

Ecole Nationale d'Ingénieurs des Techniques Horticoles
et du Paysage
2, rue Le Nôtre
49045 ANGERS Cedex

Université d'Angers
U.E.R. Sciences de l'Environnement
Boulevard Lavoisier
49045 ANGERS Cedex

D.E.S.S. Technologies du végétal 1988-89
Mémoire de fin d'études

Données nouvelles sur *Criconemella
sphaerocephala* (Taylor, 1936) Luc &
Raski, 1981 (Nemata, Tylenchida,
Criconematidae), nématode associé à
l'aubergine dans la région du fleuve
Sénégal.

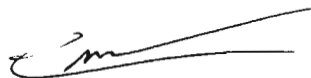
Christophe MORCHOINE

31 octobre 1989



INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT
EN COOPERATION

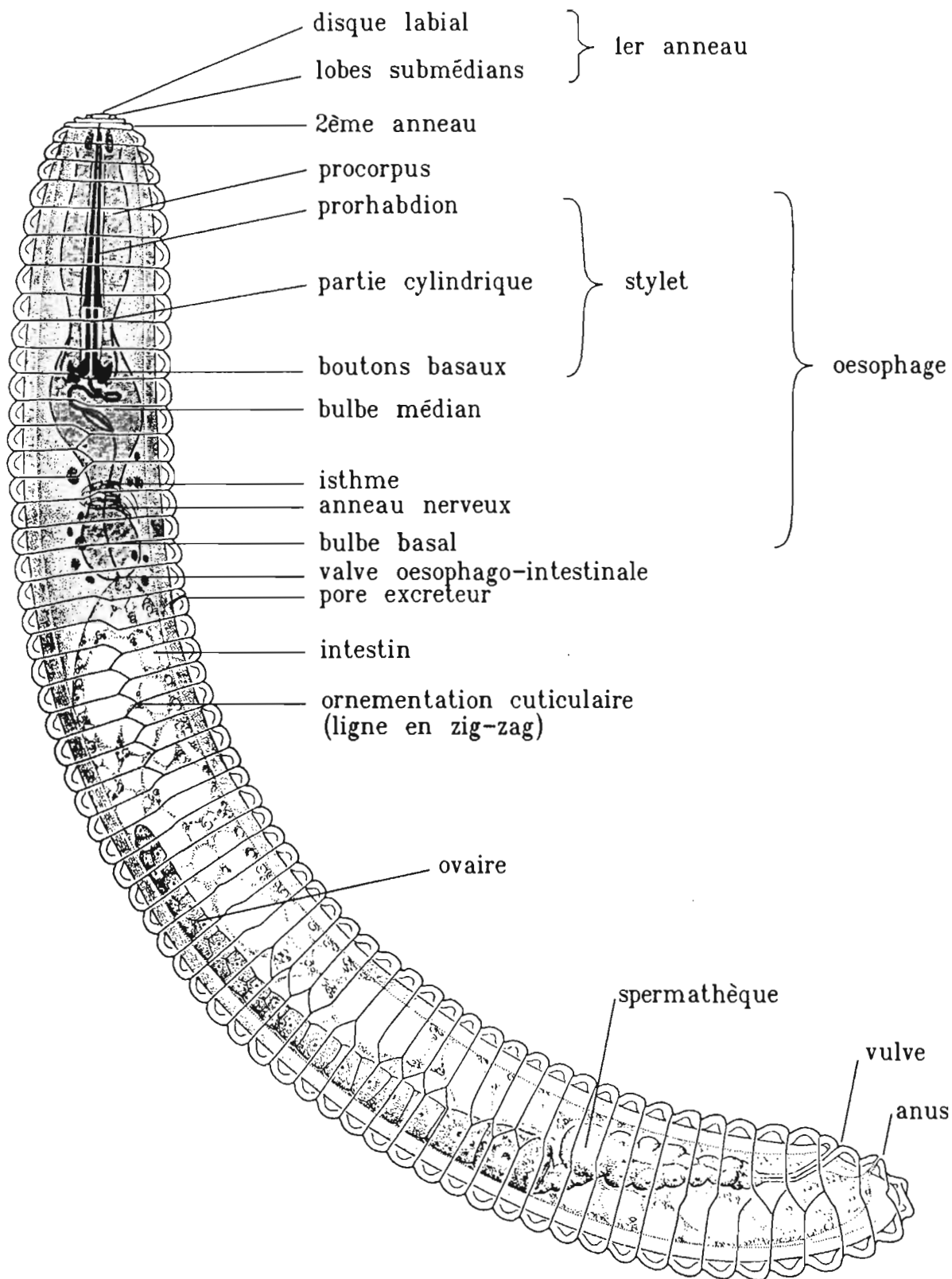
LABORATOIRE DE NEMATOLOGIE
B.P. 1386 DAKAR SENEGAL

| | |
|--|---|
| - UNIVERSITE d'ANGERS U.F.R. Environnement - Bd Lavoisier 49045 ANGERS cédex Pr. M. ASTIE - ENITHP 2 rue Le Nôtre - 49045 ANGERS cédex J. BOCCON-GIBOD | MEMOIRE DE FIN D'ETUDES - D.E.S.S. "TECHNOLOGIES DU VEGETAL" |
| AUTEUR (S) : Christophe MORCHOINE | DATE : 31 octobre 1989 Organisme d'accueil : ORSTOM Centre de DAKAR Adresse : BP 1386 DAKAR SENEGAL Maître de stage : M. P. BAUJARD Professeur de stage : |
| TITRE : Données nouvelles sur <u>Criconemella sphaerocephala</u> , nématode associé à l'aubergine dans la région du fleuve Sénégal. | |
| RESUME : <p>L'étude biométrique montre que la population sénégalaise de <u>Criconemella sphaerocephala</u> est proche des populations argentine et sud-africaine. Humidité et température du sol n'ont pas d'influence sur la biométrie. L'hôte semble conditionner la taille du stylet, plus faible sur sorgho que sur aubergine et niébé. Des mâles ont été rencontrés et décrits. Trois stades larvaires ont été mis en évidence. L'observation au microscope électronique à balayage précise nos connaissances sur la morpho-anatomie de la région céphalique et des ornements cuticulaires latérales. Les préférences thermique et hydrique déterminés ne correspondent pas exactement aux caractéristiques de la plupart des sols sénégalais. L'hôte conditionne fortement le développement du nématode : l'aubergine permet un taux de multiplication dix fois plus important que le niébé et le sorgho, le mil et l'arachide sont des plantes non-hôtes. La nocuité n'a été mise en évidence que sur aubergine avec un niveau d'inoculum élevé.</p> | |
| ABSTRACT : <p>The biometry of the Senegalese population of <u>Criconemella sphaerocephala</u> closes it to the Argentine and South-African ones. Soil moisture and temperature have no effect on biometry. The nature of host seems to affect spear's length, which is smaller on sorghum than on egg-plant and cow-pea. Males have been found and described. Three larval stages are characterized. Scanning electron microscope observations brings new data on morpho-anatomy of the cephalic area and lateral cuticular ornamentations. Thermic and hydric preferenda don't correspond exactly with the characteristics of most of Senegalese soils. Host strongly govern nematode's multiplication rate, which is ten times as important on egg-plant as on cow-pea and sorghum. Millet and groundnut are non-hosts. The pathogenicity is observed on egg-plant only, with a high level of inoculum.</p> | |
| MOTS CLES : <u>Criconemella sphaerocephala</u> nématode - Sénégal - Ecologie Relations Hôte-parasite | Diffusion et référence X Non limitées 0 Sous réserve d'accord 0 Non autorisées |
| Je, soussigné Christophe MORCHOINE propriétaire des droits de reproduction du résumé du mémoire mentionné ci-dessus, autorise par la présente, toutes les sources bibliographiques à signaler et publier ledit résumé. DATE : 1er octobre 1989 <div style="text-align: center;"> <p>0 2 JUIN 1994</p> <p>ORSTOM</p> <p>Centre Documentation</p> <p>MONTPELLIER</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>SIGNATURE : </p> </div> | |

H2 71778
 24 FEB
 22 AVR. 1992

76 RAUPLA 05 MOR

F 35 223



Criconemella sphaerocephala

(d'après Orton Williams, 1973)

Fig. 1

Je tiens à remercier M. Pierre Baujard, qui m'a accueilli pendant six mois dans son laboratoire et m'a procuré tous les moyens de réaliser mon travail dans de bonnes conditions. Sa disponibilité et sa passion communicative pour son travail sont très motivantes.

Ma gratitude va aussi à Thierry Loos, V.S.N. au laboratoire, pour ses précieux conseils en nématologie et en analyse de données.

Merci à Samba Baïdi Ndiaye, Bernard Martiny et au personnel du laboratoire de nématologie pour leur coopération.

L'efficacité de MM. Mattei et Ndao, du service de Microscopie électronique de la Faculté des Sciences de Dakar, m'a permis de réaliser mon étude dans un temps limité.

La page de garde et les figures ont été composées au moyen d'un logiciel de publication assistée par ordinateur avec l'aide de M. Jean-Marc Leblanc (généticien à l'ORSTOM).

La frappe de ce rapport a été assurée par Mme Amy Ba.

RESUME

L'étude biométrique montre que la population sénégalaise de Criconemella sphaerocephala est proche des populations argentine et sud-africaine. Humidité et température du sol n'ont pas d'influence sur la biométrie. L'hôte semble conditionner la taille du stylet, plus faible sur sorgho que sur aubergine et niébé. Des mâles ont été rencontrés et décrits. Trois stades larvaires ont été mis en évidence. L'observation au microscope électronique à balayage précise nos connaissances sur la morpho-anatomie de la région céphalique et des ornements cuticulaires latérales. Les préférences thermique et hydrique déterminés ne correspondent pas exactement aux caractéristiques de la plupart des sols sénégalais. L'hôte conditionne fortement le développement du nématode : l'aubergine permet un taux de multiplication dix fois plus important que le niébé et le sorgho, le mil et l'arachide sont des plantes non-hôtes. La nocuité n'a été mise en évidence que sur aubergine avec un niveau d'inoculum élevé.

MOTS-CLEFS : CRICONEMELLA SPHAEROCEPHALA - NEMATODE - SENEGAL -
ECOLOGIE - RELATIONS HOTE-PARASITE

ABSTRACT

The biometry of the Senegalese population of Criconemella sphaerocephala closes it to the Argentine and South-African ones. Soil moisture and temperature have no effect on biometry. The nature of host seems to affect spear's length, which is smaller on sorghum than on egg-plant and cow-pea. Males have been found and described. Three larval stages are characterized. Scanning electron microscope observations brings new data on morpho-anatomy of the cephalic area and lateral cuticular ornamentations. Thermic and hydric preferenda don't correspond exactly with the characteristics of most of Senegalese soils. Host strongly govern nematode's multiplication rate, which is ten times as important on egg-plant as on cow-pea and sorghum. Millet and groundnut are non-hosts. The pathogenicity is observed on egg-plant only, with a high level of inoculum.

KEY WORDS : CRICONEMELLA SPHAEROCEPHALA - NEMATODE - SENEGAL - ECOLOGY - HOST-PARASIT RELATIONSHIP

SOMMAIRE

Avant-propos

Introduction

PARTIE I. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR CRICONEMELLA SPHAEROCEPHALA

1.1. Systématique

1.1.1. Statut taxonomique

1.1.2. Caractéristiques

1.2. Morphologie, anatomie

1.2.1. Femelle

1.2.2. Mâle

1.2.3. Larves

1.3. Biométrie

1.4. Différents hôtes

1.5. Distribution géographique

1.6. Nocuité, relations hôte-parasite

1.7. Lutte contre le nématode

PARTIE II. MATERIEL ET METHODE

2.1. Matériel biologique

2.1.1. Nématodes

2.1.2. Végétaux utilisés dans les expérimentations

2.2. Techniques de culture des végétaux

2.2.1. Vases de végétation

2.2.2. Bacs thermorégulés

2.2.3. Photopériode, maintien d'une humidité et d'une température constantes.

2.3. Techniques de manipulation des nématodes.

2.3.1. Réalisation d'un inoculum

2.3.2. Inoculation et semis

2.3.3. Extraction des nématodes

2.3.4. Dénombrement

2.3.5. Fixation des nématodes et montage en préparation permanente.

2.3.6. Observations et mensurations

2.3.7. Préparation des nématodes pour l'observation au microscope électronique à balayage

2.4. Expérimentations réalisées

- 2.4.1. Influence de la température du sol sur le taux de multiplication du nématode
- 2.4.2. Influence de l'humidité du sol sur le taux de multiplication du nématode et influence du nématode sur le développement de l'aubergine
- 2.4.3. Influence de l'hôte sur le taux de multiplication du nématode.
- 2.4.4. Influence de l'hôte sur l'aptitude du nématode à l'anhydrobiose.
- 2.4.5. Nocuité du nématode pour l'aubergine
- 2.4.6. Etude des relations hôte-parasite au moyen de cultures in vitro
- 2.4.7. Etude du cycle biologique du nématode

PARTIE III. RESULTATS

3.1. Biométrie

3.1.1. Différents critères mesurés

3.1.2. Résultats

3.2. Morphologie : étude en microscopie électronique à balayage

3.3. Influence de la température du sol sur la multiplication du nématode

3.4. Influence de l'humidité du sol sur la multiplication du nématode

3.5. Influence du nématode sur le développement de l'aubergine

3.5.1. Influence du nématode sur le développement de l'aubergine pour différentes humidités du sol

3.5.2. Influence du nématode sur le développement de l'aubergine (expérimentation "gamme d'hôtes")

3.5.3. Nocuité du nématode pour l'aubergine

3.6. Influence du nématode sur le développement des principales cultures de la zone sahélienne

3.7. Influence de l'hôte sur le développement du nématode

3.8. Etude in vitro des relations hôte-parasite

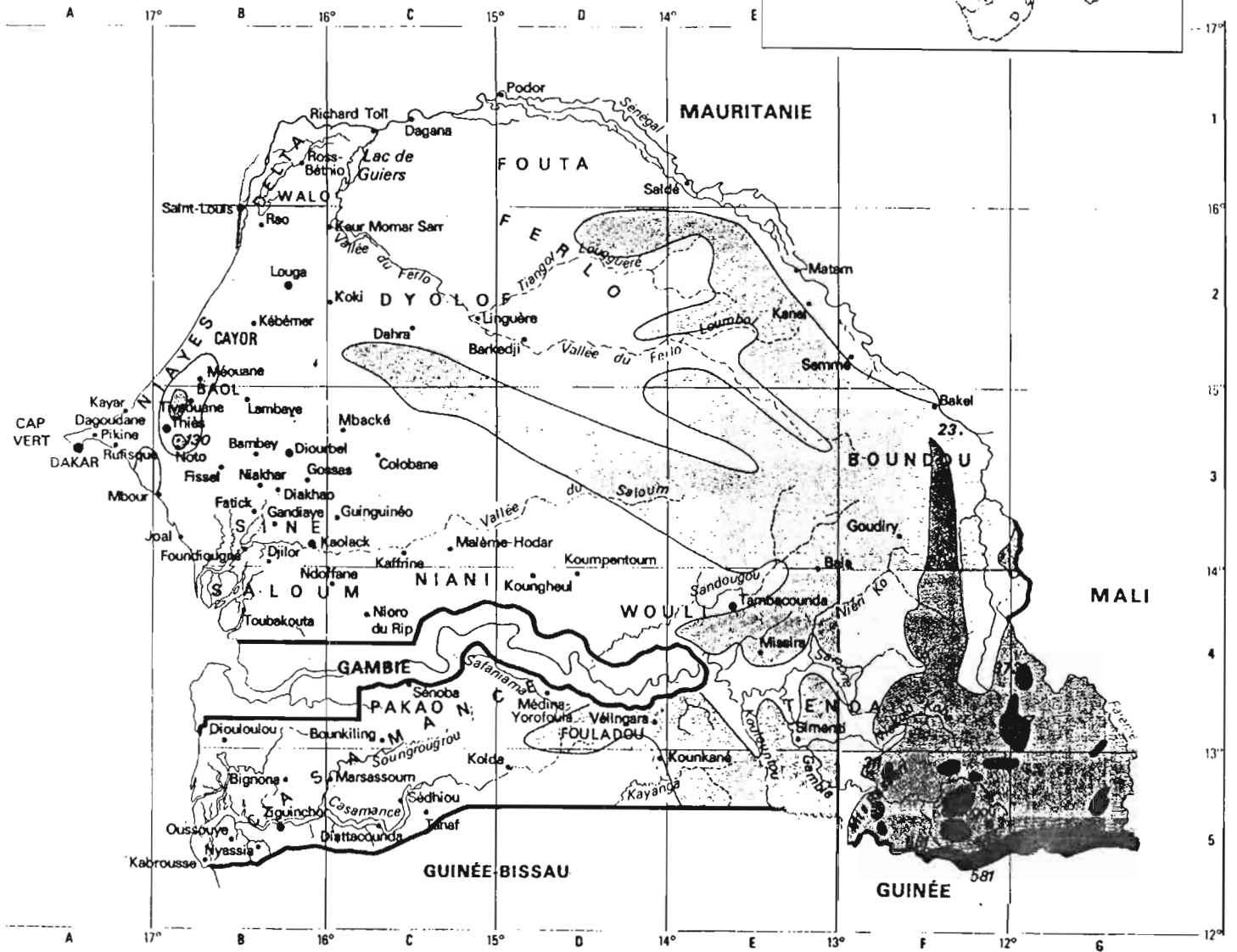
3.9. Cycle biologique du nématode

PARTIE IV. DISCUSSION

CONCLUSION

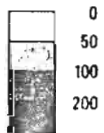
Références bibliographiques

Figure 2 : carte du Senegal



Échelle 1 : 4 000 000
0 50 100 km

Altitudes en mètres.



• 581 Point coté en mètres

Cours d'eau

- à écoulement pérenne
- - - - à écoulement temporaire

Avant-propos

On peut présenter brièvement le Sénégal par quatre de ses traits dominants :

- la situation géographique (fig. 2) : pays sub-tropical, compris entre le 12ème et le 17ème parallèles Nord, le Sénégal constitue la pointe occidentale de l'Afrique dans l'océan Atlantique.

- le climat de type sub-tropical, avec une saison sèche de novembre à juin alternant avec une saison des pluies (l'hivernage) de juillet à octobre. De forts contrastes existent entre l'intérieur du pays et le littoral tempéré par les alizés atlantiques. De la région Nord (Fleuve, Ferlo) au climat et aux paysages sahéliens, où les précipitations annuelles ne dépassent pas 100 mm, on passe par une transition continue vers le Sud jusqu'en Casamance, région de forêts humides au climat sub-guinéen où les précipitations peuvent atteindre 1800 mm.

- le relief est plat et uniforme, et les sols relativement peu variés. On distingue deux groupes de sols quant aux potentialités agricoles : un premier groupe à texture sableuse, faciles à travailler mais pauvres en minéraux, qui conviennent aux cultures telles que le mil et l'arachide. Ils se dégradent très vite. Le deuxième groupe comprend des sols argileux avec de bonnes qualités chimiques, mais compacts, hydromorphes donc difficiles à travailler. Ils conviennent mieux au sorgho, au maïs et au riz.

- les cultures, de type pluvial, sont réparties selon le gradient pluviométrique, principal facteur limitant. L'agriculture pastorale et le mil dominant dans le Nord et le Ferlo, peu arrosés. Le bassin arachidier occupe la région centre-ouest. Les cultures de riz, de maïs et de sorgho sont réservées à la Casamance et aux périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal. Enfin le coton et la canne à sucre sont cultivés localement, le premier dans le delta du Saloum et la seconde dans la vallée du Sénégal. Le phénomène de désertification du Sahel repousse de plus en plus les limites des zones de culture vers le Sud depuis 1968, et l'élevage dans le Ferlo devient problématique.

