

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HORTICULTURE DE
VERSAILLES . E.N.S.H.

4 bis, rue Hardy
78 000 VERSAILLES

DIRECTEUR DE L'ECOLE : Mr R. CHAUX

SECTION : PROTECTION DES PLANTES

RESPONSABLE : Mr P. JAUZEIN

FERRET ROGER :

ETUDES DES EFFETS D'UN NEMATICIDE FUMIGANT
(1,2 DIBROMO-3-CHLOROPROPANE) ET D'UNE
INOCULATION BACTERIENNE DES SEMENCES SUR ARACHIDE
AU SENEGAL.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES SOUTENU LE 17 JANVIER
1989 A VERSAILLES.

Composition du Jury : Mr Y. DOMMERGUES
 Mr M. GUILLON
 Mr P. BAUJARD
 Mr P. JAUZEIN
 Mr P. ROBERT
 Mme M. DESCHARMES

271121910
7747

076
RAV PLA 07
FER

22 AVR. 1992

F 35 227

SOMMAIRE :

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE : LES ACQUIS DE LA RECHERCHE.

.I. L'ARACHIDE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE ATMOSPHERIQUE.

1.) SYMBIOSE D'UNE PLANTE VASCULAIRE, L'ARACHIDE, AVEC UNE BACTERIE, LE RHIZOBIUM.

1.1. L'arachide.

1.2. La bactérie.

1.3. La symbiose bactérienne.

1.3.1 Les nodules : formation et description.

1.3.2 Une symbiose contrariée par plusieurs facteurs au Sénégal.

2.) INOCULUM ET INOCULATION.

2.1. Nature et qualité d'un inoculum.

2.2. Les différents types d'inoculum.

2.3. L'inoculum matriciel et son utilisation dans la culture de l'arachide.

2.3.1 Fabrication et avantages de l'inoculum matriciel.

2.3.2 Son emploi sur l'arachide au Sénégal.

.II. LES NEMATODES DE L'ARACHIDE ET LEUR CONTROLE.

1.) GENERALITES.

1.1. Le parasite.

1.2. Quelques exemples de nématodes parasites de l'arachide au Sénégal.

2.) UNE ESPECE PREPONDERANTE DANS LE BASSIN ARACHIDIER, SCUTELLONEMA CAVENESSI SHER 1963.

2.1. Le cycle.

2.2. La nocuité de *Scutellonema cavenessi* vis à vis de l'arachide.

3.) LES NEMATODES DANS LA TRANSMISSION DU "CLUMP" OU RABOUGRISSEMENT DE L'ARACHIDE.

4.) LES TRAITEMENTS NEMATICIDES.

- 4.1. Les produits utilisés.
- 4.2. Le D.B.C.P. et son mode d'action.
 - 4.2.1. Une toxicité très relative pour l'homme et son environnement.
 - 4.2.2. Les effets du traitement au D.B.C.P. sur les nématodes.
 - 4.2.2.1. Son mode d'action et les résultats du traitement sur les nématodes.
 - 4.2.2.2. Conséquences du traitement sur la culture.

DEUXIEME PARTIE : QUELQUES RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS EN 1988 SUR ARACHIDE D'HUILERIE TRAITÉES AU D.B.C.P. ET/OU INOCULEES AVEC DU RHIZOBIUM AU SENEGAL.

.I. CONSEQUENCES AGRONOMIQUES DE TRAITEMENTS NEMATICIDES (D.B.C.P.) DECALES PAR RAPPORT AU SEMIS ET ASSOCIES A UNE INOCULATION BACTERIENNE DES SEMENCES.

1.) MATERIEL ET METHODES.

- 1.1. L'inoculum rhizobium.
 - 1.1.1. Origine de la souche rhizobium et technique de fabrication de l'inoculum.
 - 1.1.2. Contrôle de la qualité de l'inoculum.
- 1.2. Méthodologie.
 - 1.2.1. Descriptif des essais.
 - 1.2.2. Technique d'inoculation.
 - 1.2.3. Traitement nématocide.
 - 1.2.4. Méthodes culturales et protection phytosanitaire des essais.
 - 1.2.5. Analyses nématologiques.
 - 1.2.6. Mesure de l'indice de vigueur.
 - 1.2.7. Mesure du pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique des nodules racinaires et du taux d'azote.

2.) RESULTATS.

- 2.1. Effets des traitements sur les nématodes phytoparasites.
- 2.2. Effets des traitements sur les rendements.
- 2.3. Effets des traitements sur la nutrition

azotée.

3.) DISCUSSION.

.II. RECHERCHE D'UN EFFET "PHYTOSTIMULANT" DU D.B.C.P. SUR L'ARACHIDE.

1.) MATERIEL ET METHODES.

- 1.1. Expérimentation "in vitro".
- 1.2. Expérimentation en serre.
 - 1.2.1 Dispositif expérimental.
 - 1.2.2 Méthodologie.

2.) RESULTATS.

- 2.1. Effet du D.B.C.P. "in vitro".
- 2.2. Effet du D.B.C.P. en serre.

3.) DISCUSSION.

CONCLUSION GENERALE.

BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION GENERALE

Les plaines du centre ouest du Sénégal, prolongées à l'est par le Ferlo et bordées au sud par la Gambie (fig. 1 et 2) constituent le bassin arachidier du Sénégal. Le sol est essentiellement composé de matériaux sableux, sub-arides brun-rouges au nord, sols ferrugineux non lessivés encore appelés sols "Dior" dans le centre, et sols ferrugineux lessivés dans le sud. Cette région soumise à un climat de type sahélien connaît une saison pluvieuse de juillet à octobre qui alterne avec une saison sèche de novembre à juin.

L'arachide est particulièrement bien adaptée aux conditions édapho-climatiques du Bassin car elle se contente d'un sol pauvre mais bien drainé et son cycle végétatif (90 à 120 jours) coïncide avec la saison des pluies ou "hivernage". Elle représente la seule culture de rente dans cette région à vocation essentiellement agricole. La vente des gousses représente au moins 50 % du revenu des agriculteurs qui eux mêmes constituent encore près de 70 % de la population totale, les huiles et les tourteaux correspondant à plus de la moitié du total des importations du Sénégal ; enfin, les parties aériennes de l'arachide ou fanes constituent un excellent fourrage qui fait l'objet d'un commerce local important [Germani, Baujard et Luc 1984].

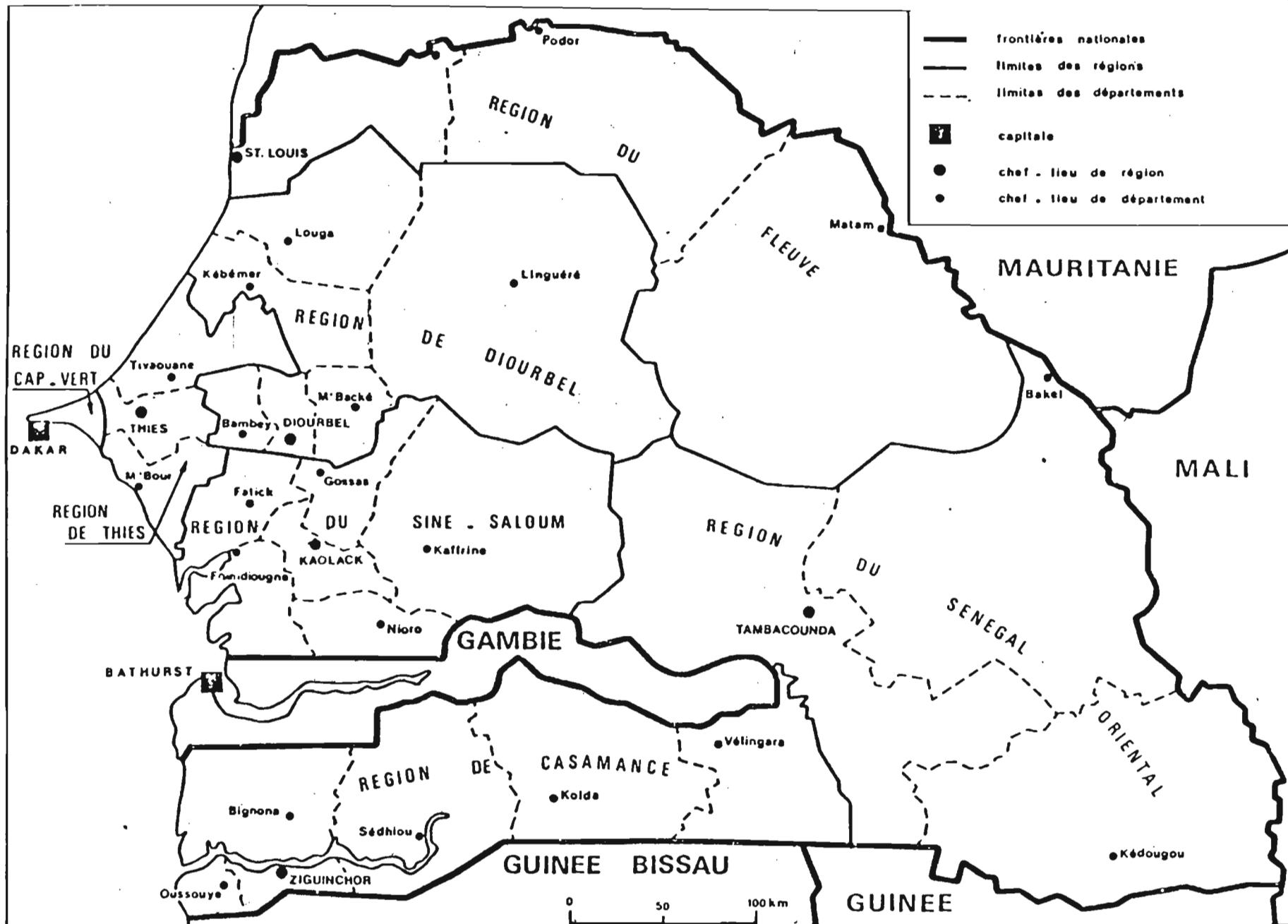
Cependant, en plus de la principale contrainte des cultures de cette zone, la pluviosité faible et irrégulière, l'arachide est l'objet d'attaques parasitaires. Celles qui sont le fait des nematodes sont parmi les plus graves : d'après la prospection nématologique effectuée au Sénégal, toute la zone traditionnelle de la culture de l'arachide est infestée par 16 genres de nematodes, une espèce, *Scutellioneme cavenessi* Sher 1963, étant omniprésente et nettement plus abondante que les autres. La non-spécificité de ce parasitisme et l'inexistence de variété d'arachide résistante excluent la possibilité d'une lutte culturale et/ou génétique ; le seul moyen de lutte réside donc dans l'emploi des nématicides [Germani et Gautreau, 1976].

Au cours des dix dernières années, de nombreux essais effectués en champs par les nématologistes de l'OSTOM de Dakar ont démontré l'efficacité de ces traitements, en particulier ceux réalisés avec le 1,2-Dibromo-3-chloropropane (D.B.C.P.) qui induisent des augmentations considérables des rendements de l'arachide avec une rentabilité certaine [Germani et Reversat 1982, Baujard et al. 1984, 1986, 1987].

Un des effets principal du traitement étant la restauration de la fixation de l'azote atmosphérique au niveau des nodules à rhizobium [Germani et al, 1979. Germani, Diem et Dommergues, 1980] il est alors apparu intéressant d'associer traitement nématicide avec inoculation bactérienne des plantes afin d'améliorer encore les rendements tout en diminuant les apports d'engrais azotés et donc les coûts [Dhéry et al 1987].

Dans cette perspective, cette association a été expérimentée par la société CALLIOPE avec le concours de l'ORSTOM dans le bassin arachidier du Sénégal pendant l'hivernage 1988. Parallèlement aux essais menés sur le terrain, l'action "phytostimulante" que semble posséder le D.B.C.P. en plus de son effet nématicide [Baujard et al 1986, 1987] a fait l'objet de plusieurs expériences de laboratoire.

FIG. 1 : CARTE DU SENEGAL



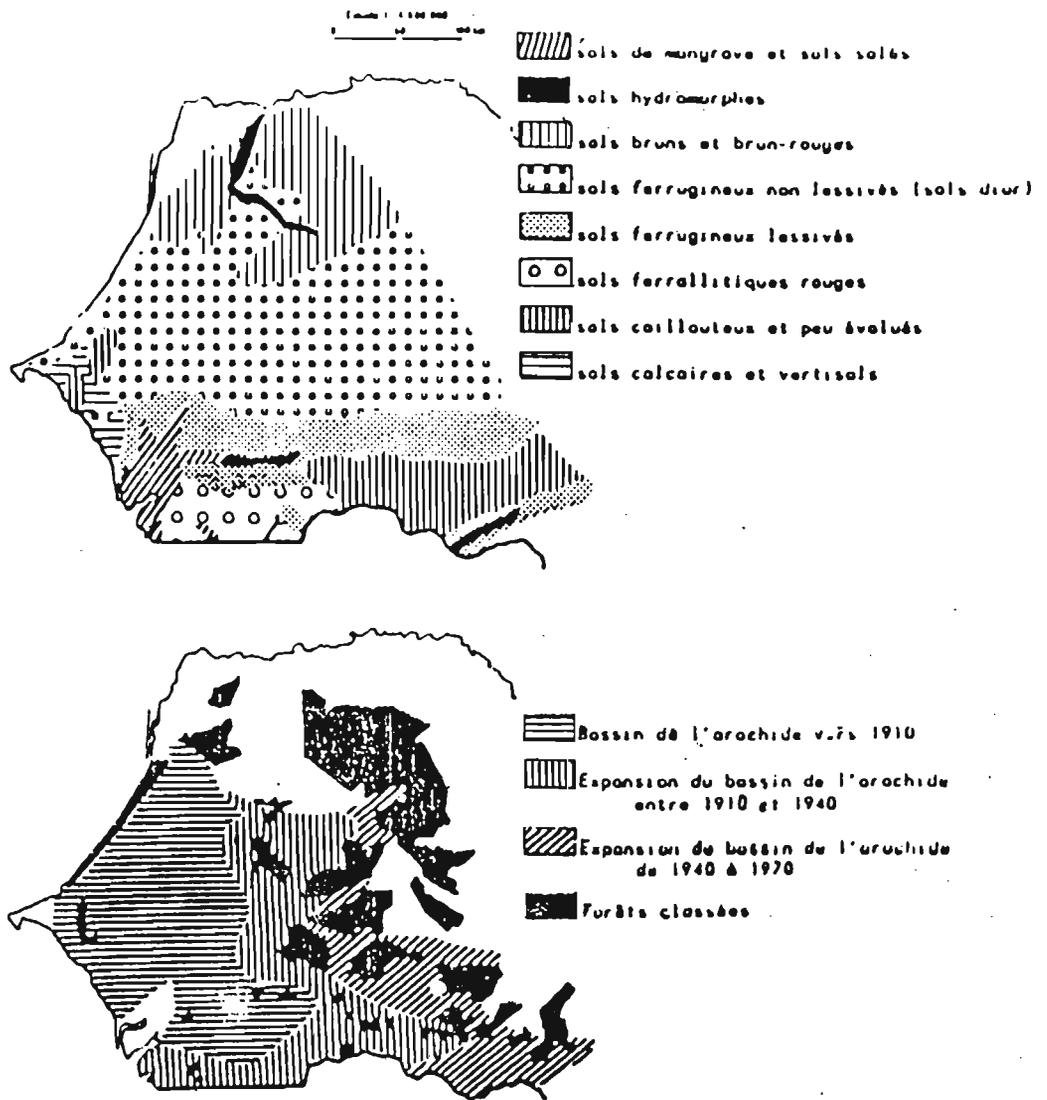


FIG. 2 : BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL

Dans le présent rapport, après une première partie bibliographique précisant les acquis de la recherche, sont exposées successivement les conséquences agronomiques des traitements effectués aux champs et les résultats des tests concernant l'effet "phytostimulant" du D.B.C.P. réalisés "in vitro" et en serre. Enfin, le problème de la vulgarisation est abordée dans la conclusion générale. En effet, à côté de ce volet recherche et en collaboration avec le P.L.N. (Projet de Lutte contre les Nématodes), organisme sénégalais de développement agricole en milieu rural, la technique d'inoculation bactérienne, toujours accompagnée d'un traitement nématocide, a commencé à être diffusée dans le milieu paysan.

) NON

PREMIERE PARTIE :

LES ACQUIS DE LA RECHERCHE.

INTRODUCTION:

Cette première partie présente quelques données bibliographiques relatives aux deux centres d'intérêt de cette étude que sont la symbiose et l'inoculation bactérienne sur l'arachide d'une part, les nématodes phytoparasites de l'arachide et les effets d'un traitement D.B.C.P. d'autre part. Il apparaît rapidement une liaison étroite entre la nutrition azotée de la plante et la présence/absence des nématodes phytoparasites dans le sol.

.I. L'ARACHIDE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE ATMOSPHERIQUE.

1.) SYMBIOSE D'UNE PLANTE VASCULAIRE, L'ARACHIDE, AVEC UNE BACTERIE, LE RHIZOBIUM.

1.1. L'arachide.

Plante de la famille des légumineuses, sous famille des fabacées, *Arachis hypogea* L. est une espèce herbacée annuelle originaire d'Amérique du sud. Selon les variétés, les rameaux sont largement étalés sur le sol, rampants ou érigés jusqu'à 60 cm de hauteur. Cette tige, au delà du collet, prolonge le pivot du système racinaire qui peut s'enfoncer jusqu'à plus d'un mètre de la surface du sol. Jusqu'à 20 ou 30 cm de profondeur et sur un rayon de trente à quarante centimètres se développe un chevelu de radicelles qui permettent une absorption puissante [Billier et Sylvestre, 1969].

Deux à trois semaines après la germination, apparaissent comme sur toutes les légumineuses, des nodosités pouvant atteindre 4 millimètres de diamètre, très nombreuses sur la racine principale (voir fig3). Elles permettront la fixation par la plante de l'azote libre de l'air : non seulement la plante ne consomme qu'une faible partie des nitrates du sol, mais elle lui en apporte davantage, d'où l'intérêt que représente sa culture en tête d'assolement.

Le cycle végétatif de la plante varie approximativement de 90 jours pour les variétés natives à 120 jours pour les variétés tardives.

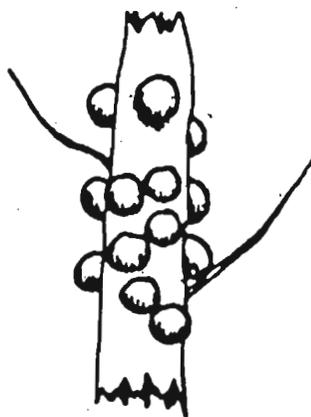


FIG. 3 : Racine d'arachide nodulée.

1.2. La bactérie.

Les rhizobium sont des bactéries aérobies du sol. Elles sont classées en espèce ou en groupe selon les Légumineuses qu'elles sont capables d'infecter. Les rhizobium associés à l'arachide font partie d'un vaste groupe mal défini : rhizobium cowpea.

Les rhizobium de ce groupe forment des nodules avec de nombreuses Légumineuses tropicales. L'azote peut être assimilé sous forme de nitrate (NO_3^-) ou d'ammonium (NH_4^+). L'azote moléculaire (N_2) est la seule forme qu'elles ne peuvent utiliser pour leur multiplication à l'état libre dans le sol.

La morphologie de ces bactéries varie en fonction de leur état : dans le sol, elles sont en forme de batonnets de 2 micromètres de long et de 0,5 à 1 micromètre de large, mobiles et gram négatives. A l'intérieur des nodules, les rhizobium se transforment, s'élargissent en forme de X ou de Y et acquièrent la faculté de réduire l'azote moléculaire. A ce stade, ils prennent le

1.3. La symbiose bactérienne.

1.3.1. Les nodules : formation et description.

Les rhizobium sont habituellement présents dans le sol et se multiplient dans la rhizosphère de la plante lorsque les graines germent. Très tôt, les rhizobium pénètrent dans les racines après une reconnaissance hôte-microorganisme qui fait très probablement intervenir des lectines synthétisées par la plante. La pénétration se réaliserait surtout au niveau des petites déchirures du tissu racinaire situées à la base des radicelles ainsi qu'au niveau des poils absorbants. La formation d'un cordon d'infection dans le cortex racinaire puis la libération des rhizobium à l'intérieur des cellules racinaires de l'hôte sont les étapes qui vont aboutir à la formation du nodule.

Au stade mature, un nodule comprend cinq zones (voir fig.4) , soit à partir de l'apex :

- i. une zone méristématique formée de petites cellules en multiplication, non contaminées par les bactéries ; cette zone assure la croissance du nodule.
- ii. une zone infectée où les cellules racinaires se multiplient activement ; il n'y a pas fixation de l'azote moléculaire.
- iii. une zone fixatrice d'azote : les cellules hypertrophiées de l'hôte contiennent de très nombreux rhizobium qui ont pris la forme bactéroïde. Sous cette forme, les bactéries contiennent une enzyme, la nitrogénase, capable de réduire N_2 en ammonium NH_4 grâce à l'apport énergétique de 12 molécules D'ATP* par molécule d'azote. La couleur rose de cette partie du nodule est due à la présence de la leghémoglobine, une chromoprotéine, qui assure l'approvisionnement en oxygène des bactéroïdes tout en abaissant sensiblement la pression partielle de ce gaz à l'intérieur du nodule, ce qui favorise l'action de la nitrogénase.
- iv. une zone de dégénérescence de couleur verte ou

brunâtre ; les cellules de la plante hôte dégèrent et la réduction de l'azote cesse.

12

v. une zone vasculaire assurant l'acheminement des divers métabolites nécessaires aux réactions de réduction et exportant les composés azotés vers les parties aériennes.

