

T H E S E
P R E S E N T E E
DEVANT L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON
pour obtenir
le titre de DOCTEUR-INGÉNIEUR
par
Renaud F O R T U N E R

LES NEMATODES PARASITES DES RACINES ASSOCIES AU RIZ AU SENEGAL.

Soutenu le..... devant la Commission d'Examen

MM. GINET
BRUN
PATTEE
LUC

Président

Examinateurs

conclusion

AVANT PROPOS

Le présent travail s'intègre dans le programme d'études sur les nématodes parasites des plantes du Sénégal entrepris au laboratoire de Nématologie de l'O R S T O M à Dakar-Bel Air. Monsieur le Professeur Camus, Directeur Général de l'O R S T O M a toujours favorisé mes travaux et permis que ceux-ci fassent l'objet de la présente thèse. Je le prie de croire à ma très vive et respectueuse reconnaissance.

Monsieur H. Barat, Chef de la Division de Défense des Cultures de l'Institut des Recherches Agronomiques Tropicales m'a, le premier, fait découvrir les nématodes. Je tiens à le remercier d'avoir été à l'origine de ma carrière scientifique.

Le Docteur Siddiqi du Commonwealth Institute of Helminthology m'a ensuite initié à la taxonomie. Je lui dois mon intérêt pour cette science ; qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Monsieur M. Luc, Directeur du laboratoire de Nématologie de Dakar a accueilli le débutant que j'étais dans son équipe. Il m'a toujours accordé sa confiance dans l'organisation de mon travail tout en veillant amicalement à ma formation. Il ne m'a jamais mesuré sa patience et son aide pour résoudre tous les problèmes, aussi bien scientifiques qu'administratifs qui se sont posés à moi. Ces quelques lignes sont inadéquates pour traduire ma reconnaissance qui, je le prie de le croire, est la plus vive possible.

Je dois aussi beaucoup aux membres du laboratoire de Nématologie qui m'ont tous, à des titres divers, aidé et soutenu dans mon travail. Je les prie de trouver ici l'expression de ma vive et amicale gratitude. Je pense en particulier à G. Merny qui m'a fait profiter de ses connaissances sur les nématodes du riz, B. Souchaud qui ne m'a jamais refusé son aide sur le plan technique, M. Chpiliotoff qui a assuré la surveillance de mes essais, C. Netscher, actuel Chef du Laboratoire, qui a bien voulu que certains essais soient encore effectués à Dakar après mon départ pour Abidjan, D. P. Taylor et J. C. Huot qui ont repris certains d'entre eux, P. Cadet qui a aménagé son congé pour me permettre d'achever cette thèse,

J. C. Prot, Y. Demeure et G. Germani qui m'ont parfois accompagné sur le terrain, enfin le personnel technique du laboratoire. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de ma reconnaissance.

Une partie importante de mon travail n'a été possible que grâce à l'étroite collaboration qui s'est instaurée avec Y. Jacq du laboratoire de Microbiologie de l'O R S T O M. Je tiens à le remercier de la part de plus en plus importante qu'il consacre à l'étude des interactions entre bactéries et nématodes.

Malgré leurs lourdes charges d'enseignement et de recherche, Messieurs les Professeurs Ginet, Brun et Pattee ont bien voulu constituer le jury de cette thèse. Ils n'ont jamais cessé de s'intéresser à ce travail et de me conseiller lors de la rédaction du présent mémoire. Monsieur le Professeur Nigon m'a utilement informé lorsque j'ai entrepris la préparation de cette thèse. Je les prie tous, de croire en ma très vive reconnaissance.

Enfin, certaines organisations m'ont accueilli lors de mes tournées d'étude sur le terrain, en particulier l'IRAT, la SATEC et la SAED. Que les personnes que j'ai rencontrées acceptent mes remerciements.