Le sujet qui m'a été proposé entre dans le cadre d'un programme de recherches du laboratoire de nématologie, comprenant l'étude de la biologie des nématodes phytoparasites inventoriés dans la zone sahélienne ouest-africaine (Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Tchad). Cette étude a débuté en 1988. Les 25 espèces les plus abondantes sur la zone ont été identifiées ; des techniques de culture ont été mises au point qui permettent de les conserver en élevage permanent au laboratoire pour réaliser des expérimentations. Parmi les espèces déjà étudiées, citons Criconemella curvata, voisine de l'espèce qui nous intéresse (Boulangier, 1988). Sur la cinquantaine d'espèces recensée dans la zone, seules trois sont actuellement connues pour provoquer des dégâts aux végétaux qu'elles parasitent : Aphasmatylenchus straturatus / Arachis hypogea au Burkina Faso, Scutellonema cavenessi / Glycine max au Sénégal, et Pratylenchus sefaensis / Zea maïs au Sénégal. Il n'existe aucune donnée sur la nocuité éventuelle des autres espèces.

Les travaux du laboratoire ont par ailleurs abouti à la mise en place de traitements nématicides chimiques au Mali et au Sénégal, à base d'injections de dibromochloropropane (DBCP) dans le sol (Germani, Baujard et Luc, 1984) : ces traitements induisent des augmentations de rendements spectaculaires sur arachide (jusqu'à 100%) par leur action nématicide ou/et leur effet phytostimulant (Jacob, 1989).

Nous nous sommes intéressés dans ce travail à l'espèce Criconemella sphaerocephala, jamais encore décrite dans cette région de l'Afrique. Si les travaux sur cette espèce sont assez nombreux depuis 50 ans (la description originale remonte à 1936), les connaissances sur la biologie du nématode et sa nocuité sont très limitées.

L'objectif de l'étude était d'une part de mieux connaître l'influence de différents facteurs biotiques et abiotiques sur la biologie du nématode et de déterminer la nocuité de cette espèce pour les principales cultures de la zone sahélienne ; d'autre part de collecter des informations sur la biométrie et la morpho-anatomie de la population sénégalaise.

PARTIE I. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR CRICONEMELLA SPHAEROCEPHALA.

1.1. SYSTEMATIQUE

1.1.1. Statut taxonomique (Luc & Raski, 1981)

La position systématique de l'espèce étudiée est la suivante:

- . embranchement : Némathelminthes
- . classe : Nemata
- . ordre : Tylenchida
- . superfamille : Criconematoidea
- . famille : Criconematidae
- . sous-famille : Criconematinae
- . genre : Criconemella
- . espèce : sphaerocephala

L'espèce a été décrite par Taylor, en 1936, sous le nom Criconemoïdes sphaerocephalus, et transférée par De Grisse et Loof (1965) dans le genre Macroposthonia sous le nom de M. sphaerocephala. Steiner (1949) décrit l'espèce Criconemoïdes citri, synonymisée par Loof (1964) avec Criconemoïdes sphaerocephalus. Prasad, Khan et Mathur (1966) ont décrit l'espèce Criconemoïdes georgii, synonymisée par De Grisse (1967) avec Macroposthonia sphaerocephala. Luc et Raski (1981) transfèrent ces trois espèces dans le genre Criconemella. A noter que SIDDIQI (1986) et Deswal et Bajaj (1987) considèrent le genre Macroposthonia toujours valide.

1.1.2. Caractéristiques

1.1.2.1. Caractéristiques des Criconematidae (Raski & Luc, 1987).

Tous les stades sont vermiformes ; la longueur peut atteindre 1,9 mm.

Femelle : cylindroïde. Cuticule épaisse, sans ornementation au niveau du champ latéral (il existe parfois des lignes longitudinales très variables). Anneaux soit rétrorses (avec ou sans écailles ou épines), soit arrondis, et recouverts ou non par une

couche extra-cuticulaire. Région labiale de forme variable, fortement sclérotisée. Stylet massif, avec le cône plus long que la partie cylindrique ; boutons basaux en forme d'ancre. Isthme très court. Bulbe basal très réduit.

Mâle : pas de stylet. Oesophage dégénéré. Spicules de forme variable. Bursa absente à bien développée.

Juveniles : cuticule épaisse présentant des variations comme chez la femelle. Epines ou écailles cuticulaires disposées en rangées longitudinales.

Relations hôte-parasite : femelles et juvéniles toujours ectoparasites sur les racines des plantes.

1.1.2.2. Caractéristiques des *Criconematinae* (Raski & Luc, 1987)

Corps court et trapu, longueur ne dépassant pas 860 μm . Annelation très fortement développée. Anneaux aux contours adoucis ou crènelés, avec des projections postérieures en forme d'épine. Ornémentations cuticulaires absentes sur les champs latéraux ; il existe au plus une ligne irrégulière formée par des anastomoses. Région céphalique à sclérotisation forte. Anneaux labiaux en forme de soucoupe.

1.1.2.3. Caractéristiques du genre *Criconemella*

Il existe plus de 70 espèces différentes dans le genre *Criconemella* (Luc & Raski, 1981, 1987).

Espèce-type : *Criconemella parva* (Raski, 1952) De Grisse & Loof, 1965.

Femelle : taille comprise entre 200 et 860 μm . Nombre d'anneaux : 42 à 200. Marge postérieure des anneaux lisse à finement crènelée. Lobes submédiens bien développés en général. Premier anneau réduit, voire divisé en plusieurs plaques. Vulve aux lèvres jointes ou séparées ; la lèvre antérieure peut être ornementée. Stylet en général puissant.

Mâle : extrémité antérieure arrondie à conoïde. En général quatre lignes latérales, rarement trois, exceptionnellement deux. Bursa distincte, exceptionnellement absente.

Juveniles : anneaux lisses à crènelés.

1.1.2.4. Critères distinctifs de l'espèce Criconemella sphaerocephala (d'après la clef de Ebsary, 1982).

- . vagin droit
- . nombre d'anneaux : 42 à 115
- . vulve ouverte, lèvres non côniques
- . longueur du stylet : 35 à 87 μm
- . queue arrondie
- . lobes submédians petits à moyens
- . cuticule lisse
- . fortes anastomoses latérales

1.2. MORPHOLOGIE, ANATOMIE (fig. 1)

1.2.1. Femelle :

Corps court, trapu et cylindrique (Thorne, 1961 ; Timm 1965 ; Prasad et al., 1965 De Grisse & Loof, 1970), arrondi aux deux extrémités (Prasad et al., 1965), incurvé ventralement après exposition à la chaleur (Szczygiel, 1974 ; Chaves, 1983).

Tête constituée par les deux premiers anneaux (Thorne 1961 ; Prasad et al., 1965, Raski & Golden 1966), en continuité avec le reste du corps (Prasad et al., 1965). Elle s'effile doucement (Chaves, 1983) vers l'extrémité antérieure, arrondie (Taylor, 1936; Williams, 1960) ou tronquée (Timm, 1965).

Les caractéristiques des deux premiers anneaux sont importantes dans la systématique du genre :

- le premier anneau est plus étroit que les suivants mais non séparé (Luc, 1959), arrondi et non retrorse (Raski & Golden, 1966 ; Chaves, 1983), large de 7 μm (Prasad et al., 1965), 9 μm (Heyns, 1970), 9-14,7 μm (Van Den Berg, 1980), 10-12 μm (Toida & Momota, 1981). Les quatre lobes submédians ne sont pas nettement détachés (Luc, 1959) ou sont petits mais distincts (Van Den Berg, 1980) et bien séparés (Timm, 1956 ; Raski & Golden, 1966). Un peu aplatis selon Heyns (1970) ils sont néanmoins plus hauts que les lèvres (Luc, 1959 ; Szczygiel, 1974) mais non projetés vers l'avant (Van Den Berg, 1980 ; Toida & Momota, 1981). En microscopie électronique à balayage (Vovlas & Inserra, 1976) ils apparaissent courts, lisses et hémisphériques. Les plaques labiales sont soit absentes (Orton Williams, 1973 ; Vovlas & Inserra, 1976), soit présentes et peu proéminentes (Van Den Berg, 1980) ; discernables latéralement (Chaves, 1983), elles peuvent être projetées

en avant du disque labial. Le disque labial est peu développé (Luc, 1959 ; Timm, 1965) à élevé, arrondi (Van Den Berg, 1980), ou rectangulaire (Chaves, 1983). La bouche est en forme de "I" bien net (Raski & Golden, 1966), de fente (Chaves, 1983) et proéminente (Van Den Berg, 1980). Amphides distinctes ou non (Van Den Berg, 1980), minces et ovales (Raski & Golden, 1966), latérales par rapport au disque labial (Vovlas & Inserra, 1976), petites (Chaves, 1983).

- le deuxième anneau est peu épais, de profil arrondi et non rétrorse (Raski & Golden, 1966). Chaves (1983) note qu'il peut être rétrorse. Large de 9 μm (Prasad et al., 1965), 12,5 μm (Heyns, 1970), 11,8-19,9 μm (Van Den Berg, 1980), 15-17 μm (Toida-Momota, 1981).

Le stylet est robuste à exceptionnellement robuste (Steiner, 1949 ; Raski & Golden, 1966 ; Chaves, 1983), court et épais (Timm, 1965 ; Toida & Momota, 1981). Les trois boutons basaux sont très développés (Thorne, 1961), massifs (Chaves, 1983), larges de 10-11 μm (Raski & Golden, 1966), 10-13 μm (Raski & Golden, 1966), 9-10 μm (Toida & Momota, 1981).

L'oesophage comprend le procorpus, le bulbe médian, l'isthme et le bulbe basal. Longueur totale : 94-119 μm (Chaves, 1983). Bulbe médian : 30 x 20 μm (Williams, 1960). Isthme très distinct (Thorne, 1961), court et étroit (Williams, 1960). Bulbe basal sphéroïde (Williams, 1960), ou piriforme (Thorne, 1961), avec trois noyaux (Prasad et al., 1965).

Le cardia ou valve oesophago-intestinale est bien marqué, (Prasad et al., 1965) hémisphéroïde et composé de trois cellules distinctes (Heyns, 1970 ; Chaves, 1983).

L'intestin est rempli de granules de nutriments de tailles différentes (Prasad et al., 1965), et peut s'étendre plus loin que la jonction oesophago-intestinale (Williams, 1960 ; Coomans, 1966).

L'appareil génital femelle comprend la vulve, le vagin, l'utérus, l'oviducte, la spermathèque et l'ovaire.

La vulve des femelles de Criconemella sphaerocephala est un simple ovale, au contour arrondi (Raski & Golden, 1966), ouverte ou béante (Toida & Momota, 1981 ; Chaves, 1983). Les lèvres ne sont pas proéminentes, la lèvre antérieure étant un peu renflée (Raski & Golden, 1966). Szczygiel (1974) décrit une marge convexe. L'anneau pré-vulvaire est très large (De Grisse & Loof, 1970), appla-

ti ventralement (Heyns, 1970) et sans épine (Chaves, 1983). On note un étranglement du corps au niveau de la vulve (Toida & Momota, 1981).

L'ovaire est soit droit (Raski & Golden, 1966), soit replié (Williams, 1960 ; Thorne, 1961 ; Coomans, 1966 ; Chaves, 1983). Il s'étend parfois jusqu'à la base de l'oesophage (Thorne, 1961), ou au-delà (Toida & Momota, 1981).

La spermathèque est présente (mais souvent indistincte pour Van Den Berg, 1980) ; elle est décrite comme vide par Raski et Golden (1966) et Coomans (1966), pleine ou vide (chez les individus d'une même population) par Chaves (1983). Raski et Golden (1966) et De Grisse et Loof (1970) notent que la spermathèque est pleine uniquement dans le cas de populations nordiques (Pays-Bas, Belgique, RFA) et vide chez les populations tropicales. Heyns (1970) la décrit comme proéminente.

Les champs latéraux ont un rôle particulièrement important dans la détermination de l'espèce Criconemella sphaerocephala. Ils portent une ligne en zig-zag caractéristique, formée par de nombreuses anastomoses entre les anneaux (Thorne, 1961 ; Prasad et al., 1965 ; De Grisse & Loof, 1970 ; Szczygiel, 1974). Cette ligne en zig-zag n'est pas continue, couvrant une partie variable des champs latéraux : des groupes d'anneaux anastomosés sont séparés par des groupes d'anneaux ininterrompus (Raski & Golden, 1966 ; Heyns, 1970 ; Orton Williams, 1973 ; Chaves, 1983).

De Grisse (1964) cite Criconemella sphaerocephala comme exemple extrême pour les anastomoses latérales, "presque tous les anneaux étant anastomosés" chez cette espèce. Alors que Heyns (1970) observe une ligne en zig-zag continue uniquement chez les larves, et pas chez les adultes, Orton Williams (1973) et Chaves (1983) notent quelques adultes possédant des anastomoses tout au long du corps ; Vovlas et Inserra (1976), après une étude en microscopie électronique à balayage, décrivent une ligne latérale en zig-zag continue sur tout le corps pour tous les individus observés, et pensent que les interruptions décrites en microscopie photonique résultent d'une insuffisance de pouvoir de résolution du microscope photonique. Selon ces auteurs, tous les individus femelles ont en fait une ligne d'anastomoses continue. Chaves (1983) situe le départ de la ligne d'anastomoses dès l'extrémité antérieure, ou après la base du stylet, selon les individus.

L'annélation cuticulaire est très marquée ; la cuticule est épaisse (Williams, 1960 ; Prasad et al., 1965 ; Raski & Golden, 1966 ; Orton Williams, 1973). Les anneaux, rétrorses (Williams, 1960 ; Heyns, 1970 ; Toida & Momota, 1981) ou non rétrorses (Thorne, 1961) sont hauts (Steiner, 1949) : 5 μm (Williams, 1960), 4-6 μm (Raski & Golden, 1966), 3,6-7,7 μm (Raski & Golden, 1966). Le profil général de l'anneau est arrondi (Williams, 1960 ; Raski & Golden, 1966 ; Heyns, 1970 ; Chaves, 1983), et la marge postérieure des anneaux est lisse (De Grisse & Loof, 1965 ; Van Den Berg, Toida et Momota, 1981 ; Chaves, 1983) ; Szczygiel (1974) la décrit comme irrégulière.

Le pore excréteur est situé ventralement, quatre anneaux après la base du bulbe basal (Van Den Berg, 1980 ; Chaves, 1983).

L'hémizonide, faiblement développé (Chaves, 1983) est situé un anneau avant ou après le pore excréteur (Van Den Berg, 1980).

La queue s'arrondit brusquement à l'extrémité distale (Taylor, 1936, Williams, 1960 ; Timm, 1965 ; Raski & Golden, 1966 ; Heyns, 1970 ; Chaves, 1983). Elle peut aussi avoir une forme cônique (Szczygiel, 1974 ; Van Den Berg, 1980 ; Chaves, 1983). En fait pour Van Den Berg (1980), la forme de la queue est très variable. La longueur de la queue est de 5,5-19,5 μm (Van Den Berg, 1980) et les deux derniers anneaux sont séparés des autres (Vovlas & Inserra, 1976).

1.2.2 Mâle

Trois mâles seulement ont été décrits par Chaves en 1983. Les autres auteurs signalent pour la plupart l'absence de mâles. De Grisse et Loof (1970) indiquent que "dans la plupart des populations les mâles sont absents mais, dans certaines ils sont nombreux".

Les trois mâles décrits par Chaves sont encore dans la cuticule de la larve de quatrième stade. Le corps est incurvé ventralement, du fait de la fixation.

L'extrémité antérieure s'effile en une tête arrondie. Le mâle ne possède pas de stylet. Les anneaux ont une hauteur de 1,5 μm . Au niveau des champs latéraux, on distingue quatre lignes longitudinales. L'oesophage est constitué par un petit tube, avec un petit bulbe. Le pore excréteur est situé à 86-106 μm de la tête. L'hémizonide, bien développé, est distant de 4-5 anneaux du pore excréteur, et large de 2 anneaux. L'hémizonion est situé sept an-

TABLEAU 5 : BIOMETRIE DES FEMELLES (SUITE ET FIN)

| | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 34 |
|------------|--|----------------------------|---------------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|-------------------------|--|---|-----------|
| | VAN DEN BERG | LOIDA & MONDIA | TARJAN & FREDERICK | EBSARY | CHAVES | CHAVES | CHAVES | CHAVES | REAY | DESWAL & BAJAJ | KINLOCH | MAC GOWAN | MAC GOWAN |
| | 1980 | 1981 | 1981 | 1982 | 1983 | 1983 | 1983 | 1983 | 1985 | 1987 | 1987 | 1987 | 1987 |
| Hôte | "lande" "prairie" sol. tuberosum Citrus sp. Zea mays Acacia sp. Sac. officinarum Prunus persica Boss. hirsutum | Morus alba Oryza sativa | Eremochloa ophiuroides | ----- | Solanum melongena | Solanum melongena | Solanum melongena | Solanum melongena | Chrysopogon fallax Dichantium fecundum Panicum decompositum Eulalia fulva | ----- Sorgh. bicolor | ----- Erechites hieracitolia Sabal palmetto | ----- Avena sativa Secale cereale | ----- |
| Localité | Afrique du Sud | Japon | Floride U.S.A. | Canada | Argentine | Argentine | Argentine | Argentine | Australie | Inde | Floride | Floride | Floride |
| Femelles | 121 | 8 | ----- | ----- | 11 | 2 | 5 | 5 | ----- | 5 | ----- | ----- | ----- |
| i | 281-429 | 290-390 | ----- | ----- | 270-370 | 350-360 | 320-380 | 330-380 | ----- | 290-340 | ----- | ----- | ----- |
| a | 7,9-12,0 | 7-10 | ----- | ----- | 7,6-10 | 10,5-11 | 9,5-10,5 | 10 | ----- | 8-8 | ----- | ----- | ----- |
| b | 2,9-3,9 | 3,2-3,8 | ----- | ----- | 2,7-3,4 | 3,2-3,5 | 2,8-3,2 | 3-3,5 | ----- | 3,0-4,0 | ----- | ----- | ----- |
| c | 19,2-61,4 | 25-49 | ----- | ----- | 29,5-57 | 27,5-30,5 | 32-61 | 26-38 | ----- | 15-27 | ----- | ----- | ----- |
| c' | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 0,4-0,8 | ----- | ----- | ----- |
| V % | 91-96 | 91-97 | ----- | ----- | 91-95 | 93 | 92-94 | 92-94 | ----- | 93-94 | ----- | ----- | ----- |
| St | 46,7-61,8 | 50-60 | ----- | ----- | 58-62 | 61 | 62-67 | 64-67 | ----- | 51-54 | ----- | ----- | ----- |
| R | 59-77 | 56-66 | ----- | ----- | 52-60 | 55-56 | 54-58 | 54-58 | ----- | 60-65 | ----- | ----- | ----- |
| Rst | 10-15 | 8-10 | ----- | ----- | 10-14 | 12 | ----- | 11-15 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Roes | 12-26 | 15-23 | ----- | ----- | 16-22 | 16 | 18-20 | 17-22 | ----- | 18-25 | ----- | ----- | ----- |
| hex | 19-24 | 20-24 | ----- | ----- | 16-20 | 19 | 18-20 | 17-19 | ----- | 20-27 | ----- | ----- | ----- |
| Rv | 4-7 | 6-7 | ----- | ----- | 4-6 | 5-6 | 5 | 4-6 | ----- | 3 | ----- | ----- | ----- |
| Ran | 1-4 | 3 | ----- | ----- | 3-4 | 3-4 | 3-4 | 3-4 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| RVan | 1-3,5 | 2 | ----- | ----- | 0-2 | 1 | 0-1 | 0-1 | ----- | 1-2 | ----- | ----- | ----- |
| Prothabdon | ----- | ----- | ----- | ----- | 45-49 | 46 | 47-51 | 50-54 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Spt | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| l | ----- | ----- | ----- | ----- | 6-11 | 11-13 | 6-11 | 10-14 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| St % L | ----- | ----- | ----- | ----- | 16-22 | 17,5 | 17-20 | 17-19,5 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| St % Des | ----- | ----- | ----- | ----- | 52,5-62,5 | 56 | 54,5-58 | 56-61 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

neaux derrière l'hémizonide. Les deux spicules sont minces, la pointe orientée vers l'extrémité distale. Le rectum est long, avec un petit tubercule postérieur. Le gubernaculum est linéaire, peu incurvé. Sur la cuticule juvénile, la queue est incurvée ventralement, et porte une bursa étroite.