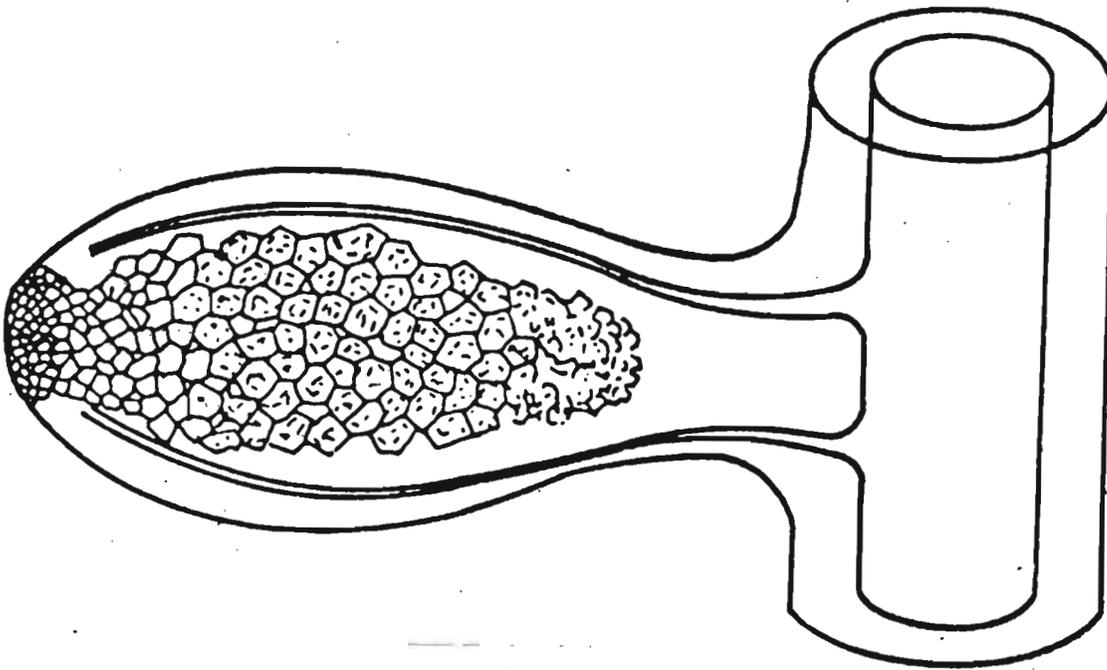


FIG. 4 : COUPE TRANSVERSALE D'UN NODULE.

1.3.2. Une symbiose contrariée par plusieurs facteurs au Sénégal.

La nutrition azotée de l'arachide au Sénégal peut selon l'année et le lieu être affectée par la sécheresse, par une absence de rhizobium dans le sol, par des attaques de nématodes :

1. des aléas climatiques : au nord d'une ligne Dakar-Diourbel, l'hivernage se caractérise surtout par sa brièveté (60 à 90 jours) et par le caractère extrêmement capricieux des premières et des dernières pluies. Ainsi, pendant la période 1932-1965, pour Louga-Linguère, Bambey et Diourbel, plus de 40 % des années reçoivent un total de pluies très faible et 30 % ont un hivernage abrégé par rapport à une durée théorique déjà médiocre. L'histoire agricole de ces régions est donc marquée par de nombreuses mauvaises années pendant lesquelles la sécheresse a pu retarder et perturber le développement de la symbiose bactérienne [Gillier et Sylvestre, 1969].

ii. une absence de rhizobium : les sols du Bassin arachidier ne contiennent pas toujours une souche capable de noduler avec l'arachide. De plus, certaines souches n'ont qu'une compatibilité partielle avec l'arachide dans le sens où il y a bien formation de nodosités mais ces dernières ne fixent pas l'azote atmosphérique : ces souches sont dites inefficientes. L'absence de leghémoglobine est confirmée par la teinte verdâtre à l'intérieur des nodules. Ces souches non seulement ne contribuent pas à la nutrition azotée de l'arachide mais elles peuvent prendre la place des souches plus efficaces mais moins compétitives pour l'occupation de l'espace.

2
iii. des attaques de nématodes : comme nous l'avons déjà précisé dans l'introduction générale, il a été démontré que la présence de ces parasites dans les racines inhibait fortement la nodulation et donc l'assimilation de l'azote atmosphérique par la plante.

Mis à part le climat, il est possible d'intervenir sur les deux derniers facteurs limitants afin d'améliorer sensiblement les rendements. En particulier, la bactérisation des sols ou des semences peut très efficacement compenser la pauvreté en rhizobium d'un sol.

2.) INOCULUM ET INOCULATION.

2.1. Nature et qualité d'un inoculum.

Des rhizobium spécialement sélectionnés sont cultivés stérilement dans des milieux nutritifs adaptés (milieu Y.E.M.). Ils sont ensuite mélangés à un support inerte approprié (tourbe, compost, polymères, argiles...) afin de fabriquer un inoculum. Ce dernier doit contenir suffisamment de rhizobium capables de produire des nodules efficaces avec une plante hôte précise. Pour l'arachide, l'inoculum doit apporter au minimum 10^4 bactéries par graine.

Le support est également très important car il conditionne en partie la survie du rhizobium pendant le stockage et le transport avant l'application au champs. Sa facilité de manipulation, son adhérence à la graine et son caractère inoffensif vis à vis de la bactérie et des jeunes plantules d'arachide sont des critères de qualité fondamentaux.

2.2. Les différents types d'inoculum.

Il existe deux grands types d'inoculum pour légumineuses : ceux dont l'application est réservée aux semences et ceux qui sont incorporés directement au sol. Ce dernier cas est assez rare et donne des résultats souvent décevants. Le premier par contre est beaucoup plus fréquent: facile d'emploi, il est généralement efficace en conditions normales.

De nombreuses études ont conduit depuis une cinquantaine d'années au développement de préparations commerciales contenant des rhizobiums. Ces préparations se présentent soit sous la forme de suspensions bactériennes liquides, soit sous forme de suspensions bactériennes adsorbées sur des supports solides tels que tourbe, diatomite.... Ce type de préparation présente souvent plusieurs inconvénients majeurs qui, jusqu'à présent, n'ont pu être supprimés ni même atténués :

i. le contact entre les microorganismes inoculés et le système racinaire de la plante est aléatoire.

ii. le taux de survie des microorganismes inoculés est faible en raison de l'intervention de processus d'antagonismes tels que compétition, prédation, antibiotisme ou de facteurs chimiques tels que acidité, dessiccation....[Diem et Dommergues, 1985].

iii. la manipulation de ce genre d'inoculum est souvent délicate et les temps de conservation des rhizobiums sont en général assez limités.

L'inoculation, non pas du sol mais des semences, permet déjà d'améliorer le contact microorganismes-appareil racinaire de l'hôte. Un autre progrès a été réalisé avec l'apparition des inoculum constitués de microorganismes inclus dans des matrices polymères.

2.3. L'inoculum matriciel et son utilisation dans la culture de l'arachide.

2.3.1. Fabrication et avantages de l'inoculum matriciel.

Le microorganisme utilisé est prélevé dans une culture bactérienne "muqueuse" donc relativement âgée (15 jours pour une culture de *Bradyrhizobiums*) puis mélangé à un gel de nature polyacrylamique et/ou polysaccharidique et/ou siliceuse. Après polymérisation, l'inoculum est séché et broyé sous forme d'une poudre la plus fine possible (granulométrie inférieure à 150 micromètres).

Cet inoculum est ensuite appliqué par enrobage des semences : ces dernières sont immergées dans une solution d'adhésif (carboxyméthyl cellulose, gomme du Sénégal, saccharose...) puis ressuyées et enrobées d'une mince couche de poudre d'inoculum. Les graines ainsi traitées sont séchées pendant 3 à 5 minutes. Elles peuvent alors être stockées, leur capacité germinative n'est pas atténuée.

Ce procédé a plusieurs avantages :

- i. Les rhizobiums peuvent survivre très longtemps à l'intérieur des particules de polymère.
- ii. Les graines, une fois enrobées, peuvent être stockées plus d'une semaine à l'abri de la lumière et de l'humidité à des températures comprises entre 22 et 28°C sans diminution de la capacité germinative ou de la viabilité des rhizobiums.
- iii. Les graines inoculées peuvent être semées mécaniquement et, dès la germination, le rhizobium est au contact de la racine de la plantule.
- iv. la quantité d'inoculum nécessaire est minime : elle est de l'ordre de 200 gr./ha pour des semences d'arachide. La manipulation sur le terrain de ce genre d'inoculum est donc relativement aisée.

combien ?

2.3.2. Son emploi sur l'arachide au Sénégal.

En 1986, des essais d'inoculations au champ ont été réalisés pour la première fois sur arachide au Sénégal avec un inoculum du type matriciel (sel d'acide alginique polymérisé). Un adhésif et un fongicide furent ajoutés au moment de l'enrobage des semences. D'après les résultats obtenus, les rhizobiums eurent une action similaire et parfois supérieure à celle de l'urée apportée à raison de 100 kg/ha [Dhéry et al, 1987].

Dans les essais effectués par ces auteurs, toutes les parcelles (témoins compris) avaient été préalablement dénématées avec le D.B.C.P..

-II- LES NEMATODES DE L'ARACHIDE ET LEUR CONTROLE.

1.) GENERALITES

1.1. Le parasite.

Très peu de données existent actuellement quant à la nocuité vis à vis de l'arachide de la cinquantaine d'espèces de nématodes qui peuplent les sols de la zone ouest sahélienne (Sénégal, Burkina Faso, Niger, Tchad). Seule la nocuité d'*Aphasmatylenchus straturatus* [Baujard et al, 1986] a pu être démontrée expérimentalement sur arachide au Burkina Faso.

Ref

Ce manque d'information s'explique par la difficulté de se livrer à leur élevage et par voie de conséquence à des infestations artificielles de contrôle [Baujard et al 1986].

save

De la prospection des zones arachidières, il ressort la constatation qu'aucun nématode ne semble être spécifiquement parasite de l'arachide et que, dans l'ensemble, les nématodes associés à l'arachide sont les mêmes que ceux trouvés parasitant le mil (*Pennisetum typhoides* Rich.) et le sorgho (*Sorghum vulgare*) qui sont les deux céréales les plus fréquemment employées en rotation avec l'arachide [Germani et Gautreau, 1976].

La différence de rendement relevée sur certains essais peut être attribuée à la sommation du parasitisme des nématodes trouvés en association avec l'arachide. Les représentants de l'espèce *Scutellonema cavenessi* Sher 1963 étant toujours les plus abondants dans les cultures d'arachide au Sénégal, il semble que cette espèce ait l'action parasitaire prédominante et soit en particulier responsable de certaines chloroses de l'arachide topographiquement liées à des zones à pullulation importante de ces parasites [Germani, 1981b,c].

1.2. Quelques exemples de nématodes parasites de l'arachide au Sénégal.

Le tableau 1 résume les principales espèces
phytoparasites trouvées en association avec
l'arachide (Baujard et al, 1986).

<u>Nématodes</u>	<u>Comportement</u> <u>sur arachide</u>
<u>G. des TYLENCHIDA</u>	
<u>F. des Tylenchorhynchidae</u>	
-Tylenchorhynchus mashnoodi Sioudiqi et Basir 1959	+
-Dolichorhynchus elegans Germani et Luc 1984	++
<u>F. des Belonolaimidae</u>	
-Telotylenchus ventralis Loof 1963	+
<u>F. des Pratylenchidae</u>	
-Pratylenchus brachyurus (Godfrey 1929) Filipjev & Schuurmans Stekhoven 1941	++
<u>F. des Hoplolaimidae</u>	
-Aphasmatylenchus variaoilis Germani & Luc 1984	?
-Helicotylenchus dinystera (Cobb 1893) Sher 1961	-
-Hoplolaimus pararobustus (Schuurmans Stekhoven & Teunissen 1938) Sher 1963	?
-Peltamigratus macbethi Sher 1963	?
-Scutellonema cavenessi Sher 1963	++
<u>F. des Paratylenchidae</u>	
-Paratylenchus sp.	?

++ : multiplication des nématodes, + : maintien, -
: non multiplication, ? : test non encore
dépouillé.

TABLEAU 1 : NEMATODES PHYTOPARASITES DE
L'ARACHIDE DANS LE BASSIN ARACHIDIER SENEGALAIS.

2.) UNE ESPECE PREPUNDERANTE DANS LE BASSIN ARACHIDIER, SCUTELLONEMA CAVENESSI SHER 1963.

2.1. Le cycle.

Ce nématode long de moins d'un millimètre et large de trois centièmes de millimètre vit dans les trente premiers centimètres du sol et pénètre dans les racines de nombreuses plantes.

NON

Son cycle biologique (voir fig. 5) est accordé aux alternances climatiques qui caractérisent la région. Les adultes mâles ou femelles et les larves de stade L4 sont en état d'anhydrobiose, sorte de diapause, pendant toute la saison sèche [Demeure 1975,78 a b, Demeure et al, 80]. Dans cet état de vie ralentie, pratiquement desséchés et incapables de mouvement, ils peuvent survivre aux dures conditions de la sécheresse (jusqu'à plus de 50°C à moins de 5 cm de profondeur).

Dès la première pluie, se produit la reviviscence du nématode suivie de la copulation. Les oeufs sont pondus cinq à neuf jours plus tard. Quinze jours après, soit vingt-quatre jours après la première pluie éclosent les larves de deuxième stade mesurant 200 micromètres de long sur 15 de large. Elles sont attirées par les racines d'arachide, y pénètrent, se logent dans le cortex et se nourrissent en aspirant le contenu cellulaire grâce à leur stylet dont la structure est analogue à celle d'une seringue hypodermique. A ce stade, le nématode est donc entièrement inclus dans les racines (endoparasitisme).

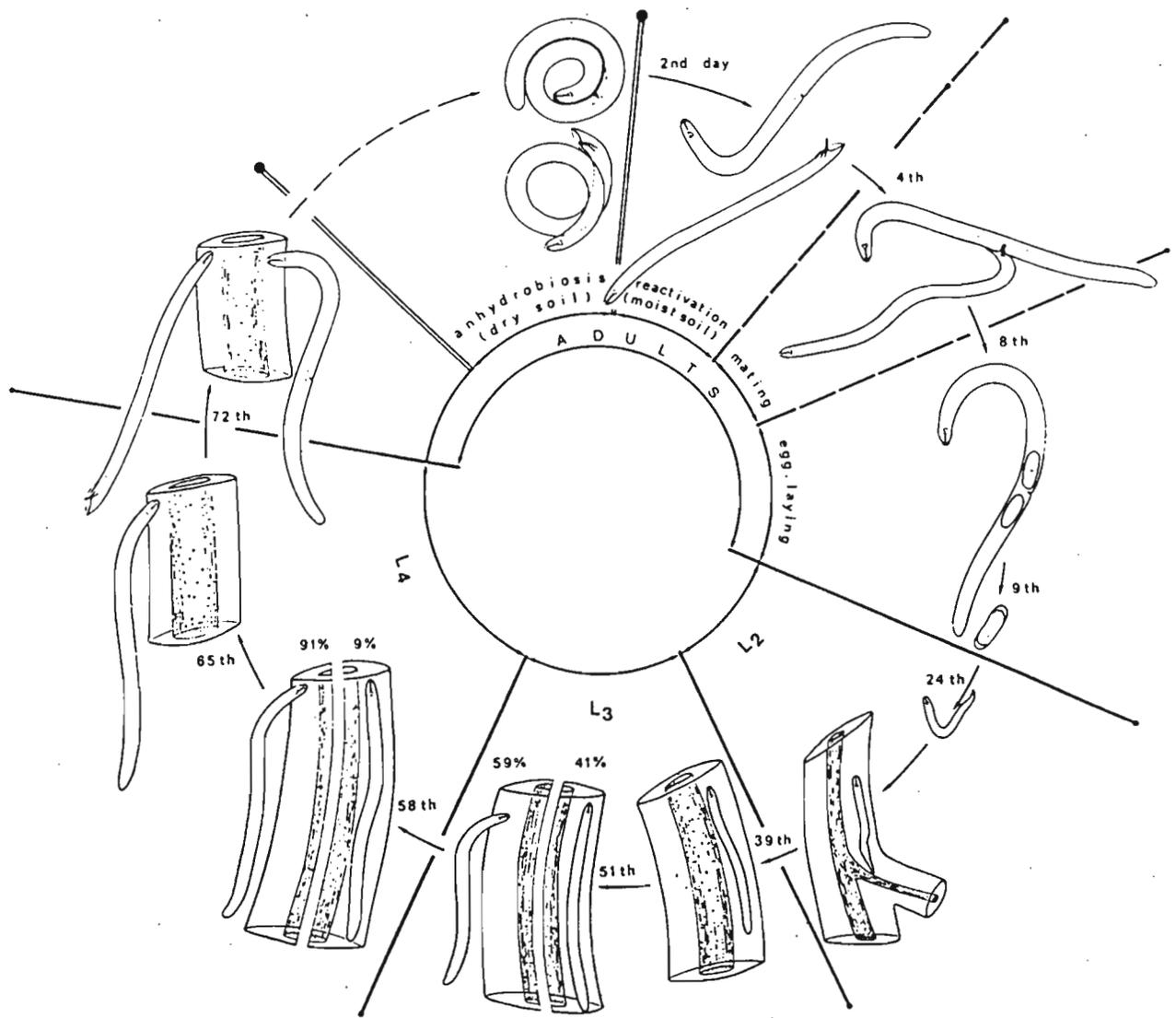


FIG. 5 : Cycle de *Scutellonema cavense*.
 [Demeure et al, 1980]

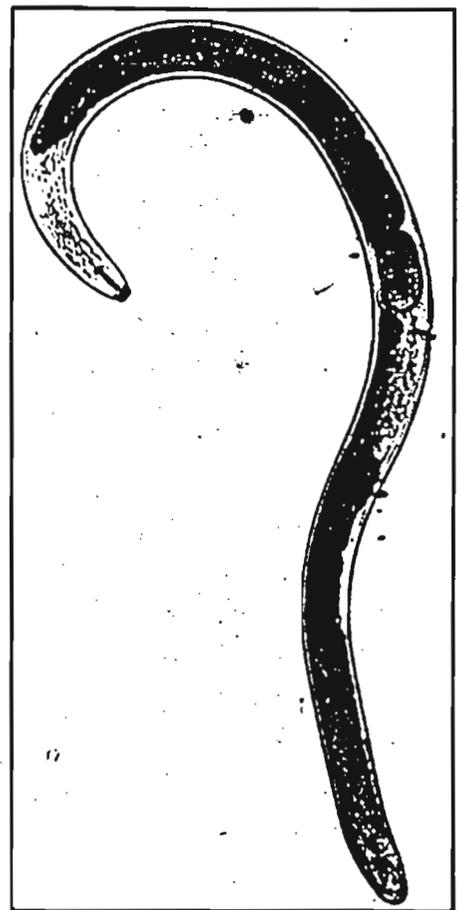


FIG. 6 : Femelle de *Scutellonema cavense* libre dans le sol.
 [Germani et al, 1984]

Le nématode subi alors 2 mues larvaires successives passant du stade L2 au stade L4. Les larves L4 sortent des racines et se nourrissent en engageant seulement leur partie antérieure dans les tissus racinaires (semi-endoparasitisme). Les larves L4 donnent des adultes qui sont eux aussi fixés temporairement aux racines. Avant même la fin du cycle végétatif de l'arachide, les dernières larves L4 et les adultes se détachent des racines et migrent vers les couches superficielles du sol, entrant en anhydrobiose au fur et à mesure que celles-ci se dessèchent [Germani et al, 1984].

Il n'existe qu'une génération de nématodes par an et le cycle complet de développement d'adulte anhydrobiotique à adulte dure de 65 à 72 jours et se superpose parfaitement au cycle de l'arachide.) NON

2.2. La nocuité de *Scutellonema cavenessi* vis à vis de l'arachide.

Le mécanisme intime par lequel *S. cavenessi* lèse son hôte n'est pas encore élucidé, cependant il pourrait y avoir une action directe sur l'hôte avec l'injection de toxines et/ou blocage de substances essentielles pour la croissance de l'hôte. [Germani et al, 1984].

La production de matière végétale, fortement abaissée chez les plantes infestées, est à mettre en relation avec une mauvaise nutrition notamment azotée. Certains auteurs ont montré en effet que la présence de *S. cavenessi* dans les racines provoquait une régression importante du nombre et de l'activité des nodules bactériens [Germani, 1981c]. La mesure de l'activité réductrice de l'acétylène par plante (A.R.A.P.) est une des méthodes utilisée pour estimer la fixation de l'azote moléculaire dans les nodules. L'analyse factorielle des correspondances révèle un antagonisme absolu entre l'A.R.A.P. et les populations de nématodes dans le sol et les racines [Germani, Cuany et Merny, 1982]. L'A.R.A.P. des plantes infestées peut être jusqu'à 4,5 fois plus faible que celui des plantes traitées avec un nématicide, c'est à dire saines.

Le rendement en azote et en phosphore des arachides saines est multiplié par 2 ou par 3 par rapport aux arachides infestées par *S. cavenessi*. La perturbation de la nutrition phosphatée de l'arachide pourrait être provoquée par une déficience endomycorhizienne. Or une carence en phosphore réduit la capacité des arachides à résister à la sécheresse [Germani et al, 1984]. De même les taux de calcium et de magnésium sont abaissés chez les plantes parasitées.

Une infestation importante par *S. cavenessi* provoque chez l'arachide la maladie dite "maladie des taches jaunes", type particulier de chlorose qui fut d'abord attribuée aux brûlis [Germani, 1975] ou bien à la nature physique des sols et à l'absence de rhizobium [Drevon et Diabaye, 1981]. Or là encore, le rôle déterminant de *S. cavenessi* a été démontré par Luc et Germani (1981) ; selon ces auteurs, les propriétés du sol (pH bas, présence d'aluminium échangeable) favorisent l'établissement et la multiplication du nématode dont les attaques entraînent une forte réduction de la nodulation et donc une carence en azote.

Ces arachides chlorotiques ont une taille peu développée, un feuillage jaunâtre, une production de gousses réduite et sont groupées en taches bien visibles à l'intérieur des champs. C'est une maladie répandue dans tout le bassin arachidier avec cependant une fréquence plus importante à Thiès, Diourbel et Louga où les conditions agropédologiques favorisent l'établissement et la pullulation de ces nématodes.

3.) LES NEMATODES DANS LA TRANSMISSION DU "CLUMP" OU RABOUGRISSEMENT DE L'ARACHIDE.

Cette maladie d'origine virale a été signalée en Haute Volta et au Sénégal, particulièrement dans la région de Bambey.

Les plantes atteintes par le clump sont apparemment saines mais nanifiées : les pieds de couleur vert-sombre, en touffes serrées, présentent des entre-noeuds réduits, un système racinaire peu développé et un nombre de nodosités faible. Les fruits sont également de taille réduite.

