perspective qu'il a organisé en collaboration avec le CERAAS travaillant sur le même thème, l'atelier intitulé « L'arachide cultivée en zones sèches : stratégies et méthodes d'amélioration de l'adaptation à la sécheresse ». Cette manifestation scientifique s'est déroulée du 17 au 20 décembre 1996 à l'ISRA-CNBA de Bambey.

Cet atelier a pour objectif principal d'exposer et de discuter des derniers résultats obtenus pour améliorer la production de l'arachide cultivée dans les zones sèches.

Les concepts récents relatifs à la réponse de cette espèce à la sécheresse en son amélioration ont été présentés en couvrant les champs disciplinaires de l'agronomie, de la physiologie et de la sélection.

Les applications pour le développement agricole des concepts et méthodes présentés ont été aussi exposées et les possibilités de renforcer les coopérations dans ce domaine évaluées.

Des chercheurs des pays membres de la CORAF et du CILSS, et ceux des institutions partenaires en Europe ont participé à cette rencontre. Les activités du Réseau Arachide/CORAF et les initiatives en cours, ont été présentés par le coordonnateur du Réseau, le Docteur Amadou Ba.

Les communications des principaux intervenants ont porté sur les thèmes suivants :

- Agronomie et adaptation à la sécheresse ;
- Physiologie de l'adaptation à la sécheresse ;
- Sélection pour l'adaptation à la sécheresse.

D'autres chercheurs des PED invités ont également présenté des activités de recherche entreprises par leurs institutions. Une journée a été consacrée à la présentation de différentes techniques et méthodologies utilisées dans l'étude de l'adaptation à la sécheresse au CERAAS/CNBA sur un essai en champ.

Cet atelier a été cofinancé par le Fonds d'Aide et de Coopération (France) et l'Union Européenne (FED 7 et STD3).

PROGRAMME

- 15 -16/12
- Arrivée et accueil des participants
- 17/12
- Matin
- **Ouverture**
 - Présentation du réseau arachide CORAF (A. Ba)
 - Communication sur le marché international de l'arachide (M. Dimanche)
- Après-midi
- **Agronomie et adaptation à la sécheresse**
 - Diagnostic de l'élaboration du rendement de l'arachide par l'analyse des composants du rendement et de la croissance (A. Mayeux, J. Martin)
 - Conduite de l'irrigation dans la région du fleuve : approche physiologique et application à la culture de l'arachide (D. Annerose, P. Clouvel, A. Mayeux)
 - Communications des chercheurs invités
- 18/12
- Matin
- **Physiologie de l'adaptation à la sécheresse**
 - Physiologie de l'adaptation à la sécheresse (D. Annerose)
 - Biochimie et biologie moléculaire : outils pour l'étude de l'adaptation à la sécheresse et la création variétale (H. Roy-Macauley)
 - Communications des chercheurs invités
 - **Sélection de l'adaptation à la sécheresse**
 - L'adaptation génétique de l'arachide face à la sécheresse : critères et méthodes de sélection (D. Clavel)
- Après-midi
- **Sélection de l'adaptation à la sécheresse (suite)**
 - Introduction de la **dormance** dans les variétés d'arachide à cycle court (O. Ndoye)
 - Modélisation et applications pour le développement agricole (D. Annerose)
- 19/12
- Matin
- Présentation des techniques et méthodes d'étude CERAAS - ISRA/CNBA (1)
- Après-midi
- Présentation des techniques et méthodes d'étude CERAAS - ISRA/CNBA (2)
 - Echanges sur les initiatives et projets en cours
 - Pot de clôture
- 20/12
- Matin
- Visite des unités industrielles de Fatick et Kaolack
 - Retour à Dakar

COMMUNICATIONS DES PRINCIPAUX INTERVENANTS

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 doublement 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 Ministre Français 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 évidence 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'exécution, sur financement de l'Union Européenne, a eu pour but de mettre à la disposition des pays sahéliens 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 d'un 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 associe 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 reorientés vers le soja.