INTRODUCTION

Lorsque le nouveau laboratoire de Nématologie de l'O R S T O M fut installé à Dakar en 1969, les nématodes parasites des plantes cultivées dans ce pays étaient encore très peu connus. Seules les plantes maraichères avaient été prospectées de façon assez complète par NETSCHER (1970) qui avait signalé le danger présenté par les nématodes galligènes appartenant au genre *Meloidogyne*. Les nématodes parasites des plantes non maraichères n'avaient fait l'objet que de rares mentions. Une prospection générale fut donc organisée pour préciser les problèmes parasitaires liés aux nématodes pouvant exister dans le pays et évaluer leur importance.

Je fus chargé de ce travail, les autres membres de l'équipe s'attachant plus particulièrement au problème posé par *Meloidogyne*.

Des prélèvements systématiques furent effectués sur arachide, maïs, mil et sorgho, canne à sucre, tabac et riz. Les prélèvements associés aux plantes autres que le riz sont généralement peu différents entre les diverses cultures et d'une région à l'autre. Cette monotonie de la faune des cultures de plateau est probablement causée par la rigueur de la saison sèche à laquelle seuls quelques nématodes peuvent s'adapter et à la pratique de rotations très courtes qui ramènent souvent les hôtes des différents parasites sur le même terrain. Les peuplements observés sur riz sont au contraire très diversifiés et présentent de grandes variations géographiques et topographiques. Les rizières inondées constituent en effet un milieu original et permanent qui permet l'établissement d'une faune très différente de celle des cultures de plateau. L'étude de cette faune promettait d'être intéressante.

Le riz est d'autre part une plante économiquement importante au Sénégal : culture vivrière traditionnelle mais aussi culture en cours de développement par la création de nouvelles rizières, le long du Fleuve Sénégal en particulier. L'installation de ces rizières

bien aménagées dans lesquelles la culture mécanisée est possible devrait permettre de rattraper le déficit actuel de la consommation de riz du Sénégal.

Il est utile de protéger ces rizières à haut rendement contre les attaques des parasites, ce qui justifie les études entreprises sur ces derniers et, entre autres, sur les nématodes.

§
§ §

Parmi les nématodes parasites du riz, *Aphelenchoides besseyi*, a été signalé par Hooper & Merny au Sénégal en 1966 ; la description de sa morphologie a été complétée grâce à du matériel provenant de Casamance (Fortuner 1970, publication 1).

Ce parasite a été étudié de façon très complète par de nombreux auteurs (cf. Fortuner & Orton Williams 1975, publication 2) et il n'a pas semblé nécessaire d'entreprendre de nouvelles recherches sur ce nématode.

Par contre, la biologie des nématodes du sol, parasites des racines du riz, inconnue au Sénégal, était très peu connue dans le reste du monde en 1969. Si depuis, plusieurs travaux importants ont été effectués sur ce sujet, les articles écologiques publiés principalement aux Indes, aux U. S. A. et au Japon, se rapportent à un environnement très différent de celui qui règne au Sénégal, et ne peuvent donc que difficilement être transposés à la situation de la riziculture dans ce pays.

§
§ §

Pour ces diverses raisons, il a donc été décidé de préciser la biologie des nématodes parasites des racines associés au riz au Sénégal.

L'observation des peuplements a permis de définir la répartition et l'importance relative des diverses espèces présentes.

A cette occasion, plusieurs problèmes taxonomiques ont été rencontrés dont certains ont été résolus.

La perte de récolte subie par le riz lorsqu'il est attaqué par l'une des espèces dominantes des rizières inondées a pu ensuite être chiffrée avec précision. Cette perte s'est révélée être très élevée et justifier la recherche de méthodes de lutte contre ces parasites.

Pour ce faire, des études écologiques ont été entreprises qui ont également permis d'expliquer les variations qualitatives observées dans les peuplements des diverses régions et des divers types de rizières.

La liaison étroite existant entre le niveau des populations de nématodes et l'activité des bactéries sulfatoréductrices dans le sol des rizières, déjà signalée par Rodriguez-Kabana, Jordan et Hollis (1965), a été précisée grâce à une étroite collaboration avec Jacq, microbiologiste ORSTOM.