Plusieurs auteurs, en observant que ce rabougrissement s'étendait tous les ans très lentement en taches d'ampleurs variables dans les champs et qu'il disparaissait après un traitement nématocide, ont émis l'hypothèse d'une transmission par un nématode [Germani et al, 1973, 1975]. Des nématodes du genre *Trichodorus*, le seul capable de transmettre les Nématodes Tubular Virus (NETV), type auquel appartient le virus du clump, ont en effet été trouvés dans les zones atteintes et dans les zones saines mais toujours situées au voisinage immédiat de zones malades.

champignon

Il est donc possible que l'on soit bien là en présence du vecteur du rabougrissement de l'arachide, existant dans le sol en populations de faible importance, portant le virus dans les zones atteintes, ne le portant pas dans les zones saines.

4.) LES TRAITEMENTS NEMATOCIDES.

4.1. Les produits utilisés.

Les produits de traitements nématocides modernes granulés, dits "systémiques", sont le plus souvent inutilisables dans les conditions de la zone Soudano-sahélienne car ils se délitent mal lorsque les pluies sont insuffisantes. Par contre, les sols étant sableux, les matières actives sont rapidement entraînées en profondeur lors de pluies abondantes. Enfin, leur prix de revient est prohibitif pour la culture de l'arachide.

NON

Les seuls produits qui jusqu'à présent ont fait preuve d'une bonne efficacité sur les populations de nématodes se traduisant par une augmentation substantielle des rendements appartiennent au groupe des fumigants bromés liquides. Parmi eux, le D.B.C.P. (1.2 Dibromo.3.chloropropane), le seul actuellement en usage au Sénégal, est reconnu comme étant le plus actif [Germani et al, 1984]

EDB

4.2. Le D.B.C.P. et son mode d'action.

Le 1.2 Dibromo.3.Chloropropane fait partie du groupe des fumigants bromés comme le Bromure de méthyle qui est actuellement le seul autorisé en France sous certaines conditions d'application.

4.2.1. Une toxicité très relative pour l'homme et son environnement.

Le D.B.C.P. est classé dans les produits "dangereux". Sa D.L. 50 est de 170-300 mg/kg chez le rat. Chez l'Homme, une exposition prolongée au D.B.C.P. provoque une stérilité masculine liée à une diminution du nombre des spermatozoïdes fonctionnels. Cette diminution devient significative chez les hommes exposés pendant plus de deux mois au produit. Cet effet dépressif est réversible et, lorsque le contact cesse, le nombre de spermatozoïdes retrouve une valeur normale [Legator, 1979].

L'absorption orale de 15 à 29 mg/kg de D.B.C.P. pendant 78 semaines consécutives induit l'apparition de lésions cancéreuses chez le rat. Cet effet carcinogène sur le rat a entraîné le retrait du produit du marché américain en 1977 en raison des "risques potentiels de cancer" pour les agriculteurs et pour les consommateurs qui pourraient utiliser l'eau d'une nappe phréatique contaminée.

Outre que le même type de raisonnement pourrait s'appliquer à plus de la moitié des pesticides utilisés à l'heure actuelle et entraîner le même résultat, les conditions d'utilisation du D.B.C.P. au Sénégal sont très différentes de celles des U.S.A.. En Californie par exemple, il n'était pas rare que se succèdent plusieurs traitements annuels à 45 l/ha de produit ; après une dizaine d'années, il est évident que la nappe phréatique située à 3 ou 6 mètres de profondeur ait pu être atteinte.

Au Sénégal, il est procédé au plus à un traitement à 8-15 l/ha tous les cinq ans et la nappe phréatique est située entre 30 et 300 mètres de profondeur en moyenne. De plus, dans les sols chauds et sableux type Dior, l'évaporation du nématicide dans l'atmosphère est fortement

accélérée : quelques heures seulement après l'application, seule subsiste une faible fraction adsorbée sur les particules du sol. Plus de 80 % de cette fraction est ensuite dégradée au bout de 60 jours environ [Prasad and Sethi, 1986].

24

Les dangers de pollution de l'environnement liés au D.B.C.P. sont donc très réduits voire nuls.

4.2.2. Les effets du traitement au D.B.C.P. sur les nématodes.

4.2.2.1 Son mode d'action et les résultats du traitement sur les nématodes.

Son mode d'action est encore mal connu. Après volatilisation dans le sol, le nématicide aurait une action toxique de contact doublée d'une action stérilisante sur les nématodes et particulièrement sur *Scutellonema cavenessi*, qui, à cause de sa localisation dans les couches superficielles du sol, est très vulnérable au moment de sa réactivation.

Les tests de dose réalisés avec cette molécule ont montré que 15 l/ha du produit commercial (75 % de matière active) peuvent être injectés dans le sol au moment du semis sans que l'on observe de phytotoxicité vis à vis de l'arachide. A cette dose, on obtient une éradication de la faune nématologique du sol [Germani et Gautreau, 1976]. Ainsi, alors que 100 gr. de racines fraîches d'arachides parasitées peuvent contenir plus de mille nématodes (*S. cavenessi*), la même quantité de racine prélevée sur des arachides traitées au D.B.C.P. n'en renferme plus aucun [Germani, Diem et Dommergues, 1980]. Tous les essais au champ menés depuis 1980 par le laboratoire de nématologie de Dakar ont confirmé ces résultats.

4.2.2.2 Conséquences du traitement sur la culture.

De nombreuses études menées par l'U.R.S.T.U.M. ont mis en évidence les principaux avantages du traitement nématicide [Germani et al, 1984]. On observe en effet après traitement :

i. une restauration du processus d'assimilation de l'azote moléculaire favorisant le développement végétatif de la plante. Ainsi, les expériences ont montré que, dans des conditions pluviométriques défavorables et toutes choses étant égales par ailleurs, le rendement obtenu après traitement était multiplié par deux pour les gousses et par 3 pour les fanes. Le traitement fait également disparaître la chlorose qui affecte surtout la variété native 55.437 avant maturité.

ii. une amélioration de l'endomycorhization susceptible d'augmenter la nutrition phosphatée et par voie de conséquence la résistance de la plante à la sécheresse. Cette action du D.B.C.P. permet un raccourcissement sensible du cycle végétatif de la plante (15 jours environ). Une meilleure régularité de la production annuelle d'arachide pourrait ainsi être obtenue.

iii. la disparition des symptômes du rabougrissement de l'arachide et celle des nématodes qui induisent des augmentations de rendement de l'ordre de 43 % par rapport aux témoins [Germani et Dhéry, 1973].

iv. un ralentissement du développement des adventices qui permet de faire l'économie d'un premier sarclage.

v. un effet résiduel très important sur les populations des nématodes. Des observations faites sur les premiers essais mis en place par l'O.R.S.T.O.M., il résulte que 8 ans après le traitement, les populations de *Scutellonema cavenessi* ne se sont pas reconstituées [Germani et al, 1984]. On enregistre pendant les quatre années suivantes, pour les cultures de la rotation, des augmentations de rendement considérables de l'ordre de 30 % pour les légumineuses et de 200 % pour les céréales.

Sans oser encore parler d'éradication définitive, ce qui serait le premier cas connu relatif aux nématodes, Germani prévoit un abaissement considérable de la fréquence des traitements [Germani et al, 1984]

Cependant les augmentations de rendements ne sont pas toujours corrélés avec la destruction des nématodes. Ainsi, l'effet résiduel de première année obtenu dans la rotation arachide-arachide est toujours d'une ampleur équivalente à celle du traitement directe même si les populations de nématodes n'ont pas été éradiquées [Germani et Gautreau, 1976]. Par contre, l'effet résiduel de deuxième année obtenu sur arachide dans la rotation arachide-mil-arachide est toujours d'une ampleur beaucoup plus faible, même quand les populations du nématode *Scutellonema cavenessi* ne se sont pas reconstituées [Baujard et al, 1984 1985].

Enfin, le retraitement de parcelles déjà dénématisées l'année précédente induit une nouvelle augmentation du rendement par rapport à un témoin pourtant dénématisé mais non retraité [Baujard et al 1987].

Ces observations ont conduit Baujard à formuler, parallèlement à l'hypothèse d'une nocuité de *Scutellionema cavenessi* vis à vis de l'arachide, l'hypothèse d'un effet "phytostimulant" du D.B.C.P. sur l'arachide. Cette hypothèse a le mérite d'apporter une nouvelle explication à l'échec des traitements nématocides enregistrés à Dombe et à Touba saloum (Germani et al, 1982). Dans ces sols riches en matières organiques et/ou en argiles, le traitement au D.B.C.P. provoque une éradication des populations de nématodes sans entraîner d'augmentation des rendements sur l'arachide. On pourrait concevoir alors un blocage, sur le complexe argilo-humique, du facteur "phytostimulant".

DEUXIEME PARTIE :

Quelques résultats expérimentaux obtenus en 1988 sur arachides d'huilerie traitées au D.B.C.P. et/ou inoculées avec du rhizobium au Sénégal.

. I. CONSEQUENCES AGRONOMIQUES DE TRAITEMENTS NEMATICIDES (D.B.C.P.) DECALES PAR RAPPORT AU SEMIS ASSOCIES A UNE INOCULATION BACTERIENNE DES SEMENCES.

Compte tenu de la brièveté de la saison des pluies au Sénégal, le paysan doit semer l'arachide dès la première pluie utile (+ de 20 mm). Traiter à l'avance sur sol sec étant impossible, il était important de déterminer les conséquences sur les rendements d'un décalage du traitement nématicide par rapport au semis. La technique d'inoculation des semences avec du rhizobium a été testée tant sur le plan de son efficacité que sur celui de sa mise en oeuvre sur le terrain.

1.) MATERIEL ET METHODES.

1.1 L'inoculum rhizobium.

1.1.1 Origine de la souche rhizobium et technique de fabrication de l'inoculum.

Une souche de rhizobium avait été isolée par le laboratoire de microbiologie des sols de Dakar. Les résultats de plusieurs tests en serre effectués au laboratoire de Biotechnologies et des Sciences des symbioses forestières tropicales de Nogent (B.S.S.F.T.) s'étant révélés positifs, cette souche a été retenue pour les expérimentations 1988 sous le nom provisoire de

Dix-sept litres de milieu de culture Y.E.M. (voir composition p³¹) sont préparés stérilement, ensemencés avec le rhizobium puis placés sur une table d'agitation dans une chambre obscure à température et humidité contrôlées.

Une semaine environ après l'ensemencement, la phase de croissance de la culture est terminée et débute la phase stationnaire au cours de laquelle sont prélevés les rhizobiums (7 à 15 jours).

Les dix-sept litres de culture sont mélangés au même volume d'une solution d'alginate de sodium à 5 %. Le mélange tombe ensuite sous forme de gouttes dans une solution stérile de chlorure de calcium à 1%. Le rapport en volume du mélange inoculum+alginate sur la solution de $CaCl_2$ est égal à 0,5. Au contact de cette dernière, il y a substitution de l'ion sodium par l'ion calcium, ce qui provoque la formation de ponts entre les chaînes d'acides organiques et donc la gélification instantanée de l'alginate sous forme de billes (voir dispositif photo 1). Celles-ci sont saturées en ions calcium par trempage pendant 25 minutes à 1 heure dans le $CaCl_2$ à 20°C.

Elles sont ensuite soigneusement rincées plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer le calcium en surplus. On fait passer un courant d'air à travers les billes humides qui, au fur et à mesure qu'elles se dessèchent, passent dans un tamis vibrant.

L'inoculum sous forme concentrée est ensuite obtenu par broyage des billes d'alginate déshydratées dans une enceinte maintenue à la température de 4 à 5°C.

Huit cent cinquante grammes d'inoculum sous forme concentrée ont ainsi pu être obtenus.

1.1.2 Contrôle de la qualité de inoculum.

La qualité de l'inoculum a été vérifiée par la méthode des "dilutions successives". 25 mg d'inoculum sont soigneusement dissous dans 5 ml de tampon phosphate. Après plusieurs dilutions successives, 1 ml est prélevé stérilement dans les solutions les plus diluées (10^{-4} à 10^{-9}) puis incorporé, en boîtes de Pétri, à 20 ml de milieu Y.E.M. gélosé (voir composition ci-dessous) maintenu liquide à la température de 40°C. Après 15 jours de développement à 28°C à l'obscurité, le nombre de colonies bactériennes observées dans les boîtes de Pétri permet de calculer approximativement la quantité de rhizobiums viables initialement contenus dans l'inoculum.

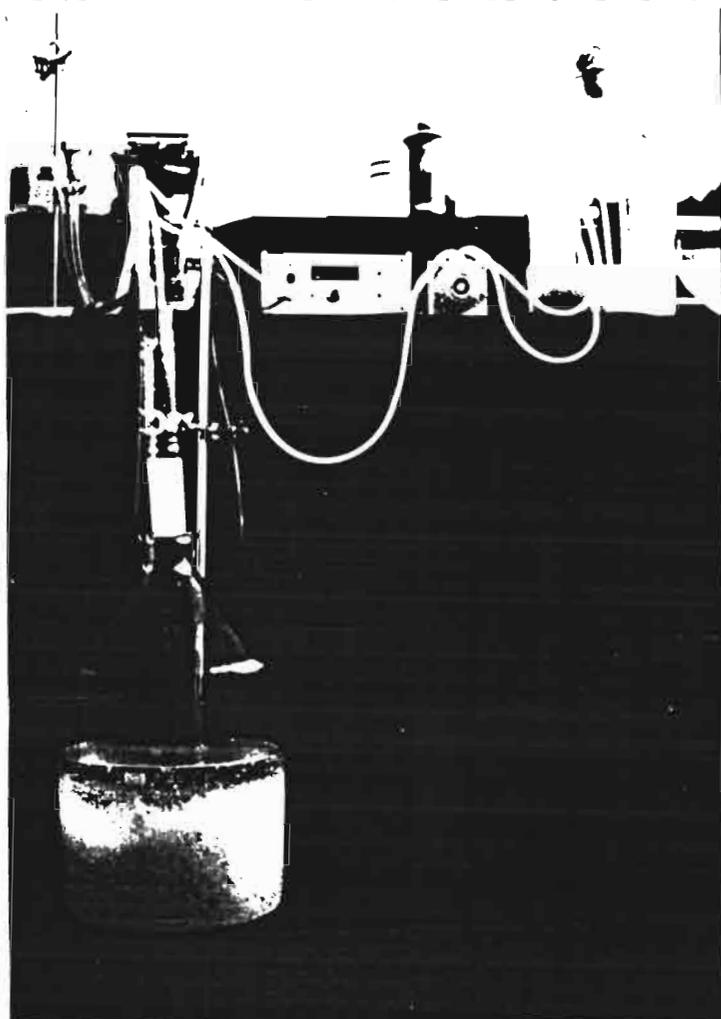


PHOTO 1 : Dispositif de fabrication des billes d'alginate contenant les rhizobiums. Laboratoire B.S.S.F.T. Nogent sur Marne.

Milieu Y.E.M.

K ₂ HPO ₄	0,5 g
MgSO ₄ 7H ₂ O	0,2 g
NaCl	0,1 g
Mannitol	10 g
Yeast extract	1 g
H ₂ O distillée	1000 ml
Oligo éléments	1 ml
pH	6,8

Y.E.M. gélosé :

Agar	15 g
------	------

1.2 Méthodologie.

1.2.1 Descriptif des essais.

L'essai Darou Mousty se situe sur la route Darou Mousty-Touba au km 5. L'essai Nebe se trouve sur la route Diourbel-Gossas au km 7.

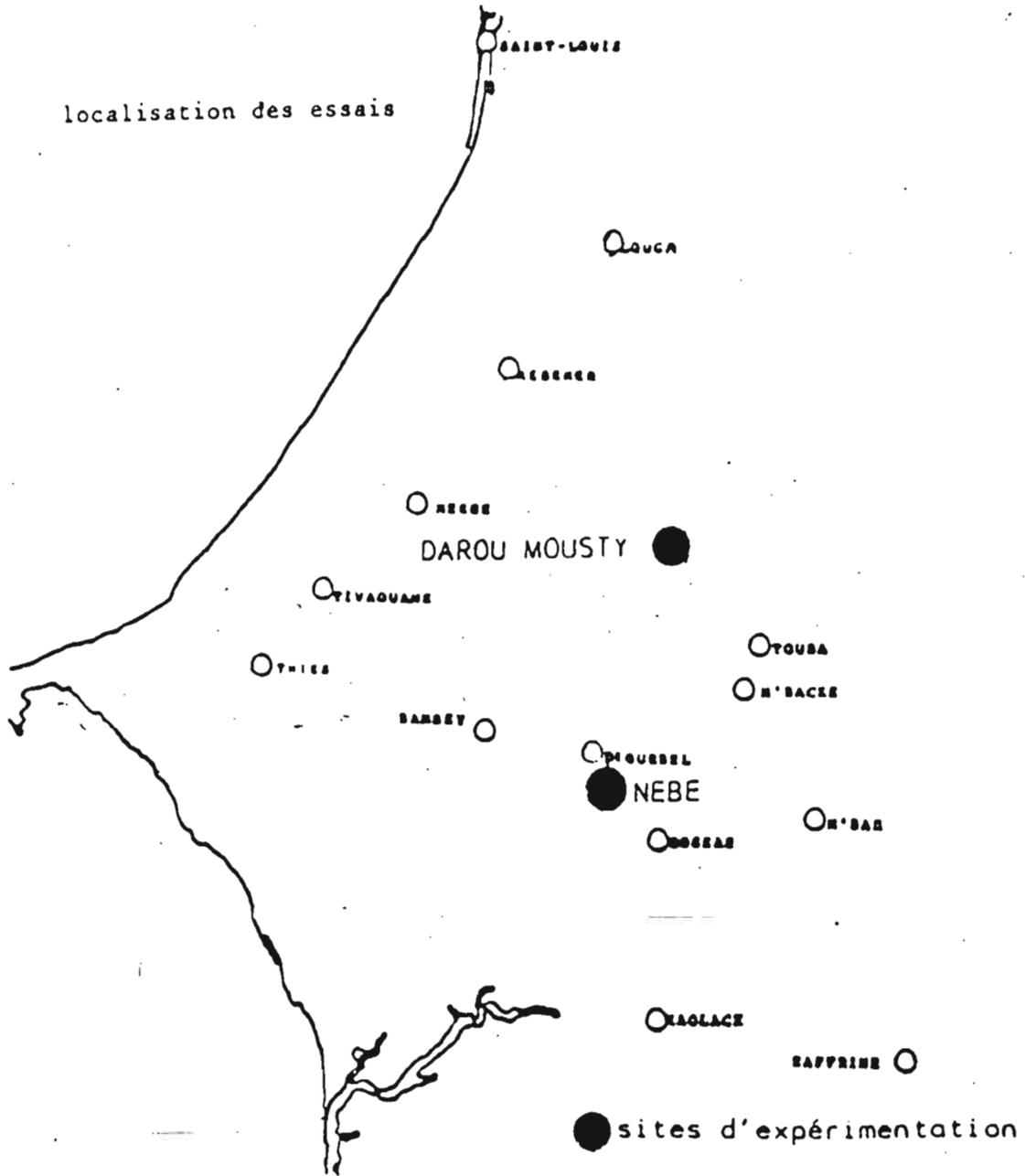
Les deux essais avaient une jachère comme précédent cultural. Le dispositif choisi est un carré latin à huit traitements (voir fig 6) :

- * traitement au D.B.C.P. : le jour du semis (J0), 15 jours (J15) et 30 jours (J30) après le semis.
- * inoculation+traitement D.B.C.P. avec les mêmes dates.
- * témoin absolu (D.B.C.P.+RHIZO).
- * témoin inoculé non traité au D.B.C.P.

Chaque parcelle fait 2 m de large sur 3 m de long. Elles sont séparées par des allées de 3 m de large cultivées à Darou, non cultivées à Nebe. La surface totale de l'essai est de 2193 m² dans les deux cas.

Un pluviomètre est disposé au centre de chaque essai.