| | Produit Graines | Produit Graines | Produit Huile | Produit Tourte | Export Graines | Export Huile | Export Tourte |
|-------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Nigeria | 830 | 225 | 187 | 229 | - | 2 | - |
| Sénégal | 522 | 813 | 139 | 173 | 25 | 79 | 116 |
| Soudan | 260 | 220 | 81 | 132 | 8 | 19 | 62 |
| Etats-Unis | 1451 | 300 | 123 | 170 | 300 | 34 | 32 |
| Argentine | 262 | 114 | 34 | 65 | 98 | 37 | 40 |
| Chine | 5200 | 3000 | 1399 | 2623 | 360 | 58 | 27 |
| Inde | 8640 | 1130 | 1733 | 2451 | 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 | 4139 | 5841 | 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 2,3MT 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 triées) 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

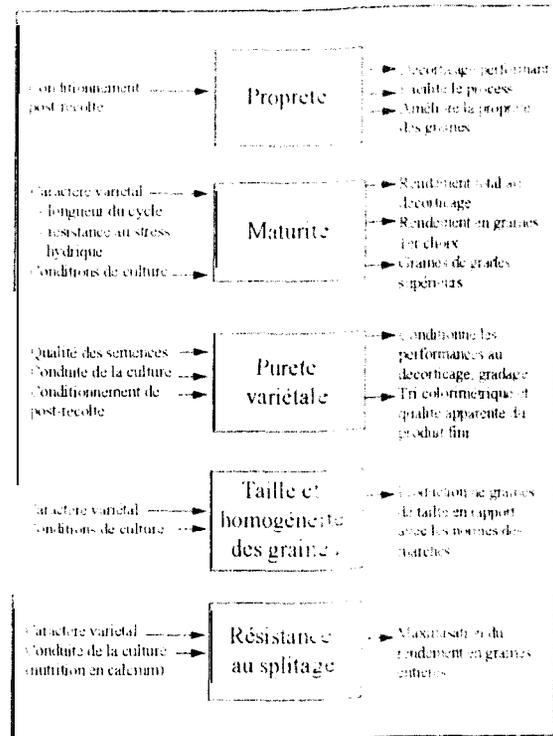
Le marché de l'huile qui ne porte que sur 8 % de la production (310 mT) est dominé par 5 pays : Sénégal, Chine, Soudan, USA et Argentine et donc fortement influencé par les variations de production ou de comportement de ces pays. Le principal client est l'U.E., avec 225 mT dont 40 % pour la France. Bien 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 devraient 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 oeuvre 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 anormalement au 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 (pieds 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 (MEY-NARD, 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 SC 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 (NC). 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 grains 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.

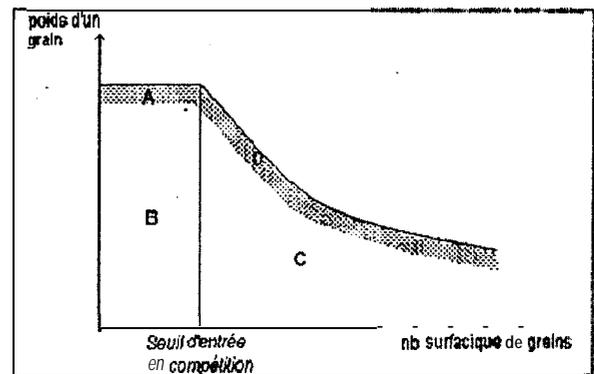


Fig 1 : relation théorique entre deux composantes du rendement. Cas du nombre surfacique de graines et du poids moyen d'une graine

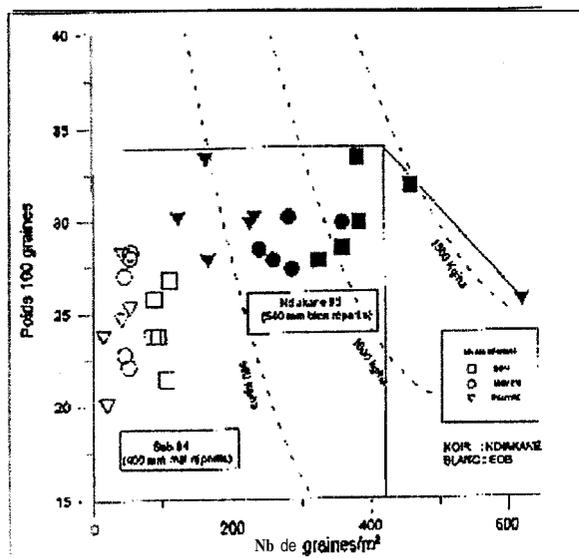
On distingue 4 zones de diagnostic (FLEURY, 1992):

- zone A : PIG maximal, le NC 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 55-137 (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.

