

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
16, rue Claude Bernard 75231 PARIS Cédex 05

Section de troisième cycle interécoles
Protection des cultures
(INA-PG, ENSAM, ENSAR, ENSSAA)

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du
Diplôme d'Agronomie Approfondie

BOULANGER Sophie

Données nouvelles sur *Criconemella curvata* (Raski,
1952) Luc & Raski, 1981 (Nematoda, Tylenchida,
Criconematidae) dans la zone sahélienne du Sénégal

20 Septembre 1988 - INA-PG, Paris

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération
ORSTOM, Laboratoire de Nématologie
B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
16, rue Claude Bernard 75231 PARIS Cédex 05

Section de troisième cycle interécoles
Protection des cultures
(INA-PG, ENSAM, ENSAR, ENSSAA)

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du
Diplôme d'Agronomie Approfondie

BOULANGER Sophie

Données nouvelles sur *Criconemella curvata* (Raski, 1952) Luc & Raski, 1981 (Nematoda, Tylenchida, Criconematidae) dans la zone sahélienne du Sénégal.

20 Septembre 1988 - INA-PG, Paris

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération
ORSTOM, Laboratoire de Nématologie
B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

Maitre de stage : M.P. BAUJARD
Professeur responsable : M.G. STREBLER, INA-PG

Aucune référence de ce mémoire et aucune diffusion des résumés ou du texte n'est autorisée sans l'accord des trois personnes ci-après (rayer les mentions inutiles) :

	Référence du mémoire et diffusion des résumés		Diffusion du mémoire			Signature
Le maitre de stage	OUI	NON	OUI	NON	Accord préalable
Le professeur responsable	OUI	NON	OUI	NON	Accord préalable
L'étudiante	OUI	NON	OUI	NON	Accord préalable

Résumé

L'étude biométrique montre que la population de *Criconemella curvata* (Raski, 1952), Luc & Raski, 1981, prélevée dans le bassin arachidier sénégalais possède une queue plus longue que celles des populations décrites dans la littérature. Nous observons des modifications morphologiques suivant les conditions d'élevage (hôte, taux d'humidité du sol). La grande variabilité morphologique observée au microscope électronique à balayage au niveau du premier anneau et du bord de la lèvre antérieure correspond bien aux descriptions antérieures.

Les expériences menées au laboratoire montrent que l'hôte est un facteur déterminant du développement du nématode : le mil et le sorgho sont de très bons hôtes, le niébé un bon hôte et l'arachide un non hôte. La température et le taux d'humidité du sol n'interviennent qu'à partir des valeurs extrêmes de la gamme étudiée. Le nématode se développe 2 à 2,5 fois plus à 36°C qu'aux températures inférieures. Le nématode n'est pas sensible aux variations du taux d'humidité relative du sol, au dessus de 7p.100.

L'étude de la nocuité de *C. curvata* indique que le nématode a un effet pathogène sur le niébé pour un niveau d'inoculum de 150 spécimens par vase de végétation. Sur l'arachide et le mil, aucun effet pathogène n'a été observé.

Mots clés : *Criconemella curvata*, Sénégal, systématique, relation plante-hôte, nocuité.

Avant-propos

Le travail qui m'a été proposé débute un programme, prévu sur 2 ans, d'études comparatives des 25 espèces de nématodes phytoparasites maintenues en élevage au laboratoire de Nématologie de l'ORSTOM Dakar, qui sont les plus abondantes et les plus fréquentes de la zone sahélienne du Sénégal. Aucune des autres études n'étant terminée, il n'est pas possible d'effectuer un bilan comparatif.

Les pannes d'électricité répétées ont gêné la réalisation de ce stage, en particulier dans le maintien des températures du sol.

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements à M. BAUJARD qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire, me guider dans mon travail et prendre sur son temps de vacances pour examiner et corriger ce rapport.

Je tiens tout particulièrement à remercier Samba Baïdy N'Diaye qui tout au long de ces 6 mois de stage, m'a fait bénéficier de sa haute compétence en matière de nématologie.

Mes remerciements vont aussi à M. PARISELLE et M. JACOB pour leur aide spontanée en informatique et leur gentillesse pour me véhiculer jusqu'à la faculté des Sciences de Dakar.

Merci également à Amy BA d'avoir accepté de taper ce rapport.

Je remercie enfin tout le personnel du laboratoire de nématologie à Dakar pour la gentillesse qu'ils m'ont témoigné et leur disponibilité constante.

Sommaire

Introduction	1
1. Données bibliographiques sur le nématode <i>Criconemella curvata</i> (Raski, 1952) Luc & Raski, 1981	4
2. Matériels et méthodes	14
2.1. Provenance du matériel biologique : nématodes et plantes.	14
2.2. Techniques de culture des végétaux	15
2.2.1. Vases de végétation	15
2.2.2. Semis	15
2.2.3. Maintien de la température et du taux d'humidité du sol	15
2.2.4. Protection phytosanitaire	16
2.3. Techniques de manipulation des nématodes	16
2.3.1. Extraction des nématodes	16
2.3.2. Dénombrement	16
2.3.3. Constitution de l'inoculum	17
2.3.4. Inoculation des nématodes et semis	18
2.3.5. Montage des préparations permanentes de nématodes	19
2.3.6. Mensurations des nématodes	19
2.3.7. Préparation des nématodes pour l'observation au microscope électronique à balayage	19
3. Résultats	20
3.1. Biométrie	20
3.2. Morpho-anatomie	22
3.3. Etude au microscope électronique à balayage	23
3.4. Influence de la température du sol sur le taux de multiplication	23
3.5. Influence de l'humidité du sol sur le taux de multiplication	24
3.6. Influence de l'hôte sur le taux de multiplication	24
3.7. Influence de l'hôte sur le taux de survie à la dessiccation du sol	25
3.8. Influence du nématode sur le développement du sorgho à différents taux d'humidité du sol	26
3.9. Etude de la nocuité du nématode vis à vis des cultures pluviales de la zone sahélienne	27

4. Discussions	29
Conclusions	33
Références bibliographiques	35



Echelle 1 : 500 000
0 50 100 km

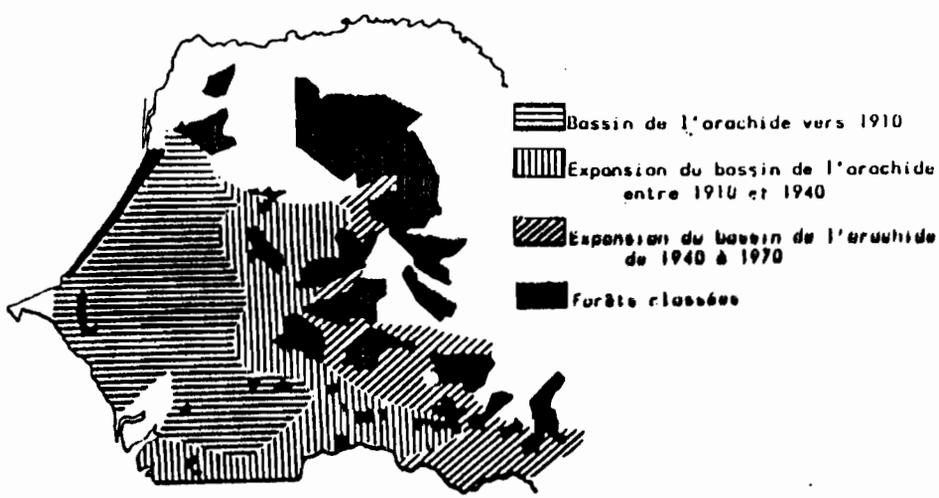
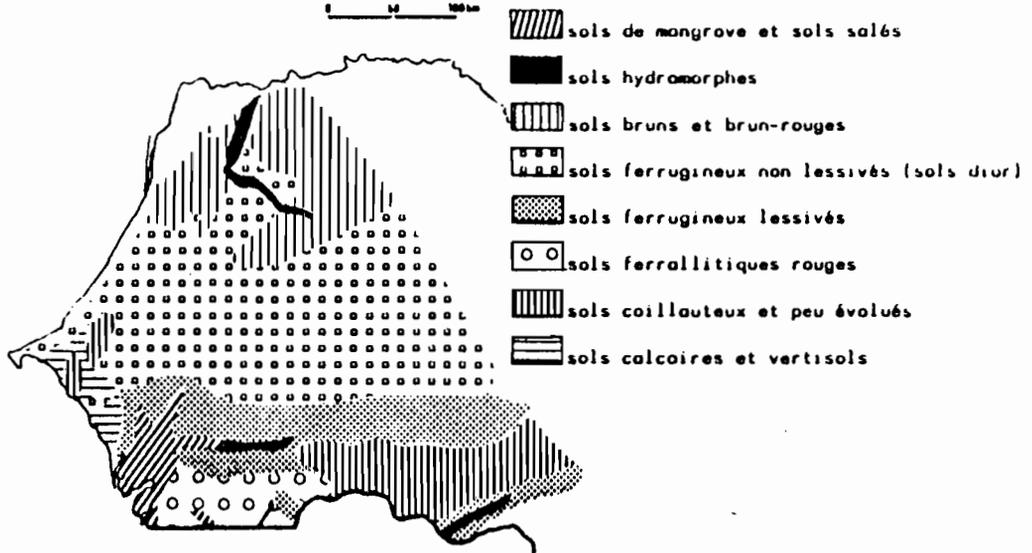


Fig. 1 : Le bassin arachidier sénégalais

INTRODUCTION

Le bassin arachidier sénégalais recouvre les plaines du Centre Ouest du Sénégal jusqu'aux confins du Ferlo à l'Est et jusqu'à la Gambie au Sud (Fig. 1).

Les sols sont essentiellement constitués de matériaux sableux : sols bruns et brun-rouges au nord, sols ferrugineux non lessivés, encore appelés "sols dior", dans le centre, et sols ferrugineux lessivés dans le sud, appelés "sols deck" (Maignien, 1965).

Soumise à un climat de type sahélien, cette région connaît une saison pluvieuse (juillet à octobre) qui alterne avec une saison sèche (novembre à juin) ; l'étude des régimes pluviométriques révèle un gradient nord-sud : les totaux annuels inférieurs à 400 mm au nord, atteignent 800 mm et plus au sud.

Cette région, essentiellement paysanne, ne pratique que la culture pluviale : l'arachide (*Arachis hypogea* L.), le mil (*Pennisetum typhoides* Rich.) et le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sont cultivés partout, tandis que le sorgho (*Sorghum vulgare* L.) n'est cultivé que sur les sols à taux d'argile important dans le sud. Dans les régions méridionales, la pluviométrie plus élevée autorise les cultures du maïs (*Zea mays* L.) et du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). La jachère est une pratique encore largement répandue.

Les études entreprises par les nématologistes de l'ORSTOM concernent essentiellement le bassin arachidier du Sénégal ; cependant des résultats ont été acquis dans d'autres pays de la bande sahélienne : faunistique et traitements nématicides au Mali (Baujard, 1986 a), études sur la chlorose voltaïque des légumineuses au Burkina Faso (Germani et Luc, 1982 a, 1982 b). Ces re-

cherches ont abouti, sur le plan agricole, à la mise au point de techniques de traitement chimique des sols. Ces traitements induisent des augmentations considérables (doublement) des rendements des cultures pluviales de la zone sahélienne ouest africaine avec une rentabilité économique certaine (Germani et al., 1984).

Les acquis de la recherche nématologique permettent d'estimer qu'une cinquantaine d'espèces de nématodes phytoparasites peuple les sols de la zone sahélienne ouest africaine (Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Tchad) (Baujard, 1986 b). Sur cette cinquantaine d'espèces, 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, *Pratylenchus sefaensis/Zea mays* au Sénégal. Pour les autres espèces, nous ne possédons aucune donnée sur leur nocuité éventuelle.

L'analyse des relations hôte-parasite et des facteurs conditionnant ces relations traduit la complexité des phénomènes auxquels sont confrontés les nématologistes. L'aptitude des différentes espèces inventoriées dans les sols de la zone sahélienne à se développer sur un hôte végétal apparaît être sous la dépendance i) de la température du sol, ii) du taux d'humidité du sol, iii) de l'hôte sur lequel le nématode a effectué son cycle précédent, iv) de l'hôte (espèce et cultivar) sur lequel il effectue son cycle, v) de l'existence d'une quiescence (anhydrobiose) préalable à sa mise en contact avec l'hôte. Il apparaît également que cette dépendance multiple semble caractéristique de chacun des couples nématode-plante envisageables (Baujard, com. pers.).

Ces études ont permis de caractériser les taxons et de

déterminer, en première approche, les conditions nécessaires au maintien des différentes espèces au laboratoire ; actuellement, les vingt cinq espèces les plus abondantes et les plus fréquentes de la zone sahélienne sont en élevage permanent au laboratoire, ouvrant ainsi la possibilité d'entreprendre les études liées à la nocuité des nématodes vis à vis des cultures pluviales de la zone.

L'ensemble de ces résultats conduit à formuler les évaluations suivantes : la nocuité des espèces phytoparasites identifiées dans la zone sahélienne ouest africaine doit être déterminer afin d'affiner le diagnostic issu de l'analyse nématologique. Ces études doivent permettre d'inventorier la nocuité de chacune des espèces phytoparasites vis à vis des cultures pluviales de la zone sahélienne et de déterminer les seuils pathogènes ; ces deux éléments sont indispensables pour utiliser les données de l'analyse nématologique. Ce sont ensuite des données qui autoriseront l'élaboration d'une cartographie des "risques nématologiques" des sols de la zone sahélienne.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de *Criconemella curvata*, espèce pour laquelle nous avons très peu de données pour la zone sahélienne. Dans un premier temps nous étudierons la systématique de ce nématode, puis l'influence de facteurs biotiques et abiotiques sur son développement. La dernière partie est consacrée à l'étude de la nocuité du nématode vis à vis des cultures pluviales rencontrées dans le bassin arachidier sénégalais.

