

C N° 100267  
p 342 -  
GAN

1977/96

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



IMPORTANCE DES INTERVENTIONS CULTURALES  
DANS L'AMELIORATION DE LA QUANTITE D'AZOTE (N<sub>2</sub>)  
FIXE PAR UNE CULTURE D'ARACHIDE  
EN ZONE SOUDANO SAHELIENNE  
AU  
SENEGAL  
---0---  
PAR  
F. GANRY

Communication présentée au Séminaire régional sur le recyclage  
organique en Agriculture. BUEA, Cameroun - 5-14 Décembre 1977

Centre National de Recherches Agronomiques  
de Elamby

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES  
(I.S.R.A)

## INTRODUCTION

L'augmentation de la production d'une légumineuse, gousses de l'arachide en l'occurrence, nécessite des interventions culturales appropriées aboutissant d'abord à une augmentation du rendement à l'hectare mais qui doivent aussi, dans un souci d'économie d'azote, permettre de maintenir un niveau de fixation de N<sub>2</sub> le plus élevé possible.

Dans la présente étude, c'est avec l'objectif d'améliorer la quantité d'N<sub>2</sub> fixé par la légumineuse - qui se différencie du premier objectif en ce sens qu'il place la fixation de N<sub>2</sub> par hectare en priorité - que nous raisonnerons les différentes techniques culturales.

La diminution de la quantité N<sub>2</sub> fixé par une culture de légumineuse peut résulter de facteurs limitants ou contraintes qui affectent :

- ou la croissance végétative d'abord et n'ont qu'une action indirecte sur l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> ;
- ou l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> du système légumineuse-rhizobium avec ou sans action dépressive sur le rendement ;
- ou les deux à la fois : la croissance végétative et l'activité fixatrice de N<sub>2</sub>.

Pour résoudre ou éviter ces différentes contraintes que nous analyserons d'abord, nous proposerons des techniques culturales applicables dans l'agriculture sénégalaise. Ces techniques culturales appliquées seules ou intégrées dans un système de culture, seront donc susceptibles de redresser ou de maintenir le niveau d'azote atmosphérique fixé biologiquement par une culture d'arachide dans les conditions d'environnement des sols sableux de la zone soudano-sahélienne.

---

F. GANRY

Ingénieur de recherche à l'Institut de Recherche en Agronomie tropicale (IRAT), détaché à l'Institut sénégalais de Recherche agricole (ISRA).

## 1 - ANALYSE DES CONTRAINTES POUVANT AFFECTER LA QUANTITE DE N<sub>2</sub> FIXE

Ces contraintes peuvent affecter directement l'activité du rhizobium ou indirectement par l'intermédiaire de la plante hôte. Des techniques culturales appropriées devront être appliquées pour lever ces contraintes.

### 1.1. La contrainte climatique

Cette contrainte est essentiellement hydrique. Trois voies d'étude sont poursuivies pour résoudre le problème du déficit hydrique dont l'importance est croissante du sud au nord du pays.

1.1.1. Définition d'une saison des pluies utile permettant de choisir un cycle végétatif adéquat : action indirecte sur l'amélioration de la fixation de N<sub>2</sub> (DANCETTE, 1977).

1.1.2. Amélioration de la résistance à la sécheresse d'autant plus importante que la durée du cycle est inférieure à 115 - 120 jours; action indirecte sur la fixation de N<sub>2</sub> (BOCKELEE - MORVAN et al, 1974 ; GAUTREAU, 1977).

1.1.3, Amélioration des techniques permettant une meilleure alimentation hydrique: action directe et indirecte sur la fixation de N<sub>2</sub>. Si les techniques améliorant l'alimentation hydrique de la plante sont importantes pour la production végétale, elles revêtent une importance capitale pour l'activité symbiotique. En effet, divers observateurs ont signalé que le rhizobium était particulièrement sensible dans son activité fixatrice, au stress hydrique (SPRENT, 1971 ; KUO, 1971 et PATE, 1975). Par ailleurs, on sait d'une part qu'un stress hydrique en saison de culture provient davantage de l'épuisement du stock d'eau disponible dans le sol que de l'accroissement de la demande évaporative, de sorte que ce stress va affecter d'abord la zone racinaire et les nodosités ; d'autre part, que lorsque les conditions ne permettent plus à la plante de satisfaire à la demande évaporative, elle peut s'adapter en formant ses stomates ; mais ce faisant, elle interrompt sa photosynthèse et prive particulièrement de chaînes carbonées les régions les plus éloignées de la source, notamment les nodosités. Ainsi lorsque des symptômes de flétrissement temporaires apparaissent au champ à la période la plus chaude de la journée, l'activité rhizobiale a déjà été fortement affectée.

Les interventions peuvent poursuivre deux objectifs complémentaires :

- accroissement du stock d'eau dans le sol en supprimant les pertes par ruissellement, par évaporation et par transpiration des adventices. En saison sèche, les techniques de réduction de l'évaporation permettent de conserver une quantité d'eau susceptible de pallier les aléas pluviométriques de début de culture suivante ;

- amélioration de la capacité de la plante à utiliser cette eau par l'amélioration du système racinaire. Ceci retentit d'ailleurs à double titre sur la fixation puisque le nombre de sites d'infestation est accru, en même temps que les conditions d'alimentation hydrique favorables à l'activité symbiotique sont améliorées.