1.2.3. Larves

Des larves de deuxième, troisième et quatrième stades ont été décrites.

Larves de quatrième stade (L4).

La tête s'effile un peu et se termine brusquement en arrondi (Raski & Golden, 1966 ; Chaves, 1983). Les deux premiers anneaux sont plus étroits que les suivants, et en sont légèrement séparés (Raski ; Golden , 1966 ; Chaves, 1983). La tête est irrégulière : pas de lobes submédians ni de plaques labiales, mais des disques irréguliers arrangés en un cercle interne et un cercle externe (Chaves, 1983). Le stylet est peu robuste, avec des boutons basaux arrondis. Oesophage long de 85 μm (75-91) (Chaves, 1983). Anneaux bien marqués et arrondis (Raski & Golden, 1966 ; Chaves, 1983). Heyns (1970) décrit des anneaux en dent de scie. On observe une ligne irrégulière sur les champs latéraux, constituée par des anastomoses, du 10e anneau à la queue (Raski & Golden, 1966); d'après Chaves (1983) elle peut commencer à la base du stylet ou à la base de l'oesophage. Heyns (1970) indique que cette ligne est continue chez les larves, à la différence des adultes. Branche génitale longue de 72-80 μm (Raski & Golden, 1966), 66 μm (56-78) (Chaves, 1983). Queue arrondie à cône arrondie, avec plusieurs lobes (Raski & Golden, 1966 ; Chaves, 1983). Chaves (1983) remarque que la forme générale des L4 est très différente de celle des femelles et des L2 et L3 observées. Les différences portent sur la tête et la forme du stylet.

Larves de troisième stade (L3) (présumées)

Forme générale similaire à celle de la femelle adulte (Chaves, 1983), surtout pour la région de la tête et de l'oesophage (Raski & Golden, 1966). La tête s'arrondit brusquement à l'extrémité, avec de petits lobes submédians visibles. Les deux premiers anneaux, qui la constituent, sont plus étroits et plus fins que les suivants (Raski & Golden, 1966). Stylet robuste, avec des

boutons basaux massifs larges de 8-9 um (Raski & Golden, 1966), 7 um (Chaves, 1983). Oesophage long de 86 um (85-89)(Chaves, 1983), comprenant un isthme allongé et un bulbe basal arrondi (Raski & Golden, 1966). Anneaux avec une marge irrégulière, ondulée (Raski & Golden, 1966) à anguleuse (Chaves, 1983).

On observe une incision latérale ou ligne en zig-zag, moins développée que chez les L4 (Raski & Golden, 1966) et discontinue (Chaves, 1983). Branche génitale longue de 49 um (Chaves, 1983). Queue cônique arrondie à cônique (Chaves, 1983), ou arrondie avec les deux derniers anneaux peu séparés (Raski & Golden, 1966).

Larve de deuxième stade (L2) (présumée)

Ressemble aux L3 mais longueur inférieure. Oesophage long de 72 um.

A noter qu'une seule larve de type L2 a été décrite par Chaves (1983).

1.3. BIOMETRIE (TABLEAUX 1 à 7).

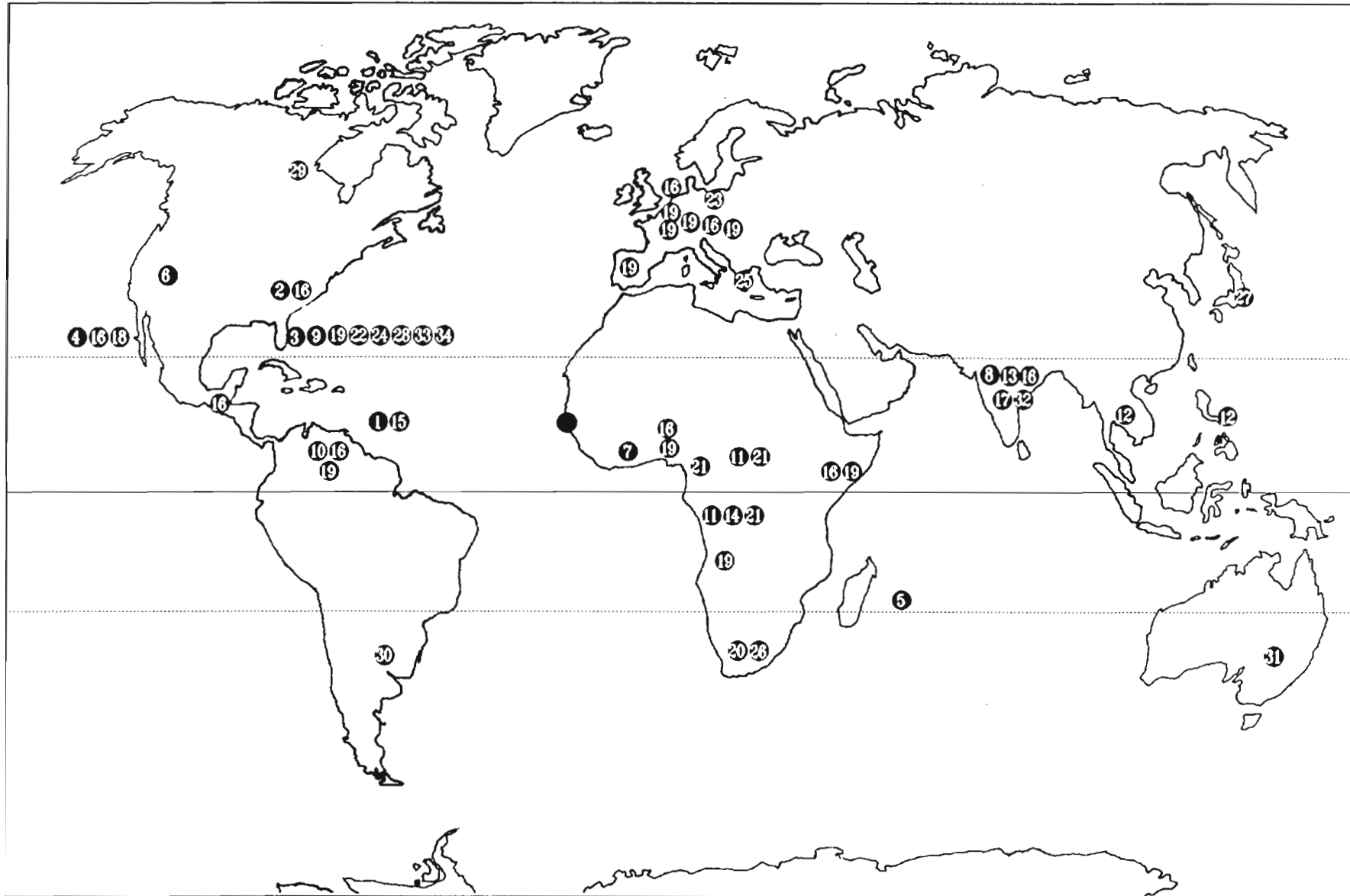
L'hôte et la localité pourraient avoir une influence sur la longueur du stylet : celui-ci est plus long sur aubergine que sur choux chinois (Timm, 1965) ; de même les spécimens nordiques ont des stylets plus longs que les spécimens tropicaux (Raski & Golden, 1966 ; De Grisse & Loof, 1970).

1.4. DIFFERENTS HOTES (TABLEAUX 1 à 7)

La gamme d'hôtes relevée dans la littérature est très étendue, parmi les plantes arborées et herbacées. Le nématode est associé avec des plantes appartenant à quinze familles : Anacardiacees, Broméliacées, Citrus, Crucifères, Euphorbiacées, Graminées, Malvacées, Musacées, Myrtacées, Palmacées, Papilionacées, Rosacées, Sapindacées, Solanacées, Tiliacées.

Cette liste comprend un grand nombre de plantes cultivées d'intérêt économique. Parmi les plus importantes, citons l'avoine, le seigle, le maïs, la pomme de terre, le pommier, le fraisier, les Citrus pour les pays tempérés ; et l'arachide, le sorgho, le manioc, le soja, le riz, la canne à sucre, le coton, le manguier, les Citrus et le bananier pour les pays tropicaux et subtropicaux.

Figure 3 : Répartition géographique (les numéros renvoient aux tableaux I à VII)



Il est important de préciser à ce niveau que la présence du nématode dans le sol au voisinage des racines d'une plante, ne permet pas de préjuger d'un effet pathogène.

1.5. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE

C. sphaerocephala est identifié sur tous les continents et sous toutes les latitudes, dans les pays tempérés et tropicaux (fig. 3) : il s'agit d'une espèce cosmopolite.

1.6. RELATIONS HOTE-PARASITE, NOCUIITE

Les observations sur la nocuité de cette espèce sont rares : Steiner (1938) indique une faible nocuité sur coton (Gossypium hirsutum) ; Luc, Merny et Netcher (1964) indiquent une nocuité également faible sur canne à sucre (Saccharum officinarum). Le parasitisme pour le mûrier (Morus alba) n'est pas clair d'après Toida et Momota (1981).

Kinloch et Lutrick (1975) étudient l'effet de rotations culturales sur la dynamique de populations de C. sphaerocephala : celles-ci se multiplient bien sur maïs et sorgho, mais déclinent très sensiblement si l'on introduit du soja dans la rotation.

Steiner (1949) décrit les relations hôte-parasite sur coton: le stylet perfore la surface des racines, et on trouve souvent la tête plongée dans le tissu racinaire qui devient nécrotique autour du nématode.

1.7. LUTTE CONTRE LE NEMATODE

L'application de différents nématicides chimiques (phosphates organiques, Némagon) dans le sol autour de pieds d'Eremochloa ophiuroïdes infectés par C. sphaerocephala permet de réduire la population de nématodes de 90 à 98% (Tarjan, 1964).

PARTIE II. MATERIEL ET METHODE

2.1. MATERIEL BIOLOGIQUE

2.1.1. Nématodes

C. sphaerocephala est l'un des deux Criconematidae identifiés au Sénégal, l'autre espèce étant Criconemella curvata. L'espèce qui nous intéresse a été trouvée pour l'instant sur un seul site de prélèvement, dans la région du Fleuve, près de Saint Louis du Sénégal (fig. 2). Les animaux étaient présents dans le sol, au voisinage de racines d'aubergine, dans un périmètre maraîcher.

2.1.2. Végétaux utilisés dans les expérimentations

Les quatre principales cultures de la zone sahélienne sont utilisées dans les expérimentations :

. le mil (Pennisetum typhoides) cv Souna III (culture vivrière)

. l'arachide (Arachis hypogea) cv 55-437 (culture de rente essentiellement)

. le niébé (Vigna unguiculata) cv N58-57 (culture vivrière)

. le sorgho (Sorghum vulgare) cv 51-69 (culture vivrière)

Cultures pluviales, elles sont mises en place au début de la saison des pluies (en juin généralement) et récoltées en début de saison sèche (novembre).

C. sphaerocephala est maintenu en élevage de routine sur aubergine (Solanum melongena, cv Black Beauty), plante-hôte de la population découverte au Sénégal. L'aubergine est cultivée dans des périmètres maraîchers irrigués, assez nombreux autour des principales agglomérations. Elle peut-être cultivée toute l'année, mais les meilleurs résultats sont obtenus en saison sèche (novembre à mai). Le cycle végétatif dure 140-160 jours.

2.2 TECHNIQUES DE CULTURE DES VEGETAUX

2.2.1. Vases de végétation

Les végétaux sont cultivés dans des vases de végétation (fig. 6B,E) constitués de tubes de PVC de 18 cm de long et 5 cm de diamètre, obturés au fond par un tamis métallique (maille : 100 µm). Un bouchon de PVC à l'extrémité supérieure du tube

permet de l'encastrier dans le bac de végétation et de l'en extraire aisément ; on dispose de 160 tubes par bac (fig.6D), ce qui permet de réaliser des dispositifs expérimentaux autorisant une analyse statistique des résultats.

Chaque vase de végétation contient 340 g de sol sec (250 cm³), préalablement stérilisé par autoclavage et tamisé.

2.2.2. Bacs thermorégulés

Les vases de végétation sont encastrés dans des bacs en bois (fig. 6A), munis de résistances chauffantes et de thermostats. L'intérieur du bac présente donc une atmosphère à température constante. Chaque bac est relié à un thermographe enregistreur permettant d'identifier d'éventuelles variations de températures (pannes de courant...).

2.2.3. Photopériode et maintien d'une humidité et d'une température constantes.

Dans la grande serre, la photopériode est celle de l'extérieur soit 13 heures de jour et 11 heures de nuit environ. Dans la salle de végétation, un éclairage artificiel assure une photopériode de 12 heures.

Toutes les expérimentations sont conduites à humidité du sol constante : pour ce faire, chaque vase est pesé deux fois par jour et arrosé de façon à atteindre l'humidité voulue.

Si dans la salle de végétation on arrive à maintenir une température de sol constante sans problème, il n'en est pas de même dans la serre où la température du sol pendant l'hivernage (juillet à octobre) peut atteindre 75°C.

2.2.4. Semis

Les grosses graines (arachide, niébé) sont mises à prégermer sur buvard en salle de végétation (température : 26-28°C) pendant deux à trois jours : on ne repique ainsi que des plantules viables (une par vase). Les petites graines (aubergine, mil, sorgho) sont semées directement à raison de cinq (aubergine, sorgho) ou dix (mil) par vase.

2.3. TECHNIQUES DE MANIPULATION DES NEMATODES

2.3.1. Réalisation d'un inoculum

Les nématodes proviennent de l'extraction du sol d'un élevage de routine ou d'une expérimentation. Selon la taille de l'inoculum à réaliser, deux façons de procéder :

- inoculum de petite taille (dix à vingt nématodes) : les animaux sont pêchés un à un au moyen d'une "canne à pêche" constituée par un cil fixé à l'extrémité d'une tige. Ils sont alors placés par lot dans des tubes vacutainer contenant de l'eau en attendant l'inoculation, ou déposés directement un par un sur le sol du vase de végétation (inoculation directe).

- inoculum de taille supérieure : la "suspension mère" de nématodes est ramenée à un volume donné par pompage de l'eau en excès (trompe à vide) après décantation. Une fraction aliquote de la suspension homogénéisée à l'aide d'un bulleur à aquarium est prélevée et dénombrée, ce qui permet de connaître le nombre total d'animaux dans la suspension mère. On réalise alors une dilution de cette suspension mère de façon à ce qu'un pipetage de 2 ml contienne le nombre de nématodes voulu pour l'inoculum. Les tubes vacutainer sont répartis au fur et à mesure, systématiquement selon les traitements ; le premier pour le premier traitement, le deuxième pour le deuxième traitement, etc... ainsi, on répartit dans les différents traitements la variation de la taille de l'inoculum au cours des pipetages successifs.

Pour vérifier la taille effective de l'inoculum, dix inoculums supplémentaires sont réalisés et dénombrés.

2.3.2. Inoculation et semis

Le poids de chaque vase est noté. On y introduit 340 g de sol stérile sec. Avant l'inoculation, on enlève du vase 70 ml de terre ; on humidifie la surface ; on verse le contenu du tube vacutainer, que l'on rince deux fois avec un jet de pissette pour entraîner tous les nématodes dans le vase de végétation ; l'ensemble est recouvert d'une mince couche de sol, humidifiée tout de suite après. La suite des opérations - le semis - diffère selon les graines :

. dans le cas de petites graines (mil, sorgho, aubergine) on verse dans le vase la moitié de la terre restant ; on humidifie tout en creusant avec la pissette un cratère au centre du vase :

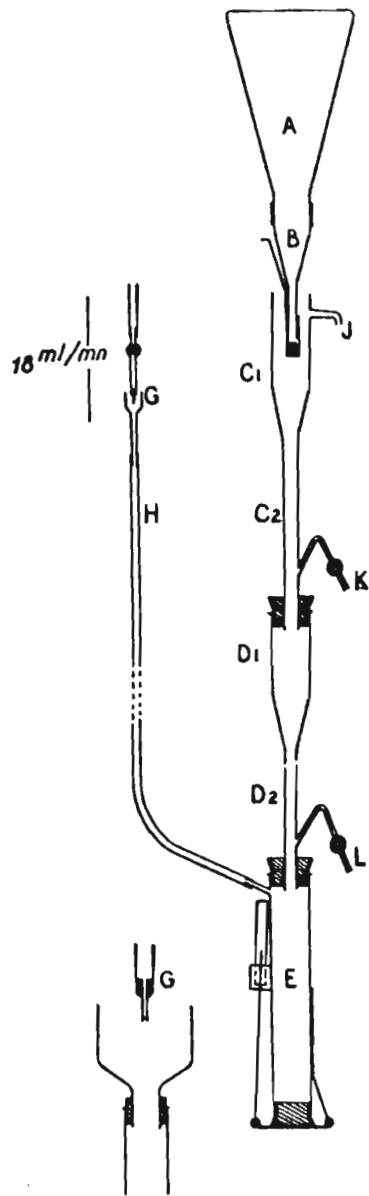


Fig. 4 : Elutriateur de Seinhorst

les graines y seront déposées à l'aide d'un entonnoir puis recouvertes par le reste de terre. Pour terminer on humidifie la terre.

. dans le cas de grosses graines (arachide, niébé), on positionne la graine (prégermée) à l'aide de pinces, puis on verse toute la terre restante, et l'on humidifie.

2.3.3. Extraction des nématodes

L'extraction réalisée en fin d'expérimentation permet de récupérer les nématodes vivants et de calculer leur taux de multiplication.

2.3.3.1. Extraction du sol

Deux méthodes sont employées pour extraire les animaux du sol :

- la centrifugation-flottaison (Coolen & d'Herde, 1972)

Le sol contenu dans le vase est versé intégralement dans le tube à centrifuger : les racines sont lavées soigneusement pour décoller toutes les particules de sol. On ajoute à la suspension obtenue une cuillère de kaolin (destinée à stabiliser le culot).

La suspension est homogénéisée au vibreur. La première centrifugation a lieu en milieu aqueux, à 4000 t/mn pendant 3 mn. Le culot contient des débris végétaux et les nématodes ; le surnageant contient des matières solubles et les débris flottables. On reprend le culot dans une solution de saccharose de densité 1,18 , puis on centrifuge à 2600 t/mn pendant 1 mn. Les nématodes, légèrement moins denses que la solution de saccharose, vont flotter tandis que les débris végétaux plus denses vont s'agglomérer au culot.

Ce deuxième surnageant est versé sur un tamis de maille 5 um qui retient les nématodes ; ceux-ci sont rincés à l'eau puis transvasés dans un tube à comptage.

- l'élutriation (Seinhorst, 1962)

L'appareil utilisé est un élutriateur de Seinhorst (fig. 4). Le principe de l'élutriation est d'opposer la sédimentation rapide des particules de sol (lourdes) dans un tube rempli d'eau, à la remontée des nématodes (plus légers), grâce à un courant ascendant établi dans ce tube.

La batterie d'élutriateurs installée au laboratoire permet de traiter six échantillons simultanément avec des manipulations réduites.