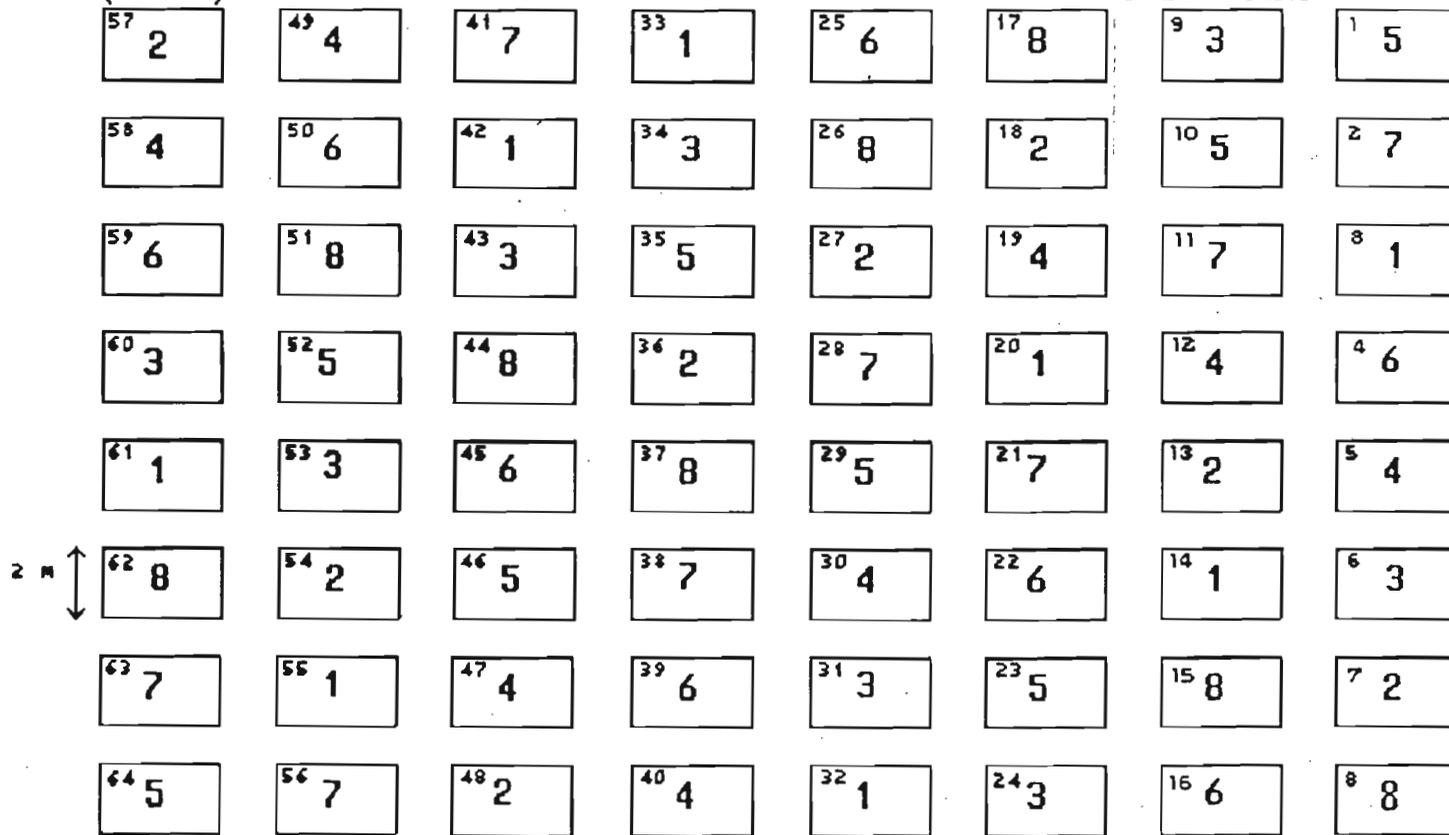
localisation des essais



3 m

ESSAI DBCP / RHIZOBIUM

NEBE DAROU HOUSTI
CALLOPE / ORSTOM



1: DBCP J0 / 3: DBCP J+30 / 5: DBCP RHIZO. J+15 / 7: TEMOIN
 2: DBCP J+15 / 4: DBCP RHIZO. J0 / 6: DBCP RHIZO. J+30 / 8: RHIZO

DOSE: 101/Ma

DATES SEMIS:

- DAROU: 30.07.88

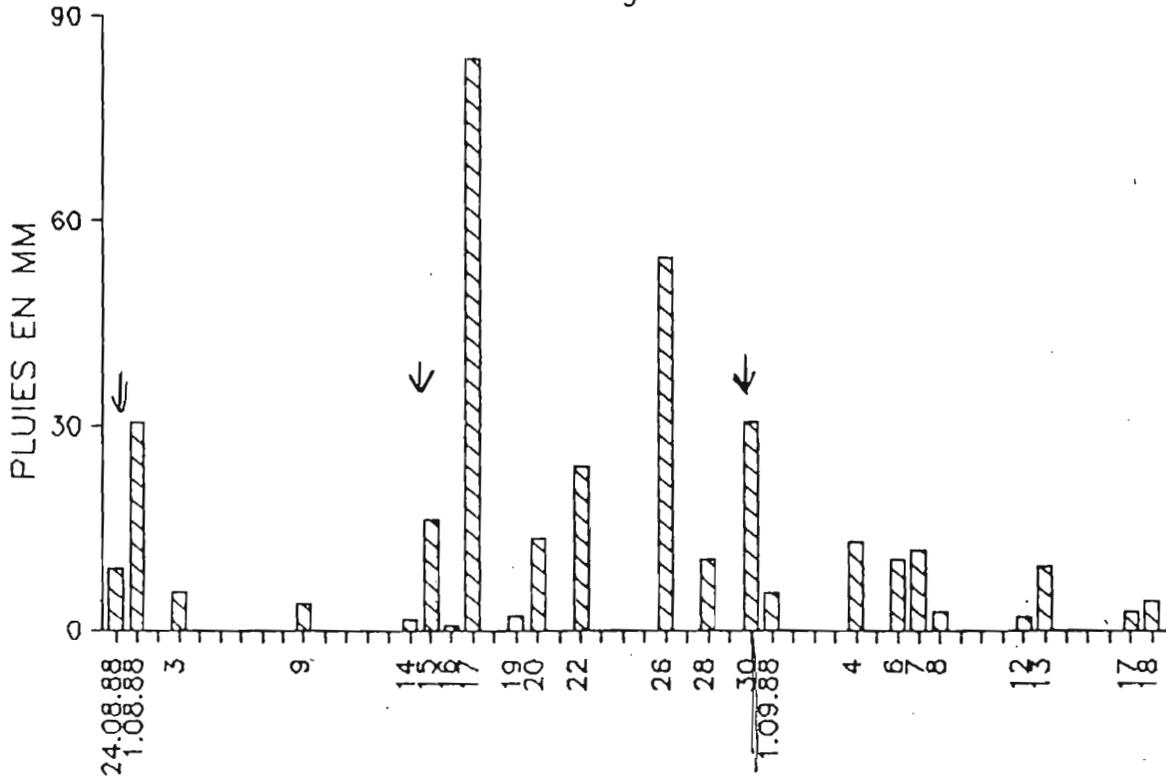
- NEBE: 01.08.88

30.07.88
01.08.88

DIAGRAMME 1 :

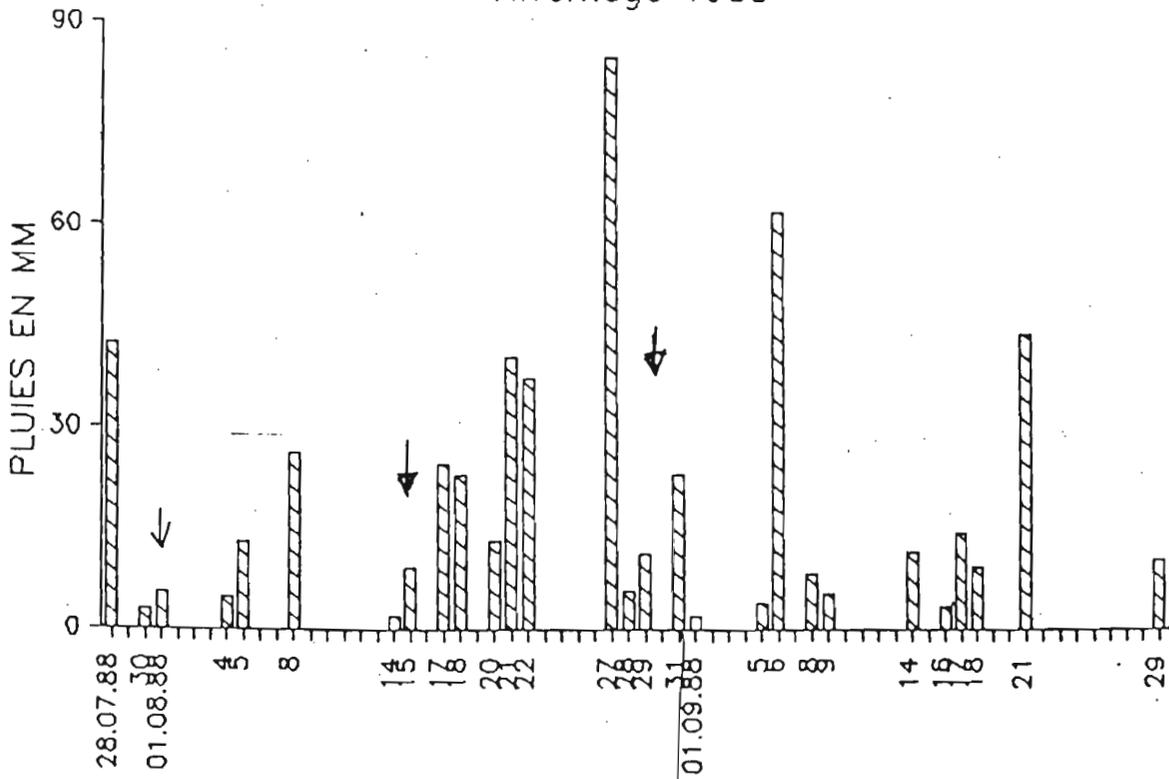
PLUVIOMETRIE DAROU

Hivernage 1988



PLUVIOMETRIE NEBE

Hivernage 1988



1.2.2 Technique d'inoculation.

L'inoculation du cultivar 55-437 est réalisée par enrobage à sec des semences : l'inoculum, sous forme de Rhizobium (souche ARCH : voir fabrication au 1.1.1) inclus dans de l'alginate réduit à l'état de poudre, est mélangé directement aux graines (200 g/ha) sans ajout d'eau ou de tout autre liquide. L'accrochage de l'inoculum aux téguments de la graine est facilité par l'emploi d'un adhésif (AMISOL: 40 g/ha). L'arachide est semée aussitôt après.

1.2.3 Traitement nématicide.

Le nématicide fumigant, le D.B.C.P. (1500 gr/l PC), est injecté à 15 cm de profondeur dans le sol à la dose de 15 kg/ha dilués dans l'eau à raison de 80 l/ha. Un intervalle de 40 cm sépare chaque ligne de traitement.

Le traitement nématicide est réalisé au stériculteur à traction équine. Une pompe péristaltique dont le débit est réglé par l'avancement de l'appareil entraîne le produit du réservoir vers un couteur-injecteur, lequel pénètre dans le sol. Le sillon ainsi creusé est immédiatement rebouché par une roue plombée.

1.2.4 Méthodes culturales et protection phytosanitaire des essais.

L'arachide est semée manuellement à raison de 2 graines par poquet (45x15 cm). Les semis ont été réalisés le 30.07 à Darou Mousty et le 1.08 à Nébé.

Les essais sont sarclés régulièrement afin d'éviter la compétition des adventices.

La récolte est effectuée manuellement à 80 jours.

Des dégats dus aux chenilles d'Amsacta moloneyi Drc. furent relevés en Aout sur l'essai de Darou. Deux traitements (17.08 et 26.08) ont donc été effectués avec un mélange cyperméthrine (60 ml P.C.)+endosulfan (60 ml P.C.). Sur l'essai Nebe, des attaques de pucerons (Aphis craccivora Koch.) justifiaient le même type de traitement (26.08 et 29.08).

53

Du lindane (1,5l/ha) a été appliqué par deux fois pour lutter contre le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk.) à Nebe le 3/10 et le 17/10/88 au soir.

Les insecticides furent tous épandus au moyen d'un pulvérisateur pneumatique à dos.

1.2.5 Analyses nématologiques

Pour les analyses nématologiques, deux échantillons de sol sont prélevés au hasard à l'intérieur de chaque parcelle puis mélangés soigneusement et étiquetés. Quatre prélèvements ont ainsi été réalisés : le 28.07 à Darou et à Nebe, le 16.08 à Darou, le 12.09 à Darou et Nebe, le 19.10 à Darou et le 21.11 à Nebe.

De retour au laboratoire, l'analyse nématologique des populations telluriques est effectuée par la technique des éluutriateurs [Seinhorst 1950, 1962] sur un échantillon de 250 cm³ de sol.

1.2.6 Mesure de l'indice de vigueur.

Cinq personnes différentes attribuent une note visuelle de 0 à 5 à chaque parcelle en fonction de la vigueur de la végétation (0 : aucune levée, 5 : végétation de la plus belle parcelle). L'indice est obtenu en faisant la moyenne des notes des cinq examinateurs pour chaque parcelle.

1.2.7 Mesure du pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique des nodules racinaires et du taux d'azote.

Le taux de fixation de l'azote est estimé indirectement par la mesure de l'activité réductrice de l'acétylène des nodules (A.R.A.). La technique utilisée est celle d'Hardy et al (1968) avec quelques modifications (Germani, Diem, Dommergues 1980).

L'A.R.A.P., exprimée en micromole de C₂H₂ réduit en C₂H₄ par heure, traduit le pouvoir fixateur d'azote atmosphérique d'un pied d'arachide. L'A.R.A.S (A.R.A. spécifique) est donnée par le rapport A.R.A.P./poids sec de nodule et s'exprime en μ mole C₂H₂/gr./Heure.

Pour déterminer le taux d'azote des tissus, les parties aériennes d'arachides prélevées au hasard dans chaque parcelle sont pesées après passage à l'étuve (80°C) pendant 7 jours. Après broyage, 50 mg de chaque échantillon sont ensuite minéralisés et analysés par la méthode de Kjeldahl. Les résultats, pour les gousses et pour les fanes sont exprimés en mg d'azote par plante.

ou pur ?



PHOTO 2 : Stériculteur ; appareil de traitement nématocide à traction équine.

2.) RESULTATS.

2.1 Effets des traitements sur les nématodes phytoparasites.

Pour les deux essais, la population de nématodes phytoparasites de l'arachide a été fortement réduite dans toutes les parcelles traitées au D.B.C.P. quelque soit la date de traitement (voir tableau 4).

Cette action nématicide du D.B.C.P., comme le montrent les diagrammes 2 à 5 obtenus à partir des dénombrements des nématodes dans le sol au début et à la fin de l'hivernage, s'exerce aussi bien sur *Scutellonema cavenessi* que sur les autres nématodes phytoparasites de l'arachide étudiés ici. Ainsi, à Darou Mousty, le nombre moyen de nématodes phytoparasites (*Scutellonema c.* compris) s'élevait avant hivernage à 624,1 individus pour 250 cm³ de sol. Il passait à 797,9 dans les parcelles témoin en fin d'hivernage alors qu'il était ramené à seulement 77,45 individus dans les parcelles traitées au D.B.C.P.. A Darou aussi bien qu'à Nébé, la population tellurique des parcelles traitées, une fois détruite, ne commence même pas à se reconstituer pendant l'hivernage (voir diagramme 6).

2.2 Effets des traitements sur les rendements.

On observe tout au long du cycle que les plantes croissant sur les parcelles traitées ont une végétation plus vigoureuse que celle des parcelles témoins. L'analyse de variance qui a été effectuée sur les paramètres de la récolte est résumée dans le tableau 5. Tous les résultats ont été présentés sous forme de diagrammes.

Les effets lignes et les effets colonnes ne sont pas significatifs alors que l'effet traitement est significatif au seuil de 0,1 pour cent. La moyenne des quatre paramètres de rendement (poids total frais, poids sec des fanes et des gousses, nombre de gousses) sont en général significativement différents du témoin au seuil 0,5 pour cent.

La comparaison de l'ensemble des résultats du tableau 5 fait ressortir une nette différence entre les deux essais. Pour l'illustrer, il suffit de remarquer que le poids frais moyen récolté à Nébé (12,45 t./ha) est le double de celui de Darou (6 t./ha). Cette différence se retrouve dans le nombre et le poids sec des gousses bien que les augmentations de rendement dues aux traitements D.B.C.P. seuls soient toujours plus fortes à Darou : +33,7 % en moyenne pour le poids total frais si l'on fait abstraction du traitement D.B.C.P. J0 (le manque à la levée observé à Darou dans les parcelles traitées le jour du semis explique les mauvais résultats du traitement).

A Nébé, en partant de rendements plus élevés, la différence apportée par les traitements nématicides n'atteint que 20 % en moyenne (voir tableau 6).

NON (L'inoculation rhizobium, sur parcelles non dénématisées (traitement Témoin+rhizo), donne dans tous les cas des résultats identiques à ceux des témoins. Ceci confirme l'action inhibitrice des nématodes sur la fixation de l'azote.

2.3 Effets des traitements sur la nutrition azotée.

Les traitements n'ont aucun effet significatif sur deux paramètres mesurés : nombre et poids sec des nodules. D'après le tableau 7 si l'A.R.A.S. d'une plante traitée au D.B.C.P. 15 jours après le semis est nettement plus élevée que celle d'une plante témoin, les autres traitements donnent par contre des résultats proches de cette dernière voire inférieurs (D.B.C.P. J30+rhizo)... Bien que les plantes traitées au D.B.C.P., inoculées ou non, aient un taux moyen d'azote des fanes ou des gousses supérieur à celui des témoins, les seules différences significatives ont été relevées à Darou Mousty où notamment au traitement D.B.C.P. J0 correspond une forte augmentation du taux d'azote des gousses. La teneur en azote est conforme à celle relevée dans la littérature pour les gousses de la variété Spanish (5,0 %).

POPULATION :		NEMATODES	PHYTOPARASITES"	SCUTELLONEMA	CAVENES	
TRAITEMENTS:		INITIALE	FINALE	INITIALE	FINALE	
DAROU	DBCP JO	167,13	1,25	1235,6	26,25	
	DBCP J15	111	0,625	1400,5	62,625	
	DBCP J30	105,38	2,875	932,5	75,125	
	RHIZO+DBCP JO	107,5	4	1182,9	56,25	
	RHIZO+DBCP J15	126,88	7	979,13	154,5	
	RHIZO+DBCP J30	90,75	0	875,75	74,25	
	TEMOIN	81,37	57,375	1255,4	750,13	
	TEMOIN+RHIZO	95,5	23,375	1239	765	
	Analyse de variance					
	F traitements		NS	**	NS	**
NEBE	DBCP JO	193,63	1,5	467	19,375	
	DBCP J15	106,75	2,1563	558,88	174,88	
	DBCP J30	271,88	2,1875	496,75	163,25	
	RHIZO+DBCP JO	147,25	4,5938	528,13	15	
	RHIZO+DBCP J15	283,75	5,4688	437,88	285,13	
	RHIZO+DBCP J30	203,88	3,4375	620,75	153,75	
	TEMOIN	120,88	14,844	434,88	1109,6	
	TEMOIN+RHIZO	259,75	10,25	419	1033,5	
	Analyse de variance					
	F traitements		NS	**	NS	**

" : nématodes phytoparasites autres que *Scutellonema cavenessi* :

Tylencharhynchus gladiolatus
Dolichorhynchus sp.
Telotylenchus indicus
Pratylenchus sp.
Hoplolaimus pararobustus
Helicotylenchus dihystrera
Peltamigratus sp.
Paratylenchus sp.

** : significativement différent au seuil de 0,01%

NS : non significativement différent

TABLI AU 4 : ACTION NEMATOCIDE DU D.B.C.P.A DAROU MOUSTY ET NEBE.

DIAGRAMME 2 :

Nématodes phytoparasites

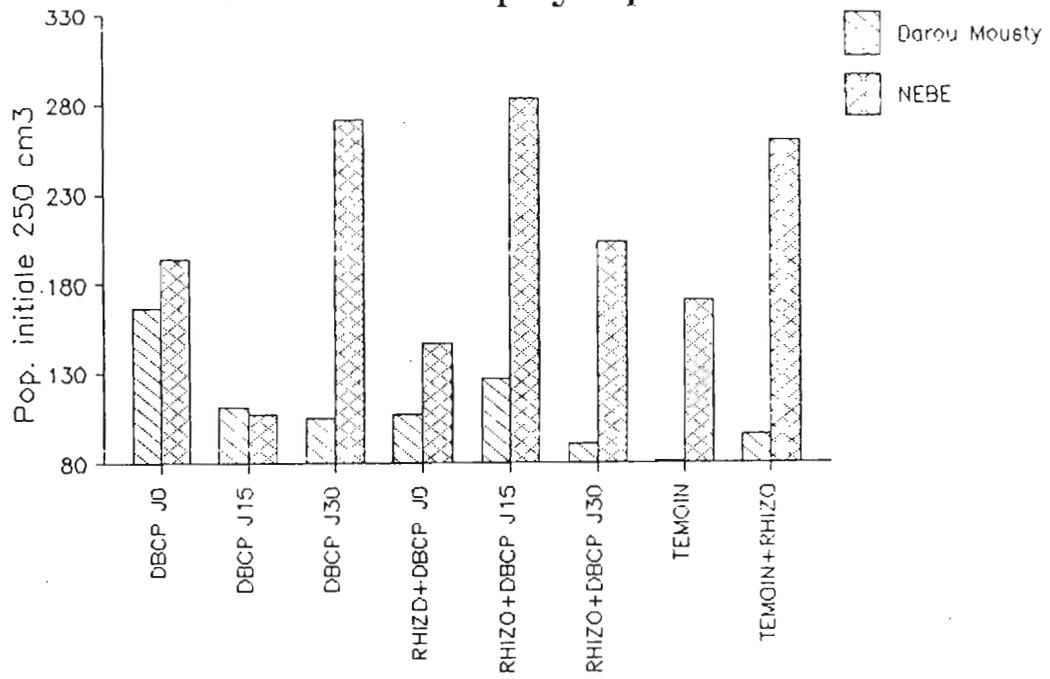


DIAGRAMME 3 :

Nématodes phytoparasites

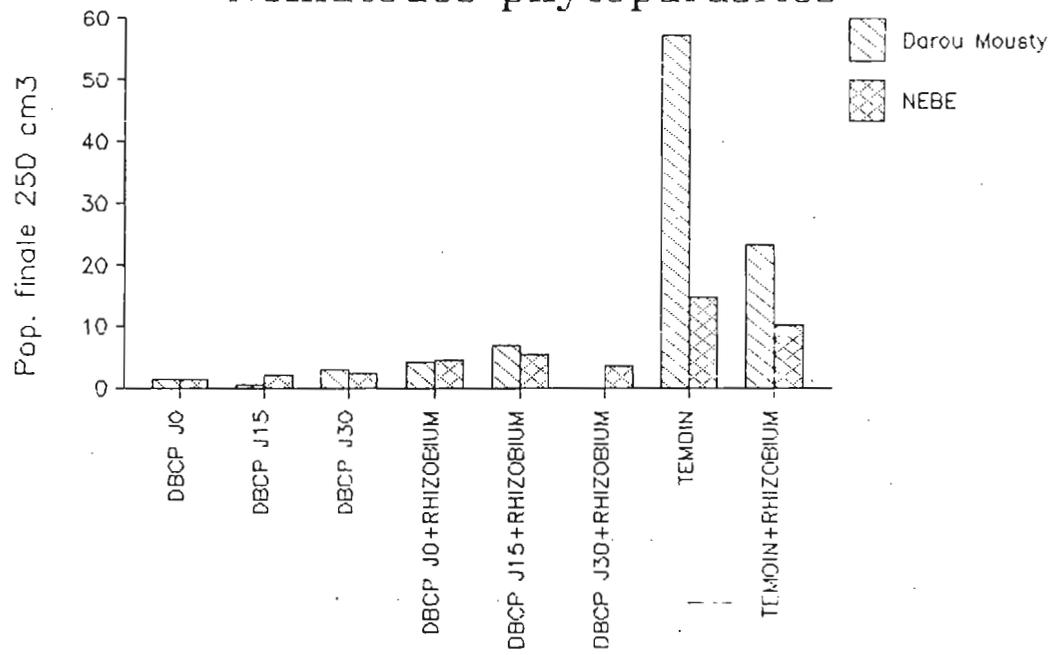


Figure 4 :