La technique vulgarisable qui s'est avérée jusqu'à présent la plus efficace, à la fois pour le stockage de l'eau et l'accroissement de l'enracinement est sans conteste le labour. Mais il faut signaler aussi les techniques de sarclage en saison culturale et le paillage (mulching) en saison sèche. Notons également le choix d'un précédent cultural à cycle court qui permet un report du stock d'eau d'une année sur l'autre.

### 1.2. La contrainte fertilité

On observe depuis une quinzaine d'années une baisse inquiétante des rendements d'arachide imputable en grande partie à la baisse de la fertilité des sols. Plus loin nous verrons, dans les contraintes microbiologiques, que le phénomène de dépérissement de l'arachide est causé par une insuffisance de fixation symbiotique de N<sub>2</sub> liée vraisemblablement à une dégradation de l'environnement édaphique qui n'est pas sans rapport avec cette baisse de fertilité.

Cette baisse de fertilité n'est pas une vue de l'esprit. Nous prendrons un exemple dû à SIBAND et NICOU (1975) dans lequel ces auteurs se livrent à une estimation de l'impact économique de la baisse de fertilité des sols. Voici cet exemple.

Dans le tableau ci-dessous ont été calculées les plus-values que l'on aurait eues en 1974 si les sols avaient été maintenus en l'état de 1960: appelons les "manque à gagner" pour 1974

Région du Sénégal concernée	Surface arachide	Manque à gagner pour 1974
Thiès	157 000 ha	91 845 t
Diourbel	279 000 ha	130 759 t
Sine-Saloum	466 900 ha	Y 4 080 t
<b>TOTAL</b>	<b>903 300 ha</b>	<b>3 16 684 t</b>

La production arachidière pour 1974 a été de 993.000 tonnes

Nous remarquons :

- que pour 1974, le Sénégal aurait pu, en maintenant ses sols au niveau de fertilité de 1960, produire 30% de plus d'arachide;

- que les pertes les plus spectaculaires se manifestent au Nord, qui consomme le moins d'engrais;

- que les "manque-à-gagner", s'ils n'apparaissent jamais dans la comptabilité, s'inscrivent malgré tout en négatif dans le niveau de vie.

Sans prétendre que toute la baisse de fertilité soit due aux pertes minérales, on peut les considérer comme essentielles. En rapprochant le calcul des pertes en éléments fertilisants par année de culture et celui du manque-à-gagner annuel du fait de ces pertes cumulées, on peut assez facilement calculer ce qu'aurait coûté en kg d'engrais, le maintien de la fertilité chimique des sols et ce qu'il aurait permis de produire en supplément, en kg d'arachide : l'opération aurait été Payante (SIBAND & NICOU, 1975).

### 1.3. La contrainte parasitisme

Elle est la charnière entre la contrainte "climat" et la contrainte "techniques agronomiques". En effet, la virulence d'une maladie donnée dépend à la fois du climat et des techniques agronomiques adoptées sur l'exploitation (rotation, association d'espèces ou de variété favorisant le cycle des parasites). Par exemple, le climat de la Casamance favorise la rosette de l'arachide; par son humidité, les semis échelonnés qui y sont possibles, accentuent la maladie.

#### 1.4. La contrainte "date de semis"

Les progrès dans la connaissance du milieu paysan, l'introduction du raisonnement au niveau de l'exploitation et non de la culture isolée, les progrès des techniques agronomiques ont mis en évidence ou créé de nouvelles contraintes dont il avait été difficile de tenir compte antérieurement.

La nécessité de semer l'arachide à la première date de semis se heurte à un problème de calendrier cultural sur l'exploitation ou de manque de matériel et de bétail de traction, conduisant à reporter jusqu'à 50 % des semis au-delà de la date la plus favorable au Sine-saloum. Signalons à cet égard qu'en 1973, même dans une période encore acceptable pour le semis : première quinzaine de juillet, la perte au rendement a été de plus de 50 kg/ha. Même au niveau moyen actuel de rendement, ceci, représente encore une perte de l'ordre de 10.000 tonnes par jour de retard à l'échelle de la région du Sine-saloum (TOURTE, 1974).

#### 1.5. La contrainte microbiologique

L'action sur la biomasse rhizobiale du sol peut revêtir 3 formes d'intervention :

- la création de la biomasse rhizobiale ;
- le maintien de la biomasse rhizobiale ;
- l'amélioration de la biomasse rhizobiale,

##### 1.5.1. La création de la biomasse rhizobiale

Celle-ci est nécessaire dans les sols dépourvus de rhizobium spécifiques pour les légumineuses récemment introduites : cas du soja et du stylosanthès. La contrainte principale affectant la fixation de N<sub>2</sub> est l'absence totale du rhizobium spécifique. Celle-ci serait nécessaire aussi dans les défriches récentes, après déboisement, en Casamance, où la flore microbienne n'est pas adaptée à la culture de l'arachide, ce qui ressort des résultats du tableau 1 suivant (SIBAND, 1974).

	5 ans	15 ans
Fanes (paillos)	12,60	18,40
coques	4,51	5,50
Graines	12,19	15,84

Tableau 1 : Rendement de l'arachide en milieu paysan (q/ha) après 5 ans et 15 ans de défriche.