Ce phénomène a été utilisé pour tenter de mettre au point une méthode de lutte biologique originale et peu coûteuse contre les nématodes du sol des rizières.

1 - ETUDES FAUNISTIQUES

Les nématodes présents dans le sol des rizières n'ayant pas encore été étudiés au Sénégal, il fut d'abord nécessaire d'identifier les espèces présentes, puis de dresser des cartes indiquant leur répartition géographique ainsi que la grandeur de leurs populations.

Ces renseignements ont été obtenus par l'analyse de 187 prélèvements de sol et de racines effectués dans toutes les régions rizicoles du Sénégal. Une prospection a également été effectuée à la demande du gouvernement gambien sur le riz et les autres plantes de Gambie. D'autre part, quelques rizières installées sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal ont aussi été prospectées. L'étude des rizières de ces deux régions est associée à celle des rizières sénégalaises.

Les prélèvements et l'analyse des échantillons ont le plus souvent été effectués par l'auteur ; G. Merny a apporté son aide à certaines séries de prélèvements et a participé à la rédaction du premier article qui présente les résultats obtenus (Fortuner & Merny 1973, publication 8).

Chaque prélèvement est constitué de 1 à 5 échantillons comprenant l'essentiel du système racinaire d'un pied de riz et 500 cm³ de sol. Il est évident qu'un si faible nombre de prélèvements est insuffisant pour donner une idée du peuplement d'une rizière particulière. Merny (1970) estime à 100 par hectare le nombre de prélèvements nécessaires pour en obtenir une évaluation grossière. La méthode employée est cependant suffisamment précise pour caractériser les peuplements de l'ensemble d'une région. Les nématodes sont extraits par les méthodes classiques (élutriation et aspersion) de Seinhorst, 1950, 1962, puis comptés dans une partie aliquote contenant 1/5e des animaux présents. Les individus destinés aux déterminations spécifiques sont tués, fixés et montés sur lame dans de la glycérine selon la méthode rapide de Seinhorst (1959).

1 - 1 - ETUDES TAXONOMIQUES - LISTE DES ESPÈCES

Au cours de l'analyse des échantillons, seules les espèces

appartenant aux genres dont le parasitisme envers les plantes est connu -ou du moins très probable- sont dénombrées. Pratiquement n'est retenu que l'ordre des Tylenchida, caractérisé par un stylet buccal, ainsi que les quelques espèces de l'ordre des Dorylaimida dont le parasitisme est prouvé.

La liste présentée ci-dessous comprend 29 espèces parmi lesquelles trois, nouvelles, sont décrites. Des populations appartenant à deux autres espèces déjà connues sont d'autre part mesurées ; enfin, cinq espèces posent d'intéressants problèmes taxonomiques dont l'étude est encore en cours.

Les autres nématodes découverts ne donnent lieu à aucun commentaire, soit parce que, bien connus, ils ne posent aucun problème, soit parce qu'ils sont étudiés par mes collègues, spécialistes de certains genres.

ORDRE TYLENCHIDA

Super Famille TYLENCHOIDEA

Famille Tylenchorhynchidae

Tylenchorhynchus mashhoodi Siddiqi & Basir, 1959.

Des individus appartenant à cette espèce, observés en Côte d'Ivoire par Merny (1970), sont rapportés par lui à *Tylenchorhynchus elegans* Siddiqi, 1961.

Cette espèce décrite aux Indes diffère de *T. mashhoodi*, espèce indienne également, par une cuticule finement striée, un stylet plus mince et une queue plus longue portant 23 anneaux cuticulaires au lieu de 13-16, mais Baqri et Jairajpuri (1970) en élargissant la description de *T. mashhoodi* par l'étude de plusieurs populations ont conclu à l'identité des deux espèces et leur conclusion avait été acceptée jusqu'à présent.