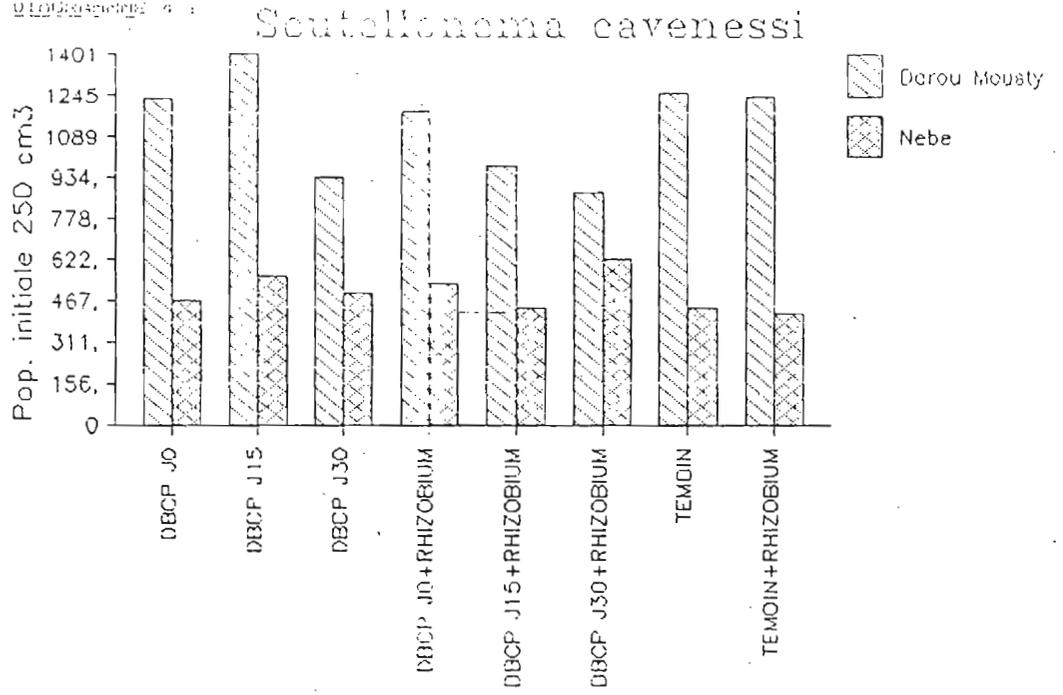


Figure 5 :

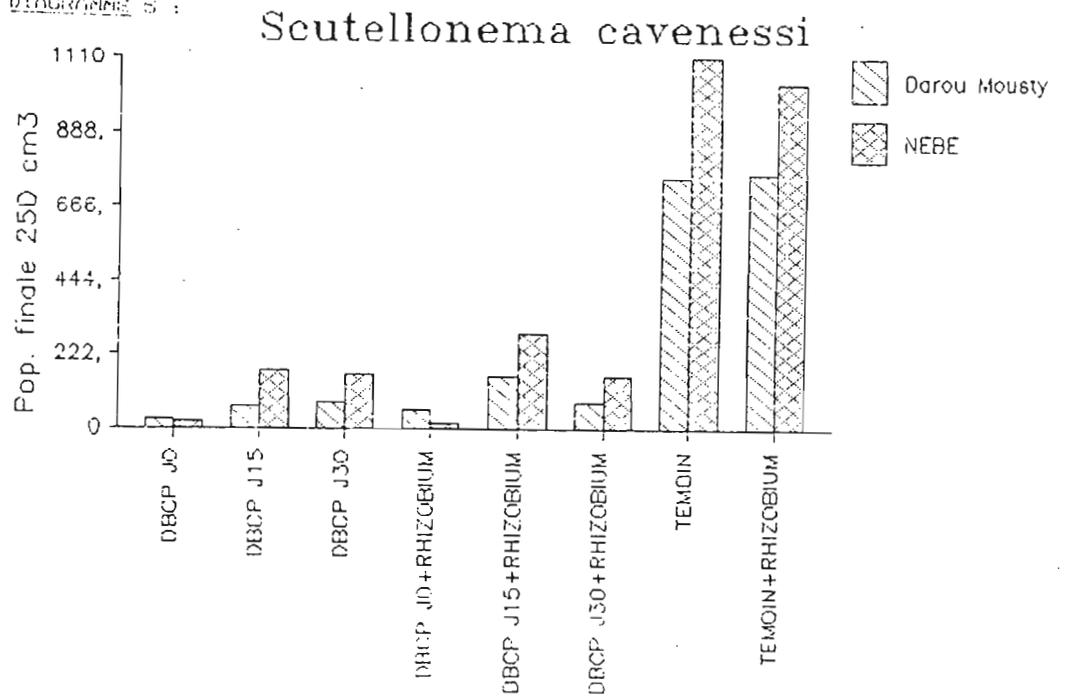
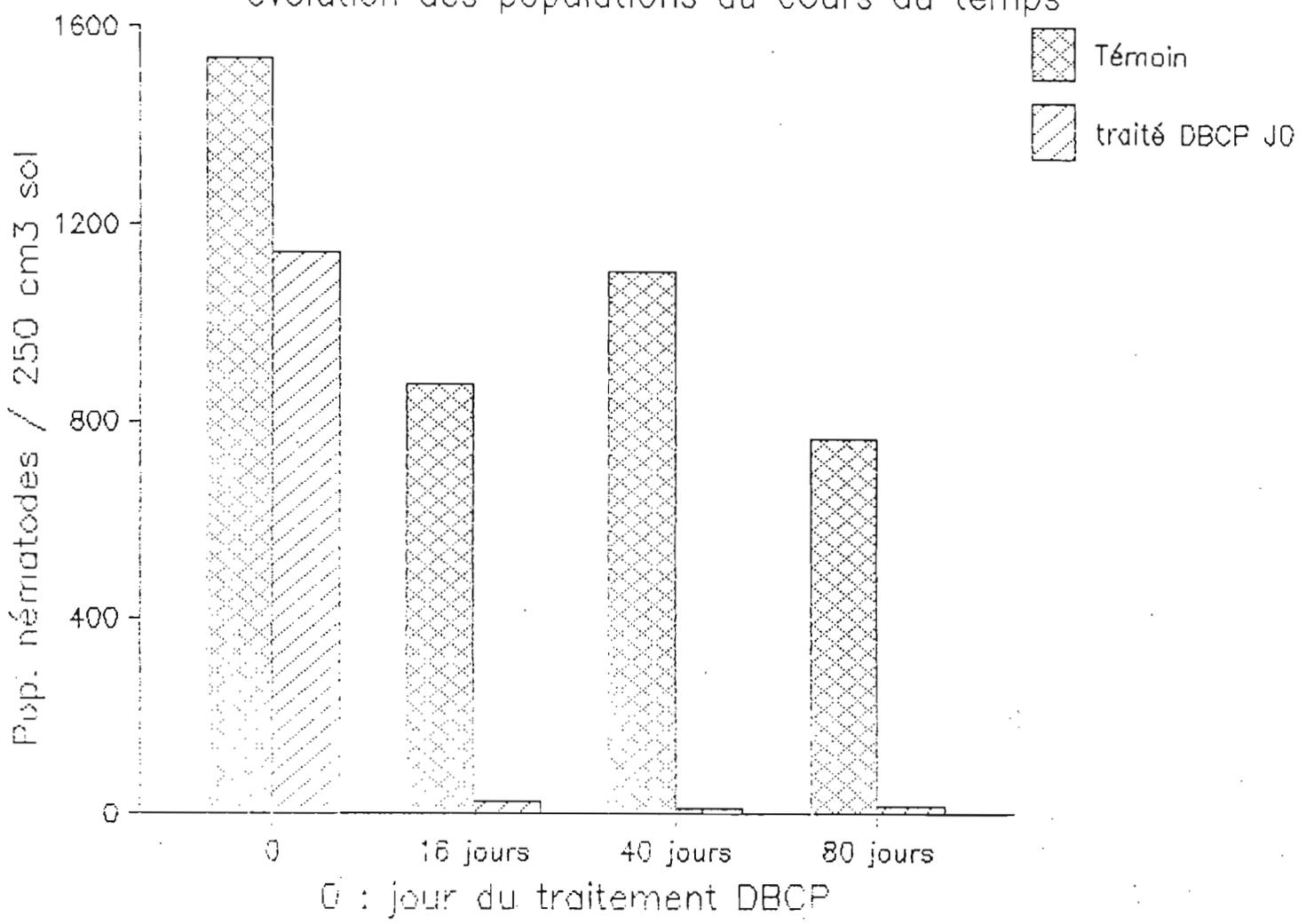


DIAGRAMME 4 :

Scutellonema cavenessi

évolution des populations au cours du temps



TRAITEMENTS		vigueur végétation	poids frais tonne/ha	poids sec fanes kg/ha	poids sec gousses kg/ha	nombre gousses /parcelles
		moyen.éc.ty.	moyen.éc.ty.	moyen. éc.ty.	moyen. éc.ty.	moyen. éc.ty.
DAROU	DBCP J0	2,25 ±1,03abc	1,94 ±0,63 ab	989,7 ±253,7 ab	299,1 ±100,0 a	617,7 ±170,9 a
	DBCP J15	3,75 ±0,70 d	3,09 ±1,22 e	1494,3 ±194,3 c	436,1 ±72,90 c	879,9 ±141,2 c
	DBCP J30	2,62 ±0,74abc	2,42 ±0,80 bc	1156,1 ±67,80 b	366,4 ±63,60abc	739,7 ±158,1 ab
	RHIZO DBCP J0	3 ±0,76 c	2,6 ±1,30 cd	1160 ±276,8 b	428,6 ±120,7 c	841,5 ±218,3 bc
	RHIZO DBCP J15	3,87 ±0,83 d	3,15 ±1,41 de	1535,1 ±306,5 c	483,9 ±142,4 c	926,5 ±251,7 bc
	RHIZO DBCP J30	2,75 ±0,89 bc	2,29 ±0,90abc	1169,7 ±174,5 b	387,5 ±72,90 bc	783 ±132,8 bc
	TEMOIN	2,12 ±0,99 ab	2,06 ±0,86 ab	992,7 ±241,6 ab	321,6 ±60,60 ab	635,2 ±131,5 a
	TEMOIN RHIZO	1,87 ±0,64 a	1,86 ±0,76 a	930,3 ±182,9 a	299,6 ±58,30 a	608,7 ±107,4 a
	F traitements	7,14 **	6,94 **	8,62 **	5,91 **	5,95 **
	C.V.	13,9	10,89	9,26	10,56	9,55
NEBE	DBCP J0	3,25 ±0,46 ab	4,66 ±0,84 ab	1353,5 ±94,00 b	793,8 ±138,2 ab	793,8 ±194,9 ab
	DBCP J15	4,12 ±0,83 d	5,31 ±0,85 c	1473,6 ±247,9 bc	908,6 ±104,1 bc	908,6 ±135,2 bc
	DBCP J30	3,87 ±0,99 bc	5,61 ±0,85 c	1439 ±190,4 bc	929,2 ±126,7 bc	929,2 ±190,3 bc
	RHIZO DBCP J0	4,12 ±0,83 cd	5,29 ±0,70 bc	1376,4 ±173,2 b	1030, ±85,20 c	1029,6 ±83,80 c
	RHIZO DBCP J15	4,87 ±0,35 cd	5,9 ±0,60 bc	1590,6 ±93,70 c	994,2 ±82,40 c	994,2 ±145,5 c
	RHIZO DBCP J30	3,12 ±1,13 ab	5,21 ±0,60 bc	1353,6 ±150,0 b	838,1 ±87,30 b	838,1 ±126,7 b
	TEMOIN	2,75 ±0,89 a	4,34 ±0,75 a	1155,1 ±228,1 a	730,9 ±103,8 ab	730,9 ±156,9 ab
	TEMOIN RHIZO	2,87 ±1,25 a	4,02 ±0,97 a	1109,9 ±212,9 a	722,2 ±170,7 a	722,2 ±274,9 a
	F traitements	6,83 **	5,71 **	7 **	9,07 **	7,81 **
	C.V.	11,1	7,55	6,26	6,26	6,42

moyen. : moyenne ; éc.ty. : écart type.

NS : non statistiquement différent.

** : statistiquement différent au seuil 1% (test F).

" : les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents.

C.V. : Coefficient de variation

TABLÉAU 5 : EFFETS DES TRAITEMENTS SUR QUELQUES PARAMÈTRES DU RENDEMENT

ESSAIS :

Traitements	Darou Mousty			Nebe			
	Levée	P.tot.f.	P.s.fa.	P.s.go	Levée	P.tot.f.	P.s.fa.
DBCP J0	80%	-5,8%	-,3%	-7%	100%	7,4%	17,2%
DBCP J15	100%	50%	50,5%	35,6%	100%	22,4%	27,6%
DBCP J30	100%	17,5%	16,5%	13,9%	100%	29,3%	24,6%
RHIZO+DBCP J0	97%	26,2%	16,9%	33,3%	100%	21,9%	19,2%
RHIZO+DBCP J15	100%	52,9%	54,6%	50,5%	100%	35,9%	37,7%
RHIZO+DBCP J30	100%	11,2%	17,8%	20,5%	100%	20%	17,2%
TEMOIN+RHIZO	100%	-9,7%	-6,3%	-6,8%	100%	-7,4%	-3,9%
TEMOIN	100%	-	-	-	100%	-	-

P.tot.f. : Poids total frais recolte

P.s.fa. : Poids secs des fanes

P.s.go. : Poids secs des gousses

TABLEAU 6 : Effets des traitements sur les composantes du rendement
variations en pourcentage par rapport au témoin

	Nombre nodules	Poids secs nodules gr.	A.R.A.S µmol/gr nodule/h	azote fanes gr/plante	azote gousses gr/plante
TRAITEMENTS	moyen.éc.ty.	moyen.éc.ty.	moyen.éc.ty.	moyen.éc.ty.	moyen.éc.ty.
DAROU DBCP J0	56,6 ±32	0,089 ±0,054	104,3 ±9,68bc"	0,26 ±0,10	0,064 ±0,03 c
DAROU DBCP J15	38,1 ±23	0,064 ±0,042	130,2 ±9,96 c	0,25 ±0,06	0,023 ±0,01 ab
DAROU DBCP J30	48,3 ±15,8	0,095 ±0,035	84 ±9,27 ab	0,22 ±0,07	0,015 ±0,01 a
DAROU RHIZO DBCP J0	64,6 ±36,4	0,073 ±0,031	77,8 ±6,40 ab	0,21 ±0,09	0,021 ±0,02 ab
DAROU RHIZO DBCP J15	52,7 ±19,5	0,097 ±0,041	100,2 ±12,1 b	0,25 ±0,04	0,041 ±0,03 bc
DAROU RHIZO DBCP J30	55,1 ±25,2	0,091 ±0,026	62,7 ±6,66 a	0,23 ±0,09	0,035 ±0,02 ab
DAROU TEMOIN	45,3 ±18,2	0,085 ±0,016	91,7 ±7,33 b	0,18 ±0,04	0,039 ±0,03 ab
DAROU TEMOIN RHIZO	48,6 ±30,8	0,073 ±0,033	98,4 ±8,51 b	0,18 ±0,07	0,028 ±0,01 ab
DAROU F traitements	0,81 NS	1,09 NS	4,03 **	2,23 NS	3,45 **
DAROU C.V.	24,5	19,6	15,1	15,5	34,7
NEBE DBCP J0	61,5 ±28,5	0,058 ±0,024		0,27 ±0,04	0,092 ±0,07
NEBE DBCP J15	97 ±49,5	0,085 ±0,050		0,28 ±0,07	0,092 ±0,07
NEBE DBCP J30	70,6 ±32,9	0,060 ±0,023		0,22 ±0,06	0,063 ±0,04
NEBE RHIZO DBCP J0	87,3 ±27,6	0,076 ±0,023		0,28 ±0,07	0,08 ±0,06
NEBE RHIZO DBCP J15	68,9 ±41,3	0,068 ±0,040		0,27 ±0,06	0,074 ±0,04
NEBE RHIZO DBCP J30	104 ±42,3	0,088 ±0,029		0,26 ±0,09	0,095 ±0,08
NEBE TEMOIN	77 ±34,9	0,071 ±0,019		0,18 ±0,06	0,036 ±0,01
NEBE TEMOIN RHIZO	83,5 ±29,8	0,080 ±0,027		0,26 ±0,14	0,075 ±0,05
NEBE F traitements	1,83 NS	1,23 NS		1,59 NS	0,91 NS
NEBE C.V.	18,7			15,0	38,0

moyen. : moyenne, éc.ty. : Ecart type

" les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil 5% (test F)

** : Différences significatives au seuil 1% (test F)

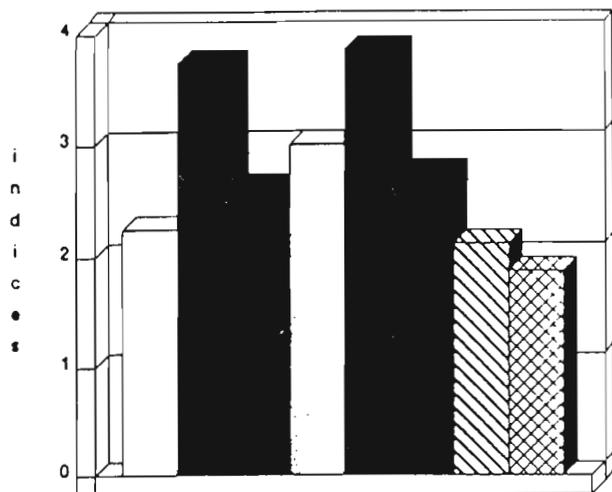
NS : Non significatif

C.V. : coefficient de variation

TABEAU 7 : ACTION DES TRAITEMENTS SUR LA FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE.

TEST DE VIGUEUR

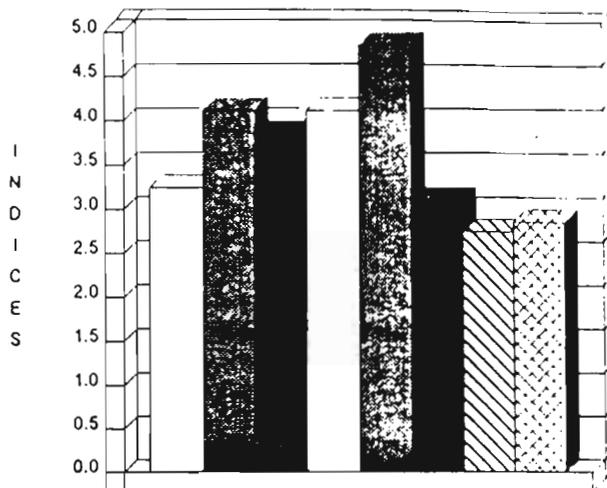
(60 jours)



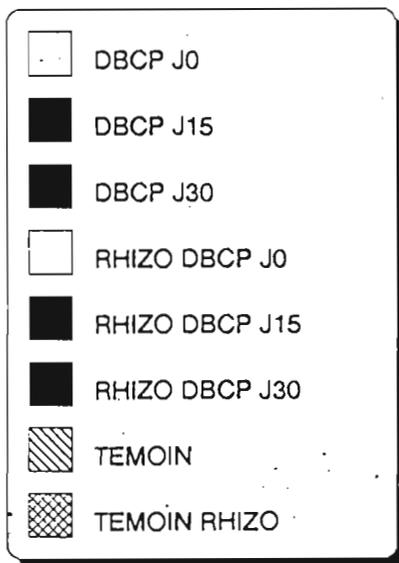
ESSAI DAROU MOUSTY

TEST DE VIGUEUR

(60 jours)

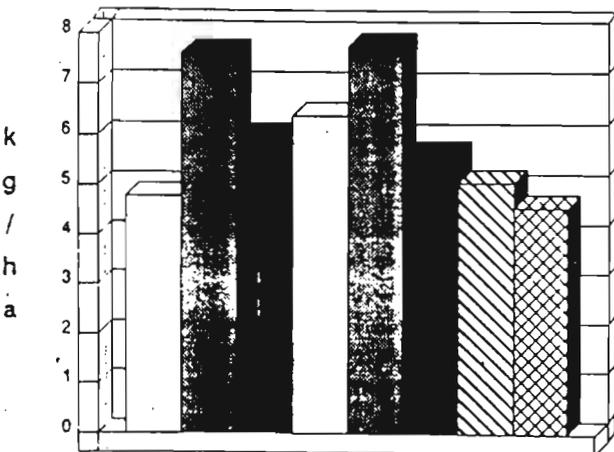


ESSAI NEBE



POIDS TOTAL RECOLTE

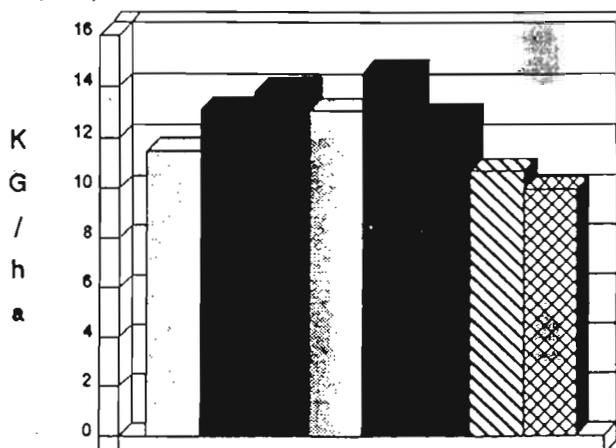
(x1000)



ESSAI DAROU MOUSTY

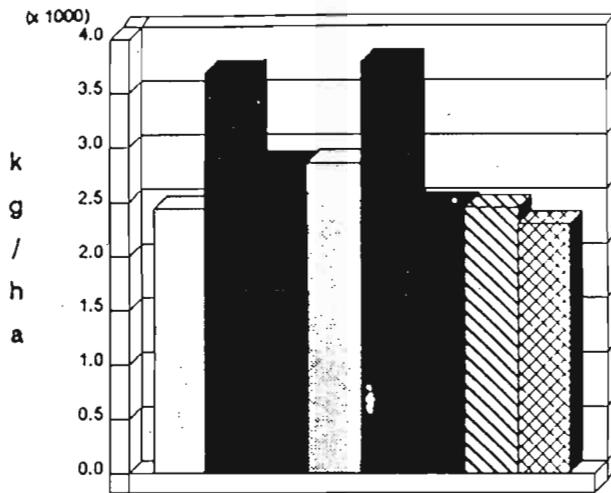
POIDS TOTAL RECOLTE

(x1000)