Une culture répétée de l'arachide permet néanmoins un développement progressif de rhizobium plus ou moins spécifique de cette plante : l'inoculation de souches d'efficacité supérieure aux souches naturelles, dès la première culture d'arachide, induirait rapidement une fixation élevée, et supérieure aux potentialités fixatrices des souches natives.

### 1.5.2. Le maintien de la biomasse rhizosphérique

Le souci de maintenir la biomasse rhizobiale des sols apparaît dans le cas des manifestations sur arachide :

- du "nanisme jaune"
- des "tâches jaunes"

mais aussi dans le cas des sols de la zone centre Nord et Nord du Sénégal à faible fertilité généralement.

#### 1.5.2.1. Le dépérissement de l'arachide

Un symptôme de dépérissement de l'arachide de plus en plus inquiétant se manifeste sur les cultures d'arachide au Sénégal. Les premières observations il y a une quinzaine d'années, ont décrit un "nanisme jaune" de l'arachide, se produisant en début de cycle (BLONDEL, 1970). Plus récemment, on a pu observer que certains plants d'arachide initialement sains, jaunissent subitement en cours de cycle, formant ainsi des "tâches jaunes" de tailles plus ou moins grandes et en formes circulaires. Ces symptômes sont, a priori, différents du "nanisme jaune" et apparaissent beaucoup moins nettement en années à pluviométrie faible et irrégulière. Des hypothèses ont été émises quant à l'origine de ces chloroses.

La première hypothèse concernant le "nanisme jaune" est l'acidification et sa conséquence: toxicité aluminique. Une baisse de pH en dessous de 5,5 provoque un jaunissement de la plante dès son installation (plantes restant naines). En sol trop acide, il y a une solubilisation du complexe aluminique, libérant des cations toxiques pour le Rhizobium et la plante, qui affecterait à la fois la fixation d'azote et la croissance (BLONDEL, 1970 et PIERI, 1976).

La deuxième hypothèse explicative des "tâches jaunes", serait de nature microbiologique. Ce jaunissement proviendrait d'une déficience de la nodulation affectant la fixation de l'azote donc la fourniture d'azote à la plante. Une fumure minérale (non azotée) ne pallie pas cette déficience. Certaines observations suggèreraient l'existence d'un phage s'opposant à une nodulation satisfaisante de l'arachide, mais aucun résultat tangible ne permet d'étayer cette hypothèse.

Le déficit de fixation symbiotique est en général compensé par l'azote provenant de la minéralisation de matière organique du sol. Par exemple à Bambey après un enfouissement de paille de niébé, une culture d'arachide a puisé 55% de son azote aux dépens de la matière organique du sol (et 45% aux dépens de la fixation de N<sub>2</sub>); mais après jachère, cette culture a puisé seulement 35% de son azote aux dépens de la matière organique du sol (GANRY et al, 1976).

#### 1.5.2.2. La faible fertilité des sols

Dans certaines zones, les populations de rhizobium natifs sont peu nombreuses et n'induisent pas une nodulation suffisante sur arachide. C'est le cas de la région Nord du bassin arachidier (Thilmakha et Louga) où la pauvreté des sols\*, un ensolsillage excessif et une pluviométrie réduite provoquent des conditions très défavorables à la survie du rhizobium dans le sol. L'inoculation donne des résultats prometteurs et certainement encore améliorables.

##### 1.5.5.A. L'amélioration de la biomasse rhizobiale

Il s'agit dans des sols à activité biologique normale de substituer une souche plus efficiente à la souche autochtone.

Dans le bassin arachidier, les cultures répétées d'arachide depuis des décennies ont conduit à l'installation d'une importante population de rhizobium natifs. Quelques expérimentations d'inoculation en serre et sur le terrain, ont montré que certaines souches importées (CB 756, R-5000) ont des potentialités fixatrices nettement supérieures (CANRY et al, 1976).

Mais la compétitivité exercée par les souches natives sur les souches inoculées est telle qu'il est très difficile d'augmenter significativement la fixation biologique par l'inoculation, quoique certains essais en plein champ aient donné des résultats très prometteurs. Il s'avère très fréquemment que la réussite de l'inoculation de l'arachide est étroitement liée à la qualité de l'inoculum et la technique d'inoculation utilisés.

A l'heure actuelle, ces problèmes de qualité et de modalité de l'inoculation sont les deux thèmes essentiels que la recherche agronomique s'attache à résoudre dans un objectif d'amélioration de la fixation biologique de l'azote.

## 2 - LA RESOLUTION DES DIFFERENTES CONTRAINTES REQUIERT L'APPLICATION DE TECHNIQUES CULTURALES APPROPRIÉES

Ces techniques sont essentiellement :

- la culture de variétés à cycle végétatif adaptés
- le semis à une date précoce
- la fertilisation minérale
- le travail du sol
- l'amendement organique et calcique
- l'inoculation avec rhizobium.

L'étude de la rotation, importante certes, ne sera pas abordée ici.

### 2.1. Culture de variétés à cycle végétatif adapté

L'étude de la saison des pluies utile a permis déjà d'orienter la recherche vers le type de variété moyen à rechercher dans une région. On possède les variétés d'arachide, fixées et vulgarisables, suivantes :

Cycle de 90 jours, résistantes à la sécheresse : 55-437  
73-30 et 61-24.