1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LE NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA

(RASKI, 1952) LUC & RASKI, 1981

1.1. POSITION SYSTEMATIQUE

Phyllum : Nemata
Ordre : Tylenchida
Superfamille : Criconematoidea
Sous famille : Criconematinae.

Les nématodes appartenant à la sous famille des Criconematinae se caractérisent par *i*) un corps trapu, de petite taille (au maximum 0,86 mm de longueur), *ii*) une forte annélation du corps, *iii*) un champ latéral absent ou le plus souvent une ligne irrégulière formée par anastomose d'anneaux, *iv*) chez la femelle, un stylet robuste dont la partie conique est plus longue que la partie cylindrique ; chez le mâle, un stylet dégénéré ou absent, *v*) un procorpus fusionnant avec le métacorpus, suivi d'un isthme très court.

Originellement placé dans le genre *Criconemoides* (Raski, 1952), cette espèce est transférée dans le genre *Macroposthonia* (De Grisse & Loof, 1965) puis finalement dans le genre *Criconemella* (Luc & Raski, 1981).

Plusieurs autres espèces ont été synonymisées à *Criconemella curvata* (Luc & Raski, 1981, 1987) :

- *Criconemoides tescorum* de Guiran, 1963 : l'examen de la population type et de populations nouvelles de cette espèce ne révèle aucune différence nette et constante avec *C. curvata* (Luc, 1970).
- *Criconemoides nainitalensis* Edward & Misra, 1963 : la synonymie a été effectuée par Raski et Golden en 1965.
- *Macroposthonia coomansi* de Grisse, 1967.
- *Criconemoides dorsoflexus* Boonduang & Ratanaprapa, 1974.

- *Macroposthonia rusium* Khan, Chawla & Saha, 1976.

1.2. DESCRIPTION

1.2.1. Biométrie

Les tableaux 1 et 2 récapitulent toutes les mensurations relevées dans la littérature.

1.2.2. Morpho-anatomie

1.2.2.1. femelle

Habitus légèrement courbé ventralement ; Corps trapu ($a = 7,6 - 13,1$), cylindrique, aux extrémités arrondies (Raski, 1952 ; Heyns, 1970 ; Doucet, 1980) à légèrement effilées (Boonduang & Ratanaprapa, 1974 ; Loof, 1974). Anneaux du corps à bords lisses, retrorses sauf pour les deux premiers qui sont plus petits et plus étroits. En général pas d'anastomose sur les anneaux au niveau des champs latéraux ; lorsqu'il en existe (une ou deux), leur emplacement est variable. Elle concerne alors seulement deux anneaux, l'anneau incomplet pouvant être indifféremment dorsal ou ventral. Le premier anneau est subdivisé en quatre plaques labiales (les plaques labiales dorsales et ventrales sont peu développées) présentant des contours irréguliers ; présence de quatre lobes submédians larges d'environ $1,5 \mu\text{m}$ à face antérieure légèrement aplatie, non reliés entre eux, nettement détachés du disque labial et parfois légèrement repliés. Contour du disque labial à peu près rectangulaire. Ouverture des amphides étroite (Raski, 1952) à large (Doucet, 1980) et ovale ; ouverture buccale en forme de fente. Anneau labial de contour irrégulier. Le pore excréteur se situe au niveau des 21-29^{èmes} anneaux à partir de

Tableau 2 : MENSURATIONS DES LARVES DE CRICONEMELLA CURVATA

	Raski	De Guiran	Loof	Doucet	Jaffee,	Nyczepir &	Golden	
	1952	1963	1974	1980	1987			
Hôte (s)	<u>Antirrhinum</u> <u>sp.</u>	graminées indéterminées	?	<u>Cassia</u> <u>aphylla</u>	pêchers			
Localité	Californie	Côte d'ivoire		Argentine	Pennsylvanie			
n	-----	3	2	-----	20	56	77	
Stade	IV	III	IV	IV	II	III	IV	
L (mm)	-----	0,145-0,157	0,187-0,197	0,40	0,30-0,35	0,166-0,0172	0,172-0,245	0,202-0,330
a	-----	9,0-9,8	8,2-8,5	10,9	8,2-8,5	-----	-----	-----
b	-----	2,4-3,2	2,9-3,0	3,8	3,7-4,2	-----	-----	-----
c	-----	-----	-----	-----	27	24-34	-----	-----
St (µm)	41-46	26-27	31-35	44	40	25-29,5	33-40,5	40-50
prorahbdion (µm)	-----	-----	-----	-----	32	-----	-----	-----
G	-----	-----	-----	26	-----	-----	-----	-----
R	80-88	97-107	97-100	87	84-86	84-96	81-95	80-94
Rst	-----	-----	-----	-----	15	-----	-----	-----
Roes	-----	-----	-----	-----	26	-----	-----	-----
Rex	-----	-----	-----	25	24-26	-----	-----	-----
Ran	-----	-----	-----	5	4	-----	-----	-----

l'extrémité antérieure, approximativement au niveau de la base de l'oesophage, lequel mesure 108 à 130 μm . Hémizonide d'un anneau de long, souvent indistinct, localisé à un ou deux anneaux avant le pore excréteur.

Branche génitale unique, droite ou sinueuse selon le degré de son développement (30,9 à 70,7 p.100 de la longueur du corps). Spermatozoaire absente (Boonduang & Ratanaprapa, 1974) ou mal différenciée, vide (Doucet, 1980) à ronde, pleine (Loof, 1974), située au niveau des 15-17^{èmes} anneaux avant la vulve (Heyns, 1970). Vagin droit. Vulve ouverte, située en général sur les 6-8^{èmes} anneaux (parfois jusqu'au 10^{ème}) à partir de l'extrémité postérieure. Le bord de la lèvre antérieure de la vulve est de forme variable : elle présente généralement une apparence légèrement bilobée mais peut être de forme extérieure simple (Raski, 1952) ; Doucet (1980) observe sur le bord de la lèvre antérieure deux excroissances en forme de pointe fortement développées en vue latérale chez la plupart des spécimens. La lèvre antérieure peut être plus ou moins protubérante. Anus situé à deux anneaux postérieurement à la vulve. Queue arrondie à conoïde. Le dernier anneau peu dentelé, en forme d'un disque ou d'un C très fermé.

1.2.2.2. mâle

L'annélation du corps est plus fine et moins proéminente que chez la femelle. Au milieu du corps, largeur des anneaux égale à 2,5-3 μm . Le champ latéral est marqué par quatre incisures. Tête arrondie, stylet absent ; la cavité buccale, l'oesophage et l'intestin sont très peu développés, voire indistincts. Pore excréteur situé sur les 88-91^{èmes} anneaux à partir de l'extrémité antérieure du corps. Hémizonide d'environ 1,5 μm de large, localisé deux anneaux avant le pore excréteur. Spicules longs de 26-27 μm ,

peu (Loof, 1974) à très incurvés (Raski, 1952). Gubernaculum simple, droit, long de 5 μ m. Le fourreau du spicule fait saillie très distinctement. Queue pointue à extrémité arrondie (Raski, 1952) ou effilée (Loof, 1974) ; bursa petite (Raski, 1952) à bien développée (Loof, 1974), commençant légèrement avant l'ouverture cloacale et s'étendant presque jusqu'au niveau de l'extrémité postérieure. Les mâles sont rares.

1.2.2.3. Larves

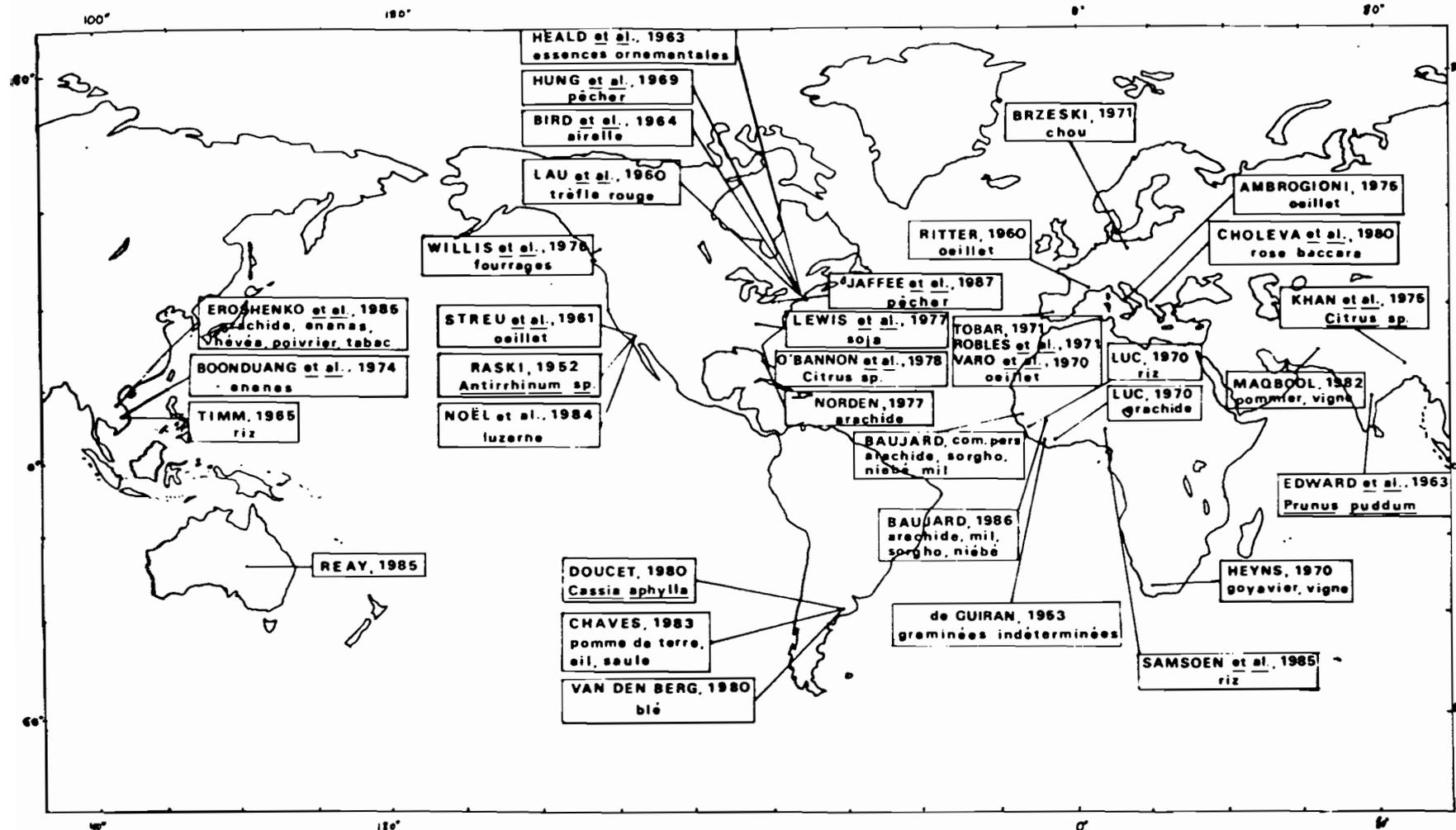
Même aspect général que celui des femelles. Anneaux du corps à bord postérieur lisse. L'annélation des larves du second stade est indistinctement crénelée, celle des larves du troisième stade l'est nettement. Le bord des anneaux des larves du quatrième stade et des femelles adultes n'est pas crénelé (Jaffee et al., 1987). Les premiers stades de développement de la gonade sont bien visibles tant chez les larves du troisième stade que chez les larves du quatrième stade. De même, chez ces deux stades, on peut distinguer l'ébauche de la vulve, située sur les 7-8^{èmes} anneaux postérieurs. Anus indiscernable (Luc, 1970).

1.2.3. Etudes au microscope électronique à transmission

1.2.3.1. Ultrastructure du stylet et du canal excréteur

Le stylet de *C. curvata* est constitué de trois parties : une conique, une cylindrique et la troisième formée par des boutons basaux. Six canaux pénètrent dans la lumière du stylet au niveau de la jonction axe-boutons basaux. Au niveau de cette jonction, Chen et Wen (1980) observent la présence de connections cytoplasmiques entre les canaux et les cellules voisines du stylet. A l'intérieur des canaux, des ribosomes et des structures membra-

Fig. 2 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE et HOTES de CRICONEMELLA CURVATA



naires sont observés. L'étude de l'ultrastructure de la région médiane du stylet et du canal excréteur, entreprise par Robles-Chillida et al. (1971) met en évidence la présence d'une zone multivésiculée, entourée par une double membrane. Le canal excréteur s'étend parallèlement à la cuticule, le lumen conservant le même diamètre jusqu'au niveau du pore excréteur.

1.2.3.2. Ultrastructure de l'oesophage

Les glandes oesophagiennes sont constituées de nombreux compartiments hexagonaux. Les cellules des glandes oesophagiennes dorsales sont hétérogènes, composées par deux types de granules à densité électronique différente. Les cellules des glandes oesophagiennes subventrales, apparaissent homogènes. Les glandes oesophagiennes dorsales et subventrales débouchent dans la lumière de l'oesophage à travers des canaux ramifiés, semblables à des trachées (Chen & Wen, 1980).