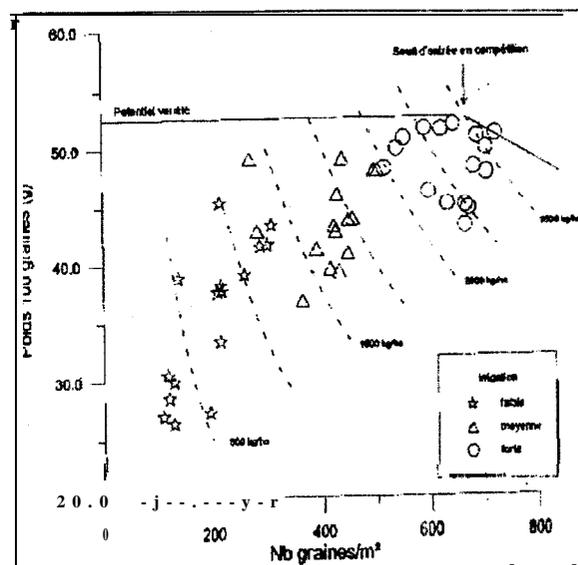


g 2 : Relation Nb de graines/m² - Poids de 100 graines. Variété 55-437

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 au 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, 105-10 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



g 3 : Relation Nb de graines/m² - Poids de 100 graines. Variété Fleur 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 grains/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 graphe 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 parasite. L'exemple de Ndiakane 1995 avec la variété 55-437 montre que l'efficacité de la biomasse ségétative 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.

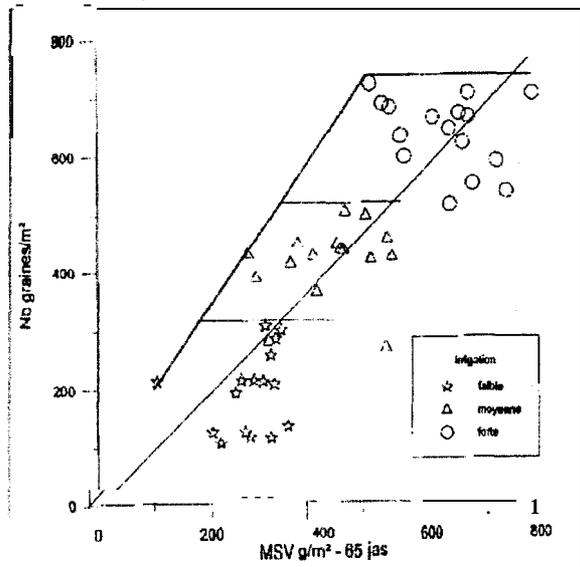


fig 4 : Efficacité de la matière sèche à former des graines. variété Fleur II.

Plus généralement les résultats de 94 et Ndiakane 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 d'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 constitue 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 CLOUVEL, ALAIN MAY EUX, 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 **aménagement**s hydroagricoles ont été réalisés conférant à cette région un potentiel de production **significatif**. Une partie importante de ces **aménagement**s 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-Tell, 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 ($@PV$), 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**, $T_c - T_a$ ($-3^\circ C$) 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.

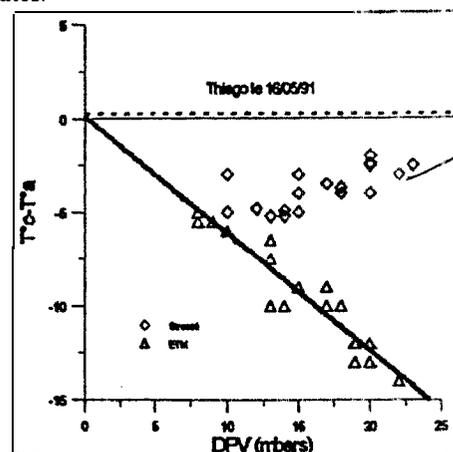


Fig. 1 - Etalonnage et calage

Selon Idso et Jackson, une culture **complètement** stressée (ETO) aurait une T_c voisine de celle de T_a (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.