Cependant, l'étude de populations sénégalaises de *T. mashhoodi*, dont la variabilité morphométrique vient à l'appui de l'opinion de Baqri et Jairajpuri, révèle la présence d'une structure interne assez rare : le "serpentin" dont la nature et la fonction ont été étudiés par Byers et Anderson (1973) qui assignent à ce qu'ils appellent

"fasciculi" une fonction probablement contractile. Siddiqi a confirmé (comm;pers.) la présence d'une telle structure chez les paratypes de *T.elegans* et son absence chez ceux de *T.mashhoodi*. Cet auteur estime que les différences morphométriques entre les deux espèces sont réelles. Cependant, en attendant la conclusion des comparaisons qui doivent être entreprises sur des populations africaines et indiennes des deux espèces, l'espèce sénégalaise sera appelée *T.mashhoodi* comme dans les articles déjà publiés.

Tylenchorhynchus gladiolatus Fortuner & Amougou, 1973.

Cette espèce, découverte par Amougou sur mil et sorgho au Sénégal a été ensuite retrouvée et décrite sur riz de plateau cotonnier et maïs au Sénégal et en Gambie.

Elle est caractérisée par la présence de 16 sillons cuticulaires longitudinaux, un stylet court et des lèvres séparées du corps par une constriction et portant 5 à 6 anneaux cuticulaires (publication 4).

Uliginotylenchus rhopalocercus (Seinhorst 1963) Siddiqi, 1971.

Uliginotylenchus palustris (Merny & Germani, 1968) Siddiqi, 1971.

Famille Belonolaimidae

Trichotylenchus falcoformis Whitehead, 1959.

Telotylenchus cf. *ventralis*.

Ce nématode n'est représenté dans les rizières que par quelques individus et sa détermination spécifique n'a pas été effectuée. Il est vraisemblable qu'il s'agisse de *T.ventralis* Loof, 1963, observé sur d'autres plantes au Sénégal.

Famille Pratylenchidae

Hirschmanniella oryzae (Van Breda de Haan, 1902) Luc & Goodey, 1964.

Deux populations appartenant à cette espèce ont été

étudiées ; l'une provient de la région du fleuve Sénégal, l'autre de Gambie. *Hirschmanniella oryzae* est caractérisé par son stylet court (15,5 à 17,5 μ chez les femelles examinées) et la forme de sa queue qui s'amincit progressivement jusqu'à une extrémité ogivale comportant un mucron terminal. La longueur des individus observés (femelles) est de 1,09 à 1,22 mm. (non publié)

Ces caractères morphométriques correspondent à ceux donnés par Sher (1968) lors de la redescription de l'espèce. Le stylet est cependant légèrement plus petit : respectivement 16,6 μ (16-17,5) et 16,2 μ (15,5-17) dans les populations étudiées et 17 μ (16-19) et 18 μ (17-20) chez les populations observées par Sher.

La forme de la queue ressemble à celle décrite par cet auteur : "with distinct ventral mucro, sometimes a fine pointed ventral projection". Cependant, certains spécimens sénégalais présentent en plus du mucron une petite échancrure ventrale. Cette structure est également présente chez quelques individus recueillis sur riz à Java et communiqués par Sher lui-même qui les a identifiés comme *H. oryzae*.

Il faut donc conclure que l'extrémité caudale de *H. oryzae* présente une variabilité plus grande que ce qu'avait indiqué Sher et que ce caractère doit être utilisé avec la plus grande prudence dans les clefs de détermination.

Hirschmanniella spinicaudata (Schuurmans Stekhoven, 1944)

Luc & Goodey, 1964

Une étude bibliographique de cette espèce a été publiée (Luc & Fortuner, publication 5) ; la description d'une population sénégalaise est incluse dans le même article. Les caractères morphométriques correspondent à ceux des populations précédemment décrites, en particulier en Côte d'Ivoire et au Cameroun.

H. spinicaudata est caractérisé par un stylet long, plus de 40 μ chez la femelle (44-48 μ dans la population étudiée), une queue allongée avec des annélations cuticulaires s'étendant presque jusqu'à l'extrémité, qui a une forme variable, arrondie à effilée, mais ne présente jamais de mucron. L'intestin recouvre légèrement le rectum ;

les champs latéraux présentent 4 incisures et sont plus ou moins striés transversalement. La longueur des individus (femelles) étudiés est de 2,44 à 3,16 mm.