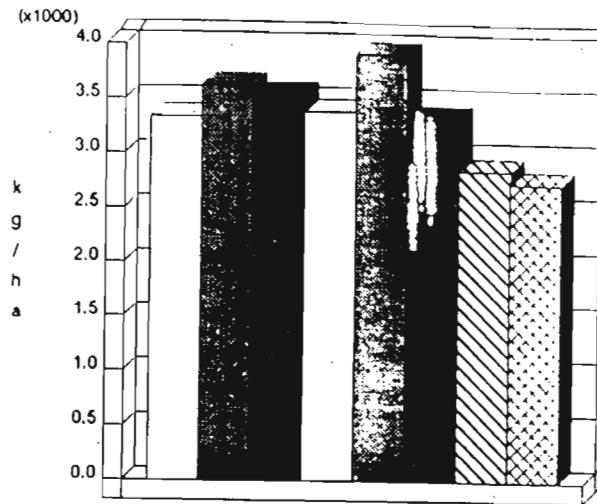
ESSAI NEBE

POIDS SEC MOYEN DES FANES



ESSAI DAROU MOUSTY

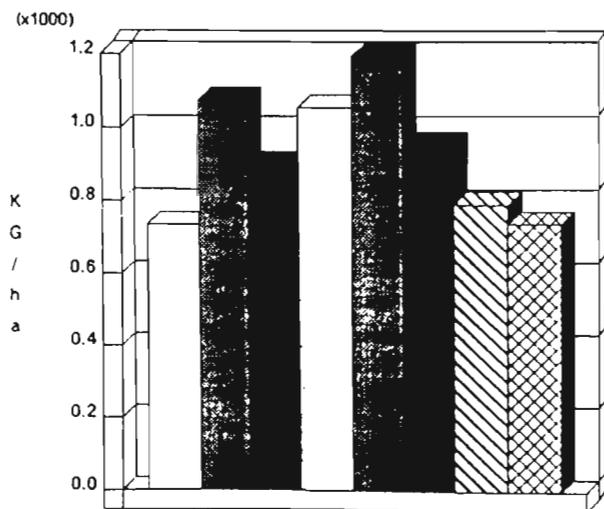
POIDS SEC MOYEN DES FANES



ESSAI NEBE

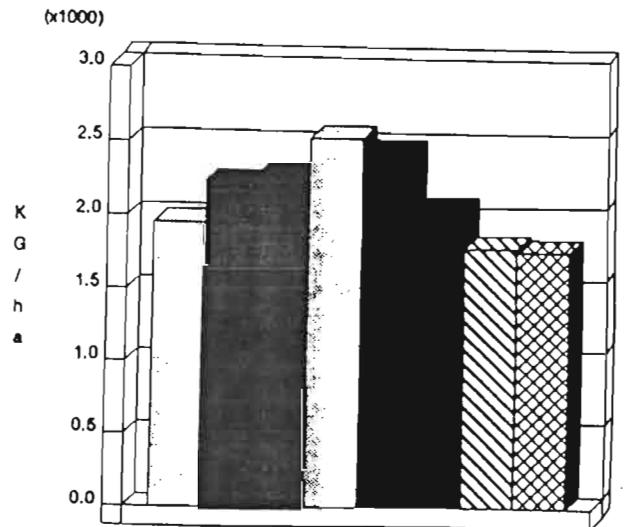
	DBCP J0		RHIZO DBCP J15
	DBCP J15		RHIZO DBCP J30
	DBCP J30		TEMOIN
	RHIZO DBCP J0		TEMOIN RHIZO

POIDS TOTAL SEC DES GOUSSES



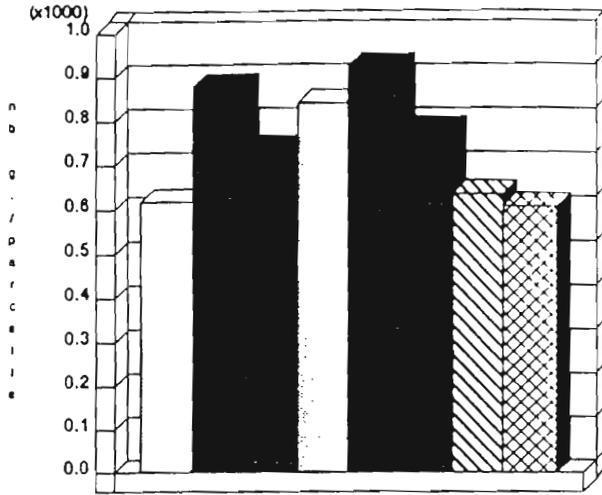
ESSAI DAROU MOUSTY

POIDS TOTAL SEC DES GOUSSES



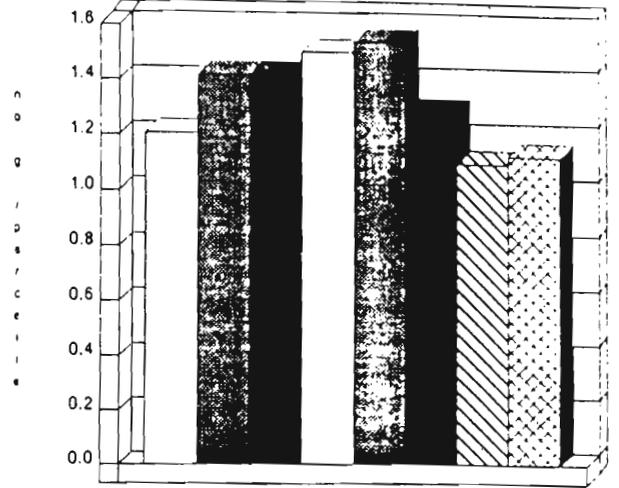
ESSAI NEBE

NOMBRE MOYEN DE GOUSSES



ESSAI DAROU MOUSTY

NOMBRE MOYEN DE GOUSSES



ESSAI NEBE

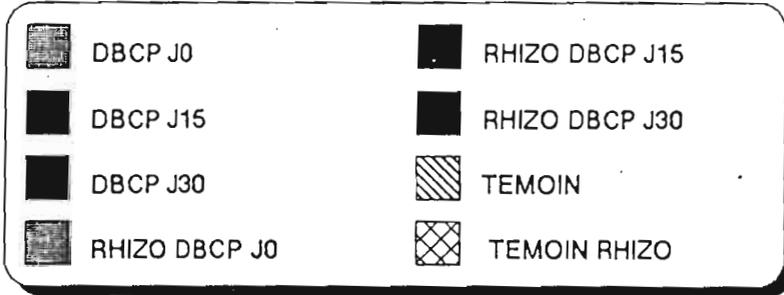
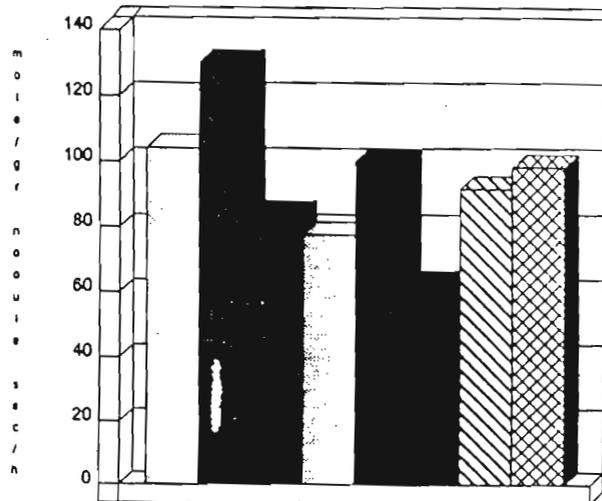


DIAGRAMME 12 :

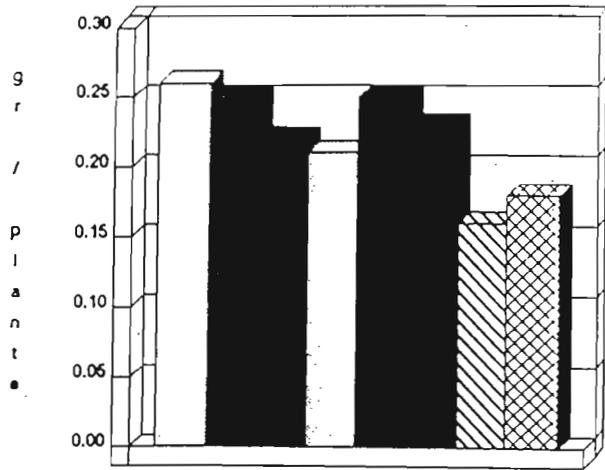
ACTIVITE REDUCTRICE D'AZOTE

ARA SPECIFIQUE



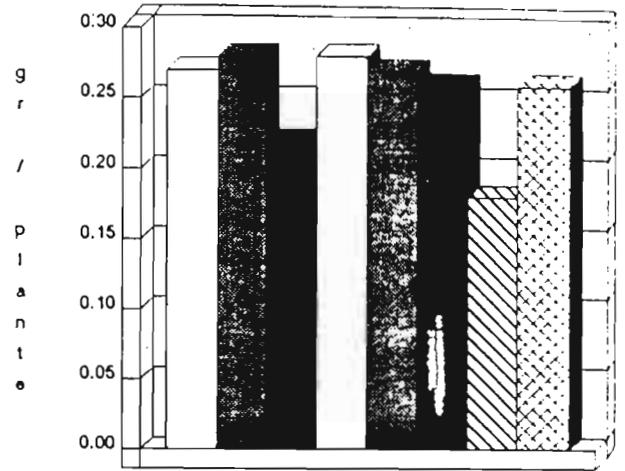
ESSAI DAROU MOUSTY

AZOTE DES FANES

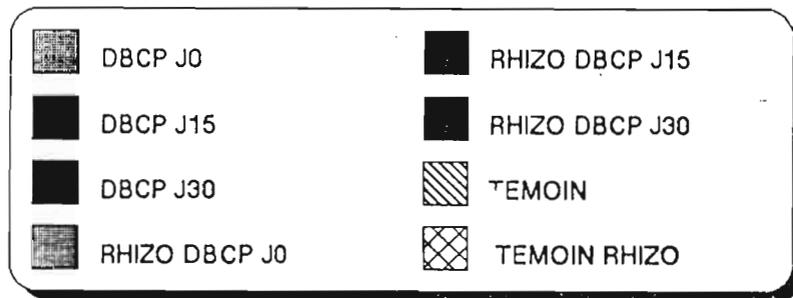


FIGURAPPE 13 : ESSAI DAROU MOUSTY

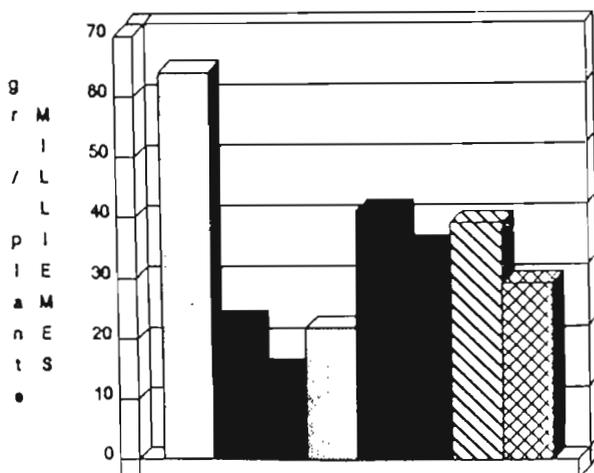
AZOTE DES FANES



ESSAI NEBE

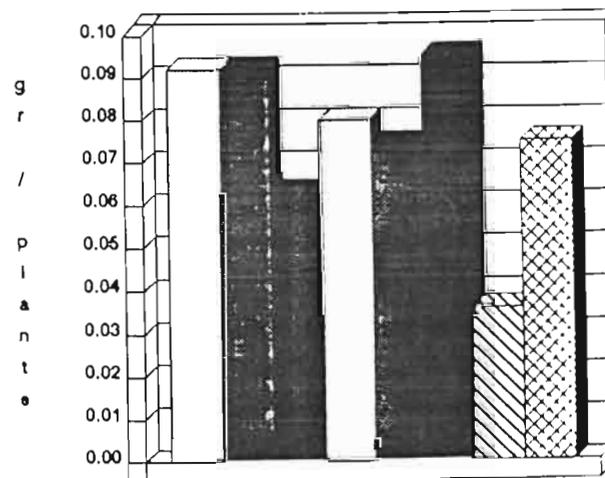


AZOTE DES GOUSSES



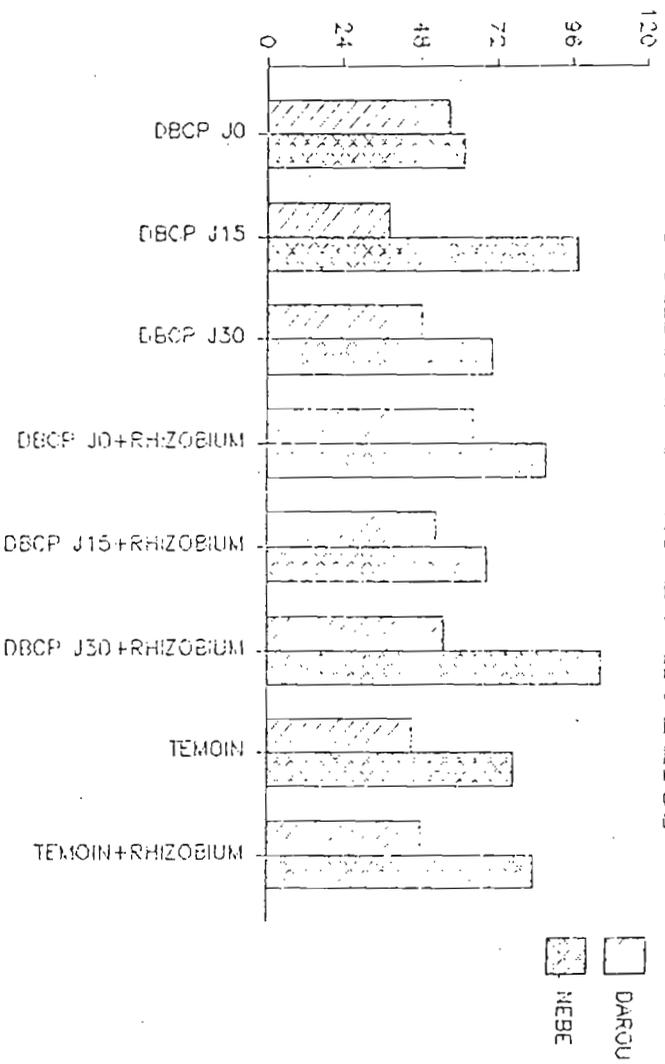
FIGURAPPE 15 : ESSAI DAROU MOUSTY

AZOTE DES GOUSSES

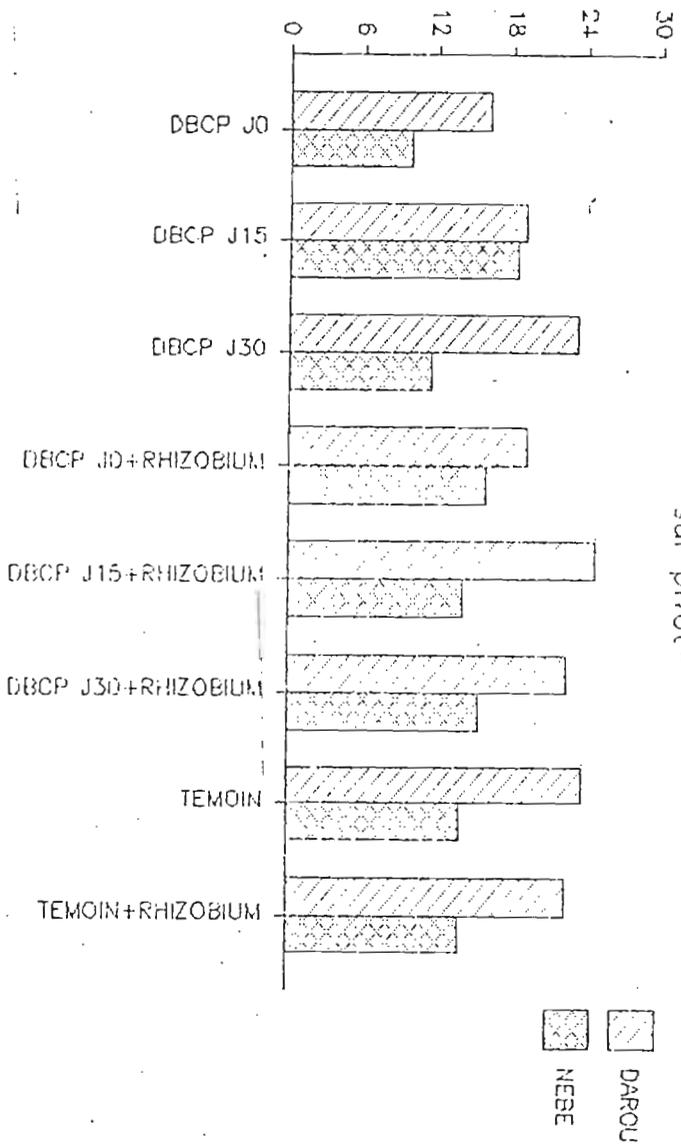


ESSAI NEBE

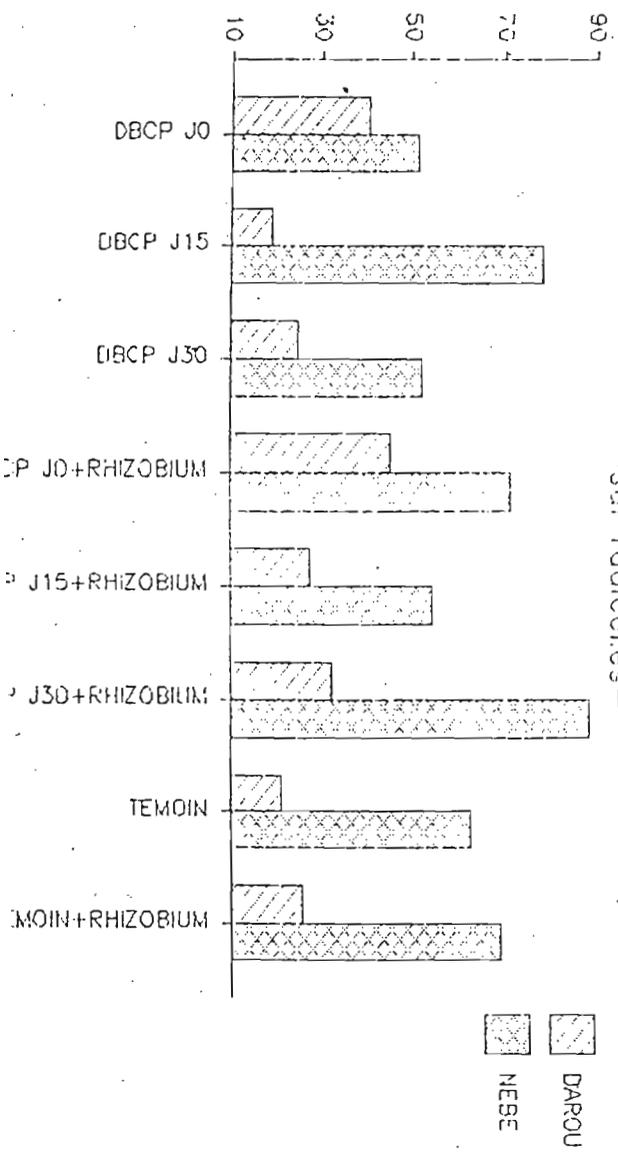
Nombre total de nodules



Nombre de nodules sur pivot



Nombre de nodules sur racines



Au vu de ces derniers résultats, l'inoculation des semences avec la souche ARCH associée au traitement nématicide n'apporte pas d'améliorations particulières de la nutrition azotée par rapport au traitement D.B.C.P. seul.

3.) DISCUSSION.

L'essai au champs à Nébè a reçu 547,25 mm de pluies en 28 jours dont 43 mm au cours des 3 jours précédant le semis. Celui de Darou Mousty n'a reçu que 342,45 mm d'eau en 22 jours dont seulement 13 mm avant le semis. Bien que le cultivar utilisé (cv 55 437) présente une bonne résistance à la sécheresse [Maubassin et al, 1970], les précipitations de 1988 à Darou sont très notablement inférieures à la moyenne (600 mm) et leur répartition très irrégulière (Diag. 1).

Dans les deux essais, les semis ont été effectués tardivement (début août) et l'insuffisance des pluies de la fin septembre nous a obligé à avancer la date des récoltes surtout à Darou Mousty. Les rendements obtenus dans ce dernier essai sont donc relativement faibles à cause d'une pluviosité insuffisante, mais favorablement comparables aux rendements observés dans des expérimentations établies dans le voisinage.

Le traitement au D.B.C.P. à 15 kg/ha a détruit presque totalement les nématodes phytoparasites du sol comme cela avait déjà été observé avec des doses plus élevées au cours d'essais précédents [Germani et Gautreau 1976, Germani 1979, Baujard 1985]. Jusqu'à présent, il était conseillé de traiter très rapidement après la première pluie, pendant la période des semis. L'efficacité du D.B.C.P. semble en effet inversement liée au temps écoulé entre la première pluie et la date du traitement. Cette hypothèse a été établie à partir d'observations au champ [Germani et Reversat, 1982] et d'expérimentations en laboratoire [Germani et Reversat, 1983], lesquelles ont clairement établies que *Scutellonema cavenessi* était plus sensible au D.B.C.P. au moment de sa réhydratation.

Or les résultats obtenus cette année suggèrent que pendant la saison des pluies au Sénégal, l'efficacité nématicide du D.B.C.P. appliqué à la dose de 15 kg/ha n'est pas dépendante de la date du traitement.

C'est une confirmation des observations faites par Duncan et Baujard (1986) qui avaient même remarqué qu'à faible dose, 11,25 kg/ha, les traitements précoces pouvaient induire une mortalité moindre des nématodes....

Cependant, si l'action nématicide reste constante, l'impact du traitement sur la culture dépend bien de la date de l'application. La comparaison des dates de traitement a effectivement permis de faire apparaître les points suivants :

- i. les traitements D.B.C.P. J15 et D.B.C.P. J15+rhizo entraînent régulièrement une augmentation très nette de la production en fanes et en gousses (voir Tab. 5 et Diag. 9 à 11) par rapport au témoin.
- ii. les traitements D.B.C.P. J0 et D.B.C.P. J30 accompagnés ou non d'une inoculation bactérienne donnent aussi de meilleurs résultats que les témoins mais l'accroissement de la production est moins spectaculaire et surtout beaucoup plus irrégulière.