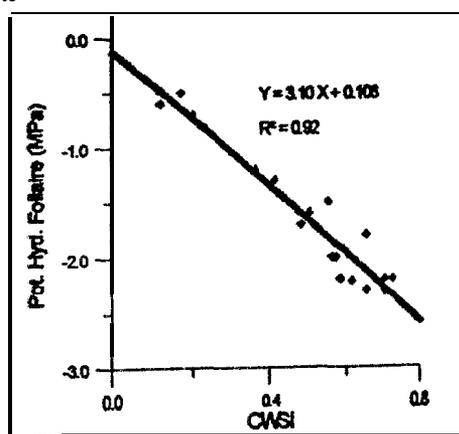


Fig. 2 - Relation CWSI Potentiel Hydrique Foliaire

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 (T1) 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 2710 $kg \cdot ha^{-1}$ 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. La réduction de deux tours d'eau a permis de réaliser une économie de 1 120 000 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., Pitout 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

Au 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).

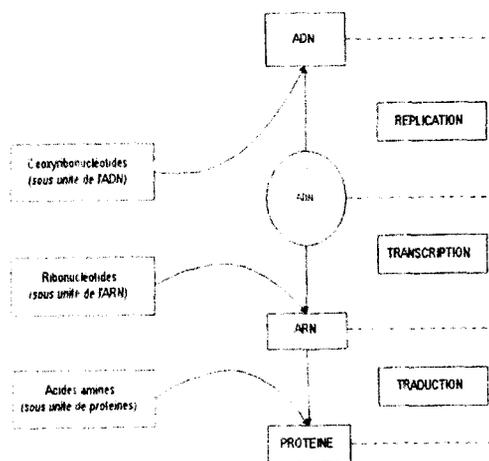


Figure 1 Schéma de la structure et des étapes de l'expression des gènes

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-Macaulcy 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, I-L., 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
ISBA, 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 sevrissant 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).

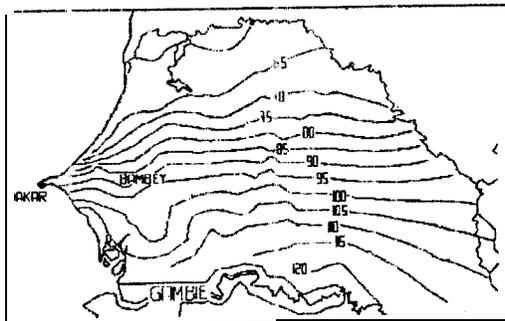


Fig 1. Durées de cycles satisfaits pour les variétés d'arachide au Sénégal

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 variabilité 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-milieux 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 se 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 en 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).

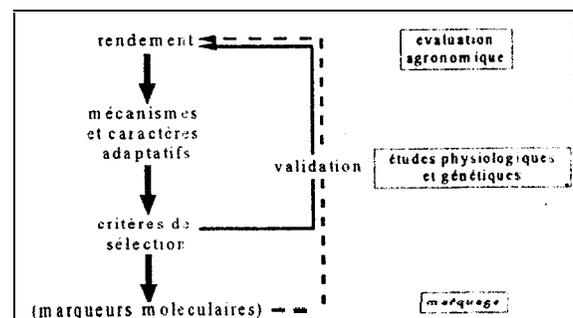


Fig. 2. Démarche intégrative pluridisciplinaire

Les paramètres **morphophysiques** 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 55-437 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 croit 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 57-422.

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 rhizotoms : 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 entretenu 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 viabilité 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 **ensemencer** une surface **donnée** élevée, 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 F₅ et F₆, ont été évaluées à Bambey en 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^{re} 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 eu 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 II.