Cycle de 105 jours, tolérantes à la sécheresse: 57-422, 70-112 et 73-33; ces 2 dernières sont plus résistantes que la 57-422

Cycle de 115-120 jours, résistantes à la sécheresse : 59-127

Cycle de 120 jours : 28-206 et 57-313

Cycle de 125 jours, résistante à la rosette : 69-101.

### Problème de la résistance à la sécheresse dans le Centre-Nord (Zone soudano-sahélienne)

Les variétés 55-437 et 73-30 ont largement confirmé tant en station qu'en expérimentation multilocale leurs qualités d'adaptation à la sécheresse (supériorité de la 73-30), avec des rendements en gousses de 3000 kg en 1975 et 2500 kg en 1976.

\* Sols dégradés et pauvres en colloïdes.

Las travaux de physiologie ont, en outre, permis de repérer une lignée à cycle semi-tardif exceptionnellement résistante à la sécheresse : la 73-33, ayant donné un rendement en gousses de 3600 kg en 1975 et de 3200kg en 1976, en station.

## 22. La fertilisation minérale: quelle est l'importance de la fumure azotée starter ?

L'analyse de la contrainte fertilité du sol (paragraphe 12) a clairement montré le caractère obligatoire de la fumure minérale, dans le souci de maintien de la productivité arachidière. Par contre, en ce qui concerne la fumure azotée starter, il n'a pas été encore clairement établi qu'elle pouvait avoir un effet positif certain. L'hypothèse avancée, étayée par deux années de résultats à Bambeï (GANRY, WEY et NDIAYE, 1976) subordonne l'action de cet azote starter à la répartition des pluies et à la pluviométrie en début de cycle cultural. Une pluviométrie de début de cycle déficitaire entraînerait une action dépressive de l'azote starter, même appliqué à un niveau de 15 kg N/ha, sur les paramètres de la fixation de N<sub>2</sub>. Mais cette moindre fixation de N<sub>2</sub> serait compensée par une absorption supérieure d'azote sol et d'azote engrais ce qui expliquerait que les rendements ne soient pas diminués corrélativement à la fixation. En revanche une pluviométrie de début de cycle bien répartie entraînerait une action positive sur les paramètres de la fixation de N<sub>2</sub> (mais pas forcément sur le rendement).

Il semble donc que l'engrais azoté apporté en début de cycle, même à faible dose ait une action sur la fixation de N<sub>2</sub>, sans répercussion, pour autant sur le rendement. Devant le caractère de cette action, indéterminé a priori, devant le fait qu'une augmentation de rendement induite par l'engrais azoté ne résulterait pas d'une meilleure fixation de N<sub>2</sub> mais se ferait au détriment de la réserve en azote organique du sol, il serait préférable de ne pas préconiser l'application d'azote, au semis, sur arachide. Néanmoins, nous ne jugeons pas nécessaire de modifier la fertilisation retenue par la vulgarisation agricole, à savoir l'application d'engrais ternaires, 10 plus utilisé étant le Z-10-27 à raison de 150 kg/ha. Par contre, l'application retardée ou fractionnée de l'azote après le semis, serait préjudiciable au bilan de l'azote, quand bien même le rendement serait-il augmenté.

### 2.3. Le travail du sol : le labour

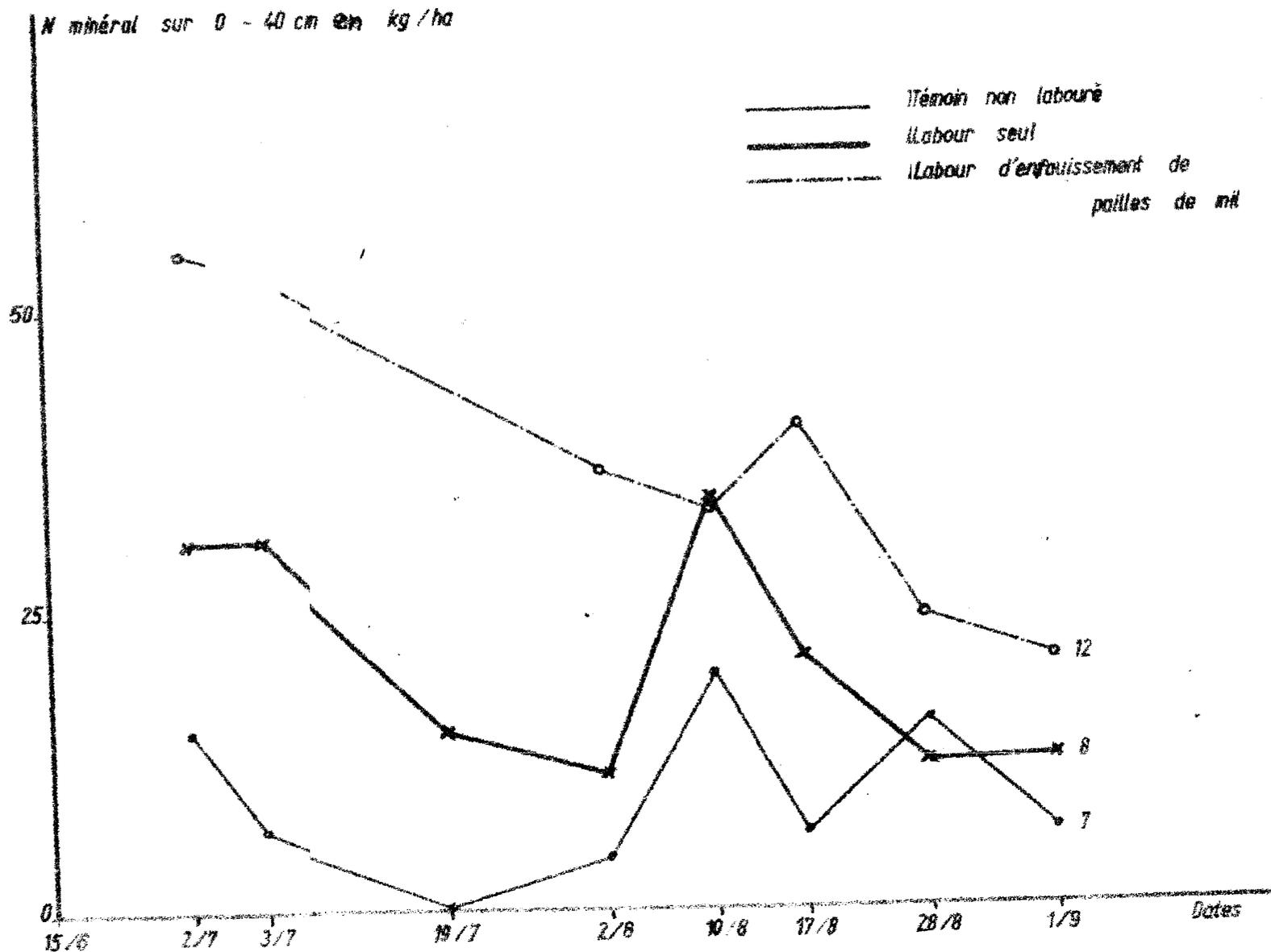
Les effets positifs du labour sur les rendements de l'arachide ont plusieurs origines, que nous avons déjà évoquées dans la chapitre sur les contraintes affectant la production de l'arachide. Ces effets du labour peuvent être regroupés en trois (NICOU, 1977).