Si le traitement est réalisé 30 jours après le semis, les nématodes ont, à cette date, pénétré dans les racines et leur action parasitaire s'est déjà développée au dépend de l'hôte. L'effet bénéfique du traitement est donc moindre.

Cette hypothèse ne peut cependant pas s'appliquer au traitement D.B.C.P. J0, particulièrement à Darou Mousty. Dans ce dernier cas, le manque à la levée observé dans les parcelles traitées le jour du semis est probablement d'origine accidentelle car d'une part on ne le retrouve ni sur les parcelles D.B.C.P. J0+rhizo du même essai, ni à Nébé, et d'autre part le caractère non phytotoxique du D.B.C.P. a été démontré au cours de nombreux essais précédents.

La technique d'inoculation des semences employée s'est révélée très facile d'emploi sur le terrain : l'enrobage des semences juste avant le semis avec une poudre toute préparée, sans apport d'eau, ne requiert aucun matériel et aucune connaissance technique spéciale. Sa diffusion auprès des agriculteurs sénégalais ne devrait donc pas poser de problèmes particuliers.



PHOTO 3 : Parcelle témoin (arachides de 60 jours) Essai Darou Mousty.

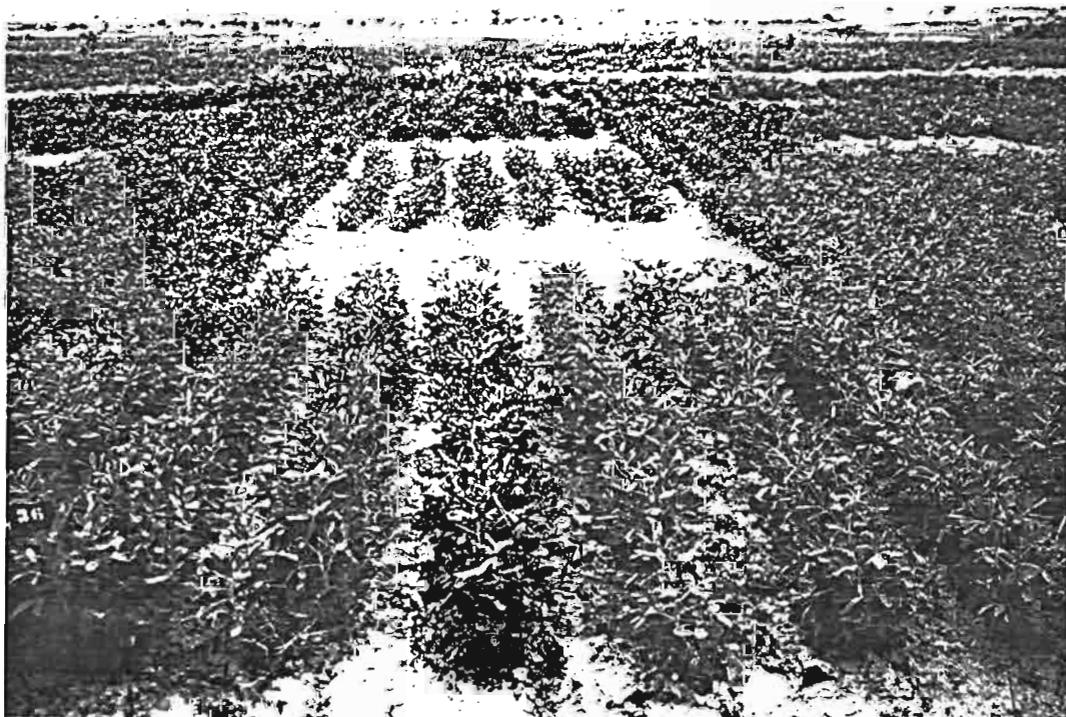


PHOTO 4 : Parcelle traitée D.B.C.P. J15 (arachides âgées de 60 jours) Essai Darou Mousty.

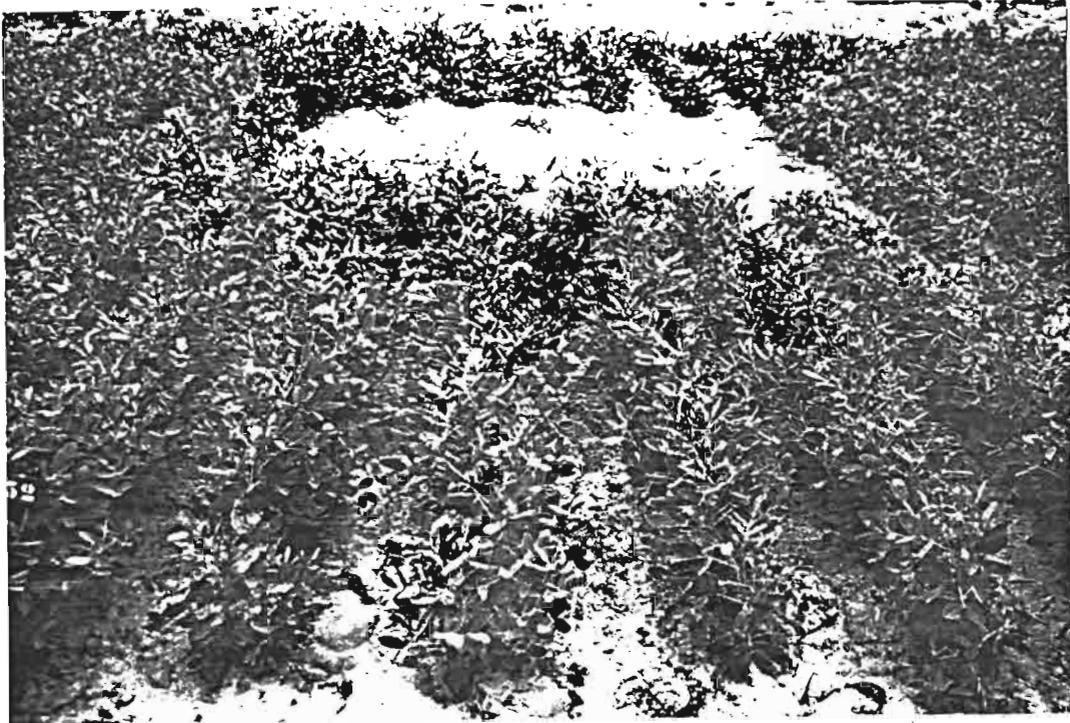


PHOTO 5 : Parcelle inoculée avec du rhizobium et traitée D.B.C.F. J15 (arachides de 60 jours) Essai Darou Mousty.

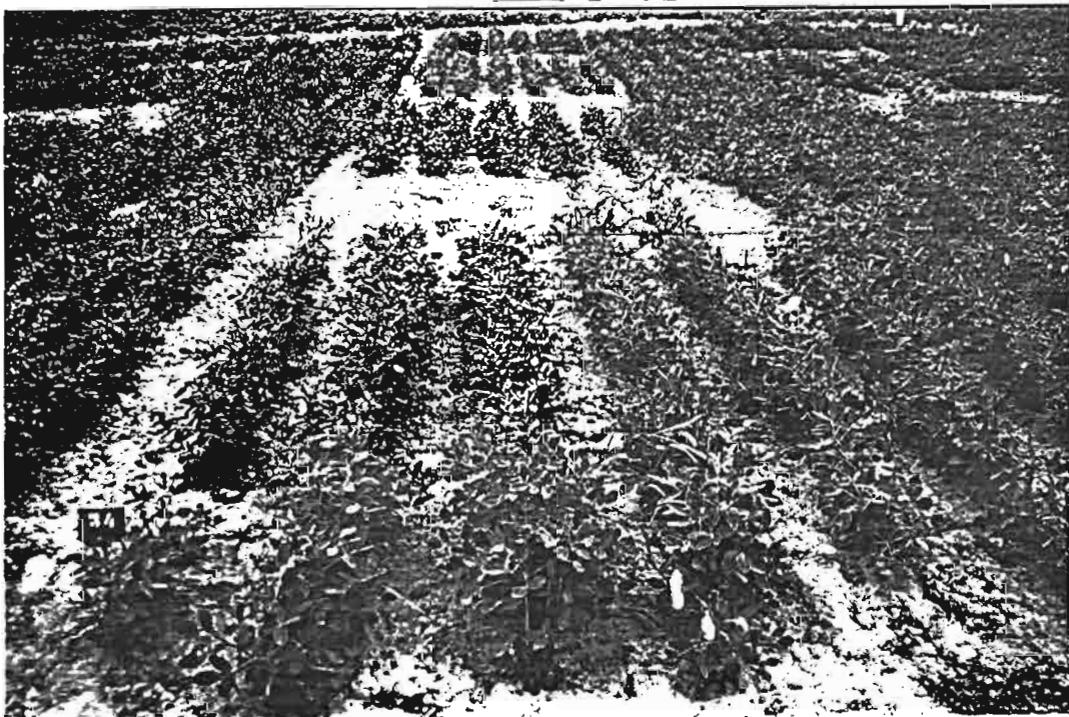


PHOTO 6 : Parcelle traitée D.B.C.F. J30 (arachides de 60 jours) Essai Darou Mousty.



PHOTO 7 : Parcelle inoculée et traitée D.B.C.P. J30 (arachides de 60 jours) Essai Darou mousty.



PHOTO 8 : Parcelle inoculée non traitée (arachides de 60 jours) Essai Darou Mousty.

L'inoculation rhizobium associée au traitement nématicide, bien qu'entraînant un léger surcroît de production en gousses et en fanes par rapport à un simple traitement nématicide n'a pas eu l'effet bénéfique escompté. Paradoxalement, les arachides traitées non inoculées fixent mieux l'azote, à date de traitement identique, que les arachides inoculées et traitées (voir Diag. 12).

Le taux d'azote des fanes ou des gousses est toujours plus élevé chez les plantes traitées mais reste pratiquement inchangé si on lui associe l'inoculation (voir Diag. 13 et 14).

Plusieurs hypothèses pourraient être envisagées pour expliquer ce manque d'efficacité de l'inoculation : une mortalité trop importante des rhizobium avant et/ou pendant l'inoculation des semences, un accrochage insuffisant de l'inoculum au niveau des téguments de la graine d'arachide, la présence d'une souche de rhizobium indigène plus compétitive que la souche ARCH introduite ou bien encore l'existence d'un facteur limitant de la nodulation dans les sols de Nébé et de Darou.

Les deux premiers points ne sont guère envisageables en raison d'une part du soin particulier apporté à l'inoculum pendant sa manipulation et de la très bonne qualité de l'enrobage due aux petites quantités de semences utilisées. D'autre part, la qualité de l'inoculum était satisfaisante : le nombre de rhizobiums par graine était d'environ 5×10^7 .

Les deux dernières hypothèses par contre pourraient faire l'objet d'expérimentations et de tests surtout si l'on veut faire de l'inoculation une technique d'amélioration du rendement des cultures et du taux d'azote des sols qui soit fiable et performante.

. II. RECHERCHE D'UN EFFET "PHYTOSTIMULANT" DU D.B.C.P. SUR L'ARACHIDE.

Un effet "phytostimulant" du D.B.C.P. avait été mis en évidence en 1986 sur Niébé à partir d'expériences conduites en serres et "in vitro". Des expériences similaires ont été réalisées en 1988 afin de vérifier si un effet comparable pouvait s'observer sur arachide.

1.) MATERIEL ET METHODES.

1.1 Expérimentations "in vitro".

Cinq doses de D.B.C.P. sont comparées à un témoin non traité avec 12 répétitions par traitement.

L'expérience est conduite en conditions stériles sur milieu JENSEN dans des tubes GIBSON de 95 ml.

Composition du Milieu JENSEN :

K_2HPO_4 (20 g/l)	10 ml
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (20 g/l)	10 ml
NaCl (20 g/l)	10 ml
$CaHPO_4$ (100 g/l)	20 ml
H_2O	1000 ml

Oligo-éléments de JENSEN : 1 ml

H_3BO_3 (2,86 g/l)
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (2,03 g/l)
$ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ (0,22 g/l)
$Na_2MoO_4 \cdot H_2O$ (0,09 g/l)

pH 6,7

Agar 20 g/l

JENSEN + AZOTE : NH_4NO_3 (0,5 mg/l) + KNO_3 (0,5 mg/l)

Les tubes sont inclinés de façon à amener la surface du milieu encore liquide pratiquement au niveau de l'orifice. Tous les tubes sont soigneusement obturés avec du papier aluminium scotché.

Les graines d'arachide (cv. 55 437), une fois leurs téguments otés, sont désinfectées pendant 15 minutes à l'hypochlorite de calcium (60 g/l). Les semences sont ensuite mises à prégermer sur eau gélosée, en boîtes de Pétri placées à l'obscurité dans une cloche à germination (température de 25 °C et 99 % d'humidité relative).

Le papier aluminium est ensuite troué stérilement de façon à n'introduire que la radicule des plantules à l'intérieur de chaque tube. Une seconde perforation du papier aluminium permet un arrosage régulier des plantules avec de l'eau stérile. Ces dernières sont placées dans une enceinte à température constante et soumises à un éclairage artificiel permanent.

Dans une première expérience, on utilise du milieu JENSEN sans azote. Cinq jours après le repiquage, cinq doses de D.B.C.P., respectivement 100 µl d'une solution à 1,5 3 6 12 et 24 g/l, sont injectées dans l'eau des tubes. Six séries de mesures sont effectuées 0, 2, 4, 7, 11 et 14 jours après le traitement D.B.C.P. (respectivement séries de mesures J0, J+2, J+4, J+7, J+11, J+14 dans le tableau 8). L'expérience est arrêtée au bout du vingtième jour et les poids secs des racines et des parties aériennes sont déterminés après passage à l'étuve à 80°C pendant 7 jours.

Dans une deuxième expérience, le D.B.C.P. est apporté directement dans un milieu JENSEN + azote avant refroidissement de ce dernier. Cinq doses de D.B.C.P. sont comparées au témoin non traité : 3 6 12 24 et 48 g/l. A l'exception de ces deux différences, l'expérience est conduite exactement de la même façon que la première. Seize jours après le repiquage en tubes, l'expérience est stoppée;

1.2 Expérimentation en serre.

Aucune expérience n'ayant été réalisée avec des arachides cultivées en pots et traitées au D.B.C.P., un essai préliminaire est conduit sous serre.

1.2.1 Dispositif expérimental.

Il s'agit d'un essai randomisé à six traitements et dix répétitions par traitement.

	T	D1	D2	D3	D4	D5
DOSES AU CHAMPS	0	1,1,25	22,5	45	90	180
Kg/ha						
DOSES PAR POT	0	6,75	13,5	27	54	108
mg						
CONCENTRATIONS	0	56,2	112,5	225	450	900
g/l						

1.2.2 Méthodologie.

L'essai est conduit en pots plastiques (2,7 l) disposés à l'intérieur d'un bac. Ces pots sont supportés par une plaque de bois recouvrant le bac évitant ainsi une trop forte élévation de la température par rayonnement direct.

Chaque pot contient 3500 g de sol sec tamisé (granulométrie 200 à 800 μ m) et stérilisé par autoclavage à 120°C pendant 30 minutes. Ce sol avait été prélevé à Bel Air sur un terrain n'ayant fait l'objet d'aucun traitement nématicide ou autre dans le passé à notre connaissance.

Après ressuyage du sol, les graines d'arachide (cv. 55 437) sont semées à 3 cm de profondeur. Le même jour, deux injections d'une solution de D.B.C.P. (2x60 μ l) sont effectuées à 10 cm de profondeur de part et d'autre des graines, à l'aide d'une seringue Cornwall.

Les arachides sont soumises à un éclairage naturel. L'arrosage est stoppé 5 jours avant la récolte.

Au 72ème jour, les plantes sont déterrées. Les poids secs sont obtenus après passage à l'étuve (80°C) pendant 7 jours.

2.) RESULTATS.

2.1 Effet du D.B.C.P. "in vitro".

Les résultats ont été regroupés dans les tableaux 8 et 9.

Dans la première expérience, on enregistre 4 jours après le traitement un léger effet dépressif sur la croissance de l'appareil racinaire correspondant aux doses de D.B.C.P. les plus élevées (6,12 et 24 g/l). Les plantes traitées aux doses inférieures se comportent comme les témoins.

doses champs Kg/ha	doses tube mg	LONGUEUR DES RACINES (cm)											
		J		J+2		J+4		J+7		J+11		J+14	
		moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.
0	0	3,96	±1,0	6,56	±1,31	9,82	±1,02 c"	12,78	±0,77 c	16,12	±0,52 c	17,81	±0,79 cd
10,5	1,5	3,96	±1,0	7,31	±1,31	10	±1,02 c	12,87	±0,77 c	16,71	±0,52 c	18,33	±0,79 d
11	3	3,4	±1,0	6,42	±1,31	9,17	±1,02 bc	12,42	±0,77 bc	16,46	±0,52 c	17,96	±0,79 cd
22	6	3,25	±1,0	5,38	±1,31	8,2	±1,02 ab	11,54	±0,77 b	15,54	±0,52 bc	17,29	±0,79 bc
44	12	3,88	±1,0	5,53	±1,31	7,18	±1,02 a	10,96	±0,77 b	14,33	±0,52 ab	16,75	±0,79 b
88	24	3,71	±1,0	5,3	±1,31	7,34	±1,02 a	9,79	±0,77 a	12,83	±0,52 a	15,17	±0,79 a
Test F		: NS		NS		**		**		**		**	

DOSES :	MESURES :	LONGUEUR DU DERNIER ENTRENOEUD (cm)						TIGES		RACINES	
		J+2		J+4		J+6		P.S. (gr)		P.S. (gr)	
		moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.	moyen	I.C.
	0	0,99	±0,29	1,09	±0,33	2,37	±0,18 bc	0,59	±0,07	0,14	±0,02
	1	0,77	±0,29	1,28	±0,33	2,5	±0,18 c	0,57	±0,07	0,15	±0,02
	2	0,64	±0,29	1,19	±0,33	2,04	±0,18 b	0,55	±0,07	0,14	±0,02
	3	0,72	±0,29	1,0	±0,33	2,32	±0,18 bc	0,55	±0,07	0,14	±0,02
	4	0,91	±0,29	1,44	±0,33	2,08	±0,18 b	0,64	±0,07	0,17	±0,02
	5	0,85	±0,29	0,97	±0,33	1,67	±0,18 a	0,55	±0,07	0,13	±0,02
TEST F		NS		NS		**		NS		NS	

moyen : moyenne ; I.C. : intervalle de confiance ;

NS : non significatif

** : significatif par le test F au seuil 1 %

" : les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au

TABLEAU 8 : EFFETS "IN VITRO" DU D.R.C.P. SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ARACHIDE. EXP.

Doses champs Kg/ha	Doses tubes mg	TIGES Poids secs (gr)		RACINES poids secs (gr)		TIGES Hauteur (cm)		RACINES Longueur (cm)	
		MOY.	I.C.	MOY.	I.C.	MOY.	I.C.	MOY.	I.C.
0	0	0,542	±0,045	0,136	±0,024	13,94	±0,96 ab	14,47	±1,54 a
21	3	0,565	±0,045	0,154	±0,024	14,93	±0,96 ab	16,05	±1,54 ab
42	6	0,557	±0,045	0,142	±0,024	15,28	±0,96 ab	16,99	±1,54 ab
88	12	0,567	±0,045	0,143	±0,024	15,65	±0,96 b	17,96	±1,54 ab
176	24	0,534	±0,045	0,166	±0,024	14,15	±0,96 ab	19,35	±1,54 b
352	48	0,514	±0,045	0,129	±0,024	13,4	±0,96 a	17,53	±1,54 ab
test F		NS		NS		**		**	

MOY. : moyenne

I.C. : intervalle de confiance

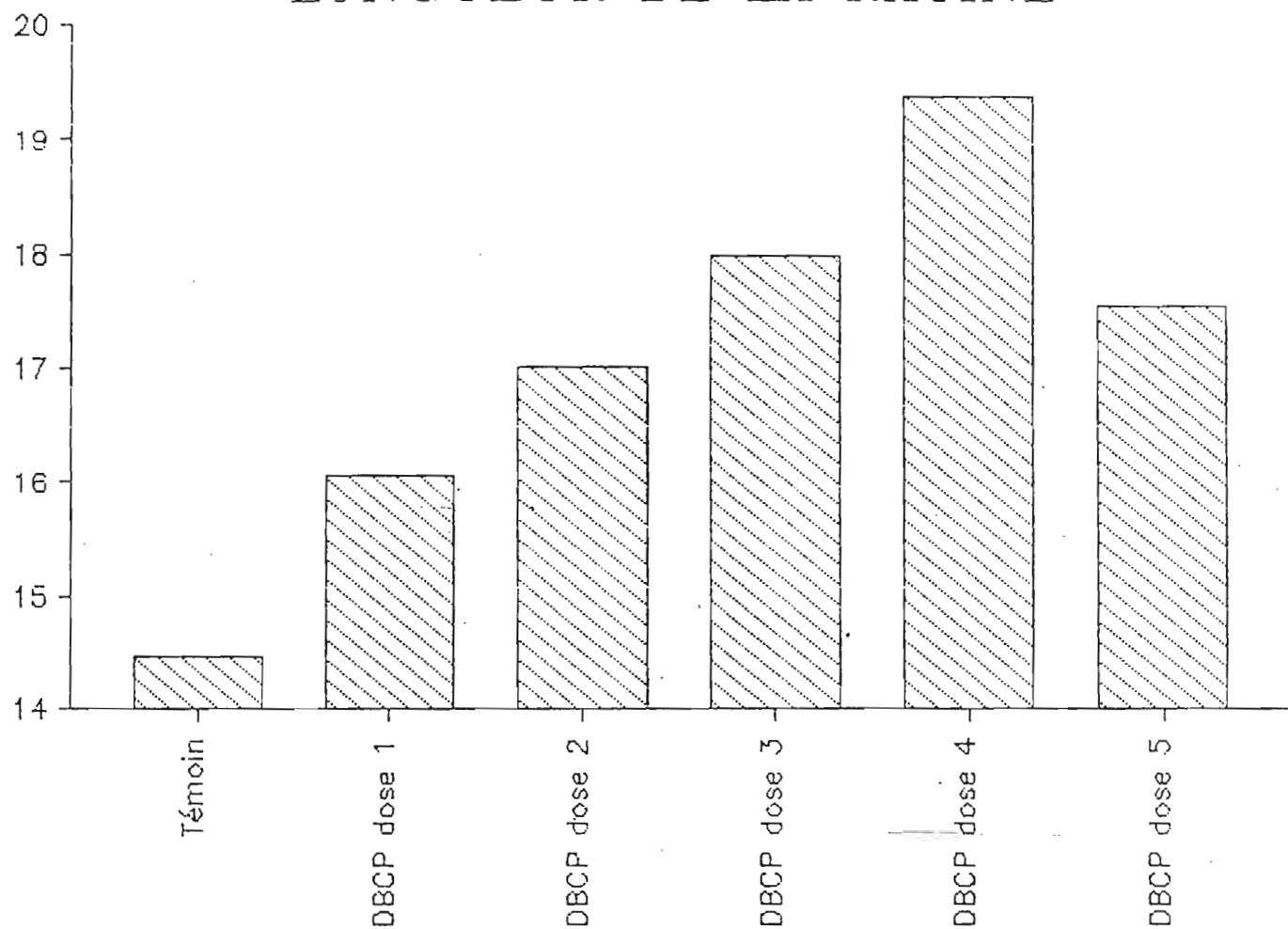
** : significatif par le test F au seuil 1 %

NS : non significatif

: les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents a

TABLEAU 9 : EFFETS "IN VITRO" DU D.B.C.P. EXP. N°2

LONGUEUR DE LA RACINE



GRAMME 18 : longueur des racines, expérience n° 2.