A la sortie de l'élutriateur, les nématodes sont versés sur trois tamis superposés de maille 50 µm puis placés sur un tamis recouvert d'un mouchoir en papier et posé dans une soucoupe remplie d'eau : les nématodes - animaux aquatiques - vont migrer à travers le mouchoir en papier jusqu'à l'eau : à intervalles réguliers on les récupère dans des tubes à comptage.

2.3.3.2. Extraction des racines

Les racines peuvent être broyées au mixeur et centrifugées selon la méthode indiquée ci-dessus, ou passées dans une chambre à brumisation (Seinhorst, 1950). Dans le cas de Criconemella sphaerocephala, nous avons réalisé des essais montrant qu'on ne récupère quasiment pas de nématodes en réalisant l'extraction des racines.

2.3.4. Dénombrement

Après sédimentation des animaux dans le tube à comptage, on amène le volume de suspension à 50 ml. Puis celle-ci est homogénéisée par bullage ; un volume donné est prélevé et versé sur une plaque de comptage quadrillée. Les nématodes sont comptés sous la loupe et on calcule le nombre présent dans le tube. Après comptage les différents tubes-répétitions d'un même traitement sont regroupés, pour fixation des animaux.

2.3.5. Fixation des nématodes et montage en préparation permanente

Préalablement à la fixation, les nématodes issus du comptage sont filtrés sur un tamis recouvert d'une triple épaisseur de mouchoir en papier, baignant dans une soucoupe remplie d'eau, afin de les débarrasser des débris accrochés à leur cuticule : opération particulièrement nécessaire - mais pas toujours suffisante - pour l'espèce étudiée ici.

2.3.5.1. Fixation des nématodes au moyen de FPG 4.1

Le fixateur utilisé est le FPG 4.1, composé de formol (10%), d'acide propionique (3%), de glycérine (1%), d'acide picrique (<1%) et d'eau (86%).

Les nématodes sont tranvasés dans un tube vacutainer. Après décantation, l'eau est pompée soigneusement jusqu'au culot ; le fixateur est réchauffé au bain marie jusqu'à 80°C, puis versé sur la suspension de nématodes ; le tube est bouché et une dépression d'air créée.

2.3.5.2. Infiltration à la glycérine

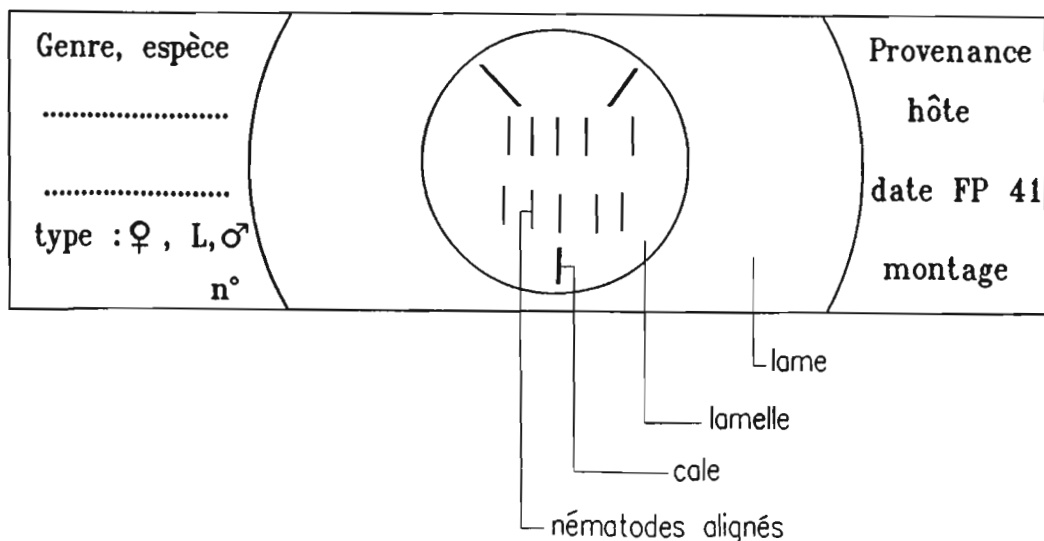
Après une durée de fixation de sept jours au moins, le contenu du tube est transféré dans une "salière", placée dans un dessiccateur à alcool pendant sept jours dans l'étuve à 40°C. Puis l'alcool est pompé et remplacé par une solution d'éthanol absolu (95%) et de glycérine anhydre (5%). Les "salières" sont placées dans l'étuve pendant sept jours.

A l'issue de cette opération, l'alcool s'est évaporé et les nématodes baignent dans la glycérine : ils sont prêts à être montés.

2.3.5.3. Montage en préparation permanente

Les animaux sont pêchés individuellement, séparés par type (femelle, larve, mâle) et montés par dix sur lame de Cobb dans de la glycérine anhydre, entre lame et lamelle. Des cales dimensionnées préviennent leur écrasement par la lamelle. Celle-ci est scellée par un anneau de lut (glyceel, GURR (R)) qui permet de la conserver très longtemps (les premiers spécimens de C. sphaerocephala montés en 1936 sont encore observables !)

Schéma du montage sur lame de Cobb :



Le montage est une étape délicate, qui conditionne la qualité de l'observation des nématodes et leur conservation en collection.

2.3.6. Observations et mensurations au microscope photonique

Le microscope utilisé est de type ORTHOPLAN (LEITZ WESTLAR (R)), les mesures de longueur du corps sont réalisés à l'objectif x 25 à l'aide d'une chambre claire, toutes les autres mesures à l'objectif x 100 (immersion), à l'aide d'un micromètre oculaire étalonné.

Les différentes mesures permettent :

- de comparer entre elles les populations issues des différents traitements (gammes d'humidités et de températures, gamme d'hôtes, et élevage de routine).
- de comparer les données recueillies aux indications relevées dans la littérature, pour des localités géographiques et des hôtes différents.

(Liste des critères mesurés : cf partie III Résultats).

2.3.7. Préparation des nématodes pour l'observation au microscope électronique à balayage

La technique utilisée est celle décrite par BAUJARD & PARISELLE (1987) : les nématodes fixés au FPG 4.1 sont déposés sur un microtamis. Ils subissent alors une déshydratation à l'acétone, suivie du passage au point critique. Ils sont ensuite déposés un par un sur un portoir métallique, alignés (fig. 11F) sur une goutte de lut (opération délicate) ; ce portoir sera soumis à la métallisation (JEOL, fine coat ion sputter JFC-1100). Les observations sont effectuées au Service de Microscopie Electronique de la Faculté des Sciences de Dakar, sur un microscope JEOL JSM 35 CF et sous une tension d'accélération de 10 Kv.

2.4. EXPERIMENTATIONS REALISEES

Un certain nombre d'expérimentations ont été mises en place dans le but d'étudier l'influence de différents facteurs biotiques et abiotiques sur le nématode, ainsi que sa nocuité pour les principales cultures de la région.

2.4.1. Influence de la température du sol sur le taux de multiplication du nématode

. objectif : cerner l'optimum thermique de l'espèce étudiée, à travers une gamme de températures représentative des conditions thermiques des sols locaux.

. dispositif expérimental : quatre traitements (30°C, 32°C, 34°C et 36°C) ont été testés, avec dix répétitions, soit 40 vases de végétation.

. conditions de l'expérience : lieu : salle de végétation ; durée : 60 jours ; hôte : aubergine ; humidité : 10 % ; taille de l'inoculum : 50 nématodes par tube (provenance : élevage de routine).

2.4.2. Influence de l'humidité du sol sur le taux de multiplication du nématode

. objectif : mettre en évidence l'humidité du sol permettant une multiplication maximale du nématode, à travers une gamme d'humidités représentative des conditions locales.

. dispositif expérimental : huit traitements correspondant aux quatre humidités pondérales (5 %, 7 %, 9 %, 11 %), avec à chaque fois un témoin, ont été testés avec 10 répétitions. Soit 80 vases de végétation. Les vases sont répartis dans le bac selon un dispositif en "randomisation totale" (logiciel STATITCF).

. conditions de l'expérience : lieu : grande serre ; durée : 60 jours ; hôte : aubergine ; température : 30°C ; taille de l'inoculum : 687 nématodes (provenance : gamme de températures et élevage de routine).

Influence du nématode sur le développement de l'aubergine pour différentes humidités du sol.

Cette étude est couplée avec la précédente.

. objectif : déterminer l'influence du nématode sur le développement (poids frais et sec de racines et de feuilles) de l'aubergine, pour différentes humidités du sol et une taille d'inoculum donnée. Les résultats sont obtenus en comparant le développement des plantes témoin et inoculées, pour chaque humidité.

2.4.3. Influence de l'hôte sur le taux de multiplication du nématode

. objectif : déterminer la qualité d'hôte des principales cultures sahéliennes pour le nématode.

. dispositif expérimental : dix traitements, correspondant aux cinq hôtes étudiés (aubergine, arachide, mil, sorgho, niébé) avec à chaque fois un témoin, ont été testés, avec 16 répétitions. Soit 160 tubes.

. conditions de l'expérience : lieu : grande serre ; durée : 75 jours ; humidité : 11 % ; température : 32°C (valeurs optimales déterminées préalablement). Taille de l'inoculum : 101 nématodes (provenance : gamme d'humidités).

Cette expérimentation constitue une première approche de la nocuité du nématode pour les différents hôtes, pour une taille d'inoculum donnée (comparaison entre le développement des plantes témoins et inoculées, pour chaque hôte).

2.4.4. Influence de l'hôte sur l'aptitude du nématode à l'anhydrobiose

Protocole initial : à la fin de l'expérimentation "gamme d'hôtes", 40 parmi les 160 tubes sont réservés qui correspondent à huit répétitions de chaque plante-hôte inoculée : les arrosages sont arrêtés, et on laisse le sol se dessécher pendant environ deux mois, jusqu'à une humidité de 0,3%. On procède à l'extraction par élutriation des 40 tubes ; les nématodes sont dénombrés pour chaque hôte et les formes de résistance à la dessiccation éventuellement détectées sont préparées pour une observation au microscope électronique à balayage.

Par suite d'une erreur de manipulation, cet essai n'a pu être réalisé à partir de l'essai "gamme d'hôtes", et on a mis en place un essai propre, comprenant 60 jours d'arrosage et 60 jours de dessiccation avant l'extraction.

2.4.5. Etude de la nocuité de C. sphaerocephala pour l'aubergine

L'expérimentation n'est réalisée que sur aubergine, suivant les résultats de l'expérimentation "gamme d'hôtes".

. objectif : définir le seuil de nocuité du nématode pour l'aubergine.

. dispositif expérimental : cinq niveaux d'inoculum sont comparés (0, 93, 186, 372, 744 nématodes), avec six répétitions. Soit 30 tubes.

. conditions de l'expérience : lieu : salle de végétation ; durée : 60 jours ; hôte : aubergine ; humidité : 11 % ; température : 30°C.

2.4.6. Etude des relations hôte-parasite au moyen de cultures in vitro

Les Criconematidae en général sont considérés comme ectoparasites sur les racines des plantes (Raski & Luc, 1987). Mais aucune observation précise n'existe concernant C. sphaerocephala.

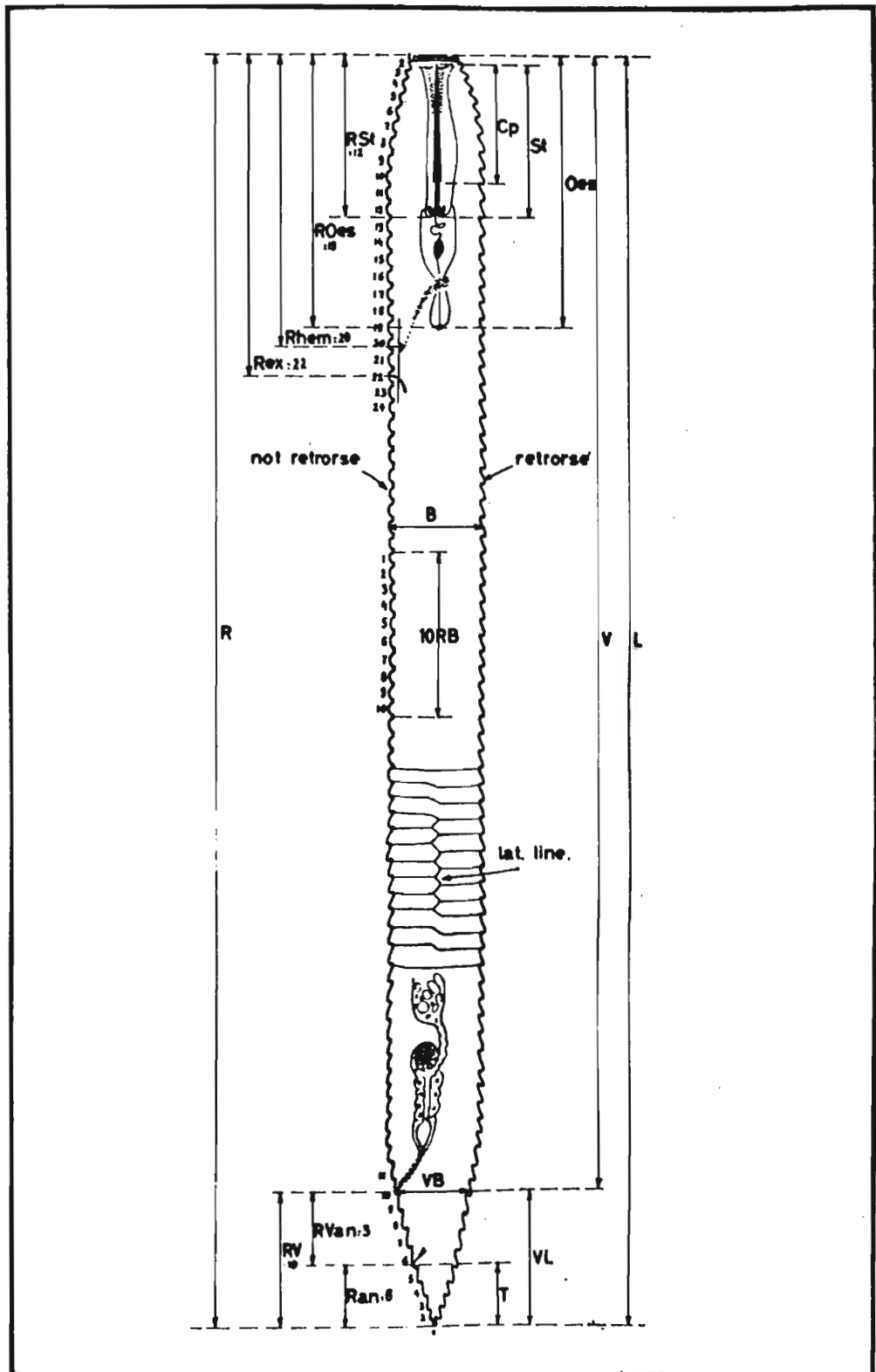
Les plantules sont placées dans la boîte de Pétri, les racines se développant dans le gélose et l'appareil aérien sous le couvercle. Les nématodes sont inoculés sur la gélose au voisinage des racines, vers lesquelles ils vont migrer. La transparence de la gélose (à 1,5 %) et de la boîte de Pétri permettent une observation aisée des relations entre le nématode et les racines, sous microscope (grossissement = x70) (technique mise au point pour les céréales par Person et Doussinault (1978) à l'I.N.R.A. de Rennes).

L'espèce qui nous intéresse étant porteuse de nombreux débris et bactéries, il nous a paru important de stériliser les animaux pour prévenir le développement de champignons et bactéries sur la gélose : des bains successifs dans une solution de streptomycine à sept pour mille, puis dans une solution de Merseptyl ont été effectués. Il est apparu que les nématodes ne survivaient pas à ces traitements quels que soient les aménagements réalisés. On a donc décidé de travailler avec des animaux non stériles, en tenant compte de la relative pauvreté du milieu gélosé, qui le rend peu favorable aux proliférations bactériennes et fongiques ; les observations se déroulent pendant une semaine au plus, après quoi les racines et les nématodes éventuellement associés sont fixés par immersion dans une solution de fuschine bouillante et montés entre lame et lamelle.

2.4.7. Etude du cycle biologique du nématode

N'ayant relevé aucune indication sur le cycle biologique du nématode dans la littérature, nous avons mis en place une expérimentation dans le but de connaître la durée de cycle et ses dif-

Fig. 5 : Définition des critères mesurés
(de Grisse, 1964)



férentes phases. La méthode consiste à inoculer des plantes avec une quantité donnée de femelles mûres, puis à effectuer des extractions à intervalle de temps constant pour déterminer le nombre d'individus de chaque stade et son évolution au cours du temps. La plante-hôte est l'aubergine, la température de 30°C et l'humidité du sol de 11 % .

Les problèmes de rendement quantitatif de l'extraction rencontrés lors d'une expérimentation similaire avec un nématode voisin (C. curvata), nous ont conduit à mettre en place des manipulations préliminaires pour améliorer la méthode employée. Le nombre d'individus placés au départ dans le vase, la technique d'extraction (centrifugation ou élutriation) et les conditions (durée, vitesse de centrifugation) ont fait l'objet d'essais.

PARTIE III. RESULTATS

L'analyse des données a été réalisée au moyen du logiciel Statgraphics (R). Pour les analyses de variance, on a utilisé le test de Duncan avec un seuil de confiance de 5 %.

3.1. BIOMETRIE

3.1.1. Différents critères mesurés

La définition des critères mesurés est celle proposée par De Grisse (1964) pour le genre Criconemoïdes (fig. 5). Les mesures sont données en micromètres.

L = longueur totale du corps

a = rapport de la longueur totale à la plus grande largeur du corps

b = rapport de la longueur totale à la longueur de l'oesophage

c = rapport de la longueur totale à la longueur de la queue

c' = rapport de la longueur de la queue au diamètre du corps au niveau de l'anus

V % = position de la vulve, exprimée en pourcentage de la partie du corps située antérieurement à la vulve, par rapport à la longueur totale du corps

St = longueur du stylet

Oes = longueur de l'oesophage

R = nombre total d'anneaux (face ventrale)

Rst = nombre d'anneaux entre l'extrémité antérieure et la base du stylet
 Oes = longueur de l'oesophage, de l'extrémité antérieure à la base du bulbe basal.
 Roes = nombre d'anneaux entre l'extrémité antérieure et la base de l'oesophage
 Rex = nombre d'anneaux entre l'extrémité antérieure et le premier anneau après le pore excréteur
 RV = nombre d'anneaux entre l'extrémité postérieure et la vulve
 Ran = nombre d'anneaux entre l'extrémité postérieure et l'anus
 RVan = nombre d'anneaux entre la vulve et l'anus
 Prorhabdion = longueur de la partie cônica du stylet
 Spz = présence ou non de spermatozoïdes dans la spermathèque
 T = longueur de la queue (entre l'anus et l'extrémité postérieure)
 St % L = longueur du stylet en pourcentage de la longueur totale
 St % Oes = longueur du stylet en pourcentage de la longueur de l'oesophage
 LPGEN = longueur du primordium génital (larves)
 Spic. = longueur des spicules (mâles)
 Gub. = longueur du gubernaculum (mâles)
 Test % = longueur du testicule exprimée en pourcentage de la longueur totale du corps (mâles)
 P. ex. : distance entre l'extrémité antérieure et le pore excréteur
 Hémiz. : distance entre l'extrémité antérieure et l'hémizonide

3.1.2. Résultats

3.1.2.1. Femelles (TABLEAU 8)

On n'observe aucune différence significative entre les individus élevés sous diverses conditions de température et d'humidité.