- économie de l'eau
- minéralisation de l'azote organique
- activité symbiotique.

L'analyse de la contrainte hydrique dans la production arachidière a été définie au paragraphe 113. Cette contrainte affecte directement l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> qui est fortement réduite en deçà d'une humidité pondérale de 4% (pF 4,2 = 2%) en sol dior à Bambeï (DUCERF, 1977 non publié). L'arachide peut néanmoins ne pas présenter des symptômes de flétrissement, mais la fixation de N<sub>2</sub> étant fortement réduite, cette arachide s'alimente en azote, dans ces conditions, aux dépens de la réserve du sol. A Bambeï, en 1976, année peu pluvieuse avec sécheresse post-floraison très importante, nous avons montré que l'arachide, pour une production de 1500 kg de gousses, avait puisé environ 80% de son azote dans la réserve du sol, alors qu'en année normale cette fourniture par le sol n'excède pas 30%. Cette remarque nous amène à mettre en valeur une deuxième action du labour : la stimulation de la minéralisation de l'azote organique du sol, illustrés par la graphie 1.

DYNAMIQUE DE L'AZOTE A BAMBEY EN 1972 - SOL DIOR  
SOUS CULTURE D'ARACHIDE

Graphe 1



Il est vraisemblable que l'accroissement de cette minéralisation de l'azote n'entraîne pas une élévation des teneurs en azote minéral dans le sol jusqu'à un niveau inhibiteur de l'activité fixatrice de N<sub>2</sub>, mais permet à la plante d'assurer son alimentation azotée pendant les périodes de déficit de fixation de N<sub>2</sub>. Cette minéralisation agissant directement favorablement sur la vigueur végétative de l'arachide, agirait indirectement favorablement sur son potentiel de fixation de N<sub>2</sub> dans les périodes postérieures où l'humidité du sol serait redevenue favorable.

L'action du labour sur l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> est surtout fortement accrue en début de cycle comme le montrent les courbes de fixation obtenues par la méthode de réduction à l'acétylène (graphe 2). Les résultats obtenus à Louga en 1976 ont confirmé ces données puisqu'au 62<sup>e</sup> jour la fixation était pratiquement triplée sur parcelle labourée (74.000 nanomoles C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> par heure et par plante, contre 27.000 sur le témoin), résultat équivalent à celui obtenu avec inoculation. Le phénomène est surtout marqué dans les sols sableux épuisés, à activité biologique faible. Ceci explique en partie les effets spectaculaires du labour sur arachide dans les zones Nord et Centre Nord du Sénégal.

#### 2.4. L'amendement organique et l'amendement calcique

La restitution de matière organique au sol, en fait, devra jouer un rôle d'amendement en raison du faible pouvoir tampon et de la pauvreté physico-chimique des sols sableux type sol dior, mais aussi un rôle de fertilisant azoté, primordial pour maintenir l'équilibre du bilan de l'azote dans le cadre de la rotation Mil-Arachide. C'est sur ce dernier point • l'équilibre du bilan de l'azote dans une rotation Mil-Arachide que nous fondons pour juger de la nécessité de restituer la matière organique au sol.

Dans une option d'agriculture intensive :

- estimant une capacité de fixation de N<sub>2</sub> optimale de 70% de l'azote total de l'arachide

- compte tenu des apports d'engrais azote mais aussi des pertes d'azote,

la restitution des pailles de la céréale, compostées ou non compostées, est obligatoire pour maintenir l'équilibre du bilan de l'azote (GANRY, 1977).