Pratylenchus sefaensis Fortuner, 1973.

Cette espèce, découverte sur diverses plantes dont le riz de plateau, est très commune au Sénégal et probablement dans toute l'Afrique de l'Ouest. En effet, l'examen de quelques spécimens prélevés sur maïs au Nigéria par Bridge a révélé sa présence dans ce pays. Je l'ai également observée dans un échantillon provenant du Cameroun en cours d'étude chez le Dr. Geraert.

Pratylenchus sefaensis est distinct des autres espèces du genre par la présence de trois anneaux cuticulaires labiaux, un stylet court, une vulve située à 76-81 % de la longueur du corps, une queue cylindrique à extrémité lisse et l'absence de mâles (publication 6)

Un autre nématode, appelé *Pratylenchus* sp. 1 dans les articles de faunistique a été découvert dans trois rizières de nappe. Il est identique à *P. sefaensis* mais des mâles sont présents en proportion notable et de nombreuses femelles sont fécondées.

Il est connu que des conditions écologiques défavorables peuvent modifier le sex ratio de certains nématodes (*Aphelenchoides besseyi* par exemple) ou provoquer l'apparition de mâles chez des espèces normalement parthénogénétiques (*Pratylenchus zae* sexué observé par Merny, 1970). *P. sefaensis* est une espèce parthénogénétique associée aux cultures de plateau. Les trois populations sexuées ont été découvertes dans des rizières de nappe très humides, écologiquement peu adaptées aux besoins de l'espèce.

La présence ou l'absence de mâles est donc un caractère taxonomique à utiliser avec précaution. Il serait utile de l'étudier pour chacune des espèces du genre dont certaines sont toujours sexuées (*P. penetrans*), d'autres possèdent des mâles en très faibles proportions (*P. brachyurus*), d'autres enfin, habituellement parthénogénétiques, ont des mâles dans certaines conditions, soit peu nombreux (*P. zae*) soit en grande quantité (*P. sefaensis*).

Pratylenchus brachyurus (Godfrey, 1929) Filipjev & Schuurmans
Stekhoven, 1941.

Pratylenchus zeae Graham, 1951.

Une étude bibliographique de cette espèce a été publiée. La description d'une population sénégalaise est incluse dans le même article (Fortuner, 1976, publication 7).

Pratylenchus zeae est caractérisé par la présence de trois anneaux cuticulaires sur les lèvres, un stylet assez court, (15-5 - 16,5 μ chez les individus (femelles) étudiés) une vulve assez antérieure parmi les espèces du genre (située à 68,6 - 73,9 % de la longueur totale chez les individus étudiés) et une queue qui va s'amincissant jusqu'à une extrémité d'aspect variable, généralement presque pointue, finement arrondie à sus-aigüe, non striée. Il n'existe généralement pas de mâles : quelques uns ont été observés et décrits par Merny (1970) mais, contrairement à ce qu'avait écrit cet auteur, les femelles associées ne sont pas fécondées.

Famille Hoplolaimidae.

Hoplolaimus clarissimus Fortuner, 1973.

Cette espèce nouvelle n'a été découverte qu'en trois localités au Sénégal (Fortuner 1973, publication 6). Elle diffère des autres espèces du genre par de nombreux points : présence simultanée de glandes oesophagiennes à 6 noyaux et de 4 incisures dans le champ latéral, grande longueur des spicules du mâle et de la queue de la femelle, grand nombre d'anneaux cuticulaires de la queue de la femelle et fort coefficient de recouvrement de l'intestin par les glandes oesophagiennes.

Un tableau de détermination des 16 espèces valides du genre *Hoplolaimus* a été présenté dans le même article.

Scutellonemz cavenessi Sher, 1963

Peltamigratus nigeriensis Sher, 1963.

Helicotylenchus sp.

Cette espèce, parthénogénétique, a été découverte dans tous les prélèvements effectués sur riz de plateau et elle est très commune sur les autres plantes.