L'hôte semble avoir une influence sur la biométrie du nématode : en effet les animaux élevés sur sorgho présentent un stylet plus court que ceux élevés sur aubergine ou niébé. De telles variations ont été relevées par plusieurs auteurs (Timm, 1965 ; Raski & Golden, 1966 ; De grisse & Loof, 1970).

TABLEAU 9 : MENSURATIONS DES LARVES ELEVEES SOUS DIFFERENTES CONDITIONS
(moyenne plus ou moins écart-type (minimum-maximum))

| | ELEVAGE DE ROUTINE | | | GAMME DE TEMPERATURES 30°C | | | GAMME DE TEMPERATURES 32°C | | |
|-----------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Stade II | Stade III | Stade IV | Stade II | Stade III | Stade IV | Stade II | Stade III | Stade IV |
| Larves | 1 | 32 | 8 | 1 | 46 | 14 | 3 | 88 | 7 |
| l | 195,5 | 246,6 ± 27,4 (211,9-307,0) | 263,2 ± 10,7 (248,1-281,6) | 163,1 | 243,4 ± 27,0 (196,3-320,7) | 291,9 ± 15,8 (254,4-314,7) | 161,3 ± 4,0 (157,8-167,0) | 232,6 ± 19,3 (191,0-304,7) | 275,8 ± 11,2 (263,8-300,2) |
| s | 8 | 8,7 ± 0,7 (7,4-10,4) | 7,9 ± 0,7 (6,6-9,0) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| o | 2,7 | 3,0 ± 0,4 (2,5-4,6) | 4,3 ± 1,3 (3,3-6,1) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| st | 31,7 | 43,3 ± 1,6 (39,3-46,1) | 30,0 ± 3,4 (26,4-37,0) | 30,4 | 44,4 ± 2,5 (35,9-49,0) | 33,2 ± 2,0 (28,4-37,2) | 30,9 ± 0,5 (30,2-31,4) | 43,9 ± 1,9 (39,2-51,3) | 35,7 ± 5,6 (31,0-48,3) |
| R | 80 | 77,6 ± 3,2 (67-83) | 74,4 ± 3,0 (71-80) | 90 | 79,8 ± 2,2 (76-85) | 75,1 ± 2,0 (71-79) | 86,0 ± 2,9 (82-89) | 80,0 ± 2,6 (73-86) | 77,3 ± 1,6 (75-80) |
| st | 17 | 13,8 ± 1,2 (10-16) | 10,9 ± 1,0 (10-12) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| noes | ----- | 26,4 ± 2,4 (18-30) | 19,7 ± 4,7 (13-23) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| lar | 32 | 26,3 ± 1,7 (23-28) | 23,4 ± 2,1 (21-27) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| st. L | ----- | 18,0 ± 1,8 (14,8-21,5) | 11,4 ± 1,2 (10,2-13,4) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| st. L les | ----- | 48,0 ± 1,9 (43,9-52,4) | 45,8 ± 15,8 (31,1-67,8) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| UPPER | 8,3 | 16,8 ± 2,4 (13,6-23,4) | 50,0 ± 10,9 (26,4-58,9) | 6,9 | 14,9 ± 1,1 (11,8-17,6) | 86,3 ± 14,9 (68,6-117,6) | 7,7 ± 0,1 (7,6-7,8) | 14,6 ± 1,2 (10,8-18,1) | 75,6 ± 12,8 (56,6-90,6) |

Toutes les femelles observées possèdent une spermathèque remplie de spermatozoïdes ; cette observation ne corrobore pas les remarques de Raski et Golden (1966) et De Grisse et Loof (1970).

3.1.2.2. Larves (TABLEAU 9)

Les individus élevés sous diverses conditions de température ne présentent pas de différence significative.

Une des finalités des mesures de larves était de mettre en évidence les différents stades larvaires. Les nématodes en comportent en général trois, dénommés L2, L3 et L4 et séparés par des mues successives. Une classification hiérarchique ascendante, réalisée pour chaque critère mesuré, a permis de distinguer des groupes d'individus. On a alors recherché si les groupes mis en évidence pour un critère étaient conservés pour les autres critères. Il est apparu effectivement trois groupes d'individus nettement distincts, et conservés pour les différents critères :

- le premier se caractérise par une longueur du corps relativement importante, un primordium génital très développé comprenant un grand nombre de cellules, un stylet court et chétif, un oesophage allongé et étroit très différent de celui des femelles, un nombre d'anneaux relativement faible (autour de 75) et des anneaux au profil lisse ; la queue est arrondie à cônica.

- le second se distingue par sa longueur inférieure à celle du groupe précédent, un primordium génital peu développé comprenant seulement deux cellules, un stylet puissant et plus long de 10 micromètres en moyenne que celui du premier groupe, un oesophage ressemblant beaucoup à celui des femelles, des anneaux nombreux (autour de 80) et au profil nettement rétrorse ; la queue est toujours cônica.

- le troisième diffère par un corps très court, un nombre d'anneaux très élevé (environ 80-90) et un stylet très court ; les autres caractéristiques sont identiques à celles du groupe précédent.

En comparant ces observations avec les données de la littérature (Chaves, 1983) et grâce à l'observation de mues L4-femelle (fig. 6C), nous avons déduit que le premier groupe représente le quatrième stade larvaire, le deuxième groupe le troisième stade larvaire, et le troisième groupe le second stade larvaire.

TABEAU 10 : MENSURATIONS DES MALES

((moyenne plus ou moins écart-type (minimum-maximum))

| Males | GAMME D'HUMIDITES 5% | GAMME D'HUMIDITES 11% |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 10 | 10 |
| L | 424,6 ± 24,4 (384,8-457,3) | 441,5 ± 26,6 (367,7-470,0) |
| Spic. | 30,0 ± 3,3 (24,0-35,3) | 30,8 ± 0,7 (29,6-31,8) |
| Gub. | 7,5 ± 1,0 (5,9-8,8) | 7,3 ± 0,5 (6,9-7,8) |
| T% | 27,4 ± 4,1 (18,2-32,3) | 29,7 ± 1,6 (27,3-32,7) |
| P. ex | 133,5 ± 8,4 (117,6-143,1) | 138,6 ± 7,6 (122,5-152,9) |
| Hemiz. | 120,3 ± 5,9 (110,7-128,4) | 124,2 ± 6,4 (108,8-132,3) |
| a | 19,2 ± 0,9 (17,4-20,7) | 21,1 ± 1,8 (17,9-23,3) |
| c | 14,2 ± 0,9 (13,1-15,9) | 15,0 ± 1,2 (13,4-18,1) |

La représentativité des trois groupes est inégale : les larves de quatrième stade constituent 10 à 30 % des individus observés, celles de troisième stade environ 80 % et celles de second stade seulement 2 à 3 %.

3.1.2.3. Mâles (TABLEAU 10)

Des mâles sont présents dans la population sénégalaise. Ils sont nettement moins abondants que les femelles.

Les mâles élevés à 30°C et ceux élevés à 32°C ne présentent pas de différence significative. Les mâles de la population sénégalaise sont assez proches des trois seuls exemplaires décrits auparavant pour cette espèce (TABLEAU 6).

3.2. MORPHOLOGIE : ETUDE AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE

3.2.1. Femelle (fig. 7 à 9)

Corps trapu et cylindroïde (fig. 7E), incurvé ventralement après fixation, s'arrondissant assez brusquement aux extrémités. Les anneaux, très marqués (fig. 7B), ont un profil arrondi et une marge lisse (fig. 7H). Aux forts grossissements on observe que la marge postérieure des anneaux est couverte d'une plaque cuticulaire présentant un relief ondulé en forme d'écailles (fig. 7C). Des structures ressemblant à des villosités, situées entre les anneaux, ont été aperçues sur certains clichés (fig. 7C) : l'étude de coupes fines de cuticule en microscopie électronique à transmission est en cours et semble corroborer cette observation (étude réalisée avec M. MOUNPORT, Service de Microscopie Electronique de la Faculté des Sciences de Dakar).

Le premier anneau (fig. 8) présente des variations d'assez faible amplitude : moins haut que les suivants, il comprend un secteur labial arrondi à rectangulaire et peu proéminent ; les deux lèvres possèdent une fossette en leur centre et la bouche est ouverte chez tous les individus observés (fig. 8G). Les amphides, petites et en forme de demi-disque, jouxtent latéralement le disque labial (fig. 8F,G). On observe quatre lobes submédiens assez petits, en forme d'oreillette, plus ou moins développés mais toujours distincts. Les plaques labiales sont absentes ou très dégradées. Le premier anneau très transformé est divisé en secteurs inégaux voire totalement résorbé (fig.8).

TABLEAU 11 : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DU SOL
SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE

| | 30°C | 32°C | 34°C | 36°C |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Population initiale (nem./vase) | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Population finale | 431,11 ± 600,8 (139%) | 452,78 ± 298,6 (66%) | 5,20 ± 14,0 (270%) | 7,10 ± 7,9 (111%) |
| TAUX DE MULTIPLICATION | 8,62 a | 9,06 a | 0,10 b | 0,14 b |

Les chiffres significativement différents au seuil de 5% sont associés à des lettres différentes

TABLEAU 12 : INFLUENCE DE L'HUMIDITE DU SOL
SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE

| | 5% | 7% | 9% | 11% |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Population initiale (nem./vase) | 687 ± 27 (4%) | 687 ± 27 (4%) | 687 ± 27 (4%) | 687 ± 27 (4%) |
| Population finale | 6458 ± 3968 (61%) | 4460 ± 2336 (52%) | 6362 ± 7015 (110%) | 10773 ± 52 (48%) |
| TAUX DE MULTIPLICATION | 9,40 ab | 6,49 a | 9,26 ab | 15,68 b |

Les chiffres significativement différents au seuil de 5% sont suivis de lettres différentes.

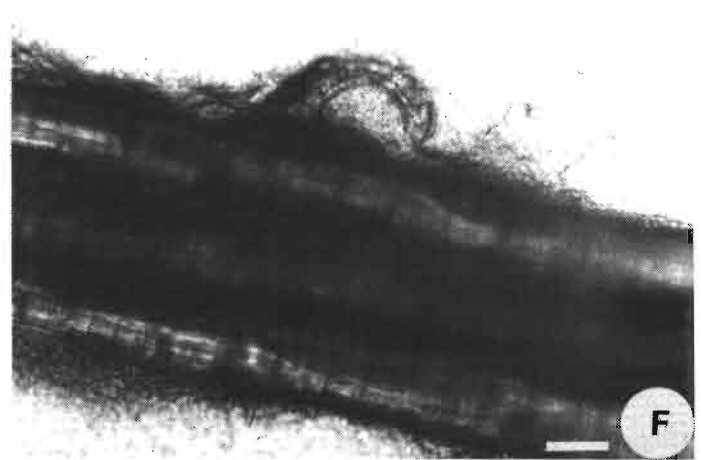
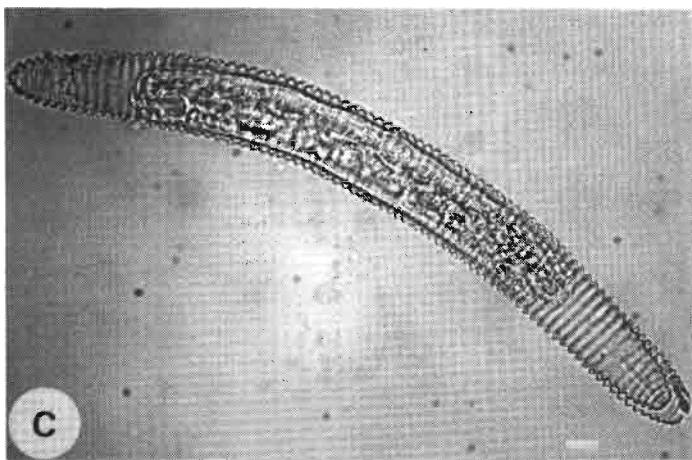
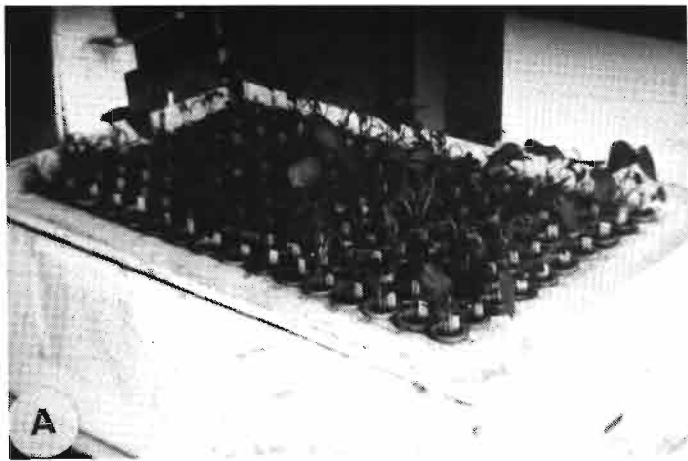


Fig.6 : A,D : bac de végétation thermorégulé. B : jeunes plants de mil en culture. C : femelle à l'intérieur de deux mues. E : vase de végétation. F : nématode pompant dans une racine d'aubergine (culture sur gélose)
 L'échelle représente : C : 10 micromètres
 F : 100 micromètres

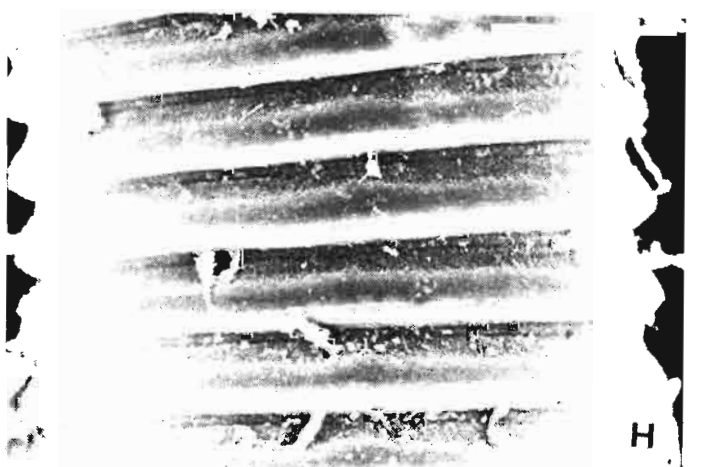
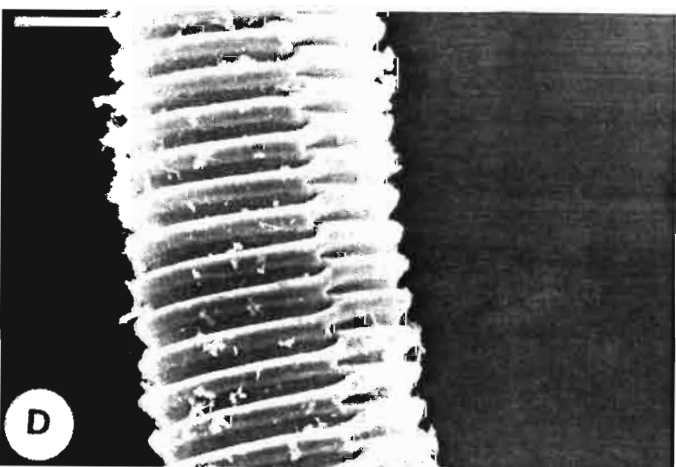
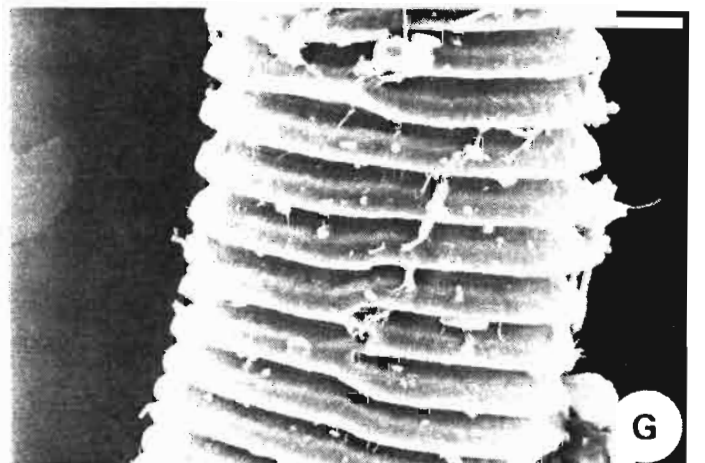
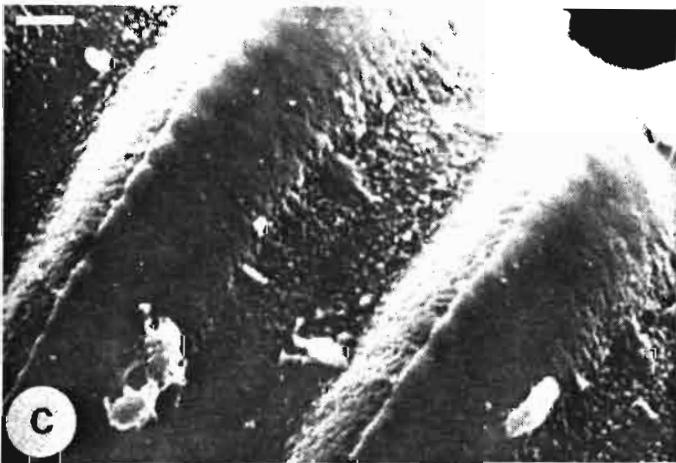
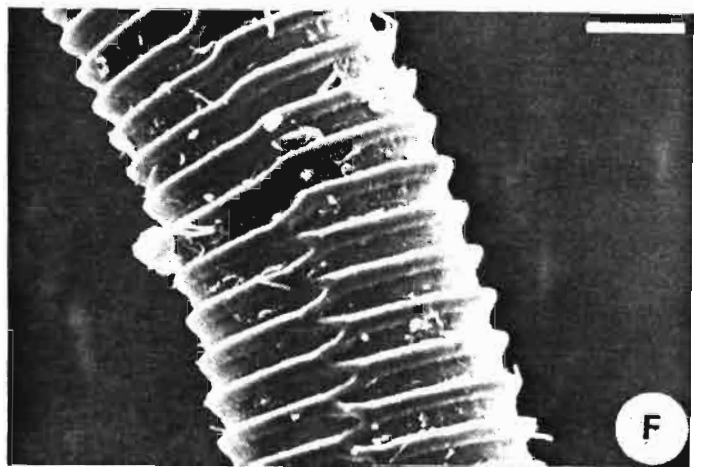
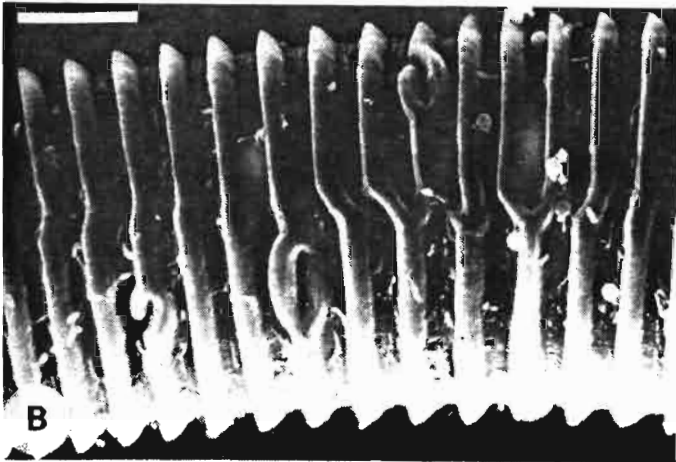
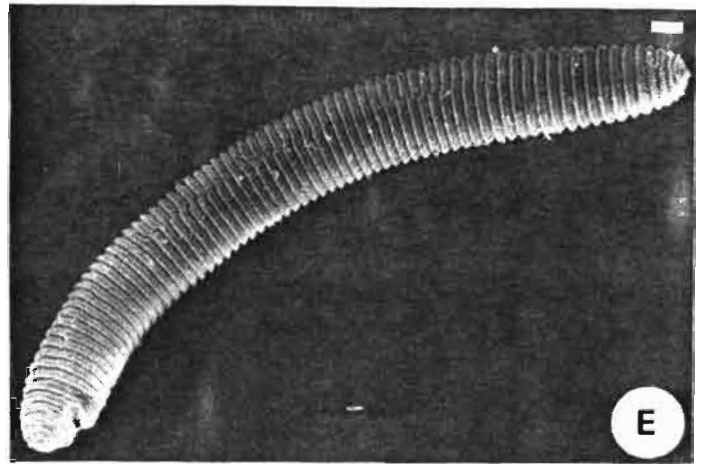
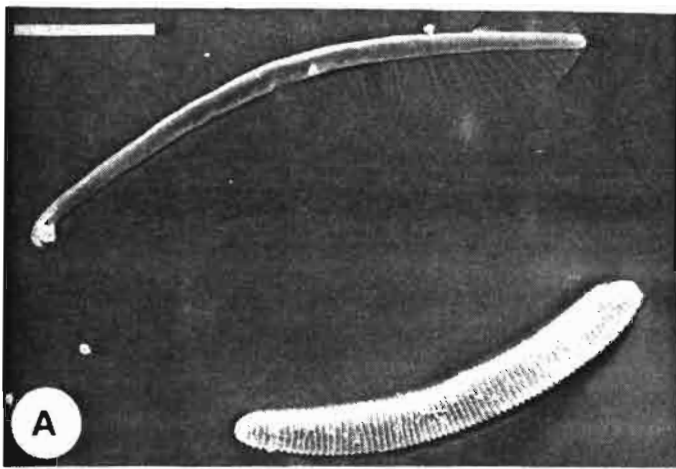


Fig.7 : A : mâle (en haut) et femelle (en bas).
 B...H : femelle, anastomoses latérales et détails des anneaux.