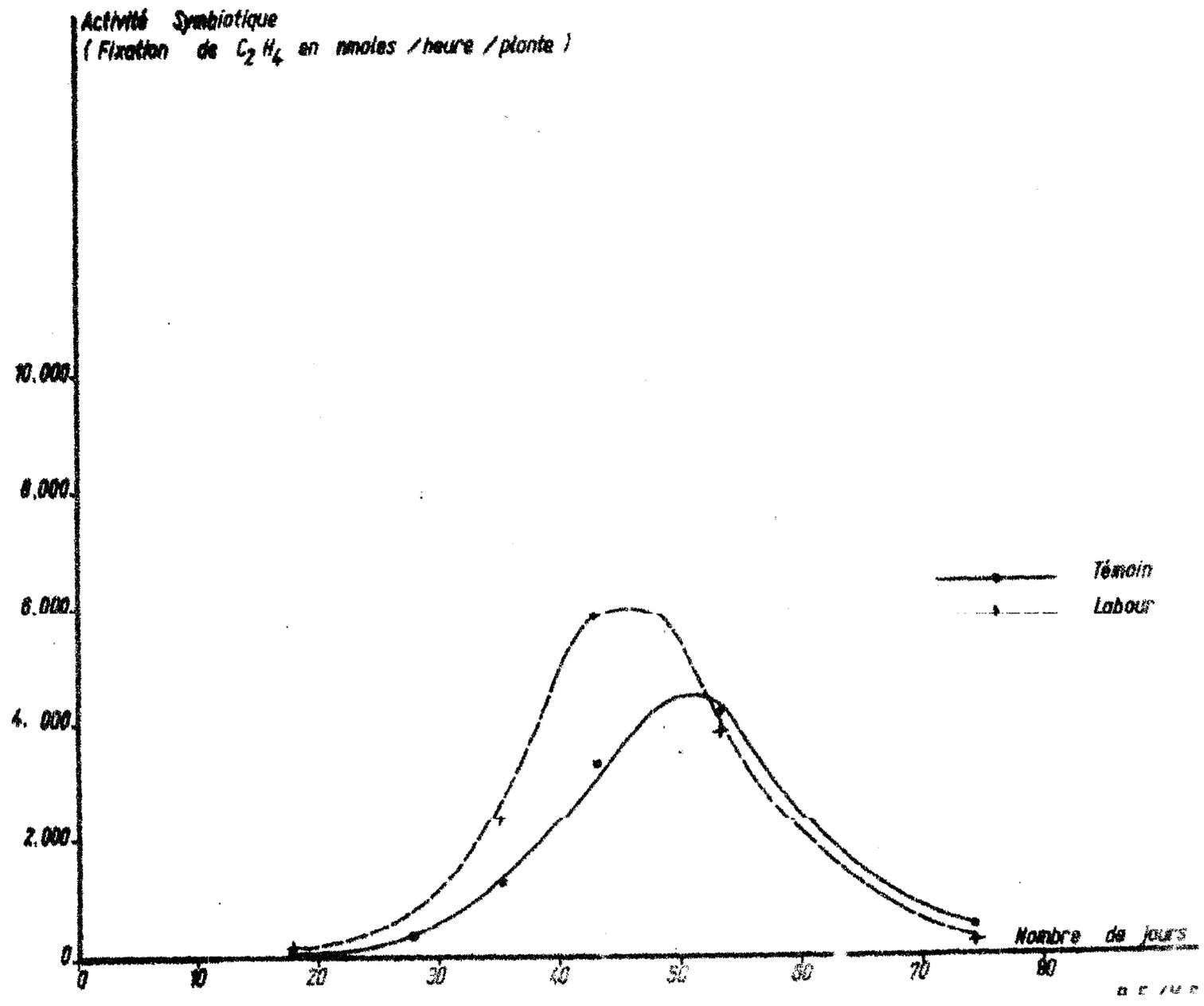
Dans une option d'agriculture semi-intensive nous pensons, sous réserve de confirmation bien sûr, que la restitution de matière organique ne revêt plus le caractère obligatoire précédent, mais revêtirait un caractère facultatif dans la mesure où les facteurs de l'environnement climatique (humidité du sol notamment) et édaphique (pH et éléments minéraux autres que l'azote) permettraient une capacité de fixation de N<sub>2</sub> au-delà d'un certain seuil (80 ou 90% de l'azote total, peut-être, cela reste à préciser) et une nutrition minérale adéquate. En effet, par les résidus organiques restant au sol (racines et folioles), par les exsudats racinaire aussi vraisemblablement, la culture d'arachide permet un apport d'azote d'origine symbiotique dans l'agro-système.

A cet égard, nous avons montré, en vase de végétation, qu'une arachide dans un sol n'ayant reçu aucun enfouissement de matière organique, non compris les résidus de cette arachide restant au sol après la récolte, pouvait

# INFLUENCE DU LABOUR SUR LA SYMBIOSE RHIZOBIUM - ARACHIDE

Graphe 2

THILMAKHA ( D'APRES WEY, 1974 )



restituer au sol de 17 à 30 % de l'azote fixé symbiotiquement au total dans le système sol-plante (GANRY et al, 1977).