Les individus provenant des populations observées ont la même allure générale et présentent en commun de nombreux caractères morphométriques ; cependant, lors des tentatives de détermination spécifique, on constate que d'autres caractères, en particulier ceux liés à la description de la queue, très variables à l'intérieur des populations observées, sont utilisés par les auteurs pour séparer les nombreuses espèces du genre actuellement décrites.

Il faut donc conclure, soit que les populations observées au Sénégal sont en fait constituées d'un mélange d'espèces très voisines, soit que les caractères morphométriques utilisés par les auteurs pour séparer les espèces ne représentent en fait qu'une variabilité intra-spécifique et n'ont donc pas de valeur taxonomique.

C'est la seconde hypothèse qui a été retenue ; pour la tester, j'ai entrepris l'étude de la variabilité morphologique dans un clone constitué par la descendance d'une femelle unique. Les premières observations confirment la grande variabilité intra clonale de certains caractères, dont ceux qui décrivent la morphologie de la queue. Cette étude se poursuivra en collaboration avec M. Luc par la comparaison de clones établis à partir de la même population. Ce travail devrait amener un certain remaniement du genre.

Famille Heteroderidae.

Heterodera cf. *sacchari*

Heterodera cf. *oryzae*

Les deux espèces d'*Heterodera* découvertes, identiques ou très proches d'espèces déjà décrites, sont en cours d'étude par Luc et Taylor.

Meloidogyne sp.

Super Famille CRICONEMATOIDEA

Famille Criconematidae

- Criconemoides palustris* Luc, 1970
Criconemoides curvatus Raski, 1952
Criconemoides ornatus (Raski, 1952) Raski, 1958
Hemicycliophora diolaensis Germani & Luc, 1973
Hemicycliophora belemnis Germani & Luc, 1973

Famille Paratylenchidae

Paratylenchus sp. 1

Cette espèce ressemble à *P. arenarium* (Raski, 1956) Geraert, 1966, par de nombreux caractères : aspect général de la femelle, forme des lèvres, de la vulve, de la queue, absence de volets vulvaires, aspect général des mâles, forme des spicules ainsi que par le court stylet (11 à 13 μ) et la position de la vulve à 73,4 - 81,7 % de la longueur du corps. Elle en diffère par quelques détails (plus faible longueur des femelles : 0,29 - 0,39 mm, position du pore excréteur et forme de la queue des mâles) qui ne paraissent pas suffisants pour créer un nouveau taxon.

Paratylenchus sp. 2

Cette espèce découverte sur riz de nappe en Casamance est probablement nouvelle. Elle se distingue des autres espèces du genre par la possession d'un stylet de 50 à 59 μ , d'une vulve à 80,7 - 84 % de la longueur du corps, de lobes submedians bien développés et de volets vulvaires. Sa description est en cours en collaboration avec D.P. Taylor qui a observé une espèce semblable sur une graminée non identifiée.

ORDRE DORYLAIMIDA

Super Famille DORYLAIMCIDEA

Famille Longidoridae

- Xiphinema attorodorum* Luc, 1961
Xiphinema bergeri Luc, 1973

Cette espèce existe également dans les rizières de bas-fond en Côte d'Ivoire : Merny (1970) la mentionne sous le nom de *Xiphinema* "ae'

Longidorus sp.

Cette forme n'a été observée qu'à l'état de juvéniles, ce qui interdit toute détermination spécifique.

Super Famille DIPHTHEROPHOROIDEA

Famille Trichodoridae

Trichodorus sp.

Comme pour la forme précédente, seuls des juvéniles ont été observés.

1 - 2 - REPARTITION GEOGRAPHIQUE.

1-2-1- Description du milieu

Les résultats obtenus lors de l'enquête faunistique ont été publiés en deux articles (Fortuner & Merny, 1973, publication 8 et Fortuner, 1975, publication 9).