LONGUEUR DE LA TIGE

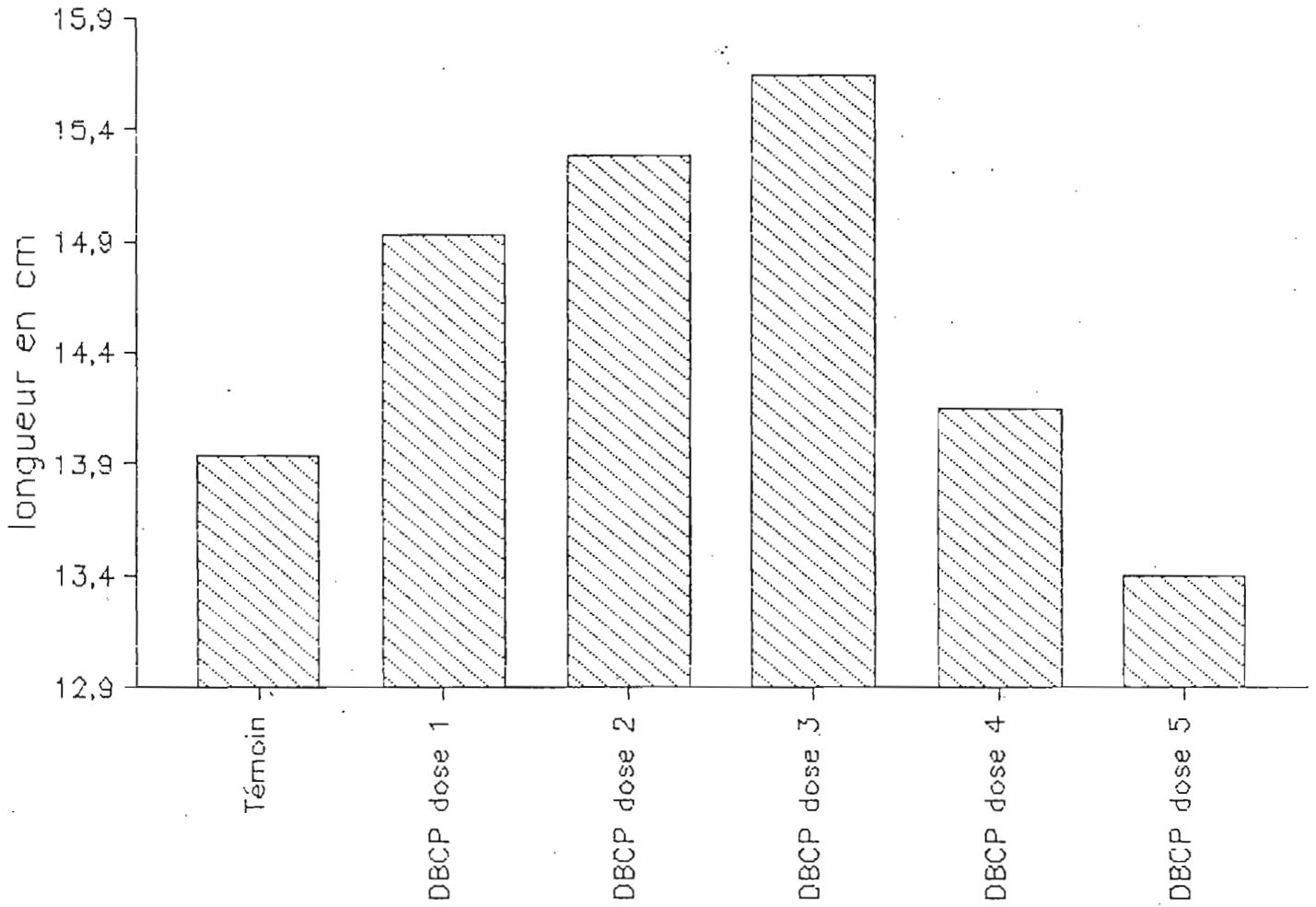


DIAGRAMME 19 : Longueur des tiges, expérience n° 2.

Cet effet phytotoxique est toujours apparent au 14ème jour : les racines des plantes traitées avec la dose la plus forte sont nettement plus courtes que celles des témoins (-15 %). A la même date, des différences de développement plus faibles mais cependant significatives subsistent encore entre les témoins et les plantes traitées aux doses 6 et 12g/l.

Les effets du traitement n'apparaissent sur la croissance caulinaire qu'au 14ème jour. Là encore, le D.B.C.P. exerce une action négative sur ce paramètre aux doses les plus fortes (12 et 24 g/l) avec notamment une réduction de 30 % par rapport au témoin de la hauteur moyenne des plantules traitée avec 24 mg de D.B.C.P.. Aucune différence significative n'apparaît entre les autres doses et le témoin.

Le traitement n'a aucun effet sur les poids secs des racines et des tiges.

Dans la deuxième expérience, le traitement n'a toujours pas d'effet ni sur le poids sec de la partie aérienne ni sur celui des racines. En ce qui concerne la hauteur de la tige, on enregistre une seule différence significative entre la dose 3 (12 mg) qui semble avoir un léger effet stimulant et la dose 5 (48 mg) qui correspond au développement le plus faible de la tige. Le témoin se place entre ces deux extrêmes.

Une nette stimulation (+30 %) de la longueur racinaire apparaît par rapport au témoin avec la dose 4 (24 mg). En moyenne, les plantes traitées, quelque soit la dose employée, ont des racines plus longues que celles des témoins.

2.2 Effet du D.B.C.P. en serre.

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau 10.

Le traitement n'induit aucune différence significative entre les poids secs des parties aériennes. Par contre une nette action négative du D.B.C.P. est enregistrée au niveau de la hauteur des tiges : celle des témoins est significativement plus importante que toutes celles des plantes traitées.

L'action réelle du D.B.C.P sur des paramètres tels que poids secs racinaires, nombre de gousses, poids secs des gousses, reste assez ambiguë.

Ainsi une dose moyenne de nématicide (D3) aurait une action phytotoxique sur le développement racinaire des arachides alors qu'une action stimulatrice très nette est enregistrée à une dose double de la précédente (D4). Le nombre de gousse le plus élevé est obtenu avec la dose de D.B.C.P. la plus faible (D1) alors qu'en poids sec, le meilleur résultat correspond à la dose supérieure (D2).

3.) DISCUSSION.

En serre, un effet phytotoxique ~~du nématicide~~ est apparemment mis en évidence sur le développement des parties aériennes, mais les résultats, obtenus à partir des différents paramètres, sont trop souvent contradictoires et ne permettent pas de tirer des conclusions quant à une action inhibitrice ou stimulante du D.B.C.P. sur l'arachide. Il s'agissait d'une simple expérience préliminaire qui avait surtout pour objet de tester une technique pour y apporter ensuite des améliorations.

Les différences observées peuvent avoir plusieurs origines :

- i) le pot est un milieu confiné et ne constitue jamais un bon modèle pour l'étude d'un phénomène évoluant en milieu ouvert tel que celui qui nous intéresse
- ii) les arrosages répétés peuvent provoquer un lessivage trop rapide du nématicide et donc contrarier son action
- iii) certaines propriétés physico-chimiques du sol ont pu être modifiées pendant la stérilisation à la chaleur et influencer alors sur le développement de l'arachide ou sur le comportement du D.B.C.P.
- iv) les doses de D.B.C.P. ont été calculées à partir de celles habituellement utilisées au champs et ramenées au volume du pot : cette méthode n'est peut être pas la meilleure.

L'existence d'une action "phytostimulante" du D.B.C.P. sur l'arachide cultivée en pot nécessite donc, pour être démontrée, une transformation des techniques qui avaient initialement été utilisées sur Niébé.

DOSES	TIGES hauteur (cm)	TIGES poids secs (gr)	RACINES poids secs (gr)	GOUSSES poids secs (gr)	GOUSSES nombre
	MOY. I.C.	MOY. I.C.	MOY. I.C.	MOY. I.C.	MOY. I.C.
T	18,4 ±1,18 d"	3,84 ±0,36	3,55 ±0,78 c	1,76 ±0,39 ab	6,5 ±1,12abc
D1	15,3 ±1,18 bc	3,95 ±0,36	3,68 ±0,78 c	1,6 ±0,39 a	8,13 ±1,12 d
D2	13,9 ±1,18 b	3,79 ±0,36	3,05 ±0,78 bc	2,47 ±0,39 c	7,14 ±1,12bcd
D3	15,5 ±1,18 c	3,64 ±0,36	1,93 ±0,78 a	2,02 ±0,39abc	5,4 ±1,12 a
D4	11,4 ±1,18 a	3,65 ±0,36	4,75 ±0,78 d	1,68 ±0,39 a	6 ±1,12 ab
D5	14,8 ±1,18 bc	4,03 ±0,36	2,57 ±0,78 ab	2,17 ±0,39 bc	7,38 ±1,12 cd
Test F	**	NS	**	*	**

T. : Témoin non traité ; MOY. : moyenne ; I.C. : intervalle de confiance.

* : significatif par le test F au seuil 5%

** : significatif par le test F au seuil 1%

" : les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil

TABLEAU 10 : ACTION DU D.B.C.P. SUR L'ARACHIDE EN SERRE.

Les résultats obtenus "in vitro" diffèrent selon le mode d'incorporation du D.B.C.P.. Si ce dernier est introduit dans l'eau d'arrosage, l'effet qu'il provoque aux doses les plus élevées est de nature phytotoxique et sur l'appareil racinaire et sur le développement caulinaire de la jeune plantule.

Par contre, s'il est inclus au milieu gélosé, l'effet inhibiteur observé précédemment sur les parties aériennes de l'arachide disparaît et on enregistre par contre une nette stimulation de l'élongation racinaire.

important

Dans la première situation, la racine "baigne" littéralement pendant assez longtemps dans une solution de D.B.C.P. concentrée en raison du caractère relativement confiné de l'intérieur du tube. On est donc très éloigné de la situation "normale" au champ où les vapeurs toxiques diffusent dans le sol et s'évaporent très rapidement dans l'atmosphère : l'appareil racinaire n'est jamais directement en contact avec le D.B.C.P. en solution aqueuse.

Dans la deuxième expérience, par contre, le nématicide est déjà dilué dans le milieu de culture : le D.B.C.P. entre en contact avec la plantule au fur et à mesure de la colonisation du milieu gélosé par l'appareil racinaire de cette dernière. Ce dispositif constitue donc sans doute un meilleur modèle pour étudier l'effet du D.B.C.P. sur l'arachide.

Les résultats obtenus avec ce modèle très simple ne mettent en évidence ni d'action phytotoxique ni d'action "phytostimulante" du D.B.C.P. sur l'arachide aux doses couramment employées au champs. La stimulation par le D.B.C.P. du développement de l'appareil racinaire correspond en effet à une dose extrêmement élevée qui n'est bien sûr jamais utilisée sur le terrain : 168 Kg/ha !

Le facteur "phytostimulant" du D.B.C.P. n'agit donc vraisemblablement pas directement sur la physiologie de l'arachide comme le montrent les résultats précédents, mais plutôt sur les symbiotes de cette plante : rhizobium et endomycorhizes. Cette action indirecte du D.B.C.P. fait actuellement l'objet d'études au laboratoire de nématologie de Dakar.

CONCLUSION GENERALE

Les expérimentations au champ réalisées au cours de la campagne arachidière 1988 ont donc à nouveau confirmé l'excellente efficacité nématocide du D.B.C.P. quelle que soit la date du traitement après le semis. Malgré la mauvaise répartition des pluies pendant l'hivernage, son effet sur la culture est resté très visible : un traitement nématocide réalisé quinze jours après les semis augmente spectaculairement les rendements.

Les conséquences d'une telle dénématization sont loin d'être négligeables pour les paysans sénégalais : sur la base des prix 1986 de 90 F CFA le kg d'arachide en gousse, 30 F CFA le kg de fanes, 85 F CFA le kg de céréales et pour un coût de traitement de 35000 F CFA/ha, le bénéfice net moyen pour 3 ha traités en 3 ans (1984 à 1986) ressort à 300 000 F CFA soit 6000 FF...

Les expériences réalisées au laboratoire n'ayant pas mis en évidence d'effet "phytostimulant" direct du D.B.C.P. sur l'arachide aux doses où il est habituellement employé, son action "extra nématocide" doit plutôt être recherchée au niveau des symbiotes, rhizobiums et endomycorhizes.

Dans les deux essais, pour des raisons précédemment exposées, l'inoculation bactérienne des semences n'a pas permis une amélioration significative de la récolte. Ces derniers résultats ne sont cependant pas généralisables à tout le bassin arachidier. En effet, dans une opération de pré vulgarisation soutenue par le P.L.N. (Projet de Lutte contre les Nématodes), cent paysans ont reçu gratuitement un sachet contenant un inoculum identique à celui utilisé dans les essais (souche ARCH). Chaque paysan a dénématisé et semé un hectare dont le quart avec des semences d'arachides inoculées. Il est apparu dans environ 70 % des cas une différence importante de végétation entre les parcelles traitées au D.B.C.P. et inoculées et les parcelles simplement traitées (voir photo 9). Cette différence devrait probablement se retrouver au niveau des rendements qui malheureusement n'ont pas pu être communiqués à temps pour pouvoir figurer dans ce rapport.



PHOTO 9 : Parcelle paysanne : à droite traitement D.B.C.P.
à gauche inoculation rhizobium +
traitement D.B.C.P.
(Diourbel)

BIBLIOGRAPHIE.

BAUJARD, P., DUNCAN, L., & GERMANI, G. (1984) Les traitements nématicides dans le bassin arachidier du Sénégal. Résultats des campagnes 1981, 1982 et 1983. Rapport de convention DPV/ORSTOM/FAC, ORSTOM, Dakar, 41 p.

BAUJARD, P., MARTINY, B., & SARR, E. (1986) Les traitements nématicides dans le bassin arachidier du Sénégal. Résultats de la campagne 1985. Rapport de la convention ORSTOM/SODEVA, ORSTOM, Dakar. 75 p.

BAUJARD, P., DUNCAN, L., MARTINY, B., PARISELLE, A. & SARR, E., (1985) Les traitements nématicides dans le bassin arachidier du Sénégal. Résultats de la campagne 1984. Rapport de la convention ORSTOM/SODEVA, ORSTOM, Dakar, 56 p.

BAUJARD, P., BERTHOU, F., BODIAN, Y., MARTINY, B., PARISELLE, A. & SARR, E. (1987) Rapport d'activité du laboratoire de nématologie pour l'année 1986. Rapport de la convention ORSTOM/SODEVA, ORSTOM, Dakar, 92 p.

DEMEURE, Y. (1975) Résistance à la sécheresse en zone sahélienne du nématode phytoparasite *Scutellonema cavenessi* Sher 1863. Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 10, p. 283-292

DEMEURE, Y., (1978a) Les causes de survie de certains nématodes phytoparasites (*Scut. cavenessi* et *Meloïdogyne* spp.) pendant la saison sèche dans le sahel Sénégalais. Thèse 3ème cycle, Fac. Sci. Lyon, Bondy, ORSTOM, 105 p.

DEMEURE, Y. (1978b) Influence des températures élevées sur les états actifs et anhydrobiotiques du nématode *Scutellonema cavenessi*. Revue Nématol. 1, p. 13-15

DEMEURE, Y., NETSCHER, C., & QUENEHERVE, P. (1980) Biology of the plant parasitic nematode *Scutellonema cavenessi* Sher, 1963 : reproduction, development and life cycle. Revue Nématol. 3:213-225.

DHERY, M., M'BAYE, D., GAYE, F. & DIOUF, M. (1987) Traitements contre les nématodes dans le bassin arachidier nord du Sénégal. Oléagineux, Vol. 42, n°10.

DIEM, H.G. & DOMMERGUES, Y. (1985) Procédé de culture de microorganismes, notamment du groupe des *Frankia* et préparation d'inoculum bactériens. Brevet d'invention n° 85 17933, ANVAR., 23p.

DREVON, J.J. & DIABAYE, A. (1981) Influence de facteurs bioédaphiques Rhizobium et nématodes sur une chlorose de l'arachide en zone sahélo-Soudanienne du Sénégal. Plant and soil (London), 62, 3 : 385-398

DUNCAN, L. & BAUJARD, P. (1986) Influence of nematicide placement depth and time of application on treatment efficacy in the Sahelian zone of Senegal. Revue Nématol., 9 : 135-139

GERMANI, G., (1979) Action directe et rémanente d'un traitement nematicide du sol sur trois cultivars d'arachide au Sénégal. Oléagineux, 34 : 399-404

GERMANI, G., (1981a) Evolution annuelle de l'aptitude à la reproduction chez le nématode *Scutellonema cavenessi*. Revue Nématol., 4 : 183-189

GERMANI, G., (1981b) Pathogenicity of the nematode *Scutellonema cavenessi* on peanut and soybean. Revue Nématol., 4 : 203-208

GERMANI, G., (1981c) Etude au champs de l'évolution des populations du nématodes *Scutellonema cavenessi* et de la cinétique de la fixation de N₂ sur 3 cultivars d'arachide. Oléagineux, 36 : 247-249

GERMANI, G. & DHERY, M. (1973) Observation et expérimentation concernant le rôle des nématodes dans 2 affections de l'arachide en Haute-Volta : la "Chlorose" et le "clump". Oléagineux, 28, p 235-242

GERMANI, G. & GAUTREAU, J. (1976) Résultats agronomiques obtenus par des traitements nematicides sur arachide au Sénégal. Cah. ORSTOM Sér. Biol., 11 : 193-202

GERMANI, G. & REVERSAT, G. (1982) Effets sur les rendements de l'arachide au Sénégal de 2 produits nematicides, D.B.C.P. et E.D.B; , et d'amendement organique. Oléagineux, 37 : 521-524

GERMANI, G. & REVERSAT, G. (1983) Effet du dibromochloropropane sur quelques espèces de nématodes reviviscents, parasites de l'arachide au Sénégal. Revue Nématol. 6 : 73-78

GERMANI, G., BAUJARD, P. & LUC, M. (1984) La lutte contre les Nématodes dans le bassin arachidier du Sénégal. ORSTOM, 1985, 16 p.

GERMANY, G., CUANY, A. & MERNY, G. (1982) L'analyse factorielle des correspondances appliquées à l'influence de deux nématodes sur la croissance de l'arachide et sa fixation symbiotique de l'azote. Revue Nématol., 5, 161-168

GERMANI, G., DIEM, H.G. & DOMMERGUES, Y. (1980) Influence of 1,2 dibromo-3-chloropropane fumigation on nematode population, mycorrhizal infection, N₂ fixation and yield of field-grown groundnut. Revue Nématol. 3 : 75-79

GERMANI, G., THOUVENEL, J.-C. & DHERY, M. (1975) Le rabougrissement de l'arachide : une maladie à virus au Sénégal et en Haute-Volta. Oléagineux, Vol., 6 : 259-266

GERMANI, G., BAUJARD, P., REVERSAT, G. & MARTINY, B. (1982) Traitement nématocide concernant l'arachide, le mil et le sorgho au Sénégal. Résultats des campagnes 1981 et 1982. Rapport de convention DPV/ORSTOM/FAC, ORSTOM, Dakar, 41p.

GILLIER P. & SYLVESTRE, P. (1969) L'arachide. Coll. techniques agricoles et productions tropicales, Maisonneuve et Larose, Paris, 292 p.

HARDY, R.W.F., HOLSTEN, R.D., JACKSON, E.K. & BURNS, R.C. (1968) The acetylene reduction assay for N₂ fixation, laboratory and field evaluation. Plant Physiology, 43 : 1185-1207

LEGATOR, M.S. (1979) Chronology of studies regarding toxicity of 1,2-dibromo-3-chloropropane. Annals New York Academy of Sciences, p 331-338

MAUBOUSSIN J.C., LAURENT P. & DELAFOND G. (1970) Les variétés d'arachide recommandées au Sénégal et leur emploi. Cah. Agric. prat. Pays chauds, 2, p 1-27

MUGNIER, J., DIEM, H.G. & DOMMERGUES, Y. (1979) Nouveau procédé d'inoculation de graines de Soja et graines obtenues. Brevet d'invention n° 7928956. ANVAR, 20 p.

PRASAD, D. & SETHI, C.L. (1986) Persistence of 1,2 dibromo-3-chloropropane as influenced by soil type. Indian J. Nematol. 16 1 : 77-81

SALTZMAN, S. & KLIGER, L. (1979) VOLATILIZATION OF 1,2 dibromo-3-chloropropane (DBCP) from soils. J. of Env. Sci. and Heal., Vol. B14, 4 : 353-366

SEINHORST, J.W. (1950) De betekenis van de grond voor het optreden van aanstasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kahn), Filipjev) Tijdschr. Pl. Ziekt., 56 : 291-349

SEINHORST, J.W. (1962) Modifications of the elutriation method for extracting nematode from soil. Nematologica, 4 : 117-128