Enfin, il reste le cas des sols dégradés pour lesquels l'enfouissement de matière organique, et singulièrement le fumier, a une action hautement favorable sur les rendements.

L'amendement calcique sera nécessaire dans les sols dont le pH (eau) est inférieur à 5,5 et qui peuvent être considérés comme réellement acides et préjudiciables à la culture de l'arachide (nous avons analysé cette contrainte acidité du sol au paragraphe 15-21). PIERI a montré que les besoins en chaux des sols acides doivent être calculés sur la base du taux de saturation en  $Al^{+++}$ , qui est un estimateur du rendement arachide beaucoup plus précis (4 fois plus) que le PH eau (PIERI, 1976). Cet auteur évalue, sous réserve de confirmation ultérieure, que ces besoins sont compris entre 100 et 500 kg/ha de  $CaO$ , selon les sols et les situations.

## 2.5, L'inoculation

### Conditionnement de l'inoculum et technique d'inoculation

Il ne suffit pas d'introduire une souche active au sol pour induire la fixation de  $N_2$ . Encore faut-il que cette souche survive dans des conditions d'environnement défavorables (acidité du sol, température du sol...) et infecte les racines.

Les techniques couramment utilisées telles que l'inoculation des graines, conduisent le plus souvent à des échecs : l'inoculation affecte la germination des graines et l'infection des racines se fait très mal.

De plus, les conditions d'acheminement du rhizobium on provenance de l'étranger (USA surtout) lui sont souvent préjudiciables (stockage de longue durée dans les aérogares, douanes). Il devient donc nécessaire de produire et de conditionner l'inoculum sur place; de plus, le conditionnement de l'inoculum doit être fonction de la technique d'inoculation la mieux adaptée aux exigences locales.

Au niveau de la recherche, l'inoculation se pratique actuellement par pulvérisation de l'inoculum liquide sur le sol, que l'on enfouit par un binage superficiel ou un Labour. Cette technique est-elle facilement vulgarisable au niveau du paysan moyen ? A cet égard, on pourrait la rapprocher de la technique d'application des herbicides.

Des recherches importantes sont à réaliser dans ce domaine : lyophilisation, utilisation du compost, inoculum granule, etc...

Les résultats d'inoculation de l'arachide obtenus jusqu'à présent, s'ils ne montrent pas une action positive sensible sur le rendement (les Plus-values dépassent rarement + 200 kg de gousses/ha) montrent par contre une action positive sur la fixation de  $N_2$ , ce qui est un résultat important sur le plan de l'économie de l'azote (cf. tableau ci-après).

		Azote mobilisé en kg/ha <del>par une culture d'arachide</del>		
		N total	N fixé	N sol
A-nnéo 1975	Non inoculé	103	67	33
	Inoculé	118*	84*	32
Année 1976	Non inoculé	77	16	57
	Inoculé	77	26*	49

\* = significatif par rapport au témoin non inoculé

Tableau 2 : Action de l'inoculation sur les mobilisations en azote provenant de la fixation de N<sub>2</sub> et provenant du sol. (Expérimentation AIEA/ISRA) conduite à Bambey.

Si nous prenons comme unité de coût énergétique\*\* de la protéine produite par un champ d'arachide, le kg de N-sol absorbé, un rapide calcul nous montre que l'inoculation a diminué le coût de la protéine d'arachide de 16 % en 1975 et de 17 % en 1976.

\*\*Coût énergétique: notion théorique pour évaluer l'investissement en énergie

coûteuse - engrais azoté en l'occurrence - pour une production végétale donnée. On admet, dans le cas présent, que le stock d'azote organique du sol représente un capital énergétique estimable, pécuniairement, à son équivalent en azote-engrais.

CONCLUSION
------------

L'analyse des contraintes agronomiques et climatiques pouvant affecter la production arachidière a mis en relief (1) l'importance à la contrainte hydrique, à caractère non prévisible, avec comme première conséquence un déficit prononcé de fixation de  $N_2$  (2) la contrainte fertilité, à caractère prévisible, et graduellement menaçante en culture traditionnelle. La manifestation la plus importante de cette baisse de fertilité est la carence en azote, attribuée aux faibles réserves azotées du sol (niveau organique bas) mais aussi et surtout à l'acidité du sol, dont l'effet inhibiteur sur l'activité fixatrice de  $N_2$ , en de ça de pH 5,5 se manifeste aussi par une carence en azote.

Il apparaît donc que dans des conditions de stress hydrique ou d'acidité du sol (pH < 5,5), la quantité d'azote ( $N_2$ ) fixé par une culture d'arachide est doublement réduite en raison de l'action conjuguée de ces facteurs dépressifs sur la croissance végétative et sur l'activité fixatrice de  $N_2$ .

Les interventions culturales appropriées devront d'abord rechercher des types de plantes aptes à résister ou à éviter la sécheresse et éventuellement résister à la toxicité aluminique. Une fois le choix variétal fait un certain nombre de techniques devront être appliquées au sol : travail du sol, amendement et inoculation (ventuellement).

Il importe de savoir maintenant quel est le degré d'application de ces techniques en milieu paysan.

- En ce qui concerne le choix des variétés adaptées et de la date de semis la plus précoce, il ne soulève pas de problèmes majeurs car chaque agriculteur mesure bien les risques qu'il encourt en ne respectant pas ces choix.