Les peuplements des diverses régions rizicoles -Basse et Haute Casamance, Gambie, Siné Saloum, Cap Vert et Fleuve Sénégal (voir carte de la figure 1 ci-dessous)- y sont décrits séparément. D'autre part, le climat soudanien humide régnant en Casamance permet l'établissement de quatre sortes de rizières dont les peuplements sont différents (voir schéma explicatif de la figure 2, ci-dessous) :

- A - Rizières de plateau : non inondables, l'alimentation hydrique du riz n'est assurée que par les précipitations.
- B - Rizières de nappe : la nappe phréatique proche de la surface assure une forte humidité du sol qui n'est cependant jamais submergé.
- C - Rizières inondées : ce sont les rizières typiques recouvertes d'une nappe d'eau plus ou moins permanente pendant la culture du riz.
- D - Rizières de mangrove : établies en Basse-Casamance dans la zone de balancement des marées, leur sol est plus ou moins salé.

Dans les autres régions, le climat sahélien plus sec ne permet pas la culture du riz de plateau. Les rizières inondées installées récemment en Gambie et sur le Sénégal disposent, grâce à ces fleuves, de réserves d'eau qui leur ont permis de supporter la sécheresse de ces dernières années. Dans les régions du Siné-Saloum et du Cap Vert qui ne bénéficient pas d'un tel apport d'eau, les rizières traditionnelles ont souffert de la faible pluviosité et leurs peuplements nématologiques ont été bouleversés. Ces deux régions, d'ailleurs d'importance rizicole secondaire, n'ont donc pu être étudiées en détail.

Dans les quatre principales régions rizicoles, les variations des peuplements sont décrites selon deux aspects :

- comparaison des peuplements des rizières inondées dans l'ensemble du pays (fig.1) ;
- en Casamance uniquement, cette comparaison peut être étendue aux peuplements des quatre types de rizières qui y sont distingués (fig. 2)

1-2-2- Description des peuplements des rizières

inondées dans l'ensemble de la zone étudiée.

Dans les histogrammes des figures 1 et 2, les espèces sont identifiées par un numéro d'ordre qui n'a aucune signification particulière mais qui est identique à celui qui leur avait été attribué dans les articles déjà publiés (Fortuner & Merny, 1973, Fortuner, 1975) pour des raisons de commodité. Les espèces sont classées de façon à rendre plus évidente les modifications des peuplements d'un type de rizière à l'autre. Les espèces des rizières inondées apparaissent les premières, par ordre d'importance décroissante, puis celles des rizières de plateau, en ordre d'importance croissante.

Les deux espèces d'*Hirschmanniella*, espèces typiques du riz, sont mis en évidence dans les histogrammes par un graphisme approprié.

Les espèces figurées sont les suivantes :

- | | |
|---|--|
| 7 - <i>Hirschmanniella spinicaudata</i> | 26 - <i>Telotylenchus cf. ventralis</i> |
| 1 - <i>Tylenchorhynchus mashhoodi</i> | 12 - <i>Peltamigratus nigeriensis</i> |
| 16 - <i>Criconemoides palustris</i> | 24 - <i>Trichodorus sp.</i> |
| 21 - <i>Paratylenchus sp.</i> | 5 - <i>Trichotylenchus falciformis</i> |
| 23 - <i>Xiphinema bergeri</i> | 9 - <i>Pratylenchus spp.</i> |
| 3 - <i>Uliginotylenchus rhopalocercus</i> | 11 - <i>Scutellonema cavenessi</i> |
| 18 - <i>Hemicycliophora spp.</i> | 16' - <i>Criconemoides curvatus</i> |
| 14 - <i>Heterodera spp.</i> | 25 - <i>Tylenchorhynchus gladiolatus</i> |
| 15 - <i>Meloidogyne spp.</i> | 23' - <i>Xiphinema bakeri - X. attorodorum</i> |
| 4 - <i>Uliginotylenchus palustris</i> | 13 - <i>Helicotylenchus sp.</i> |
| 6 - <i>Hirschmanniella oryzae</i> | ♢ - divers |

Chaque espèce est représentée par un rectangle dont la hauteur est obtenue en multipliant sa constance (pourcentage de champs où elle a été observée) par son abondance (log. de la population moyenne de l'espèce dans les champs où elle est présente). Ces deux grandeurs figurent dans les articles de faunistiques (publications 8 et 9).