1.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET HOTES

C. curvata est largement distribuée dans le monde, présent sur tous les continents. Elle n'est inféodée particulièrement à aucun genre, famille ou classe de végétal (Fig. 2).

1.4. BIOLOGIE

1.4.1. Cycle biologique

Le cycle biologique comprend 3 stades juvéniles migrateurs (Streu et al., 1961) mais n'a jamais été clairement établi.

1.4.2. Locomotion

C. curvata se déplace par contraction du corps, par des mou-

vements "en vague", débutant dans la région postérieure puis se propageant vers la région antérieure. Le mouvement n'est pas ondulatoire, mais rectiligne : tous les muscles du corps, dans une même région, se contractent simultanément. Les mouvements sont très lents. Dans les vases de végétation, de nombreux nématodes restent près de la surface. La propagation horizontale se fait dans un filet d'eau ou à la faveur d'éclaboussures (Streu et al., 1961).

1.4.3. Mode d'alimentation

Sur oeillet, *C. curvata* se nourrit sur l'apex des racines aussi bien dans la zone de différenciation que dans les parties plus âgées (Streu et al., 1961). Sur les racines de jeunes plants de luzerne, les nématodes se situent principalement dans la zone de différenciation, mais d'autres sont observés occasionnellement dans la zone d'élongation, sur les racines secondaires et principales (Noël & Lownsbery, 1984). Lors de la recherche du site d'alimentation, le stylet effectue des mouvements prospectifs. Lorsqu'un site convenable est localisé, le stylet pénètre la paroi cellulaire par de fortes poussées. Durant l'alimentation, le corps reste immobile ; seules les pulsations du bulbe médian sont perceptibles. La plupart des nématodes reste à l'extérieur de la racine, mais occasionnellement la tête et même le corps entier pénètrent à l'intérieur de la racine, spécialement lorsque la densité de la population est importante (Streu et al., 1961 ; Bird & Jenkins, 1964 ; Hung et al., 1969 ; Noël & Lownsbery, 1984).

1.4.4. Reproduction

La reproduction de *C. curvata*, sur plants de luzerne est

Tableau 3 : INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DE CRICONEMELLA CURVATA

Référence	Hôte	nombre de jours de l'expérience	taux de multiplication	effet pathogène
<u>Streu et al.</u> 1961	D. caryophyllus	209	133	oui
Tobar, 1971	D. caryophyllus D. barbatus	420 420	127 182	? oui
Tobar <u>et al.</u> 1975	D. subacaulis D. malacitanus D. plumarius D. hispanicus D. caryophyllus	365 365 365 365 365	0,37 11,6 12,2 1,73 10,4	non non non non non
Bird et Jenkins, 1964	airelle	90	3,1	oui
Malek et Jenkins, 1964	Vicia villosa	90	56	non
Noël et Lownsbery, 1976	luzerne cv Moapa 69	510	40-63	oui

meilleure à 27°C qu'à 22°C (Noël & Lownsbery, 1984). Sur *Vicia villosa* Roth, le plus haut niveau de population est atteint à 25°C alors que sur *Dianthus caryophyllus* L., il l'est à 20°C. La température optimale est située probablement aux alentours de 24°C. Le taux de reproduction le plus faible se situe à 15°C sur vesce et à 30°C sur oeillet pour la gamme de température étudiée (15-20-25-30°C). Pour ces deux hôtes, aucune corrélation entre les différentes températures et la morphologie du nématode (longueur et largeur du corps, longueur du stylet) n'est mise en évidence, à l'exception d'une taille légèrement plus petite à 30°C sur oeillet (Malek et al., 1965).

1.5. DYNAMIQUE DES POPULATIONS

O'Bannon et Stockes, (1978) montrent que l'accroissement du niveau de population de *C. curvata* correspond à la période (avril à mai) de formation de nouvelles racines de *Citrus* sp.. La population atteint un niveau de 15 à 30 nématodes pour 200 cc de sol. Le niveau de population le plus bas est enregistré durant les mois d'hiver (janvier à mars). Ils dénombrent 0 à 8 nématodes pour 200 cc de sol.

1.6. NOCUITE DU NEMATODE (Tableau 3)

De nombreux auteurs ont enregistré un effet pathogène de cette espèce. La plante sur laquelle la nocuité de *C. curvata* a été la plus étudiée est probablement l'oeillet. En serre, Streu et al. (1961) mesurent une réduction de 33,6 p.100 du poids frais des racines de *D. caryophyllus*, 209 jours après l'inoculation de 250 *C. curvata* ; la réduction du système racinaire est apparente dès le 37^{ème} jour. Les résultats obtenus par Ferraz et Lear (1976 a) corroborent ceux de Streu et al. (1961) : 23 semaines après

l'inoculation de 25000 nématodes par vase de végétation, une diminution du poids frais de 48,7 p.100 pour les parties aériennes et de 45,3 p.100 pour le système racinaire est mesurée. En pénétrant à l'intérieur des tissus, le nématode détruit la couche cellulaire épidermique et cause des nécroses de tout le parenchyme cortical (Varo et al., 1970). Les dégâts ou les nécroses des racines sont également dus à la sécrétion d'une substance toxique par le nématode. Les cellules parasitées contiennent en profondeur du matériel granuleux (Streu et al., 1961). Sur airelle, Bird et Jenkins (1964) observent un matériel similaire, brun, uniquement dans les zones où les nématodes se sont nourris, ce qui semble bien être un des résultats de l'action parasitaire du nématode.

Hung et al. (1969) considèrent *C. curvata* comme un des facteurs responsables du "déclin des pêchers" dans le New Jersey. La prise de nourriture du nématode sur les racines de pêchers aboutit à la formation de lésions étendues. Sur cette culture comme sur celle d'airelle (Bird & Jenkins, 1964), *C. curvata* n'a aucun effet sur la croissance des racines déjà formées mais inhibe la formation de nouvelles racines. La croissance de la plante est fortement retardée.

L'effet pathogène de *C. curvata* sur plants de luzerne cv Moapa 69 a été mis en évidence par les travaux de Noël et Lownsbery, (1976, 1984). Le nématode réduit le nombre de racines nourricières de luzerne ainsi que la taille de la racine principale. La présence du nématode induit l'apparition de petites lésions sur l'ensemble du système racinaire. **Le ralentissement de la croissance apicale est plus important à 23°C qu'à 17°C ; l'arrêt de la croissance racinaire est semblable aux deux températures.**

Brzeski (1971) démontre l'effet pathogène de *C. curvata* sur chou cultivé *in vitro*.

Cependant, d'autres auteurs n'enregistrent aucun effet pathogène du nématode. Ainsi Malek et Jenkins (1964, 1966) n'observent aucune diminution de la croissance de *V. villosa*, bien que le nombre de *C. curvata* se soit multiplié par 56 en 3 mois. Cependant, l'inoculation de *C. curvata* induit des changements au niveau des éléments constitutifs de la plante : dans les racines, une accumulation hautement significative de sodium, potassium et azote est mesurée dans les racines infectées par comparaison aux racines non infectées. Au niveau des parties aériennes, les différences entre inoculé et témoin varient en fonction du temps. Ainsi un accroissement significatif du taux de sodium est mesuré 30 jours après inoculation, puis pendant les 60 jours suivants, aucune différence n'est décelée avec le témoin. Ils mesurent également une diminution du taux de calcium et de phosphore seulement 90 jours après inoculation, du taux de potassium dès le 30^{ème} jour après inoculation et de la quantité d'azote, 60 et 90 jours après inoculation.

D. caryophyllus , *D. plumarius* L. et *D. malacitanus* Haense-
len peuvent être considérés comme de très bons hôtes pour *C. curvata*, *D. hispanicus* Asso un bon hôte et *D. subacaulis* Vill. un hôte de maintenance (tableau 3). Pour toutes ces espèces, le nématode stimule la croissance racinaire des oeillets (Tobar et al., 1975). Heald et Jenkins (1964) montrent que l'inoculation de 10 000 *C. curvata* n'a aucun effet pathogène sur *Ilex glabra* L., *Berberis julianae* Schneid et *Pieris japonica* (Thun.) D. Don. bien que ce nématode soit souvent présent dans la rhizosphère de ces essences ornementales.

1.7. RELATIONS AVEC D'AUTRES AGENTS PATHOGENES

Tobar (1969) attribue l'absence de reproduction de *C. curvata* sur culture de pomme de terre à la présence d'une trop grande population d'*Helicotylenchus* sp.

Sous conditions xéniques, les lésions, provoquées par la prise de nourriture de *C. curvata* sur les racines de pêchers, sont envahies par d'autres micro-organismes en partie responsables de la décoloration et de la baisse de vigueur du système racinaire. Hung et al. (1969) suggèrent que "le déclin des pêchers" sévissant dans le New Jersey résulte d'une action combinée du nématode avec un ou plusieurs facteurs culturaux et/ou d'autres agents pathogènes.

L'étude des associations entre les populations de *Tylenchorhynchus dubius* (Bütschli) Filipjev, *Pratylenchus minyus* Sher & Allen et *C. curvata* sur racines de *D. caryophyllus* et *D. alpinus* L., pendant 345 jours, montre que *C. curvata* n'interfère pas sur la reproduction des autres espèces. Inversement *P. minyus* et *T. dubius* diminuent de manière significative le niveau de population de *C. curvata*, respectivement sur *D. caryophyllus* et *D. alpinus*. Sur *D. alpinus*, *P. minyus* stimule la croissance racinaire, laquelle accélère la reproduction de *C. curvata*. En populations multispécifiques, *T. dubius* et *P. minyus* interfèrent négativement sur les populations de *C. curvata*, quelque soit l'hôte (Tobar, 1973).

1.8. MAINTIEN EN ELEVAGE

Le choix des hôtes d'élevage est fonction du lieu, des objectifs et surtout des potentialités du laboratoire. Notons que l'oeillet se montre un très bon hôte pour *C. curvata* (tableau 3). L'élevage de *C. curvata*, inoculé sur des fragments de racines

d'oeillet mis à pousser en boîte de pétri ou sur cals de tissu racinaire dans des tubes à essai, ne se maintient pas. *C. curvata* dépose des oeufs, se déplace autour des racines en se nourrissant sur les cellules racinaires. Cependant, le deuxième stade n'est pas capable de se déplacer à l'intérieur du substrat et/ou de se nourrir sur les racines (Ferraz & Lear, 1976 b).

1.9. LUTTE

Hung et al. (1969) montrent qu'il est possible de réduire les pertes sur pêchers et d'aboutir à une meilleure croissance par l'application de nématocides non spécifiques.

Streu et al. (1961) contrôlent les populations de *C. curvata* en serre, sur oeillets, par application de vapeur d'eau chaude, maintenant la température du sol à 82°C pendant une demi-heure. La réinfestation peut être prévenue par utilisation de plantes saines.

2. MATERIELS ET METHODES.

2.1. PROVENANCE DU MATERIEL BIOLOGIQUE : NEMATODES ET PLANTES.

C. curvata provient d'un élevage de routine du laboratoire maintenu en serre, sur sorgho. Tous les 90 jours, ce qui correspond au cycle de la plante, l'élevage est renouvelé : les nématodes sont extraits ; 100 spécimens sont pêchés individuellement et réinoculés.

Les plantes utilisées sont les 4 principales cultures pluviales rencontrées dans la zone sahélienne : l'arachide cv 55-437, le mil cv souna III, le sorgho cv 51-69 et le niébé cv N58-57.