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 massive 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, 24 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° Lign. | 2ème date de récolte | | | | | 3ème date de récolte | | | | |
|-------------|----------------------|-----|-----|-----|----|----------------------|-----|-----|-----|----|
| | 24h | 48h | 72h | 96h | TG | 24 | 48h | 72h | %h | 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 | 4s | 0 | 0 | 75 | 0 | 4,5 | 4,5 | 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 | 4,5 | 1,5 | 60 |
| 26 | 1,0 | 2,0 | 0 | 0 | 30 | 1,0 | 3s | 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 | 3s | 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 | 3s | 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 Bamby 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-Bamby tenue à Bamby 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. Bamby. 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 œuvre 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 a pour objectif principal de pouvoir la décrire plus simplement. Le modèle intervient ainsi comme un outil fédérant 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 "sa 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 répartie 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 (es : densité, type de sol, . . .).

Le sous-v-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.

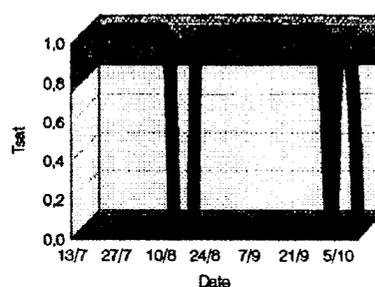


fig 1 : Taux de satisfaction des besoins en eau d'une culture.

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.

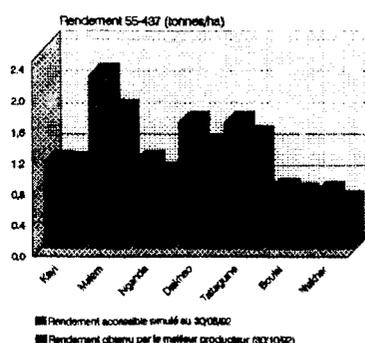


fig 2 : Comparaison de rendements.

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

Anncrose D.J.M., 1991. Caractérisation de la sécheresse en zone semi-aride. II. 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.

Anncrose D.J.M. et M. Diagne, 1990. Caractérisation de la sécheresse en zone semi-aride. I. 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.

COMMUNICATIONS DES CHERCHEURS INVITES

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 essentiellement 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 à 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 tes descendance 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.

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 se 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.

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 2 100 mm
- bassin Tchadien ayant une moyenne de pluviométrie de 1100 à 1600 mm.

Le cas de notre communication se situera dans le dernier 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.

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 des 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 se 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.

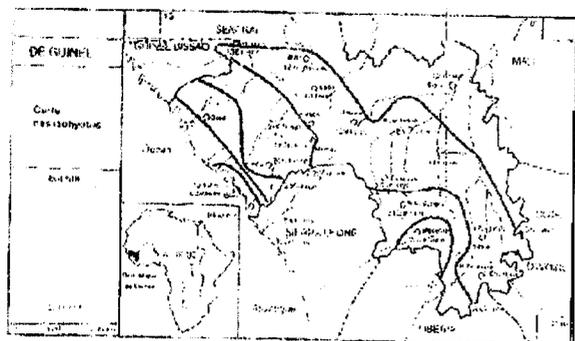
Essai d'adaptation de variétés d'arachide à la sécheresse en Guinée

LANCINE UOUMBOUYA
IRAG, Guinée

Introduction

La République de Guinée est située au Sud-Ouest de l'Afrique Occidentale entre 7° 05' 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 Kourou. Il 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 Newmann - Keuls.

Résultats et interprétations

L'analyse de variance des rendements parcelles 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 2780 à 3170 kg soit une moyenne de 3010 kg (tableau 1).

| VARIETES | KG/PARCELLE | KG/HA |
|------------------|-------------|-------|
| Tiagbénin | 6,08 | 3 040 |
| l'yoporo | 6,10 | 3 050 |
| Bambiaka | 6,34 | 3 170 |
| 47-10 | 5,56 | 2 780 |
| Moyenne générale | 6,02 | 3 010 |
| Effet variété | N.S. | |
| ETR | 0,57 | |
| c v (%) | 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 1850 à 2000 kg/ha (tableau 2)