- En ce qui concerne les techniques de labour, d'amendement organique et d'amendement calcique leur application est capitale puisqu'elle conditionne la productivité du sol et le maintien du patrimoine foncier. Malheureusement cette application se heurte à de nombreuses difficultés : très peu de paysans labourent leur sol en fin de cycle culturel et restituent la matière organique pour l'enfouissement des pailles ou application de fumier.

Ce problème doit être examiné dans son ensemble, c'est-à-dire dans le cadre du système cultural et de l'intégration du troupeau dans l'exploitation.

Quant aux difficultés d'amendement calcique des sols, elles sont dues d'abord à un problème d'approvisionnement en chaux au niveau du pays. Ce problème résolu - une usine en projet, va être construite au Sénégal - ces difficultés devraient disparaître à condition que coût et acheminement de la chaux au niveau de l'exploitation ne deviennent pas un obstacle à son utilisation par l'agriculteur.

- En ce qui concerne l'inoculation par le rhizobium, elle n'a pas dépassé le stade expérimentation pour l'instant au Sénégal ; des recherches sont menées en vue de son application par l'agriculteur. Néanmoins., nous considérons que l'inoculation ns devrait être envisagée, dans le cas de l'arachide, qui lorsque les techniques culturales préconisées auront été rationnellement appliquées.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie M. OBATON de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, France) et M. DOMMERGUES du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS, France) pour leurs conseils scientifiques éclairés particulièrement dans la réalisation du programme inoculation ; remercie également L'Agence Internationale Atomique de VIENNE grâce à laquelle furent réalisées les études de quantification de la fixation de  $N_2$ .

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BLONDEL (D), 1970  
Relation entre le "Nanisme jaune" de l'arachide en sol sableux (Dior) et le pH. Définition d'un seuil de l'activité du Rhizobium.  
Agron. Trop., 25 589-595.
- 2 - BOCKELEE - MORVAN (A.), GAUTREAU (J.), MORTREUIL (J.C.) et ROUSSEL (O.), 1974  
Résultats obtenus avec les variétés d'arachide résistantes à la sécheresse en Afrique de l'Ouest  
Oléagineux, 29ème année, 6, p. 309-314.
- 3 - DANCETTE (C.), 1977  
Agroclimatology applied to Water management in the sudanian and sahelian zones of Africa in "Agriculture in semi arid environments"  
Plant sciences, University of California, Riverside (U.S.A.)
- 4 - GANRY (F.), WEY (J.) et NICOU (R.), 1974  
Rapport provisoire sur l'expérimentation A.I.E.A. réalisée au Sénégal en 1975. Rapport ronéo. CNRA Bambey - 29 pages.
- 5 - GANRY (F.), WEY (J.) et NDIAYE (M.), 1977.  
Action du fractionnement de l'azote et de la date d'inoculation sur la fixation symbiotique de l'azote et le rendement de l'arachide.  
Rapport sur l'expérimentation A.I.E.A. réalisée au Sénégal en 1975. Rapport ronéo. ISRA-CNRA Bambey - 16 pages.
- 6 - GANRY (F.), 1977.  
Rapport de synthèse de la division de Biochimie du sol.  
Rapport ronéo., ISRA-CNRA Bambey, 10 pages.
- 7 - GANRY (F.), GUIRAUD (G.) ET DOMMERGUES (Y), 1977.  
Approche méthodologique de la mesure de fixation de N<sub>2</sub> dans un système sol-plante, Application à une arachide cultivée après enfouissement de matière organique.  
Rapport ronéo. ISRA-CNRA Bambsy.
- 8 - GAUTREAU (J.), 1977  
Niveaux de potentiels foliaires intervariétaux et adaptation de l'arachide à la sécheresse au Sénégal  
Oléagineux, Vol 32. 7, p. 324-332.
- 9 - NICOU (R.), 1977  
Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal - Motivation - Contraintes.  
Rapport ronéo. ISRA-CNRA Bambey - 49 pages.
- 10 - KUO (T.), BGRSMA (L.), 1971  
Soil water suction and root temperature effects on nitrogen fixation in soybeans  
Agron. J. 63 301-904.

- 11 - PATE (J.S.), 1975.

Physiological studies of the reaction of nodulated legumes to environmental stress,. In : "Nitrogen fixation and the Biosphere" edited by W.D.P. Stewaet. Cambridge University press.

- 12 - PIERI (Ch.), 1976.

I - L'acidification d'un sol dior cultivé du Sénégal et ses conséquences agronomiques

II - L'acidification des terres cultivées exondées au Sénégal.  
L'Agron. Trop. XXXI. 4

- 13 - SIBAND (P.), NICOU (R.), 1975.

Réflexion d'ensemble sur le problème de l'engrais minéral dans le bassin arachidier  
Rapport ronéo, ISRA-CNRA Bambey, 111 pages.

- 14 - SIBAND (P.), 1974.

Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. Agron. Trop. vol. XXIX, n° 12.

- 15 - TOURTE (R.), 1974.

Les Recherches de l'IRAT au Sénégal. Synthèse 1973.  
Rapport ronéo. CNRA Bambey, 125 pages.

- 16 - WEY (J.), OBATON (M.), 1974.

Incidence de quelques techniques culturales sur l'activité fixatrice d'azote.  
Rapport ronéo. ISRA-CNRA Bambey  
Agro. Trop. (à paraître)