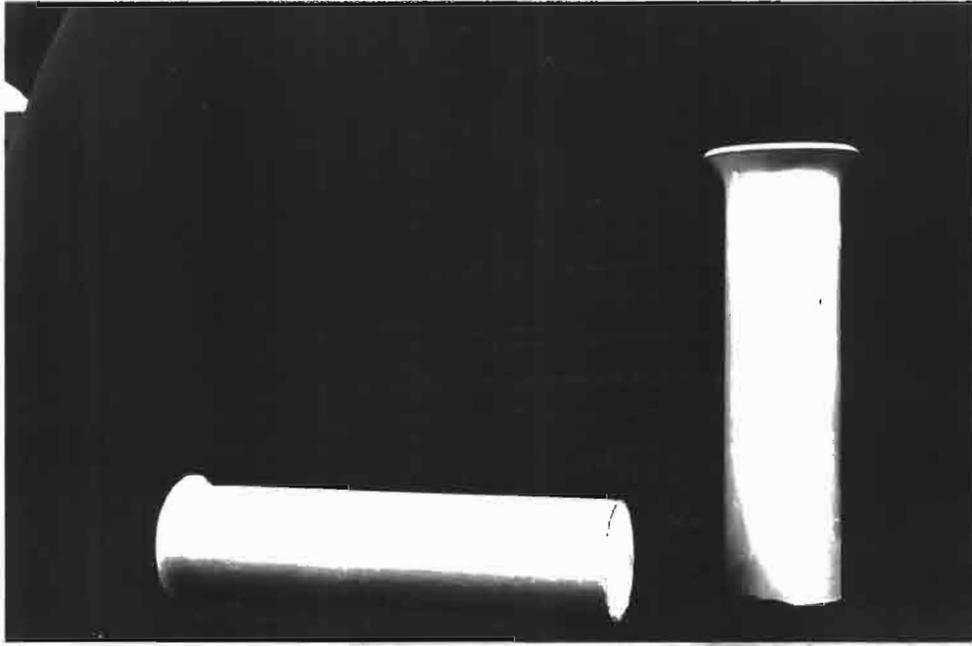


Fig. 3 : Vases de végétation

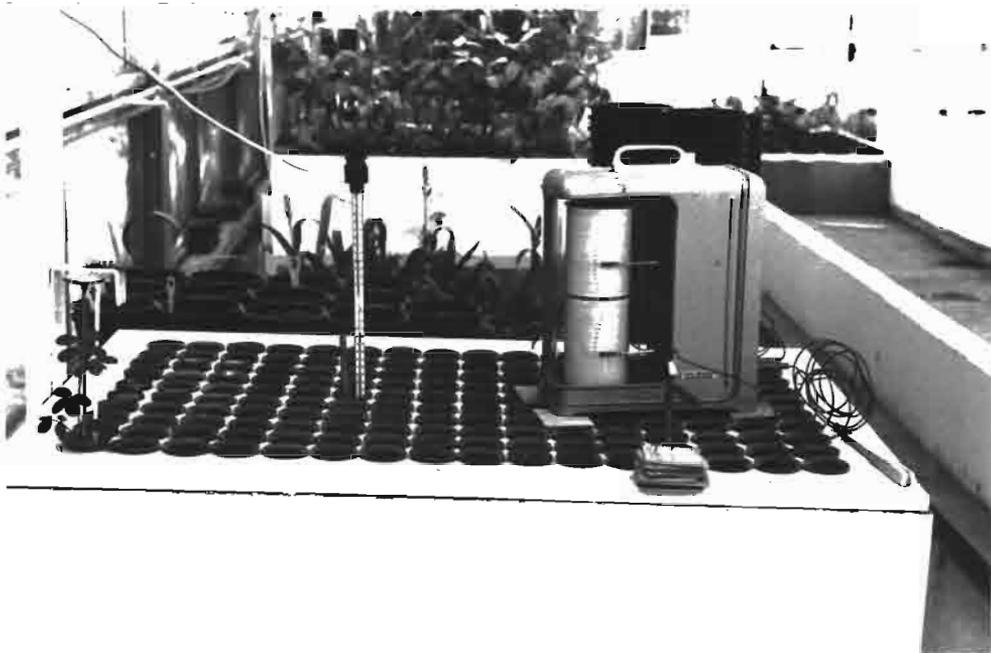


Fig. 4 : Bac de bois thermorégulé

2.2. TECHNIQUES DE CULTURE DES VEGETAUX

2.2.1. Vases de végétation

Toutes les expériences sont conduites en vases de végétation constitués d'un tube PVC obturé à sa base par une toile métallique à mailles de 100 μm (Fig. 3). Les tubes sont remplis de 340 grammes (250 cm^3) de sol sableux préalablement stérilisé par autoclavage (120°C pendant 30 mn) et tamisé. Pour l'étude de l'influence de la température du sol sur le taux de multiplication du nématode, 50 grammes de sol stérile sont ajoutés 7 jours après la mise en route de l'expérience pour consolider la plante : l'éclairage artificiel induit un mauvais développement de la plante, et les tiges manquent de vigueur.

2.2.2. Semis

Les grosses graines (niébé et arachide) sont mises à prégermer 48 heures avant l'inoculation-semis, à la température de $22-24^\circ\text{C}$ de telle sorte que l'on puisse planter des graines viables mais dont le développement végétatif n'est pas trop avancé. Une seule plante est repiquée. Les petites graines (mil et sorgho) sont semées par lot de 5 (sorgho) ou 10 (mil).

2.2.3. Maintien de la température et du taux d'humidité du sol

Les vases de végétation sont disposés dans des bacs de bois thermorégulés, munis d'une plaque à trous (Fig. 4).

Le taux d'humidité du sol, exprimé en pourcentage, est égal à $100 \times (\text{quantité d'eau} / \text{poids du sol sec})$. Sachant que le poids du sol sec est égal à 340 g, il apparaît que 17 g d'eau donne 5 p.100 d'humidité, 23,8 g 7 p.100, 30,6 g 9 p.100, 37,4 g 11 p.100 et 44,2 g 13 p.100. Dans le cas de l'étude de l'influence de la

température du sol, nous raisonnerons sur un poids de sol sec égal à 390 g. Nous définissons ainsi un poids théorique à x p.100 d'humidité qui est égal au poids du vase + poids du sol + poids de la graine (éventuellement) + poids d'eau pour atteindre x p.100 d'humidité. Deux fois par jour, matin et soir, chaque vase est pesé. Si le poids mesuré est inférieur au poids théorique, il est ajusté à ce dernier, par addition d'eau.

2.2.4. Protection phytosanitaire

Une protection phytosanitaire est effectuée régulièrement avec un produit polyvalent (antifongique, insecticide).

2.3. TECHNIQUES DE MANIPULATION DES NEMATODES.

2.3.1. Extraction des nématodes

Après 60 jours d'élevage (durée de toutes les expériences) les nématodes sont extraits par élutriation (Seinhorst, 1962). Le choix de cette technique repose sur une expérience préliminaire visant à comparer deux méthodes d'extraction : élutriation et centrifugation. Les résultats montrent que la première technique permet de recueillir un plus grand nombre de nématodes. De plus, nous avons montré que le passage des racines à l'asperseur (Seinhorst, 1950) n'est pas nécessaire. Le lavement des racines lors de l'élutriation permet de récupérer la totalité des nématodes présents sur les racines.

2.3.2. Dénombrement

Deux comptages sont effectués : un premier comptage est réalisé 7 jours après extraction sur une partie aliquote de la suspension ($5/50 \text{ cm}^3$). Un deuxième comptage sur le culot de la

suspension est effectuée à 14 jours. Les comptages sont effectués sous la loupe binoculaire à l'aide d'une plaque quadrillée de 300 carrés de 2 mm de côté, pour un volume de 5 ml.

2.3.3. Constitution de l'inoculum

Après dénombrement, les suspensions provenant des 2 comptages sont réunies. On laisse décanter ; puis l'eau du tube est soigneusement pompée à la trompe à vide. On ajoute 50 ml d'eau distillée et on agite bien le tube. Le contenu du tube est passé sur un tamis de 5 μ m qui surmonte un entonnoir placé sur un tube vide. On récupère le contenu du tamis dans une éprouvette graduée. L'eau de rinçage est utilisée pour l'inoculation des témoins : il s'agit d'inoculer sur le témoin les micro-organismes associés aux nématodes, favorables et/ou défavorables à la croissance de la plante (Fig. 5).

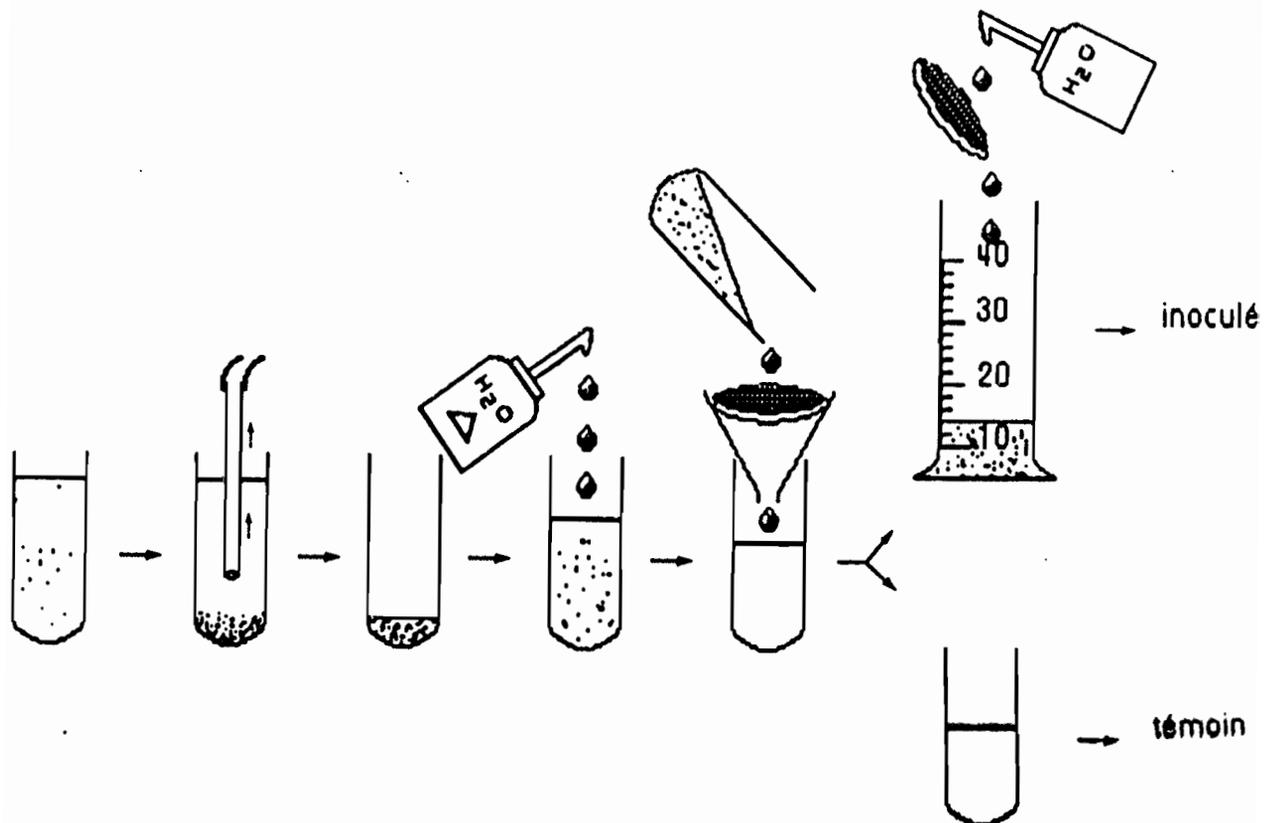


Fig. 5 : Constitution de l'inoculum

Chaque inoculum est constitué par pipetage de 2 ml de la suspension de nématodes homogénéisée par un courant d'air ascendant. Cet inoculum est placé dans un tube vacutainer. Une fois que tous les tubes vacutainers sont remplis, ils sont répartis de façon systématique pour les différents traitements : imaginons deux traitements à dix répétitions. Le premier tube rempli est pour le premier traitement, le deuxième tube pour le deuxième traitement, le troisième tube pour le premier traitement etc.... Cette opération est nécessaire car malgré le bullage, la taille des inoculums peut se modifier au fur et à mesure du pipetage (Baujard, com. pers.).

La taille de l'inoculum est vérifiée par constitution de dix tubes vacutainers supplémentaires. Nous déterminons le nombre de nématodes présents dans ces dix tubes et calculons la taille moyenne de l'inoculum et le coefficient de variation.

2.3.4. Inoculation des nématodes et semis

Une partie du sol contenue dans le vase de végétation est transvasée dans un verre. L'inoculum contenu dans le tube vacutainer est versé dans le vase. Le tube est rincé deux fois et l'eau de rinçage est versée dans le vase de façon que la totalité des nématodes soit inoculée. On laisse l'eau pénétrer dans le sol et juste avant la fin du ressuyage on ajoute une légère couche de sol que l'on humidifie immédiatement. On procède ensuite au semis/repiquage des plantes choisies. Dans le cas des grosses graines (arachide, niébé), on positionne la graine dans le vase à l'aide de pinces, et on complète le tube en vidant le reste du sol contenu dans le verre. Dans le cas des semences de petite taille, on vide le verre de moitié et on constitue au centre du tube, un petit cratère à l'aide du jet d'eau d'une pissette.