| VARIETES | Gousses/plant | Rendement en gousses (kg/ha) | Rendement au décortilage |
|---------------|---------------|------------------------------------|-----------------------------|
| ICGV 86-053 | 24 | 1700 d | 69 a |
| KOUNDARA | 25 | 2000 a | 59 b |
| ICGV X6-17 | 27 | 1950 a b | 62 a b |
| ICGV X6-03 | 27 | 1650 d | 63 a b |
| LABIRIYA | 27 | 1850 b c | 59 b |
| ICGV 86-016 | 29 | 1175 cd | 67 a |
| JYQPORQ | 27 | 1650 d | 62 a b |
| Moyenne gl | 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 3 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 manoeuvre dans les zones les moins arrosées de la Guinée. zones où les retards et les interruptions inattendues des pluies sont fréquentes.

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 SC 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).

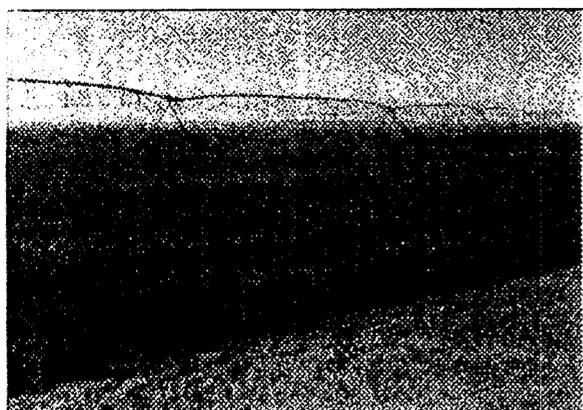


fig : blé sous pivot à Ouargia Algérie

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 de 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 se caractérise 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 dates de semis.

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 le 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.

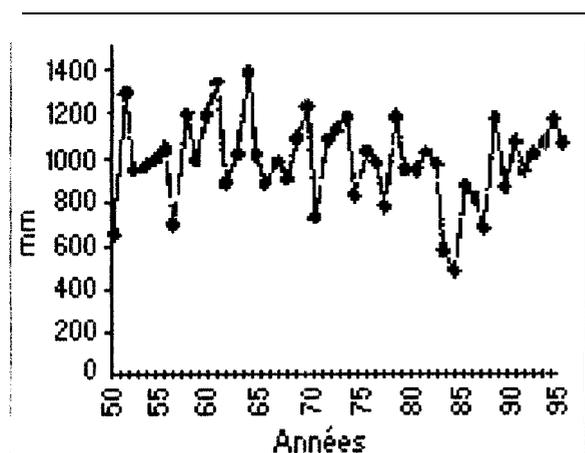


fig 1 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Garoua de 1950 à 1995.

A 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.

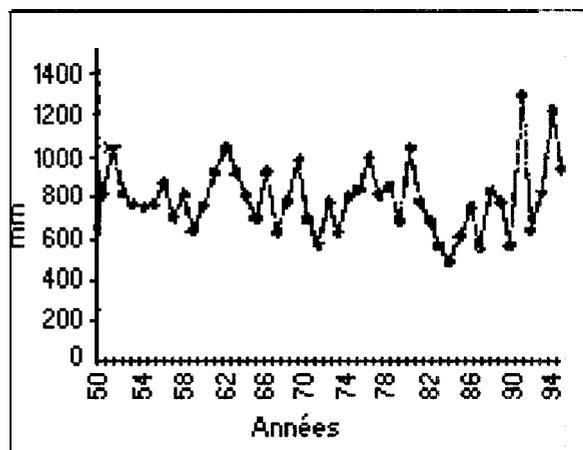


fig 1 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 1995.

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 résistances 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 m) | 1993 (827.2mm) |
|----------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| 55-437 | 0.386 | 1.75 | 1.12 | 1.9s |
| 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 |
| Ni | 0.400 | 1.50 | 1.35 | 1.926 |

Tableau : Rendements moyens de quelques variétés sur 4 campagnes.

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 41 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 15% 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 development 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 (Florunner 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.

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 est pratiquée 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 dix 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 Equilibre 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 fane (t/ha), le taux de croissance (t/ha/j), le partitionnement.

L'analyse des rendements gosses 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 significative 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

KO. MARF'O
CNR, 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
MRA, 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.