L'échelle représente : A : 100 micromètres

B,D,E,F,G,H : 10 micromètres

C : 1 micromètre

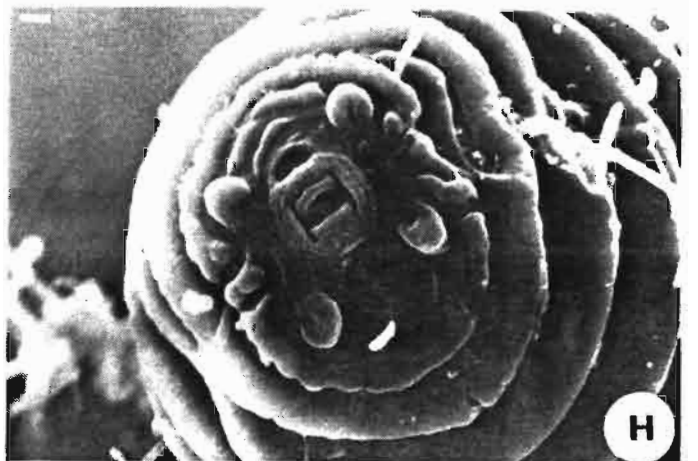
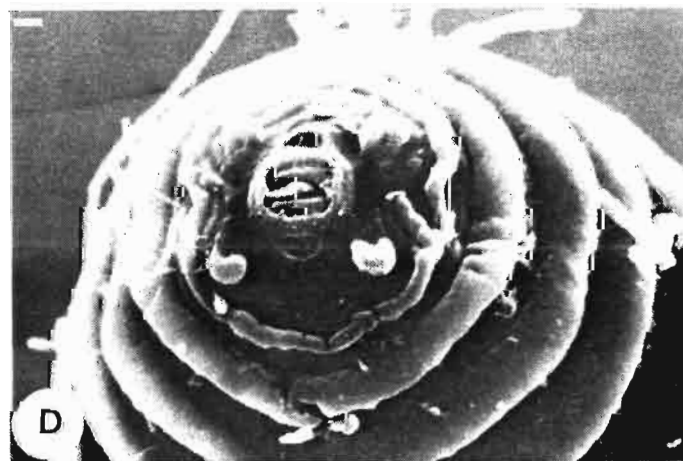
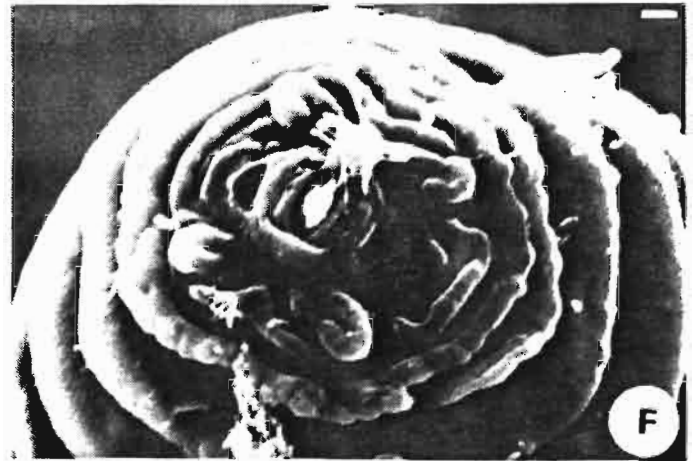
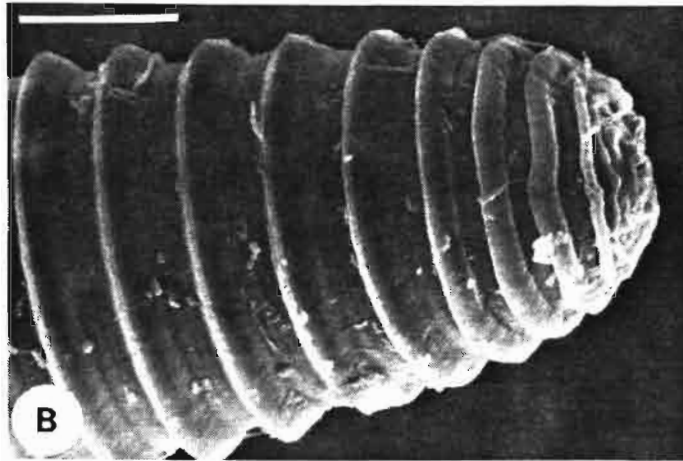
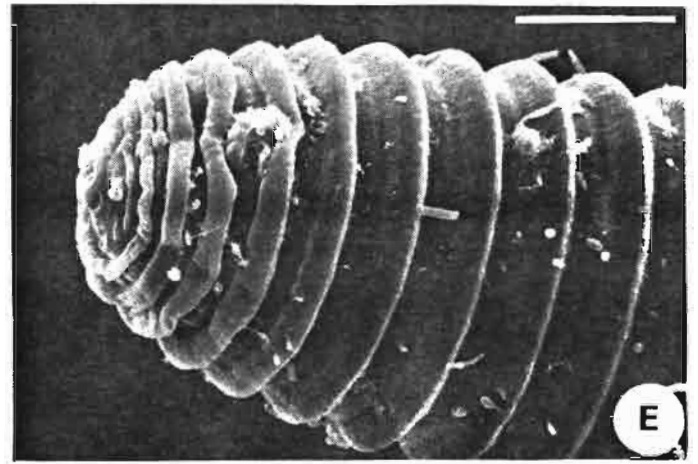
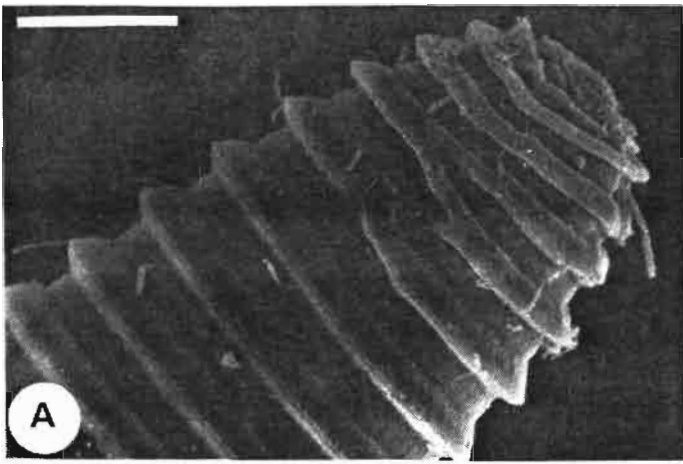


Fig.8 : A,B,E : femelle, région antérieure vue de profil.
C,D,F,G,H : femelle, tête vue en face : variabilité du premier anneau.

L'échelle représente : A,B,E : 10 micromètres
C,D,F,G,H : 1 micromètre

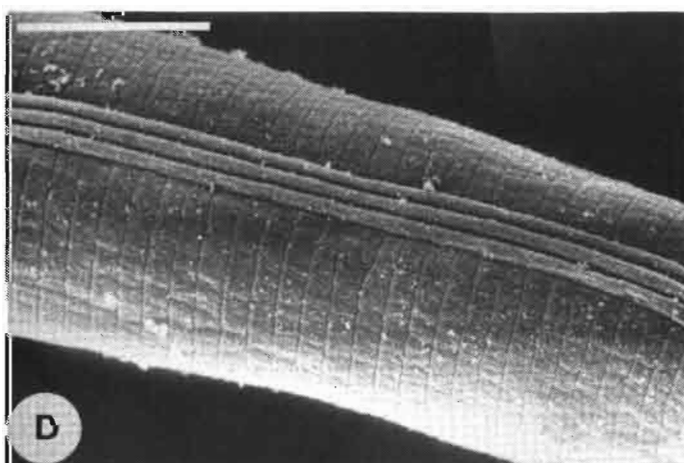
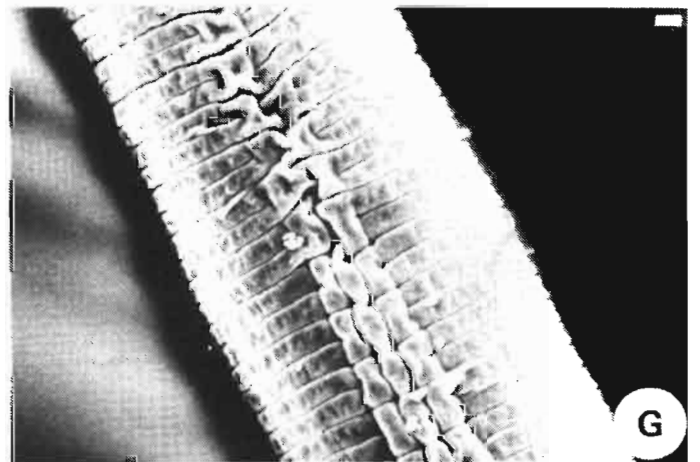
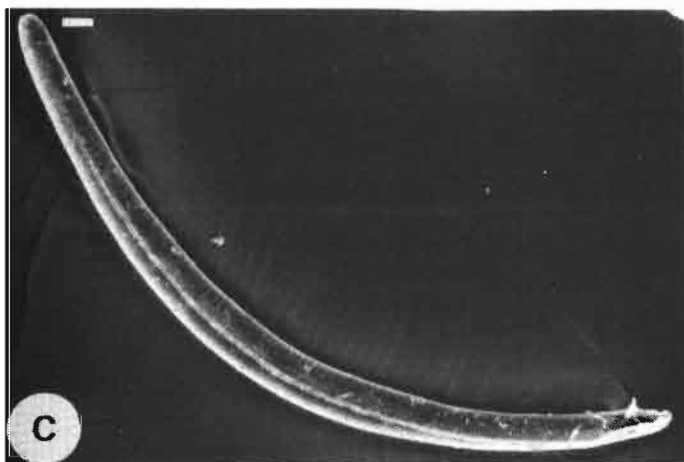
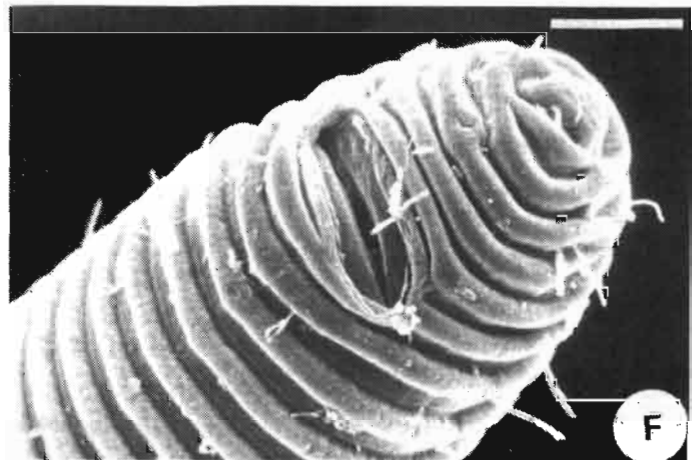
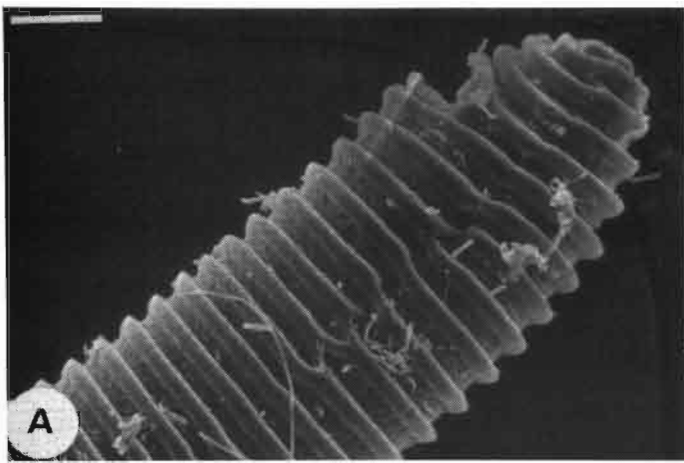


Fig.9 : A,B,E,F : femelle, région postérieure : vulve, anus et queue. C : mâle, vue générale. D,G,H : mâle, champ latéral.
 L'échelle représente : A...F : 10 micromètres
 G,H : 1 micromètre

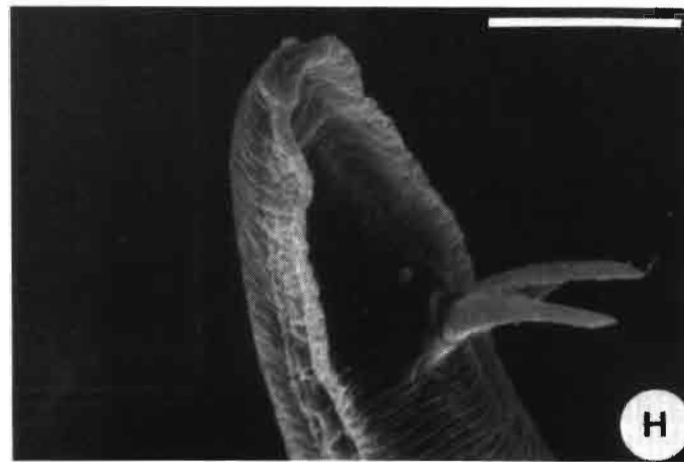
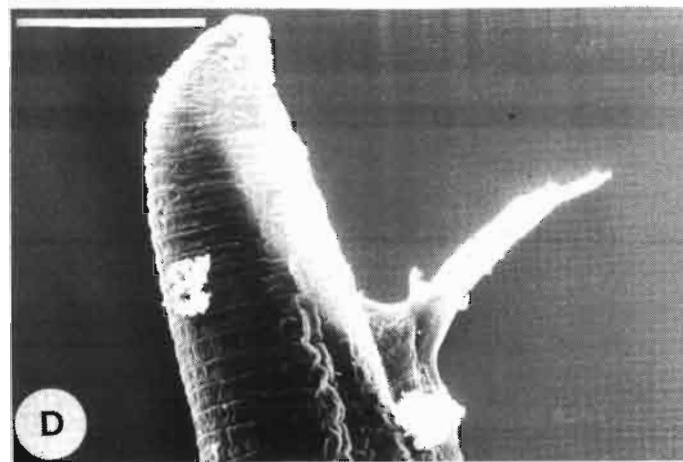
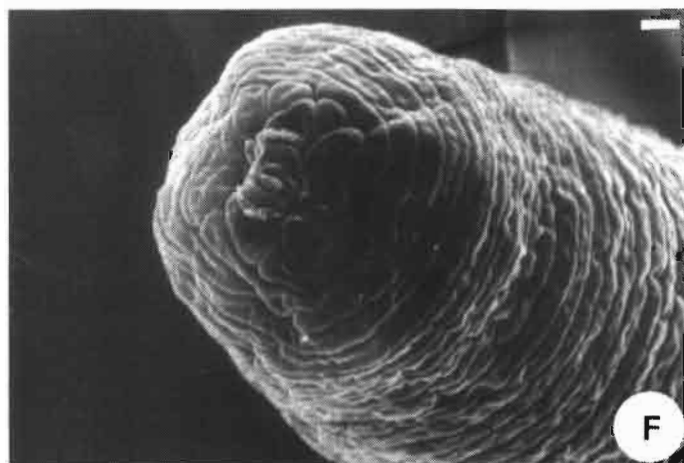
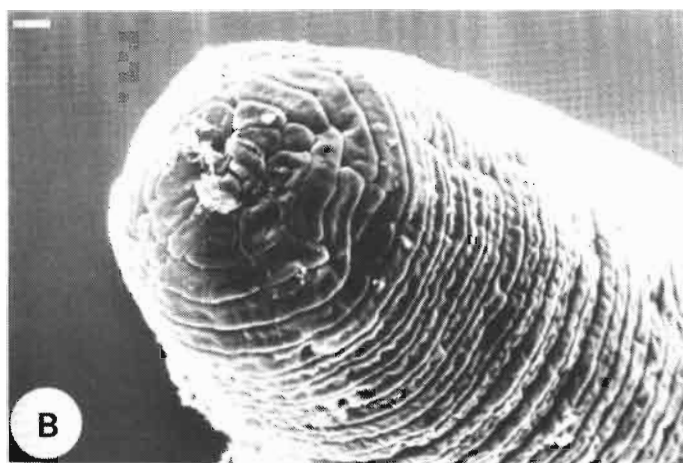
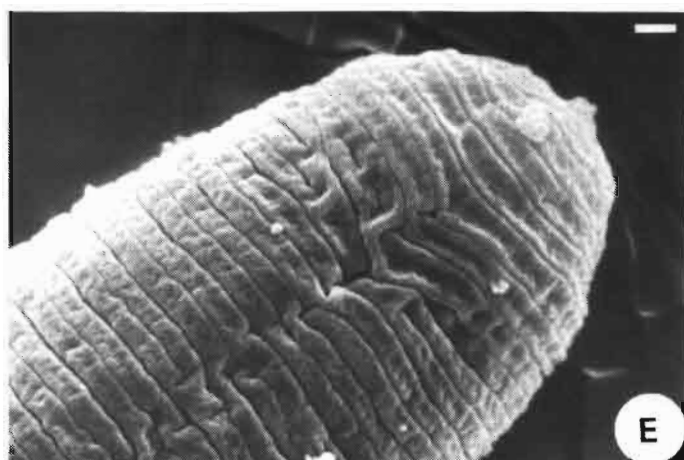
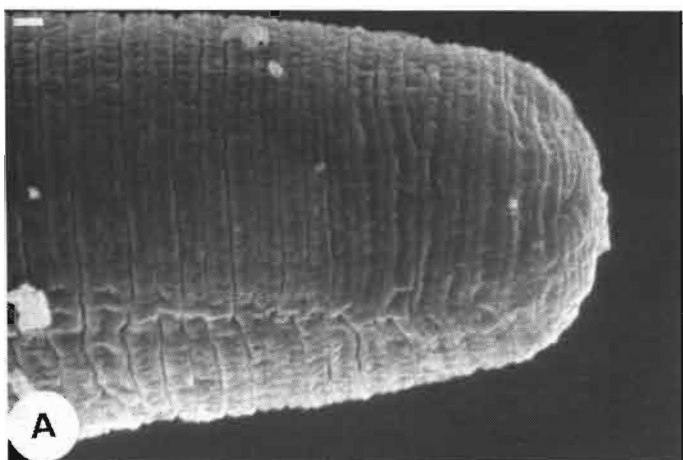


Fig.10 : A,E : mâle, région antérieure vue de profil. B,C,F,G: mâle, secteur céphalique vu de face. D,H : mâle, spicules, queue et bursa.