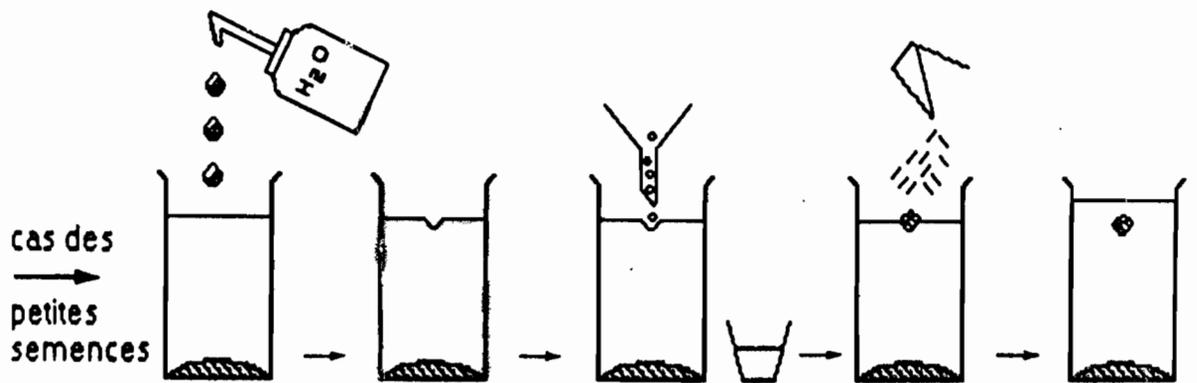
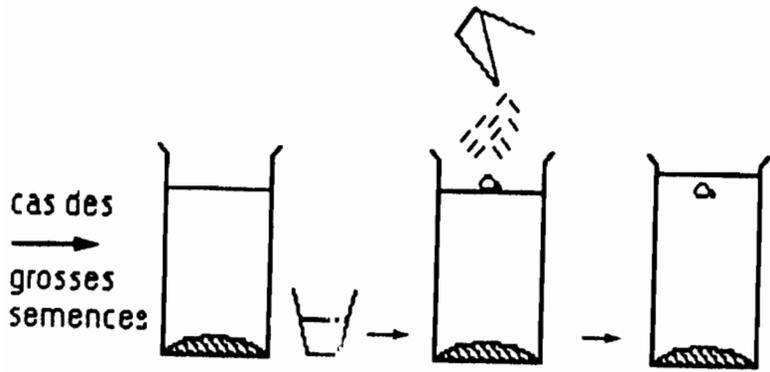
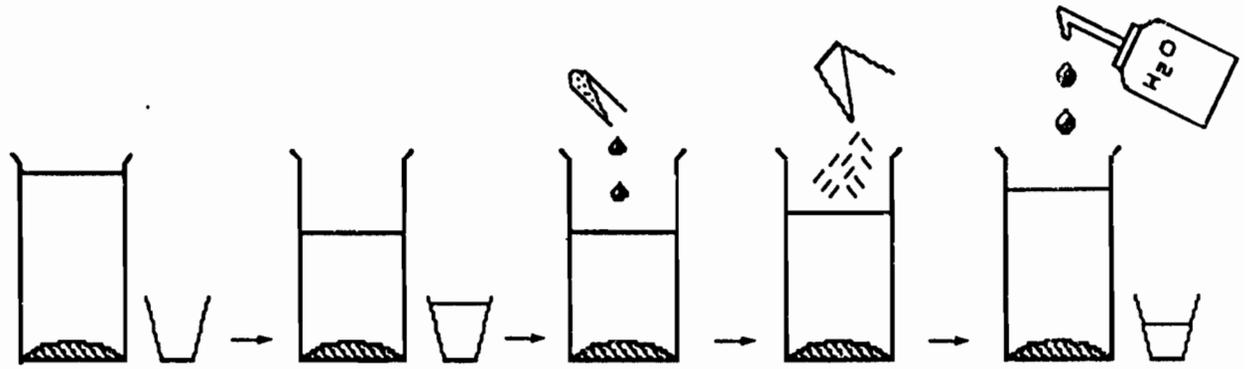


Fig. 6 : Inoculation des nématodes et semis

L'ensemble des graines est placé dans le cratère avec un entonnoir. On rajoute lentement le reste du sol contenu dans le verre sans déplacer les graines. On ajuste le taux d'humidité à 14,70 p.100 (Fig. 6).

2.3.5. Montage des préparations permanentes des nématodes

La suspension de nématodes (provenant d'un même traitement) est versée sur un tamis à mailles de 50 μm couvert d'une triple épaisseur de Kleenex. Cette opération a pour but de séparer au maximum les nématodes des débris organiques et inorganiques présents dans la suspension. Après quelques jours, les nématodes sont fixés au FP4-1 (formol à 40 p.100 - acide propionique) avec de l'acide picrique (Netscher & Seinhorst, 1969). Les nématodes sont ensuite colorés suivant la méthode de Seinhorst (1959). Ils sont montés entre lame et lamelle dans de la glycérine anhydre, et peuvent être conservés de cette manière pendant plusieurs années.

2.3.6. Mensurations des nématodes

Le microscope utilisé est un Ortholux (Leitz Wetzlar). En dehors de la longueur totale du corps dessiné à la chambre claire à l'objectif x 10, tous les autres paramètres sont mesurés à l'objectif x 40 et à l'immersion x 100 à l'aide d'un micromètre oculaire étalonné.

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

La technique utilisée est celle décrite par Baujard et Pariselle (1987) : les nématodes préalablement tués à la chaleur et fixés au FP4-1 sont déposés sur un microtamis. Les nématodes

subissent alors une déshydratation à l'acétone suivie du passage au point critique. Après passage au point critique (Tousimis (R), Samdri 790), les nématodes sont déposés sur un portoir métallique soumis à la métallisation (Jeol (R), Fine coat ion sputter JFC-1100). Les observations sont faites sur un microscope Jeol (R) JSM 35 CF sous une tension d'accélération de 10 kV.

3. RESULTATS

Pour l'interprétation statistique des résultats, il a été opéré un test de Newmans's et Keuls au seuil significatif de 5 p.100, à l'exception de l'étude de l'influence de la température du sol sur le taux de multiplication de *C. curvata*, où il a été effectué une comparaison de deux moyennes. Le traitement statistique des résultats est réalisé à l'aide du logiciel Statgraphics.

3.1. BIOMETRIE

3.1.1. Objectifs

Cette étude biométrique a deux objectifs :

- apporter des données nouvelles sur la biométrie du nématode *C. curvata*, prélevé dans les sols de la zone sahélienne ouest africaine et comparer les résultats obtenus avec ceux relevés dans la littérature.
- étudier la variabilité des caractères pour des nématodes élevés sous des conditions différentes.

3.1.2. Paramètres mesurés

Les mesures effectuées sont les suivantes :

Tableau 4 : MENSURATIONS DES FEMELLES CRICONEMELLA CURVATA, ELEVEES SOUS DIFFERENTES CONDITIONS (pour chaque paramètre mesuré et pour chaque résultat, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

TAUX D'HUMIDITE (sorgho)

HOTE (9 %)

	5 %	7 %	9 %	11 %	13 %	sorgho	niébé	mil
n	30	30	30	30	30	30	30	30
L (mm)	0,38 bc (0,31-0,42)	0,39 c (0,33-0,46)	0,36 b (0,31-0,41)	0,38 bc (0,35-0,40)	0,34 a (0,28-0,44)	0,36 b (0,31-0,41)	0,38 bc (0,35-0,41)	0,36 b (0,31-0,41)
a	11,5 abc (8,5-13,3)	12,1 c (10,6-13,8)	11,3 ab (9,2-13,7)	11,5 abc (9,4-13,5)	11,1 a (9,2-13,4)	11,3 ab (9,2-13,7)	11,8 bc (10,5-13,5)	11,1 a (9,3-13,3)
b	4,4 ab (3,8-4,7)	4,4 b (3,9-5,2)	4,3 ab (3,9-4,6)	4,4 b (3,8-6,8)	4,2 a (3,5-5,3)	4,3 b (3,9-4,6)	4,4 b (3,9-4,9)	4,4 b (4-4,8)
c	18,7 b (16-26,6)	18,3 ab (15,5-23,7)	17,9 ab (14,2-22,9)	18 ab (15,5-22,6)	17,1 a (12,3-22,3)	17,9 ab (14,2-22,9)	18,9 b (16,4-26,3)	17,9 ab (15,8-20,2)
c'	1,1 a (0,87-1,32)	1,09 a (0,95-1,24)	1,05 a (0,87-1,17)	1,09 a (0,93-1,23)	1,05 a (0,9-1,3)	1,05 a (0,87-1,17)	1,04 a (0,86-1,17)	1,8 a (0,83-1,18)
V	92,2 a (88,1-94,4)	92 a (89,7-94,1)	91,8 a (89,1-94,4)	92,3 a (86,9-96,1)	92 a (89,9-94,3)	91,8 a (89,1-94,4)	92,4 a (90,4-94)	92 a (89,7-94,7)
St	40 ab (37-43)	40 a (35-42)	39 a (37-42)	40 ab (35-42)	40 a (35-42)	39 a (37-42)	41 b (38-42)	39 a (35-42)
R	102 a (97-114)	102 a (98-112)	102 a (95-111)	102 a (98-108)	103 a (99-109)	102 a (95-111)	103 a (94-110)	103 a (97-110)
Rst	14 a (12-15)	13 a (12-16)	14 a (12-17)	14 a (12-16)	15 b (12-18)	14 a (12-17)	14 a (12-15)	14 a (12-16)
Roes	25 a (23-27)	25 a (21-28)	25 a (23-27)	25 a (20-29)	27 b (23-32)	25 a (23-27)	25 a (23-27)	26 a (23-28)
Rex	29 a (27-32)	29 a (26-31)	29 ab (27-32)	29 ab (27-32)	30 b (27-33)	29 ab (27-32)	29 ab (26-33)	30 ab (27-32)
RV	9 a (8-11)	9 a (8-12)	10 a (8-11)	9 a (8-11)	9 a (8-11)	9 a (8-11)	9 a (7-10)	9 a (8-11)
Rvan	2 a (2-3)	2 a (1-4)	2 a (1-4)	2 a (2-3)	2 a (2-4)	2 a (1-4)	2 a (1-3)	2 a (2-4)
Ran	7 a (5-8)	7 a (6-8)	7 a (6-10)	7 a (6-9)	7 a (6-8)	7 a (6-10)	7 a (5-8)	7 a (6-8)

n = nombre de spécimens

L = longueur totale du corps

a = rapport de la longueur totale du corps sur la largeur maximale

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

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

c' = rapport de la longueur de la queue sur la largeur de l'anneau portant l'anus

V = position de la vulve exprimée en pourcentage de la partie antérieure par rapport à la longueur totale du corps

St = longueur du stylet

R = nombre d'anneaux du corps

Rst = nombre d'anneaux entre le disque labial et la base des boutons basaux du stylet

Roes = nombre d'anneaux entre le disque labial et la limite oesophago-intestinale

Rex = nombre d'anneaux entre le disque labial et le premier anneau après le pore excréteur

RV = nombre d'anneaux entre l'extrémité caudale et la vulve

RVan = nombre d'anneaux entre la vulve et l'anus

Ran = nombre d'anneaux entre l'extrémité caudale et l'anus

3.1.3. Résultats (Tableau 4)

3.1.3.1. Variation avec le taux d'humidité

Les femelles en élevage à 13 p.100 d'humidité ont des longueurs moyennes significativement plus petites que celles élevées aux autres taux d'humidité du sol. Cette diminution de taille ne s'accompagne pas d'une diminution du nombre d'anneaux du corps ce qui prouve que tous les anneaux ou certains seulement sont plus

étroits. La différence significative entre les moyennes des rapports "a" et "b" des femelles élevées à 13 p.100 d'humidité et celles élevées à 7 p.100 d'humidité prouve que la diminution de taille ne s'accompagne pas d'une diminution de la largeur maximale ni de la longueur de l'oesophage.

Le stylet, l'oesophage et le pore excréteur des nématodes élevés à 13 p.100 d'humidité sont situés plus postérieurement dans l'organisme que ceux des nématodes élevés aux taux d'humidité inférieurs.

L'emplacement de la vulve et de l'anus reste identique pour tous les taux d'humidité.

3.1.3.2. Variation avec l'hôte

Les résultats montrent que : - les nématodes élevés sur mil sont plus trapus que ceux élevés sur niébé.

- les femelles élevées sur niébé possèdent un stylet plus long que celles élevées sur les autres cultures.

3.2. MORPHO-ANATOMIE

Femelle :

Habitus plus ou moins courbé ventralement. Corps trapu, cylindrique à l'extrémité antérieure arrondie et à l'extrémité postérieure arrondie à effilée. Le nombre et l'emplacement d'anastomose sont très variables (Fig. 8, A-B). Anneaux du corps aux bords lisses. Le premier anneau se divise en quatre plaques labiales : les plaques labiales dorsales et ventrales sont absentes ou réduites ; présence de quatre lobes submédians, non reliés entre eux. Le contour du disque labial est à peu près rectangulaire. Le pore excréteur se situe au niveau des 27-32^{èmes}

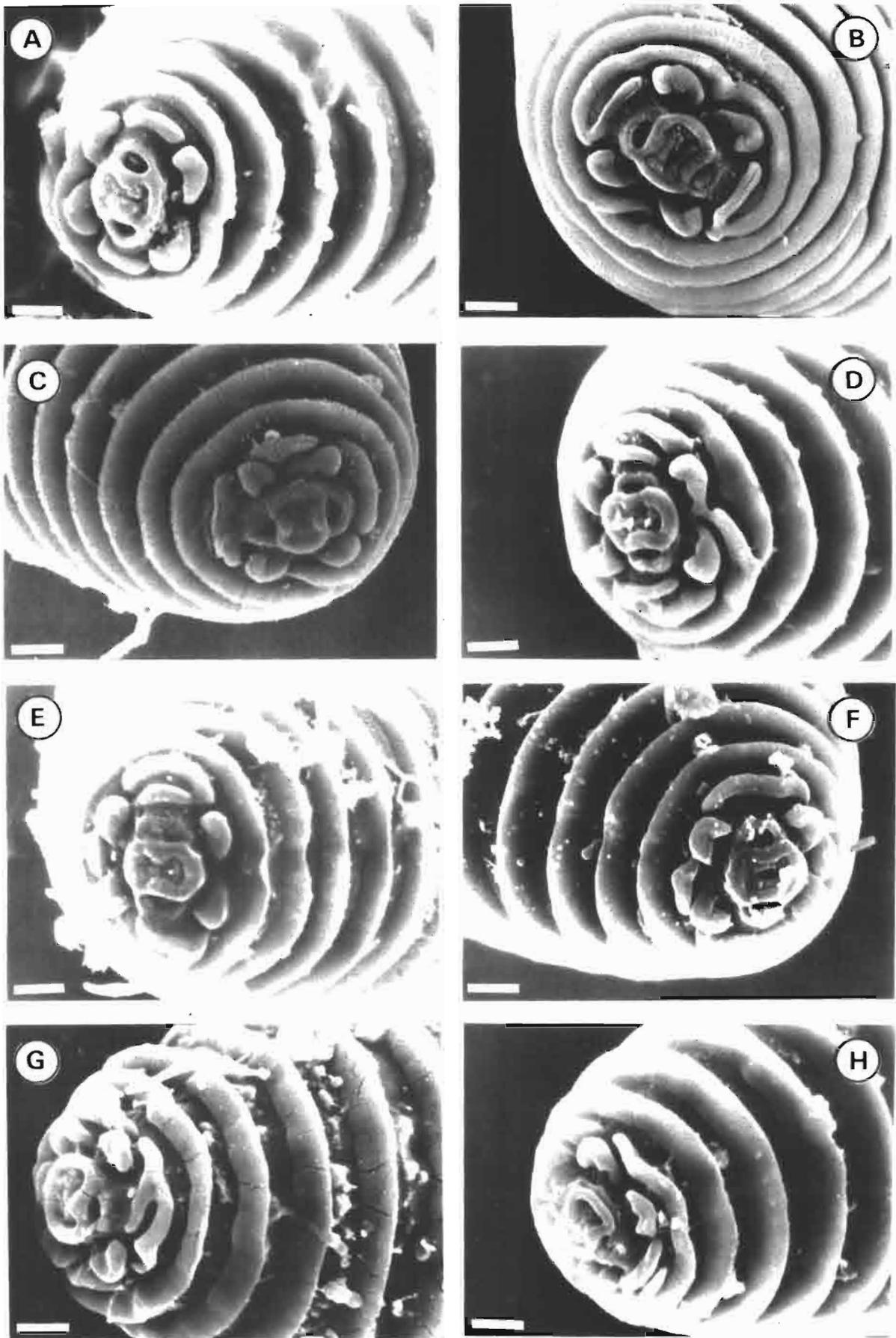


Fig. 7 : Observation de la variabilité morphologique du premier anneau des femelles de *Criconemella curvata* au microscope électronique à balayage.