Toutefois, 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 11 (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 6 10.000 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, céréalier, 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 spéculation puisqu'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), qui 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 marche de 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, tic récolte et de conditionnement de l'arachide sur les teneurs en **afatoxine**, traitement et relations avec fumure.

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

JOAQUIM LAURIANO, NUNO MARQUES, JOSE SEMEDO, EDUARDO REBELO, MARIA DO CEU MATOS 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 CO₂ 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 referred photosynthetic parameters.

Material and methods

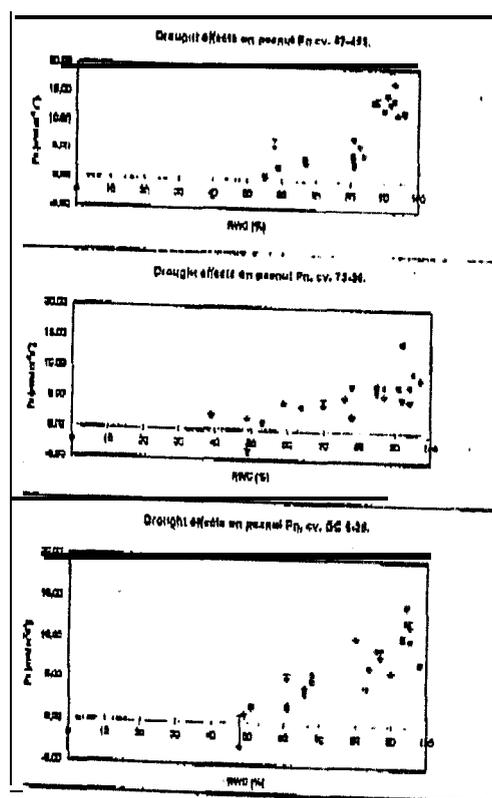
Three cultivars of *Arachis hypogaea* (57-422, 73-30 and GC-385) were grown in a glasshouse in pots filled with a mixture of Trio-hum tray substrate and vermiculite (5:4), under irradiance of about 1200-1500 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ at middle of the day, temperature between 10 and 32°C and relative humidity between 30 and 85 %. The plants were kept well-watered and fed weekly with 200 cm³ 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 Catský (1960). 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 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, temperature of 25°C, and for the control plants, CO₂ 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, Fm (maximum fluorescence), Fv (variable fluorescence), Fo (initial, minimal or basal fluorescence), qp (photochemical quenching) and ϕ_e (quantum yield of PSII electron transport) were measured on fully expanded attached leaves, using the PAM 2000 system (H. Walz, Effeltrich Germany). Leaves were dark adapted overnight before Fo and Fv/Fm were determined, qp was calculated according to van Kooten and Snell (1990) and measured under steady-

state photosynthesis conditions with ambient CO₂, about 30°C, 800 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ of actinic light and saturating flashes of 4300 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (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 (Fv/Fm) was more affected in the cv. GC S-35. All cultivars showed decreases in photochemical quenching (qp) and quantum yield of PS 2 electron transport (ϕ_e). Increase of basal fluorescence (Fo) was observed in the cv. 73-30 and cv. GC S-35.

RECOMMANDATIONS

Au terme des travaux, les chercheurs membres du Réseau Arachide ont formulé les recommandations suivantes :