L'échelle représente : D,H : 10 micromètres

A,B,C,E,F,G : 1 micromètre

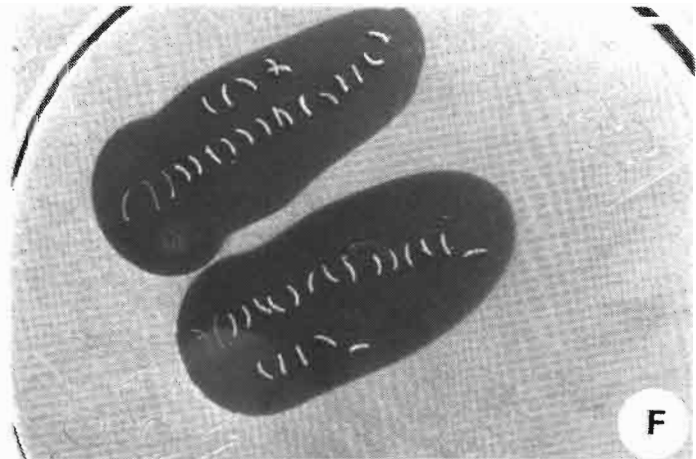
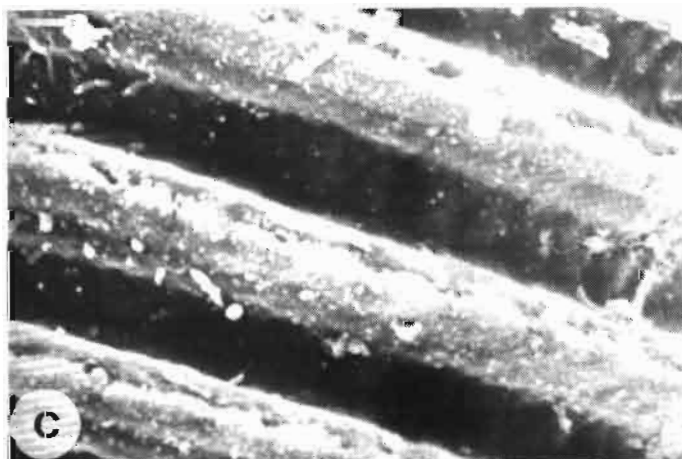
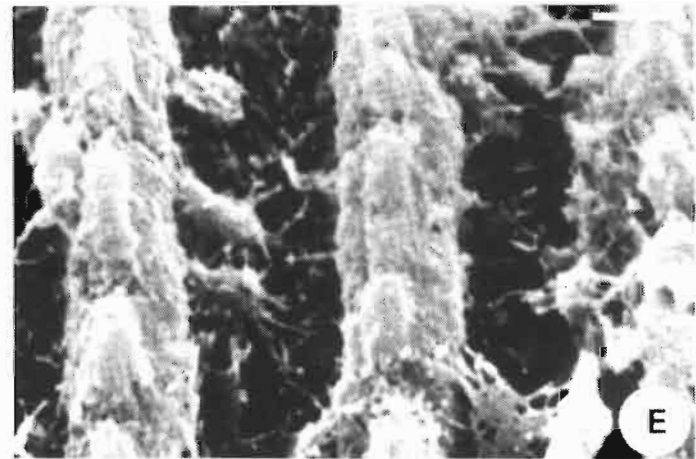
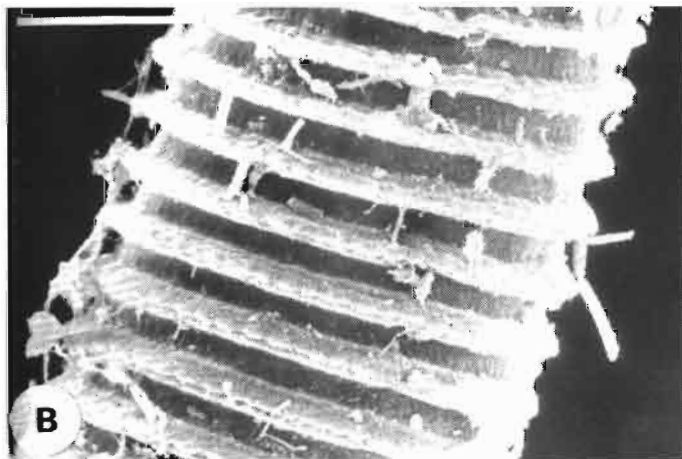
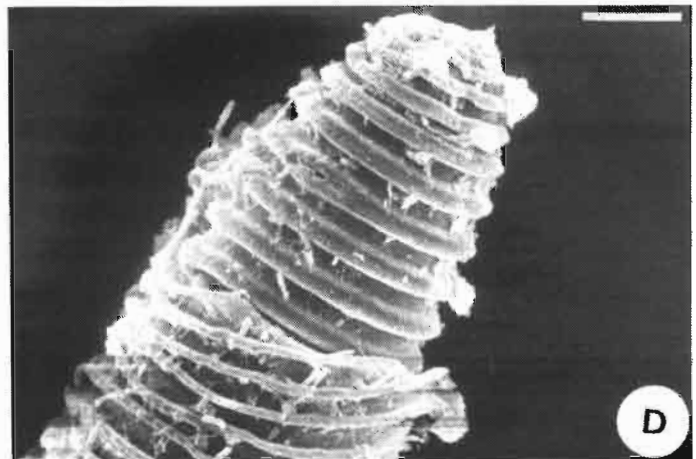
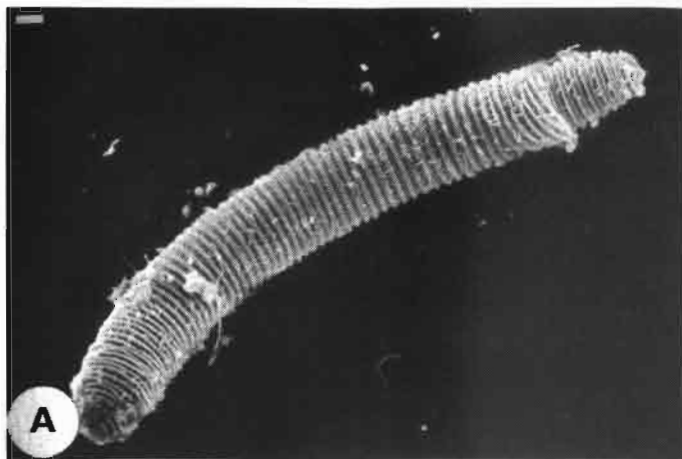


Fig.11 : A,D : femelle sortant de sa dernière mue larvaire
 B,C,E : larve, détails de l'annélation. F : vue générale du portoir.

L'échelle représente : A,B,D : 10 micromètres
 C,E : 1 micromètre
 F : 1000 micromètres

Le deuxième anneau, plus étroit que les anneaux suivants, est continu à discontinu mais toujours bien distinct : de contour grossièrement circulaire et crénelé, il présente deux indentations dorso-ventrales (fig. 8G,H).

On observe chez tous les individus une ornementation cuticulaire au niveau des champs latéraux (fig. 7B,D,F), dessinant une ligne en zig-zag discontinue : des portions de ligne en zig-zag sont séparés par des groupes d'anneaux entiers, selon un ordonnancement et des proportions relatives très variables. Aucun des 170 individus observés ne possède une ligne en zig-zag continue tout au long du corps : différence importante par rapport à la population grecque décrite par Vovlas et Inserra (1976). On passe toujours d'un groupe d'anneaux entiers à un groupe d'anneaux anastomosés par un groupe d'anneaux intermédiaires, présentant une évolution progressive d'une forme à l'autre (fig. 7F). La vulve (fig. 9A,B,E) est située à 4-5 anneaux de l'extrémité postérieure, et toujours béante. Les lèvres sont lisses, celle antérieure légèrement renflée (fig. 9F), sans ornementation et sans variation notable. L'anus (fig. 9E), circulaire et discret est situé deux anneaux postérieurement à la vulve, sur un anneau (fig. 9F) ou entre deux anneaux (fig. 9E). L'extrémité postérieure de forme tronquée arrondie comprend deux anneaux plus ou moins fusionnés.

3.2.2. Mâle

Corps nettement plus effilé que la femelle (fig. 7A, 9C), à l'annélation peu marquée. Tête arrondie brusquement (fig. 10A). Le premier anneau possède un relief peu accusé. Il porte un secteur labial visible seulement de face (fig. 10B,G), grossièrement arrondi et comportant une petite bouche en forme de fente. Jouxant le secteur labial et symétriques, deux éléments triangulaires avec une dépression en leur centre : il peut s'agir des amphides (fig. 10F). Le reste du premier anneau est divisé en secteurs de forme et disposition variables, parmi lesquels il est difficile d'identifier les lobes submédians ou d'autres structures. Ornementations cuticulaires sur les champs latéraux consistant en trois fines bandes longitudinales accolées (fig. 9D,H), dont le départ à 30-40 um de l'extrémité antérieure est marqué par un dessin particulier (fig. 9G). Ces bandes se poursuivent jusqu'à l'extrémité postérieure. La queue en forme de virgule ca-

TABLEAU 13 : INFLUENCE DU NEMATODE SUR LA CONSOMMATION EN EAU DE L'AUBERGINE, POUR DIFFERENTES HUMIDITES DU SOL

| | TEMOIN | INOCULE |
|-----|--------|---------|
| 5% | 440,3 | 346,7 |
| 7% | 584,7 | 539,9 |
| 9% | 665,1 | 630,9 |
| 11% | 733 | 747,6 |

valeurs moyennes cumulées en grammes d'eau.

ractéristique porte une bursa bien développée (fig. 10H). Les deux spicules sont contenus dans un fourreau ornementé à son extrémité distale par une rangée de tubercules.

3.2.3. Larves (fig. 11)

Comme on l'a vu plus haut, la morphologie des larves L3 et L2 se rapproche de celle de la femelle, avec une taille plus réduite, des anneaux marqués et rétrorses, et un primordium génital très réduit. Les larves L4 s'en distinguent surtout par l'oesophage et l'annélation moins marquée. Les quelques larves observées en microscopie électronique à balayage ont une morphologie générale semblable à celle de la femelle, mais les anneaux sont plus marqués et plus fins (fig. 11B) ; ils portent des épines saillantes (fig. 11C,E). L'observation d'une femelle sortant de sa mue larvaire de quatrième stade permet de comparer les annélations (fig. 11A,D).

3.3. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DU SOL SUR LA MULTIPLICATION DU NEMATODE (TABLEAU 11)

A 30°C comme à 32°C, la population est multipliée par neuf en 60 jours. Par contre à 34°C et 36°C le taux de multiplication est très nettement inférieur à un : la population ne parvient pas à maintenir son niveau initial. Les sols dont la température atteint ou dépasse 34°C sont donc défavorables au nématode.

3.4. INFLUENCE DE L'HUMIDITE DU SOL SUR LA MULTIPLICATION DU NEMATODE (TABLEAU 12)

Les traitements 7% et 11% se détachent des autres : à 7% d'humidité le taux de multiplication est significativement inférieur aux autres traitements, à 11% il est significativement supérieur.

C'est donc l'humidité 11% qui autorise le taux de multiplication le plus élevé ; notons que même dans ces conditions optimales le taux de multiplication reste relativement faible par rapport à celui d'autres nématodes de la zone (notamment Criconemella curvata)

TABLEAU 14 : INFLUENCE DU NEMATODE SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'AUROBERGINE
POUR DIFFERENTES HUMIDITES

| | 5% INU | 5% IEM | 7% INU | 7% IEM | 9% INU | 9% IEM | 11% INU | 11% IEM |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| PF BRULÉES | 0,41 ± 0,19 (47%) | 1,48 ± 0,58 (39%) | 0,64 ± 0,30 (47%) | 1,55 ± 0,80 (39%) | 0,95 ± 0,57 (60%) | 1,96 ± 0,55 (28%) | 0,98 ± 0,38 (39%) | 2,45 ± 0,88 (36%) |
| PF FEUILLES | 2,39 ± 0,34 (14%) | 3,60 ± 0,23 (5%) | 3,13 ± 0,49 (16%) | 4,32 ± 0,97 (22%) | 3,70 ± 0,67 (18%) | 5,12 ± 0,50 (10%) | 4,46 ± 0,77 (17%) | 5,93 ± 0,59 (12%) |
| PF TOTAL | 2,79 ± 0,50 (18%) | 5,08 ± 0,66 (13%) | 3,77 ± 0,75 (20%) | 5,87 ± 1,38 (23%) | 4,65 ± 1,17 (25%) | 7,09 ± 0,81 (11%) | 5,44 ± 1,08 (20%) | 8,38 ± 1,49 (18%) |
| PS BRULÉES | 0,04 ± 0,03 (78%) | 0,16 ± 0,08 (53%) | 0,05 ± 0,04 (88%) | 0,15 ± 0,08 (54%) | 0,07 ± 0,05 (67%) | 0,18 ± 0,08 (42%) | 0,07 ± 0,03 (45%) | 0,22 ± 0,10 (47%) |
| PS FEUILLES | 0,25 ± 0,12 (49%) | 0,47 ± 0,07 (16%) | 0,44 ± 0,10 (22%) | 0,56 ± 0,14 (25%) | 0,50 ± 0,14 (28%) | 0,67 ± 0,11 (16%) | 0,57 ± 0,15 (26%) | 0,19 ± 0,17 (22%) |
| PS TOTAL | 0,29 ± 0,13 (47%) | 0,63 ± 0,15 (24%) | 0,50 ± 0,13 (27%) | 0,71 ± 0,19 (27%) | 0,57 ± 0,19 (33%) | 0,85 ± 0,17 (20%) | 0,64 ± 0,18 (28%) | 1,00 ± 0,26 (26%) |

PF = poids frais

PS = poids sec

INU = plantes inoculées

IEM = plantes témoins (non inoculées)

Les valeurs correspondant aux témoins sont significativement différentes de celles correspondant aux plantes inoculées, sauf PSF 7% (indiqué par un astérisque)

3.5. INFLUENCE DU NEMATODE SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'AUBERGINE

Une première approche de la nocuité du nématode pour l'aubergine a été obtenue par les expériences "gamme d'humidité" et "gamme d'hôtes", réalisées respectivement avec des niveaux d'inoculum différents. Ces résultats ont permis de définir la gamme d'inoculum testée dans l'expérience ultérieure : "nocuité du nématode pour l'aubergine".

3.5.1. Influence du nématode sur le développement de l'aubergine pour différentes humidités du sol.

- influence du nématode sur la consommation en eau de l'aubergine (TABLEAU 13)

A 5% d'humidité, la courbe de consommation d'eau des plantes inoculées se confond avec celle des témoins puis "décroche" dans les 15 derniers jours de l'expérience. Même constatation pour l'humidité 7%, avec un décrochage moins important. A 9% d'humidité l'écart entre les deux courbes n'est perceptible que dans les tous derniers jours de l'expérience et minime. A 11%, la courbe de consommation des plantes inoculées est située légèrement au-dessus de celle des témoins.

Le nématode semble donc provoquer une diminution de la consommation en eau de l'aubergine entre le 45ème et le 60ème jours du cycle, d'autant plus marquée que l'humidité est faible.

- influence du nématode sur le développement de l'aubergine (TABLEAU 14)

Pour les quatre humidités étudiées, le développement des plantes inoculées est significativement inférieur à celui des témoins. Les différences pour les poids de feuilles sont moins marquées que pour les poids de racines mais cependant très nettes. La péjoration du développement est plus forte aux humidités les plus faibles.

Notons que la taille de l'inoculum pour cette expérience est 700 nématodes par vase.

3.5.2. Influence du nématode sur le développement de l'aubergine (expérimentation "gamme d'hôtes") (TABLEAUX 15 et 16)

Le niveau d'inoculum était ici nettement plus faible que dans l'expérience ci-dessus : 100 nématodes par vase. L'humidité et la températures étaient optimales pour le nématode.

TABLEAU 15 : INFLUENCE DU NEMATODE SUR LA CONSOMMATION EN EAU DES PRINCIPALES CULTURES SAHELIENNES ET DE L'AUBERGINE

| | TEMOIN | INOCULE |
|-----------|-----------|-----------|
| Aubergine | 834,88 | 825,42 |
| Arachide | 1208,46 | 1207,8 |
| Mil | 715,92 | 741,8 |
| Sorgho | 776,56 | 758,22 |
| Niebe | 1451,68 * | 1273,66 * |

Valeurs moyennes cumulées en grammes d'eau.

Les valeurs significativement différentes au seuil de 5% sont indiquées par un astérisque

Les courbes de consommation en eau des plantes inoculées se confondent avec celles des témoins. De même les poids de racines et de feuilles ne montrent aucune différence entre les inoculés et les témoins. Avec ce niveau d'inoculum le nématode n'a pas d'influence sur le développement de l'aubergine.

On déduit de ces résultats et de ceux ci-dessus que la gamme d'inoculum à tester est comprise entre 100 et 700 nématodes par vase, le seuil de nocuité étant compris entre ces deux valeurs.

3.5.3. Nocuité du nématode pour l'aubergine

L'échéance de l'expérience survenant après la fin du stage, il n'est pas possible d'en présenter les résultats ici.

3.6. INFLUENCE DE L'HOTE SUR LA MULTIPLICATION DU NEMATODE (TABLEAU 17)

L'aubergine autorise un taux de multiplication assez élevé de la population initiale : c'est un bon hôte pour le nématode. Le niébé et le sorgho permettent le maintien du niveau de population initial, voire une légère augmentation : on peut les qualifier d'hôtes médiocres. Le mil et l'arachide qui ne permettent pas la survie des nématodes sont deux plantes non-hôtes. Ainsi, sur les cinq plantes testées, la qualité d'hôte varie considérablement d'une plante à l'autre.

3.7. INFLUENCE DU NEMATODE SUR LE DEVELOPPEMENT DES PRINCIPALES CULTURES DE LA ZONE SAHELIENNE.

3.7.1. Influence du nématode sur la consommation en eau des plantes (TABLEAU 15)

Les courbes de consommation d'eau de l'arachide et du sorgho ne montrent aucune différence entre plantes inoculées et témoins. La courbe de consommation des mil-inoculés est située au-dessus de celle des mil-témoins pendant la presque totalité de l'expérience, mais la différence est très faible. La consommation des plants de niébé inoculés est inférieure à celle des plantes témoins pendant toute la deuxième phase de l'expérience, avec une tendance accrue vers la fin.