La barre représente 2 μm .

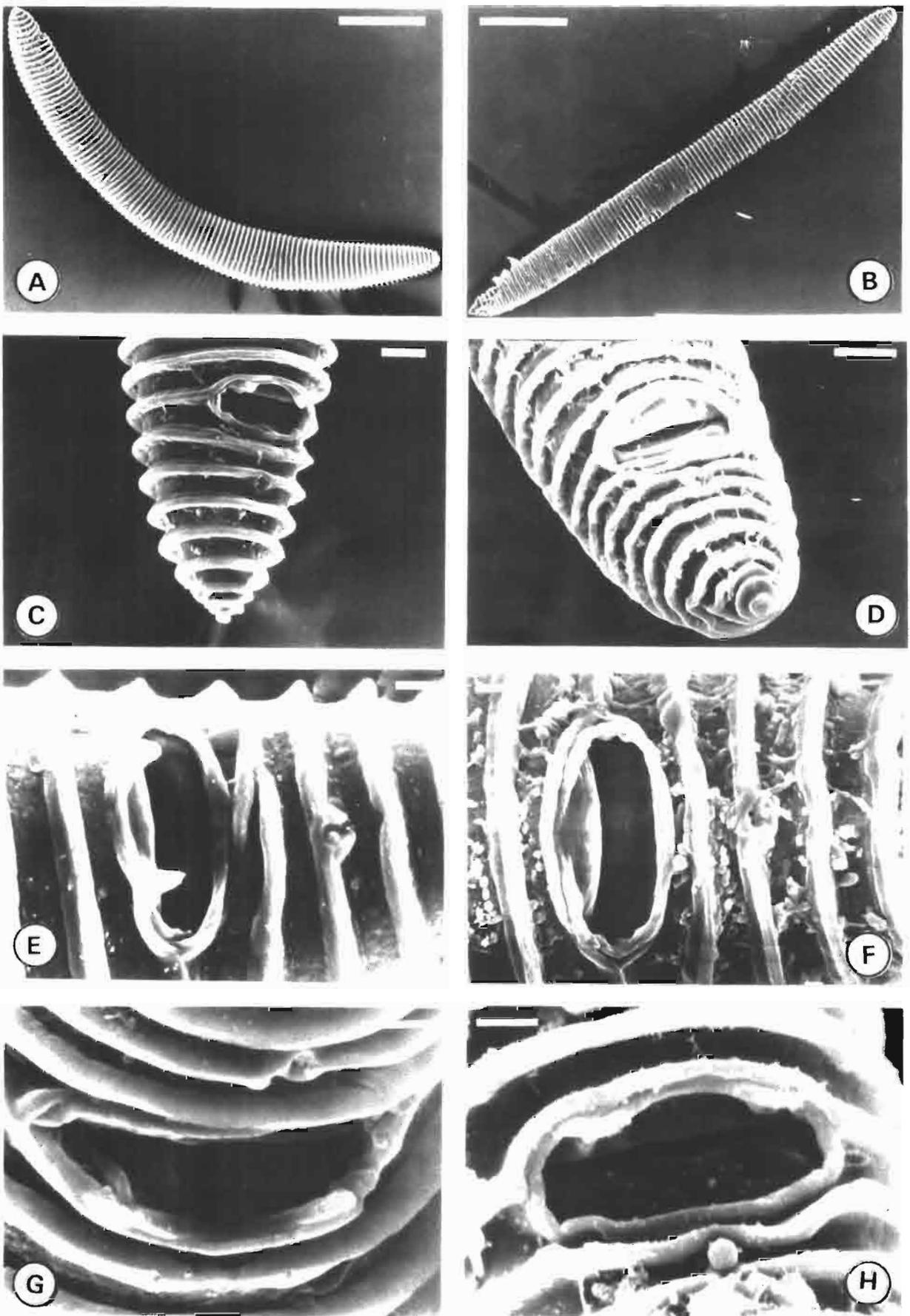


Fig. 8 : Observation au microscope électronique à balayage de femelles de *Criconemella curvata*.

A : Habitus, B : mue, C-H : variabilité morphologique de la vulve.

La barre représente 50 μm A-B ; 5 μm C-D ; 2 μm E-H.

anneaux à partir de l'extrémité antérieure. Vulve ouverte, située sur les 8-11^{èmes} anneaux, à partir de l'extrémité postérieure. Le bord de la lèvre antérieure peut présenter deux excroissances en forme de pointe plus ou moins développées. Anus situé en général à deux anneaux postérieurement à la vulve. Queue arrondie à effilée.

3.3. Etude au microscope électronique à balayage

L'examen de photographies (Fig. 7-8) réalisées en microscopie électronique à balayage permet les remarques suivantes :

- Une variabilité morphologique importante au niveau du premier anneau ; les plaques labiales sont toujours présentes mais les plaques labiales dorsales et ventrales sont soit absentes (les deux ou seulement une), soit réduites (Fig. 7, A-H).
- La lèvre antérieure de la vulve peut présenter ou non deux excroissances en forme de pointe fortement développées. Tous les cas de figures intermédiaires sont rencontrés (Fig. 8, C-G).
- Ces variabilités morphologiques tant au niveau du premier anneau qu'au niveau de la vulve se rencontrent, quelles que soient les conditions d'élevage (hôte, taux d'humidité du sol).

3.4. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DU SOL SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA

3.4.1. Dispositif expérimental

Quatre températures du sol sont comparées : 30°C, 32°C, 34°C, et 36°C, avec 10 répétitions par traitement. La plante utilisée est le sorgho. Le taux d'humidité du sol est maintenu à 9 p.100. La taille de l'inoculum est égale à 66 ± 8 nématodes, soit un coefficient de variation de 12 p.100.

Tableau 5 : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DU SOL SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA (moyenne \pm écart type et coefficient de variation en % ; les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

	30°C	32°C	34°C	36°C
population				
initiale	66 \pm 8 (12 %)			
population				
finale	5386 \pm 2330 a (43 %)	7863 \pm 5386 a (68 %)	5928 \pm 3186 a (54 %)	13406 \pm 6784 b (51 %)
taux de				
multiplication	81,6	119,1	89,8	203,1

Tableau 6 : INFLUENCE DU TAUX D'HUMIDITE DU SOL SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA (moyenne \pm écart type et coefficient de variation en % ; les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

	5 %	7 %	9 %	11 %	13 %
population					
initiale	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)
population					
finale	939 \pm 756a (80 %)	5472 \pm 2390b (44 %)	7481 \pm 3223b (43 %)	5669 \pm 2256b (40 %)	7005 \pm 3538b (50 %)
Taux de					
multiplication	12,7	73,9	101,1	76,6	94,6

3.4.2. Résultat (Tableau 5)

Les nématodes élevés à une température de 36°C se multiplient 2 à 2,5 fois plus que ceux élevés à des températures inférieures.

3.5. INFLUENCE DU TAUX D'HUMIDITE DU SOL SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA

3.5.1. Dispositif expérimental

Cinq humidités du sol sont comparées : 5 p.100, 7 p.100, 9 p.100, 11 p.100 et 13 p.100 avec 10 répétitions par traitement. La plante utilisée est le sorgho. La température d'élevage est maintenue à 32°C. La taille de l'inoculum est de 74 spécimens \pm 7, soit un coefficient de variation égal à 9 p.100. ..

3.5.2. Résultat (Tableau 6)

Les nématodes élevés à 5 p.100 d'humidité se multiplient 5 à 8 fois moins que ceux élevés à des taux d'humidité du sol plus élevés. Au delà de 7 p.100, le taux d'humidité du sol n'influence plus le développement du nématode. Il apparaît donc que *C. curvata* est peu sensible aux variations du taux d'humidité du sol au dessus de 7 p.100.

3.6. INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA

3.6.1 Dispositif expérimental

Quatre hôtes sont comparés : arachide, niébé, mil et sorgho, avec 10 répétitions par traitement. L'expérience se déroule à

Tableau 7 : INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA (moyenne \pm écart type et coefficient de variation en % ; les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

	niébé	arachide	mil	sorgho
population initiale	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)	74 \pm 7 (9 %)
population finale	1669 \pm 900 a (54 %)	8 a -----	7349 \pm 2680 b (36 %)	8798 \pm 2588 b (29 %)
Taux de multiplication	22,55	0,11	99,3	118,9

Tableau 8 : INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE SURVIE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA (moyenne \pm écart type et coefficient de variation en % ; les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

	niébé	arachide	mil	sorgho
population initiale	1669 \pm 900 (54 %)	8 ----	7349 \pm 2680 (36 %)	8798 \pm 2588 (29 %)
population finale	60 \pm 27 a (45 %)	3 a ----	1694 \pm 314 b (18 %)	1568 \pm 619 b (39 %)
taux de survie	0,036	0,375	0,23	0,178

32°C pour un taux d'humidité du sol égal à 9 p.100. La taille de l'inoculum est de 74 spécimens \pm 7, soit un coefficient de variation égal à 9 p.100.

3.6.2. Résultat (Tableau 7)

Nous enregistrons une forte influence de l'hôte sur le taux de multiplication du nématode : le mil et le sorgho autorisent les plus fortes multiplications ; le niébé donne des résultats plus faibles. L'arachide ne permet pas le développement de cette espèce.

3.7. INFLUENCE DE L'HOTE SUR LE TAUX DE SURVIE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA A LA DESSICCATION DES SOLS

3.7.1. Dispositif expérimental

Quatre hôtes sont comparés : arachide, niébé, mil et sorgho avec 5 répétitions par traitement. L'expérience est réalisée à une température de 32°C et un taux d'humidité du sol égal à 9 p.100. La taille de l'inoculum est égale à 74 spécimens \pm 7, soit un coefficient de variation de 9 p.100.

Cette expérience est conduite de manière similaire à la précédente. Cependant 60 jours après l'inoculation, l'arrosage est arrêté. On laisse déshydrater le sol jusqu'à un taux d'humidité égal ou inférieur à 0,3 p.100. Les vases de végétation sont alors conservés ainsi pendant un mois.

3.7.2. Résultat (Tableau 8)

Nous constatons à nouveau une forte influence de l'hôte. Le niébé donne des résultats très faibles. Le sorgho et le mil auto-

Tableau 9 : INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DE SORGHO A DIFFERENTS TAUX D'HUMIDITE DU SOL (* différence significative au seuil de 5 p. 100 , ** au seuil de 1 p.100).

		7 %	9 %	11 %
Poids frais des racines (g)	témoin	3,83	4,09	6,46
	inoculé	2,64**	3,20*	3,16**
Poids sec des racines (g)	témoin	0,78	0,72	1,40
	inoculé	0,54*	0,57	0,55**
Poids frais des parties aériennes (g)	témoin	4,91	5,12	5,82
	inoculé	4,72	4,90	5,05
Poids sec des parties aériennes (g)	témoin	1,42	1,49	1,70
	inoculé	1,40	1,44	1,56

risent des taux de survie proches de 20 p.100. En ce qui concerne l'arachide, le taux de survie obtenu (38 p.100) a très peu de signification, le nématode ne se multipliant pas sur cette culture (§ 3.6.).

3.8. INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DU SORGHO A DIFFERENTS TAUX D'HUMIDITE DU SOL

3.8.1. Dispositif expérimental

Trois taux d'humidité du sol sont comparés : 7 p.100, 9 p.100, 11 p.100 ; deux niveaux d'inoculum (témoin et 75 spécimens) avec dix répétitions. La plante utilisée est le sorgho. La température est maintenue constante à 32°C. Lors de l'extraction, les plantes sont récupérées. Les poids frais et sec (60°C pendant 48 h) des racines et des parties aériennes sont mesurés.