1. L'éventail des compétences actuelles du Réseau Arachide ne permet pas de couvrir de manière satisfaisante l'ensemble des problématiques de recherche sur l'arachide ; l'atelier recommande que des dispositions soient prises au niveau des systèmes nationaux en vue d'un élargissement de la gamme des compétences du Réseau par l'accueil de nouveaux chercheurs spécialisés dans les disciplines faiblement représentées : agronomie système, pédologie, entomologie, économie., sociologie, biométrie, technologie
2. L'atelier note que les résultats acquis dans le cadre des projets de recherche conduits sous le label du Réseau sont insuffisamment valorisés en termes de diffusion auprès des institutions membres. Aussi, il a été demandé aux chercheurs impliqués dans l'exécution de ces projets de fournir des synthèses de ces résultats qui devront être consolidés par la Coordination du Réseau dans un délai de trois (03) mois.
3. L'isolement scientifique de certains chercheurs du Réseau obère considérablement leurs capacités de production scientifique et de mise à jour de leurs connaissances l'atelier recommande que les possibilités d'assistance en matière de diffusion de l'information scientifique et technique offertes par le CTA et le CIDARC soient exploitées par la Coordination du Réseau en vue d'un renforcement durable des actions en matière de documentation scientifique. Des fiches de demande de documentation seront fournies aux chercheurs à cet effet et leur exploitation sera assurée par la Coordination auprès de ces structures.
4. La formation continue des chercheurs et techniciens constitue une exigence incontournable pour une recherche efficiente. Des initiatives urgentes devraient être envisagées dans les domaines suivants :
 - Biométrie : La Coordination du Réseau devra prendre contact avec l'ICRISAT pour l'organisation d'un cours de formation en Biométrie-Statistiques à l'intention des chercheurs du Réseau.
 - Standardisation des méthodes de caractérisation du matériel végétal -arachide comportement phonologique, comportement vis-à-vis des maladies foliaires, rouille, cercosporioses, contamination par l'aflatoxine, maladies virales. Une formation dans ce domaine pourrait faire l'objet d'une action concertée Projet Germplasm/Réseau Arachide.
 - Agroclimatologie/Sécheresse : les avancées scientifiques réalisées dans ce domaine par le CERAAS offrent aux chercheurs de bonnes opportunités de formation. Les chercheurs intéressés par les techniques d'étude de ces phénomènes pourraient adresser leurs demandes au CERAAS.
 - Rédaction scientifique : La coordination devra rechercher des fonds auprès des bailleurs pour la tenue d'un atelier de formation des chercheurs à la rédaction scientifique.
 - Production de semences : la mise en oeuvre efficiente du Projet Germplasm arachide nécessitera dans certains cas la formation des chercheurs et techniciens aux techniques de base spécifiques à ce secteur d'activités. Cette opportunité sera offerte dans le cadre dudit projet.

5. Synthèse des acquis des recherches sur l'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre :

Le point des résultats de recherches antérieurs constitue le socle sur lequel doit reposer toute initiative de recherche future. Aussi, l'atelier recommande-t-il la réalisation de synthèse des travaux réalisés en zone tropicale humide et en zone tropicale sèche

Les pays impliqués dans ces synthèses sont :

- en zone tropicale humide : Guinée, Ghana, Cameroun, République Centrafricaine, Bénin, Togo, Congo, Côte d'Ivoire, Nigeria.
Mr Detongnon (Bénin) est chargé de la consolidation et de la mise en forme des synthèses relatives à cette zone ;
- en zone tropicale sèche : Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Tchad, Guinée Bissau. Mr Amadou BA (Sénégal) réalisera la consolidation et la mise en forme des propositions de synthèses issues de ces pays.

Il a été demandé aux chercheurs de la Base-Centre d'élaborer un projet de canevas de rédaction de ces synthèses à soumettre à l'amendement des chercheurs du Réseau. Ce projet devra fixer les modalités de réalisation de ces systèmes ainsi que les délais y afférents.

L'atelier recommande que les synthèses consolidées des travaux de recherches portant sur ces deux zones soient disponibles à la fin du premier semestre 1997, et que leur exploitation aboutisse à la rédaction d'un livre, avec l'appui de nos partenaires scientifiques.

6. La Base-Centre est censée conduire des programmes de recherches répondant aussi bien à des préoccupations nationales que régionales. L'atelier recommande aux chercheurs de ladite structure de concevoir un projet de recherche à soumettre à des bailleurs de fonds. Ce projet devra inclure la possibilité pour les chercheurs du Réseau d'effectuer des séjours scientifiques au niveau de la Base-Centre.

Dr Amadou Ba

LISTE DES PARTICIPANTS *chercheurs présents*

France

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

Bénin

- **J. P. Détonnions** - Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

République Centrafricaine

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

Ghana

- **K.O. Matfo** - Savana Agricultural Research Institut

Guinee

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

Guinée Bissau

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

Mali

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

Nigeria

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

Algérie

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

Togo

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