TABLEAU 16 : INFLUENCE DU NEMATODE SUR LE DEVELOPPEMENT DES PRINCIPALES CULTURES SAHELIENNES ET DE L'AUBERGINE

| | AUB INU | AUB TEM | ARA INU | ARA TEM | MIL INU | MIL TEM | SOR INU | SOR TEM | NIE INU | NIE TEM |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| PF RACINES | 1,07 ± 1,10 (103%) | 1,30 ± 1,22 (144%) | 1,48 ± 0,96 (65%) | 1,43 ± 0,66 (46%) | 3,21 ± 1,84 (57%) | 3,35 ± 2,00 (60%) | 4,40 ± 2,74 (62%) | 4,44 ± 2,88 (64%) | 3,93 ± 1,07 (27%) | 4,48 ± 1,34 (30%) |
| PF FEUILLES | 3,78 ± 1,54 (41%) | 3,98 ± 2,08 (53%) | 5,97 ± 1,14 (19%) | 5,70 ± 1,64 (29%) | 3,76 ± 1,44 (38%) | 3,93 ± 1,61 (41%) | 4,31 ± 2,16 (50%) | 3,87 ± 2,06 (53%) | 4,24 ± 1,33 (55%) | 5,93 ± 0,69 (12%) |
| PF TOTAL | 4,87 ± 1,47 (30%) | 5,27 ± 3,10 (59%) | 7,46 ± 2,01 (27%) | 7,14 ± 2,18 (31%) | 6,97 ± 3,23 (46%) | 7,28 ± 3,54 (49%) | 8,71 ± 4,64 (53%) | 8,31 ± 2,98 (36%) | 8,17 ± 2,62 (32%) | 10,05 ± 3,09 (31%) |
| PS RACINES | 0,15 ± 0,12 (80%) | 0,17 ± 0,15 (88%) | 0,26 ± 0,09 (35%) | 0,20 ± 0,10 (50%) | 0,40 ± 0,30 (75%) | 0,46 ± 0,39 (85%) | 0,66 ± 0,47 (71%) | 0,54 ± 0,44 (61%) | 0,38 ± 0,13 (34%) | 0,47 ± 0,22 (47%) |
| PS FEUILLES | 0,64 ± 0,36 (56%) | 1,63 ± 0,30 (18%) | 1,63 ± 0,30 (18%) | 1,51 ± 0,49 (32%) | 0,80 ± 0,40 (50%) | 0,84 ± 0,44 (52%) | 1,12 ± 0,70 (63%) | 0,99 ± 0,67 (68%) | 0,97 ± 0,52 (54%) | 1,25 ± 0,56 (45%) |
| PS TOTAL | 0,79 ± 0,46 (58%) | 0,81 ± 0,54 (57%) | 1,89 ± 0,38 (20%) | 1,71 ± 0,58 (34%) | 1,20 ± 0,68 (57%) | 1,30 ± 0,80 (62%) | 1,78 ± 1,11 (62%) | 1,53 ± 1,01 (66%) | 1,36 ± 0,56 (41%) | 1,72 ± 0,67 (39%) |

PF = poids frais

PS = poids sec

INU = plantes inoculées

TEM = plantes témoins (non inoculées)

AUB = aubergine

ARA = arachide

SOR = sorgho

NIE = niebe

Les différences entre les plantes inoculées et les témoins ne sont significatives dans aucun cas

Avec une taille d'inoculum de 101 nématodes par vase et une humidité de 11%, le nématode n'exerce aucune influence sur la consommation d'eau de l'arachide, du mil et du sorgho, mais péjore la consommation d'eau du niébé.

3.7.2. Influence du nématode sur le développement des plantes (poids de racines et de feuilles) (TABLEAU 16)

Aucune différence significative n'a été mise en évidence, quel que soit l'hôte considéré. Dans les conditions de l'expérience (taille de l'inoculum : 101 nématodes par vase, humidité élevée), le nématode n'a pas d'influence sur le développement des cultures testées.

3.8. ETUDE IN VITRO DES RELATIONS HOTE-PARASITE

Les nématodes placés sur la gélose au voisinage des racines se déplacent à travers le film d'eau vers les racines suivant les tensions de surface. Nous avons pu observer deux comportements :

- les animaux peuvent rester "au repos", immobiles dans le film d'eau au voisinage de la racine.

- après s'être rapprochés, les nématodes effectuent des mouvements prospectifs de la tête sur la surface de la racine, tout en gardant le corps plus ou moins parallèle à celle-ci. Certains animaux ont été observés en train de pomper (fig. 6F) dans la première couche de cellules de la racine (assise pilifère), l'extrémité antérieure collée sur la surface de la racine et le stylet projeté vers les cellules racinaires. Des mouvements en va-et-vient de substances sont alors perceptibles dans l'oesophage. Nous n'avons jamais observé de nématode ayant la tête enfoncée dans les tissus racinaires, celle-ci demeurant toujours à l'extérieur.

3.9. CYCLE BIOLOGIQUE DU NEMATODE

Les expériences préliminaires destinées à améliorer la méthode utilisée ont conduit à augmenter la taille de l'inoculum de une à dix femelles. Chaque inoculum est constitué par pêche individuelle des animaux transférés dans un tube vacutainer et versés dans le vase de végétation lors de l'inoculation. L'extraction est réalisée par centrifugation - flottaison sur solution de saccharose, technique au rendement élevé.

TABLEAU 17 : INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE

| | Aubergine | Arachide | Mil | Sorgho | Niebe |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Population initiale | 101,5 ± 5,6 (5,5%) | 101,5 ± 5,6 (5,5%) | 101,5 ± 5,6 (5,5%) | 101,5 ± 5,6 (5,5%) | 101,5 ± 5,6 (5,5%) |
| Population finale | 3412,6 ± 4416,7 (61%) | 1,9 ± 4,0 (210%) | 0 | 275,9 ± 346,6 (126%) | 426,9 ± 747,6 (175%) |
| Taux de multiplication | 33,6 a | 0,02 b | 0 b | 2,7 c | 4,2 c |

Les valeurs significativement différentes au seuil de 5% sont suivies par une lettre différente.

Cependant il n'a pas été possible de récupérer plus de 20% des nématodes initialement installés, huit jours et 15 jours après inoculation. Ces rendements médiocres n'autorisent pas l'étude quantitative nécessaire pour l'appréhension du cycle du nématode.

PARTIE IV. DISCUSSION DES RESULTATS

Les différents facteurs abiotiques étudiés (température et humidité du sol) n'ont aucune influence sur la biométrie et la morpho-anatomie du nématode. Une variabilité intrinsèque - d'ailleurs limitée - existe au sein de la population. Criconemella sphaerocephala diffère en ce point avec l'espèce voisine étudiée au Sénégal, Criconemella curvata, qui présente des variations biométriques suivant le taux d'humidité du sol. L'étude des autres espèces présentes au Sénégal étant en cours, il n'est pas encore possible d'effectuer d'autres comparaisons.

L'hôte semble avoir une influence sur la biométrie du nématode : les animaux élevés sur sorgho ont un corps, un stylet et un oesophage plus court que ceux élevés sur aubergine. De telles variations ont été relevées chez C. curvata. L'étude morpho-anatomique en microscopie électronique à balayage des individus issus de la gamme d'hôtes reste à faire.

Parmi les cinq plantes testées, seule l'aubergine est un bon hôte pour le nématode. Le mil et l'arachide, cultures largement dominantes au Sénégal, sont non-hôtes, ce qui constitue une première information sur l'incidence économique du nématode dans la région. Nous avons mis en évidence l'absence d'influence du nématode sur le développement des principales cultures sahéliennes et de l'aubergine, avec un niveau d'inoculum de 100 nématodes par vase et une humidité élevée. Par contre, avec un niveau d'inoculum plus élevé, on note une péjoration du développement de l'aubergine d'autant plus forte que l'humidité est faible. Il serait donc intéressant de poursuivre l'expérience "gamme d'hôtes" avec un niveau d'inoculum au moins égal au seuil de nocuité (déterminé par l'expérience "nocuité du nématode pour l'aubergine"), et une humidité du sol plus faible. La gamme d'hôtes peut être étendue au maïs et à la canne à sucre, signalés comme bons hôtes dans la littérature.

Les rares données de la littérature sur la nocuité indiquent qu'elle est faible ou incertaine pour les hôtes testés. Les applications agronomiques de notre étude seront basées sur la valeur du seuil de nocuité, à comparer avec les densités de nématodes existant in vivo dans les sols de la région. L'objectif étant de savoir si le nématode cause de réels dégâts aux plantes dans le contexte écologique du Sénégal.

L'expérience "gamme de températures" a permis de définir un optimum thermique situé entre 30 et 32°C : notons que les températures du sol notamment dans le bassin arachidier et le Ferlo, atteignent fréquemment 34°C, température défavorable à notre espèce, ce qui peut expliquer l'absence de découverte dans ces zones.

L'observation de 200 larves a permis de mettre en évidence trois stades larvaires nettement différenciés chez cette espèce. Le passage du second au troisième stade larvaire s'accompagne d'une augmentation générale de la taille, la morphologie étant conservée. Le passage du troisième au quatrième stade s'accompagne d'une augmentation de la taille du corps et du primordium génital, d'une diminution de la taille du stylet et du nombre d'anneaux, tandis que la morphologie et en particulier celle de l'oesophage s'éloigne de celle de la femelle. Il serait intéressant de confirmer ces résultats en observant d'autres animaux, ce que nous n'avons pu réaliser faute de temps. De même l'examen de larves de différents stades au microscope électronique à balayage pourra apporter des informations complémentaires (caractéristiques morphologiques distinctives).

L'étude du cycle biologique du nématode, sur lequel nous n'avons aucune donnée, s'est heurtée à des problèmes méthodologiques (comme précédemment pour C. curvata). Il semble que les animaux inoculés ne se conservent pas dans le sol jusqu'à l'extraction. Vu la faible taille de l'inoculum (10 nématodes par vase) la technique d'inoculation doit être très fiable : pêche et dépôt individuels des nématodes semblent le mieux adaptés. L'utilisation d'animaux fraîchement extraits donc en bon état nutritionnel semble surtout indispensable : nous nous sommes aperçus en effet que les populations de nématodes décroissaient rapidement dans les tubes une semaine environ après extraction, les animaux séparés de leur plante-hôte dépérissant très vite.

Globalement, la population sénégalaise décrite ici n'est nettement identifiable à aucune de celles présentées dans la littérature. Les différences portent sur la longueur du corps (plus faible dans le cas de la population sénégalaise), la longueur du stylet (plus importante) et le nombre total d'anneaux (plus important). Des similitudes existent néanmoins avec les populations Sud-Africaine (Van Den Berg, 1981) et Argentine (Chaves, 1983).

CONCLUSION

Cette étude a permis de mieux connaître certaines caractéristiques de la biologie de Criconemella sphaerocephala, dans le contexte écologique du Sénégal. Un preferendum thermique a été déterminé et permet de déduire que les sols de l'intérieur du Sénégal sont trop chauds pour permettre la multiplication du nématode. De même le preferendum hydrique (11%) n'est pas atteint fréquemment dans les conditions sahéliennes. L'hôte exerce une influence prépondérante sur la biologie du nématode, et les deux principales cultures de la zone sahélienne sont non-hôtes. La nocuité du nématode n'a été mise en évidence, vu les conditions expérimentales adoptées, que pour l'aubergine. Les mesures réalisées sur 520 individus ont permis de décrire les caractéristiques biométriques de l'espèce au Sénégal. L'étude au microscope électronique à balayage a permis de compléter les connaissances acquises sur la morphologie de l'espèce.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUJARD, P., BERTHOU, F., BODIAN, Y., MARTINY, B., PARISELLE, A. & SARR, E. (1987). Rapport d'activité du laboratoire de nématologie pour l'année 1986, ORSTOM, Dakar, 121 p.
- BAUJARD, P. & PARISELLE, A. (1987). Fabrication de microtamis et préparation des nématodes pour l'observation au microscope électronique à balayage. *Revue Nématol.*, 10 : 477-481.
- BOULANGER, S. (1988). Données nouvelles sur Criconemella curvata (Raski, 1952) Luc & Raski, 1981 (Nematoda, Tylenchida, Criconematidae) dans la zone sahélienne du Sénégal. *Mémoire D.A.A. , I.N.A. - P.G.*, 31 p.
- CHAVES, E. (1983). Criconematoidea (Nematoda) from Argentina. *Nematologica*, 29 : 418-422.
- COOLEN, W.A. & D'HERDE, C.J. (1972). A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *Publ. of the station of Nematology Research, Merelbeke, Belgium* : 77p.
- COOMANS, A. (1966). Some nematodes from Congo. *Revue Zool. Bot. Afr.*, 74 : 305-306.
- DESWAL, P. & BAJAJ H.K. (1987). Species of Criconematids (Nematoda : Criconematina) from Haryana, India. *Systematic Parasitology*, 9 : 185-188.
- EBSARY, B.A. (1982). Bakernema yukonense n.sp. (Nematoda : Criconematidae) with keys to the species of Criconemella and Discocriconemella. *Canadian. J. of Zool.*, 60 : 3033-3043.
- EDWARD, J.C. & MISRA, S.L. (1966). Criconema vistwanathum n.sp. and four other hitherto described Criconematinae. *Nematologica*, 11 : 569-571.

de GRISSE, A. (1964). Morphological observation on Criconemoides, with a description of four new species found in Belgium (Nematoda). Meded. Landb. Hogesch. Gent, 29 : 742-743.

de GRISSE, A. & LOOF, P.A.A. (1965). Revision of the genus Criconematoides (Nematoda). Meded. Landb. Hooges. Gent, 30 : 585-586.

de GRISSE, A. (1967). Description fo 14 new species of Criconematidae with remarks on different species of this family : 79.

de GRISSE, A. & LOOF, P.A.A. (1970). Intraspecific Variation in some Criconematidae (Nematoda). Meded. Landb. Wetens. Gent, 41-60.

HEYNS, J. (1970). South African Criconematinae. Part 2. Genera Criconema, Hemicriconemoides and some Macroposthonia (Nematoda). Phytophylactica 2 : 131.

HOLTZMANN, O.V. (1968). Plant-nematode associations previously unreportedd from Hawaii. Plant. Dis. Rept., 52 : 517.

JACOB, Y. (1989). Rapport d'activité (VSNA) au laboratoire de nématologie, Centre ORSTOM, Dakar.

KINLOCH, R.A. (1974). Nematode and crop response to show-terme rotations of corn and soybean. Proceedings of the soil and crop science society of Florida. 33 : 86-88.

KINLOCH, R.A. (1987). The population dynamics of Criconemella sphaerocephala and the nematode's relationship to sorghum yield. J. Nematol., 19 : 536.

KINLOCH, R.A. & LUTRICH, M.C. (1975). The relative abundance of nematodes in an established field-crop rotation. Proceedings, soil and crop science society of Florida, 34 : 192-194.

LOOF, P.A.A. (1964). Free-living and plant-parasitic nematodes from Venezuela. Nematologica, 10 : 231.

- LUC, M. (1959). Nouveaux Criconematidae de la zone intertropicale (Nematoda : Tylenchida) 4 : 18-20.
- LUC, M. & de GUIRAN, G. (1960). Les nématodes associés aux plantes de l'Ouest Africain - liste préliminaire. Agronomie tropicale, ext. 4 : 443.
- LUC, M., MERNY, G. & NETCHER, C. (1964). Enquête sur les nématodes parasites des cultures de la République Centrafricaine et du Congo-Brazzaville. Agron. trop., Nogent, 19 : 727,734.
- LUC, M. (1970). Contribution à l'étude du genre Criconemoides Taylor 1936 (Nematoda : Criconematidae). Cah. ORSTOM, Sér. Biol., 11 : 122.
- LUC, M. & RASKI, D.J. (1981). Status of the genera Macroposthonia, Criconemoides, Criconemella & Xenocriconemella (Criconematidae : Nematoda). Revue Nematol., 4 : 3-17.
- MACGOWAN, J.B. (1987). Bureau of Nematology. Sample detections of special interest. Florida dept. of agricult. and consumer service (div. of plant industry). Tri-ology, 26 : 1-3.
- MACGOWAN, J.B. (1987). Bureau of Nematology. Sample detection of special interest. Tri-ology Technical Report Florida department of agriculture and consumer service U.S.A., 16 : 5-6.
- NICKLE, W.R. (1960). Nematodes associated with the rootlets of western white pine in Northern Idaho. Plant. Dis. Rept., 44 : 470-471.
- ORTON WILLIAMS, K.J. Macroposthonia sphaerocephala. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 2, 28, 2p.
- PRASAD, KHAN & MATHUR, (1965). Criconemoides georgii n.sp. (Nematoda : Criconematidae) from india. Curr. Sci., 34 : 667-668.
- RASKI, D.J. & GOLDEN, A.M. (1966). Studies on the genus Criconemoides Taylor, 1936 with descriptions of eleven new species and Bakernema variabile n.sp. Nematologica, 11 : 510-514.

RASKI, J. & LUC, M. (1987). A reappraisal of Tylenchina (Nemata) 10. The superfamily Criconematoidea, Taylor, 1936. Revue Nématol., 10 : 420.

REAY, F. (1985). Australian plant nematodes : new records of Criconemella and Discocriconemella (Nematoda : Criconematidae). Australian Plant Pathology 14 : 53-54.

SEINHORST, J.W. (1950). De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaftje (Ditylenchus dipsaci (Kühn) Filipjev) Tijdschs. Plziekt., 56 : 289-348.

SEINHORST, J.W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. Nematologica, 8 : 117-128.

SHER, S.A. (1954). Observations on plant-parasitic nematodes in Hawaii. Plant. Dis. Rept., 38 : 688.

SIDDIQI, M.R. (1961). Studies on species of Criconematinae (Nematoda : Tylenchida) from India. Proc. Helminth. Soc. Wash., 28 : 25,28.

SIDDIQI, M.R. (1986). Tylenchida : parasites of plants and insects : 394.

STEINER, G. (1938). Criconemoides sphaerocephalum A.L. Taylor, 1936 living on cotton roots in the United States. Opuscula miscellanea nematologica VII. Helminth. Soc. Wash. : 38.

STEINER, G. (1949). Plant Nematodes the grower should know. Bull n° 131 05/1956. Dept of Agric. State of Florida (from the fourth proc. of soil Science, Society of Florida, 1942) : 34-35.

SZCZYGIEL, A. (1974). Plant parasitic nematodes associated with strawberry plantations in Poland. Zeszyty Problemowe Postepow Nank Rolniczych 154 : 67-68.

TARJAN, A.C. (1964). Distribution of plant-parasitic nematodes on citrus and other crops in Puerto Rico. Plant. Dis. Rept., 48 : 377.

TARJAN, A.C. (1964). Rejuvenation of nematized centripedegrass turf with chemical drenches. Proc. Fla. St. hort. Soc., 77 : 456-461.

TARJAN, A.C. & FREDERICK, J.J. (1981). Reaction of nematode-infected centripedegrass turf to pesticidal and non-pesticidal treatments. Proc. Flo. State Hort. Soc. 94 : 225-227.

TAYLOR, A.L. (1936). The genera and species of the Criconematinae, a sub-family of the Anguilluliniidae (Nematoda). Transactions of the American Microscopical Society., 4 : 402-415.

THORNE, G. (1961). Principes of Nematologie. Mac Graw-Hill Book co., Inc. : 343-344.

TIMM, R.W. (1965). A preliminary survey of the plant-parasitic nematodes of Thailand and the Philippines. Bangkok, SEATO : 26, 60, 61.

TOIDA, Y. & MOMOTA, Y. (1981). Criconematidae from Mulberry fields in Japan. J. Nématol. 10 : 27-28.

VAN DEN BERG, E. (1980). Studies on some Criconematoidea (Nematoda) from South Africa with a description of Ogma rhombosquamatum (Mehta & Raski, 1971) Andrassy, 1979. Phytophylactica, 12 : 15-23.

VOLVAS, N. & INSERRA, R.N. (1976). Morphological characters of Macroposthonia sphaerocephala (Nematoda : Criconematidae). Nematol. mediterr., 4 : 155-160.

WHEELER, T.A., KENERLEY, C.M., JEGER, M.J. & STARR, J.L. (1987). Effect of quadrat and core sizes on determining the spatial pattern of Criconemella sphaerocephalus. J. Nématol., 19 : 413-419.

WILLIAMS, J.R. (1960). Studies on the nematode soil fauna of sugar cane fields in Mauritius 4. Tylenchoidea (partim). Occasional Paper. Mauritius Sugar Industry Research Institute, 4 : 22-24.