3.8.2. Résultat (Tableau 9)

Pour les 3 taux d'humidité étudiés, le nématode provoque une réduction significative du système racinaire. Néanmoins la baisse de poids des plantes inoculées par rapport aux plantes témoins est moins significative à 9 p.100 d'humidité. Inversement les parties aériennes apparaissent peu affectées par la présence du nématode malgré un résultat proche du seuil de signification (5,2 p.100) obtenu pour le poids frais du feuillage à 11 p.100 d'humidité. Il serait intéressant de renouveler l'expérience, dans des vases de végétation de taille plus importante, sur une période de 90 jours (durée nécessaire à la plante pour effectuer son cycle complet) pour tester une éventuelle diminution du rendement qui pourrait apparaître après le 60^{ème} jour.

Tableau 10 : INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ARACHIDE (pour chaque paramètre mesuré et pour chaque résultat, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

		NIVEAUX D'INOCULUM				
		0	25	50	75	150
Poids frais						
des racines	(g)	1,80 a	1,97 a	1,49 a	1,63 a	1,59 a
Poids sec						
des racines	(g)	0,36 a	0,40 a	0,37 a	0,39 a	0,38 a
Poids frais des parties aériennes						
(g)		6,36 a	5,75 a	5,97 a	5,42 a	5,76 a
Poids sec des parties aériennes						
(g)		1,71 a	1,65 a	1,77 a	1,61 a	1,70 a
Taux de multiplication		----	0,11	0,06	0,04	0,04

Tableau 11 : INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DU NIEBE (pour chaque paramètre mesuré et pour chaque résultat, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

		NIVEAUX D'INOCULUM				
		0	25	50	75	150
Poids frais						
des racines	(g)	3,57 b	2,84 ab	2,79 ab	3,1 ab	2,49 a
Poids sec						
des racines	(g)	0,71 b	0,54 ab	0,60 ab	0,65 ab	0,46 a
Poids frais des parties aériennes						
(g)		4,71 a	4,88 a	5,90 a	5,19 a	4,58 a
Poids sec des parties aériennes						
(g)		1,22 a	1,18 a	1,32 a	1,18 a	1,06 a
Taux de multiplication		----	6,8	14,1	8,1	13,4

Nous remarquons que plus le taux d'humidité du sol est important, plus le système racinaire de la plante témoin se développe. En revanche, quelque soit le taux d'humidité, les poids frais et sec des plantes inoculées restent comparables. *C. curvata* apparaît être pathogène vis à vis du sorgho cv 51-69. A l'issue de cette expérience, il nous paraît intéressant de définir un seuil de nocuité et d'étudier la nocuité du nématode vis à vis des autres cultures pluviales de la zone sahélienne ouest africaine.

3.9. ETUDE DE LA NOCUIITE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA

3.9.1. Dispositif expérimental

Pour quatre plantes testées (arachide, niébé, mil et sorgho), cinq niveaux d'inoculum sont comparés : 0-25-50-75-150 ^{spécimens} avec 8 répétitions par traitement. La température est maintenue constante à 32°C, le taux d'humidité est égal à 7 p.100 . Comme pour l'expérience précédente, la nocuité du nématode est évaluée par la mesure des poids frais et sec des parties aériennes et racinaires.

3.9.2. Résultats (Tableaux 10-14)

3.9.2.1. Influence du nématode sur le développement de l'arachide (Tableau 10)

Aucune différence n'est décelée entre les plantes saines et les plantes inoculées. Le nématode ne se multiplie pas sur l'arachide, et n'influence pas le développement de cette culture.

3.9.2.2. Influence du nématode sur le développement du niébé

Tableau 12 : INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DU MIL (pour chaque paramètre mesuré et pour chaque résultat, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

		NIVEAUX D'INOCULUM				
		0	25	50	75	150
Poids frais						
des racines	(g)	1,91 a	1,50 a	1,77 a	1,91 a	1,87 a
Poids sec des						
racines	(g)	0,48 a	0,44 a	0,49 a	0,53 a	0,57 a
Poids frais des						
parties aériennes	(g)	3,34 a	2,60 a	2,74 a	2,90 a	2,60 a
Poids sec des						
parties aériennes	(g)	0,85 a	0,68 a	0,67 a	0,70 a	0,66 a
Taux de						
multiplication		----	450,6	397,4	301,1	135,9

Tableau 13 : INFLUENCE DU NEMATODE CRICONEMELLA CURVATA SUR LE DEVELOPPEMENT DU SORGHO (pour chaque paramètre mesuré et pour chaque résultat, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 p.100).

		NIVEAUX D'INOCULUM				
		0	25	50	75	150
Poids frais des						
racines	(g)	2 a	2,94 a	2,49 a	3,14 a	1,90 a
Poids sec						
des racines	(g)	0,56 ab	0,86 ab	0,74 ab	1,05 b	0,52 a
Poids frais des						
parties aériennes	(g)	2,16 a	3,55 ab	2,45 ab	3,60 a	2,96 ab
Poids sec des						
parties aériennes	(g)	0,64 a	1,15 ab	0,94 ab	1,29 b	0,96 ab
Taux de						
multiplication		----	300,5	248,8	98,2	41,7

(Tableau 11)

Les résultats traduisent un effet pathogène du nématode à partir d'un niveau d'inoculum de 150 spécimens. Ici encore il serait intéressant de prolonger la durée de l'expérience à 75 jours (durée du cycle de développement du niébé) pour constater si à terme, il y a une diminution du rendement.

3.9.2.3. Influence du nématode sur le développement du mil (Tableau 12)

Nous n'enregistrons aucune différence significative entre les différents niveaux d'inoculum. *C. curvata* n'a pas d'effet pathogène sur le mil cv souna III, jusqu'à un niveau d'inoculum de 150 spécimens. L'expérience doit être renouvelée avec une gamme d'inoculum plus importante.

Lors de l'expérience "influence de l'hôte" le taux de multiplication était de 99,3 pour un inoculum de départ de 75 spécimens, soit trois fois moins que celui obtenu dans cette expérience (301,1) à partir du même inoculum. Une condition expérimentale était différente : le taux d'humidité. Or, nous avons montré que ce facteur n'influence pas le développement de *C. curvata*. Cette différence est probablement due aux coupures de courant répétées tout au long du mois de Juin, ne permettant pas le maintien d'une température constante.

3.9.2.4. Influence du nématode sur le développement du sorgho (Tableau 13)

Le poids sec racinaire des plantes inoculées avec 75 spécimens est significativement plus élevé que celui des plantes inoculées avec 150 spécimens mais aucune différence significative n'est décelée avec le témoin.

Les poids frais et sec des parties aériennes des plantes inoculées avec 75 spécimens sont significativement plus élevés que ceux des plantes témoins. Ceci traduirait un effet phytostimulant du nématode sur le sorgho, pour un niveau d'inoculum de départ de 75 spécimens. Ces résultats, en totale contradiction avec ceux obtenus auparavant (§3.8.) sont difficilement interprétables.

Ces mauvais résultats peuvent s'expliquer par une mauvaise conduite de l'expérience : - lors des pesées destinées à maintenir le taux d'humidité constant à 9 p.100, des vases de végétation ont été inversés, en particulier entre des tubes semés en sorgho. Il y a pu avoir pour un même vase, des variations brutales du taux d'humidité du sol.

- certains talles des plantes témoins ont été détériorés dès le début de l'expérience, ce qui a ralenti la croissance de la plante.

- durant deux semaines, la température n'a pas pu être maintenue constante à 32°C, du fait des pannes d'électricité répétées.

L'expérience doit être refaite, avec la même gamme d'inoculum dans des pots de contenance de 2,4 l, plus proche de la réalité, à une température de 36°C, à un taux d'humidité de 11 p.100. En effet c'est à ce taux d'humidité que les différences entre témoin et inoculé se sont montrées les plus élevées (§3.8., page 27).

4. DISCUSSIONS

L'étude de l'influence du taux d'humidité du sol et de l'hôte a permis de constater qu'ils peuvent provoquer, chez les femelles de *C. curvata* des modifications morphologiques. Les femel-

les élevées à 13 p.100 d'humidité sont plus petites que celles élevées à des taux d'humidité inférieurs. Il serait intéressant d'étudier la biométrie de femelles élevées à des taux d'humidité supérieurs à 13 p.100 pour voir si cette diminution de taille persiste et/ou s'accroît. L'influence de l'arachide sur la biométrie de *C. curvata* n'a pu être mesurée. Nous avons préféré conserver les quelques spécimens rencontrés pour leur observation au microscope électronique à balayage. Cependant il serait intéressant d'étudier l'influence d'un hôte défavorable sur la morphométrie du nématode.

La plupart des caractères mesurables de cette population de *C. curvata* coïncide avec ceux des populations précédemment décrites (Tableau 1, page 5) sauf le rapport *c* qui est plus petit chez la première. La grande variabilité morphologique observée au microscope électronique à balayage au niveau du premier anneau et du bord de la lèvre antérieure correspond bien aux descriptions relevées dans la littérature (§1.2.2., pages 5-7)

Il apparaît que le développement de *C. curvata* est principalement déterminé par la plante, hôte (mil, sorgho et niébé) ou non hôte (arachide).

La température et le taux d'humidité du sol n'interviennent qu'à partir de valeurs extrêmes, de la gamme étudiée. Des expériences supplémentaires, en modifiant les gammes (pour la température 36°C-38°C-40°C et pour le taux d'humidité 3 p.100-5 p.100-13 p.100-15 p.100-17 p.100) seraient nécessaires pour préciser des éventuels température et taux d'humidité du sol optimums au développement du nématode. Parmi tous les nématodes pour lesquels l'influence de la température a été étudiée, seul *C. curvata* a un préferendum thermique élevé (36°C). La température optimale des autres espèces (*Paratylenchus* 69, *Tylenchorynchus mashoodi* Siddi-

qui & Basir, *T. germani* nom. nov., *T. gladiolatus* Fortuner & Amougou) se situe à 30°C ou 32°C (N'diaye & Pariselle, com. per.). Notons que lorsque les cultures sont en place (juillet-octobre), le taux d'humidité du sol est proche de 5 p.100. Il semble donc que *C. curvata* se multiplie plus facilement à des taux d'humidité supérieurs à ceux enregistrés au champ. Ce fait a été observé pour la plupart des nématodes inventoriés dans la zone sahélienne (Baujard et al., 1987).

Le taux de multiplication de *C. curvata* obtenu au laboratoire en conditions contrôlées (13 à 450) est important si on le compare à celui d'un autre nématode de la zone sahélienne, *Scutellonema cavenessi* qui sous les conditions les plus favorables a un taux de multiplication égal à 8 (Baujard et al., 1986). Or, *C. curvata* est trouvé en faible quantité dans les sols du bassin arachidier. Les compétitions interspécifiques peuvent en partie expliquer la différence de développement qui existe entre les conditions naturelles et les conditions de laboratoire. Il serait intéressant de décrire et d'évaluer ce phénomène. Nous ne connaissons pas non plus l'influence d'une dessiccation, en cours de cycle biologique, sur le taux de multiplication du nématode. Celui-ci est soumis, dans la zone sahélienne, à des alternances continues d'hydratation-déshydratation du sol. Les processus de résistance à la sécheresse (anhydrobiose et/ou migration verticale vers des niveaux du sol où la teneur en eau est plus élevée et la température plus basse, stades résistants et degré de résistance) doivent être étudiés.

La taille des inoculums choisie ne correspond pas au nombre de *C. curvata* prélevés au champ sauf sur la culture de mil. Ce nématode est trouvé en petite quantité sur le niébé et l'arachide (1 à 25 / 250 cm³ de sol), sur le sorgho (10 à 25 / 250 cm³ de

sol) et en plus grande quantité sur le mil (1 à 180 / 250 cm³ de sol), (Baujard, 1986 a). L'étude de la nocuité de *C. curvata* reste intéressante dans le cas du mil mais également dans le cas d'une forte infestation.

Les résultats contradictoires obtenus lors de l'étude de la nocuité de *C. curvata* vis à vis du sorgho n'autorisent pas de conclusions définitives.

Pour l'ensemble des expérimentations, nous enregistrons un fort coefficient de variation (20 à 80 p.100). La forte annélation de *C. curvata* favorise la formation d'agrégats de nématodes. Le coefficient de variation peut être diminué :

- lors de l'extraction, par passage des nématodes à travers un tamis couvert d'une triple épaisseur de Kleenex. Il devient utile de redéfinir le temps nécessaire au passage des nématodes à travers le Kleenex (habituellement 14 jours).

- avant le comptage, un fort bullage de la suspension permet une homogénéisation de celle-ci et une désagrégation partielle des amas de nématodes. Cette technique utilisée pour l'étude de l'influence de l'hôte sur le taux de multiplication et le taux de survie a permis de diminuer le coefficient de variation par rapport à l'étude de l'influence du taux d'humidité.

C. curvata se développant mieux à 36°C, l'ensemble des expérimentations aurait du se faire à cette température. Pour des raisons d'emploi du temps, l'expérience "influence de la température sur le taux de multiplication" n'a pu être effectuée la première.

CONCLUSION

Les données recueillies au laboratoire ont permis de mieux cerner la biologie de *C. curvata*.

L'hôte est un facteur déterminant du développement du nématode. Ainsi, si on étudie le cas du mil et du sorgho, du niébé et de l'arachide, les aptitudes du nématode à se multiplier sont respectivement : très bonnes, bonnes et nulles. Notons que l'arachide est une plante non hôte pour la plupart des nématodes phytoparasites inventoriés dans la zone sahélienne (Baujard, com. pers.).

La température et le taux d'humidité du sol n'influencent le développement du nématode qu'à partir d'une des deux valeurs extrêmes de la gamme étudiée. Des expériences supplémentaires sont nécessaires pour préciser la température et le taux d'humidité optimums pour le développement de la population de cette espèce.

L'étude de la nocuité n'a révélé aucun effet pathogène du nématode sur l'arachide et le mil pour la gamme d'inoculum étudiée, un effet pathogène sur le niébé à partir d'un inoculum de départ de 150 spécimens par vase de végétation. Vis à vis du sorgho, les résultats contradictoires obtenus ne permettent pas de conclure.

Ce travail a permis également de préciser la biométrie de la population de *C. curvata*, prélevée dans la zone sahélienne ouest africaine puis maintenue en élevage au laboratoire. Ces mensurations correspondent bien à celles relevées dans la littérature sauf la queue qui est plus longue chez la première. La forte variabilité morphologique observée au niveau du premier anneau et de la vulve n'est pas liée aux conditions d'élevage. L'étude de l'influence du taux d'humidité du sol et de l'hôte a permis de

constater qu'ils peuvent provoquer chez les femelles de *C. curvata* des modifications morphologiques. La variabilité de ces critères morphobiométriques utilisée pour différencier certaines espèces dans le genre *Criconemella* doit nous permettre à terme de préciser le statut taxonomique de ces espèces.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMBROGIONI, L. (1975). Osservazioni su nematodi dei generi *Macroposthonia* e *Paratylenchus* associati al garofano in Italia. *Redia*, 56 : 147-157.

BAUJARD, P. (1986 a). Prospections nématologiques au Mali. Etudes des zones arachidières de l'O.D.I.P.A.C. et de la C.M.D.T. Rapport de la convention ORSTOM/FAC N° 6510 87 47261 00, ORSTOM, Dakar, 53 p. (multigraphié).

BAUJARD, P. (1986 b). Dynamique de la nématofaune tellurique dans le bassin arachidier du Sénégal. Deuxième colloque d'écologie du sol, Paimpont, 3-6 novembre 1986.

BAUJARD, P., BERTHOU, F., BODIAN, Y., MARTINY, B., PARISELLE, A. & SARR, E. (1987). Rapport d'activités du laboratoire de nématologie pour l'année 1986, ORSTOM, Dakar, 121 p. (multigraphié).

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.

BIRD, G.W. & JENKINS, W.R. (1964). Occurrence, parasitism and pathogenicity of nematodes associated with cranberry. *Phytopathology*, 54 : 677-680.

BOONDUANG, A. & RATANAPRAPA, D. (1974). Systematic study of Cri-conematidae in Thailand with descriptions of three new species. *Plant Prot. Serv. Tech. Bull.*, 22 : 16 p.

BRZESKI, M.W. (1974). Nematodes associated with cabbage in Poland VI. Feeding and reproduction of some species. *Zesz. Probl. post. Nauk. Roln.*, 121 : 121-124.

CHAVES, E. (1983). Criconematoidea (Nematoda) from Argentina. *Nematologica*, 29 : 404-424.

CHEN, T.A. & WEN, G.Y. (1980). Electron microscopy of the stoma-
tostylet and esophagus of *Criconemoides curvatum*. *J. Nematol.*,
12 : 72-83.

CHOLEVA, B.M., KATALN-GATEVA, S. & TSENKOVA, M.K. (1980). The ne-
matodes of family Criconematidae, Taylor 1936 (Nematoda Rudolphi,
1808) and family Longidoridae Thorne, 1935, on *Rosa damascena*
Mill. in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 14 : 64-69.

DOUCET, M.E. (1980). Description de *Macroposthonia ritteri* n.sp.
et étude d'une population de *M. curvata* et de trois populations
de *Nothocriconema mutabile* (Criconematidae : Tylenchida) prove-
nant de Cordoba, Argentine, *Nematol. medit.*, 8 : 177-192.

EDWARD, J.C. & SOHAN LAC MISRA (1963). *Criconemoides nainitalense*
n.sp. (Nematoda : Criconematidae). *Nematologica*, 9 : 218-221.

EROSHENKO, A.C., THAI, N.N. TKHAN, N.B. & KHAN, D. (1985). Les
nématodes phytoparasitaires du nord Vietnam. *L. Science (Hayka)*,
128 p.

FERRAZ, S. & LEAR, B. (1976 a). The involvement of *Rotylenchus robustus*, *Criconemoides curvatus*, and *Paratylenchus dianthus* in carnation diseases. *Experientiae*, 22 : 263-271.

FERRAZ, S. & LEAR, B. (1976 b). Observations on the growth and maintenance of *Rotylenchus robustus*, *Criconemoides curvatus* and *Paratylenchus dianthus* under gnotobiotic conditions. *Experientiae*, 22 : 286-291.

GERMANI, G. & LUC. M. (1982 a). Etudes sur la "chlorose voltaïque" des légumineuses due au nématode *Aphasmatylenchus straturatus* Germani. I. *Revue Nématol.*, 5 : 139-146.

GERMANI, G. & LUC, M. (1982 b). Etudes sur la "chlorose voltaïque" des légumineuses due au nématode *Aphasmatylenchus straturatus* Germani. II. *Revue Nématol.*, 5 : 195-199.

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

GRISSE, A. de & LOOF, P.A.A. (1965). Revision of the genus *Criconemoides* (Nematoda). *Meded. Landb. Hogesch. Gent*, 30 : 577-603.

GRISSE, A. de (1967). Description of fourteen new species of *Criconematidae* with remarks on different species of this family. *Biol. Jb. Dodonaea*, 35 : 66-125.

GUIRAN G. de (1963). Quatre espèces nouvelles du genre *Criconemoides* (Taylor) (Nematoda-Criconematidae). *Rev. path. végéta. et*

d'ent. agric., 42 : 1-11.

HEALD, C.M. & JENKINS, W.R. (1963). The effect of *Criconemoides curvatum* and *Paratylenchus penetrans* on woody ornamentals. *Phytopathology*, 53 : 746.

HEALD, C.M. & JENKINS, W.R. (1964). Aspects of the host-parasite relationship of nematodes associated with woody ornamentals. *Phytopathology*, 54 : 718-722.

HEYNS, J. (1970). South African Criconematidae. Part 3. More species of *Hemicriconemoides* and *Macroposthonia* (Nematoda). *Phytophylactica*, 2 : 243-249.

HUNG, CHIA-LING PI & JENKINS, W.R. (1969). *Criconemoides curvatum* and the peach tree decline problem. *J. Nematol.*, 1 : 12.

JAFFEE, B.A., NYCZEPIR, A.P. & GOLDEN, A.M. (1987). *Criconemella* spp. in Pennsylvania peach orchards with morphological observations of *C. curvata* and *C. ornata*. *J. Nematol.*, 19 : 420-423.

KHAN, E., CHAWLA, M.L., & SAHA, M. (1975). Criconematoidea (Nematoda : Tylenchida) from India with descriptions of nine new species, two new genera and a family. *Indian J. Nematol.*, 5 : 70-100.

LAU, N.E. & REED, J.P. (1960). Nematodes associated with red clover in its second growth year, *Plant Dis. Rept.*, 60 : 207-210.

LEWIS, S.A., SKIPPER, H.D. & MUSEN, H.L. (1977). Nematode and nodulation studies in coastal plain soybean fields of South Canadian. *J. Nematol.*, 9 : 275.

LOOF, P.A.A. (1974). *Macroposthonia curvata*. CIH Descriptions of plant parasitic nematodes, set 4, 58, 3 p.

LUC, M. (1970). Contribution à l'étude du genre *Criconemoides* Taylor, 1936 (Nematoda : Criconematidae). *Cah. ORSTOM, Sér. biol.*, 11 : 69-131.

LUC, M. & RASKI, D.J. (1981). Status of the genera *Macroposthonia*, *Criconemoides*, *Criconemella* and *Xenocriconemella* (Criconematidae : Nematoda). *Revue Nematol.*, 4 : 3-21.

LUC, M. & RASKI, D.J. (1987). A reappraisal of Tylenchina (Nemata). The superfamily Criconematoidea Taylor, 1936. *Revue Nematol.*, 10 : 409-444.

MAIGNIEN, R. (1965). Carte pédologique du Sénégal. Echelle 1/1000000, ORSTOM, Dakar.

MALEK, R.B. & JENKINS, W.R. (1964). Aspects of the host-parasitic relationships of nematodes and hairy vetch. *New Jersey Agri. Expt. Sta. Bull.*, 813.

MALEK, R.B., JENKINS, W.R. & POWERS, E.M. (1965). Effect of temperature on growth and reproduction of *Criconemoides curvatum* and *Trichodorus christiei*. *Nematologica*, 11 : 42-43.

MALEK, R.B. & JENKINS, W.R. (1966). Influence of nematodes on absorption and accumulation of nutrients in vetch. *Soil Science*, 101 : 46-49.

MAQBOOL, M.A. (1982). Studies on some Criconematoidea (Nematoda) from Pakistan with a description of *Hemicriconemoides ghaffari*. *Revue Nématol.*, 5 : 257-260.

NETSCHER, C. & SEINHORST, J.W. (1969). Propionic acid better than acetic acid for killing nematodes. *Nematologica*, 15 : 286.

NOEL, G.R. & LOWNSBERY, B.F. (1976). Pathogenicity of *Criconemoides curvatus* and *Meloidogyne hapla* to nondormant alfalfa. *J. Nematol.*, 8 : 289.

NOEL, G.R. & LOWNSBERY, B.F. (1984). Pathogenicity of *Criconemella curvata* to alfalfa. *J. Nematol.*, 16 : 140-145

NORDEN, A.J., PERRY, V.G., MARTIN, F.G. & NESMITH, J. (1977). Effect of age of bahiagrass sod on succeeding peanut crops. *Peanut Science*, 4 : 71-74.

O'BANNON, J.H. & STOKES, D.E. (1978). An ecological study of a nematode complex in a Florida citrus grove. *Nematol. mediterr.*, 6 : 57-65.

RASKI, D.J. (1952). On the morphology of *Criconemoides* Taylor 1936 with descriptions of six new species (Nematoda : Criconematidae). *Proc. helminth. Soc. Wash.*, 19 : 85-89.

RASKI, D.J. & GOLDEN, A.M. (1965). Studies on the genus *Cricone-
moides* Taylor 1936 with descriptions of new species and *Bakerma
variabilis* n.sp. (Criconematidae : Nematoda). *Nematologica*, 11 :
501-565.

REAY, F. (1985). Australian plant nematodes : new records of *Cri-
conemella* and *Discocriconemella*. *Australian Plant pathology*, 14 :
53-54.

RITTER, M. (1960). Les nématodes nuisibles de l'oeillet. *C.r.
Journ. Flo. Antibes*. 16 may 1960, 14 p.

ROBLES-CHILLIDA, E.M., VELA, A. & BLANCO MARCO, E. (1971). Ul-
trastructure of the stylet and excretory duct of the nematode
Criconemoides curvatum. *Bol. R. Soc. Espanola Hist. Nat. (Biol.)*,
69 : 203-209.

SAMSOEN, L. & GERAERT, E. (1975). La faune nématologique des ri-
zières du Cameroun. *Rev. Zool. afr.*, 89 : 542-543.

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

SEINHORST, J.W. (1959). A rapid method for the transfert of nema-
todes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*,
4 : 67-69.

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

STREU, H.T., JENKINS, W.R., & HUTCHINSON, M.T. (1961). Nematodes associated with carnations *Dianthus caryophyllus* L. with special reference to the parasitism and biology of *Criconema curvatum* Raski. *Bull. New. Jersey Agr. Exp. Sta.*, 800, 32 p.

TARJAN, A.C. (1966). A compendium of the genus *Criconemoides* (Criconematidae : Nemata). *Proc. Helminth. Soc. Wash.*, 33 : 109-125.

TIMM, R.W. (1965). A preliminary survey of the plant parasitic nematodes of Thailand and the Philippines. Bangkok, : *South-East Asia Treaty Organization Secretariat-General*, 71 p.

TOBAR, J.A. (1969). Nematodes del suelo de la comarca granadina de 'La Alpujarra' y su influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas. *Rev. Iber. Parasit.*, 29 : 135-141.

TOBAR, J.A. (1971). Estudio comparativo de la capacidad de multiplicacion y actividad parasitaria de tres nematodes del suelo del orden Tylenchida. *Rev. Iber. Parasit.* 31 : 319-327.

TOBAR, J.A., (1973). Estudio experimental sobre los antagonismos entre algunos nematodes parasitos de vegetales. *Rev. Iber. Parasit.*, 33 : 605-615.

TOBAR, J.A., GALLARDO-BERNAL, A. & PALACIOS-MEJIA, F. (1975). Algunos hospedadores silvestres de *Paratylenchus minyus* y *Macrop-*

posthonia curvata (Nematoda : Tylenchida). *Rev. Iber. Parasit.*,
35 : 105-111.

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.

VARO ALCALA, J., TOBAR, J.A. & MUNOZ MEDINA, J.M. (1970). "Lesiones causadas y reacciones provocadas por algunos nematodes en las raices de ceirtas plants". *Rev. Iber. Parasit.*, 30 : 547-566.

WILLIS, C.B., TOWNSEND, J.L., ANDERSON, R.V., KIMPINSKI, J., MULVEY, R.M., POTTER, J.W., SANTERRE, J. & WU, L.Y. (1976). Species of plant parasitic nematodes associated with forage crops in eastern Canada. *Plant. Dis. Rept.*, 60 : 207-210.