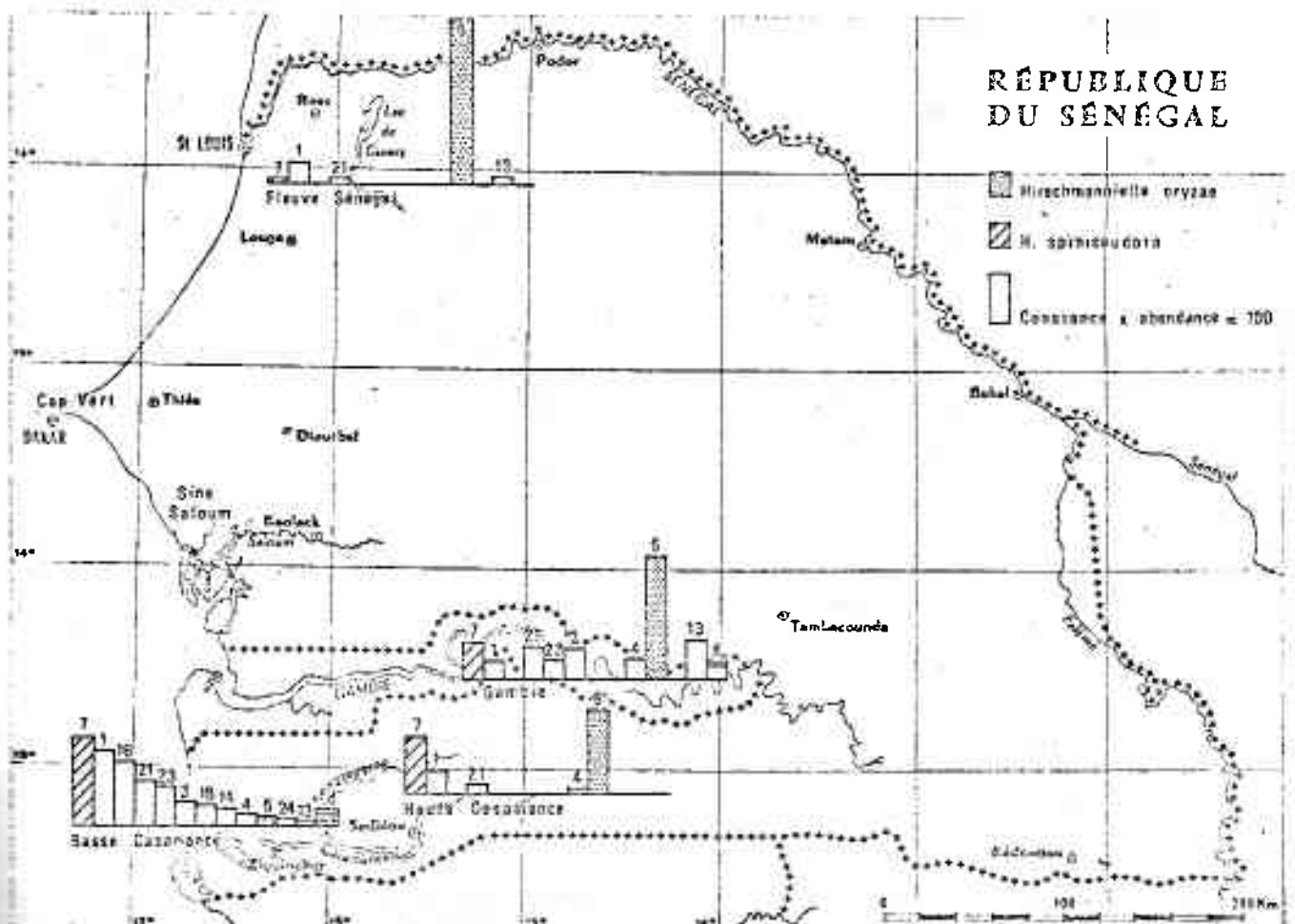


fig. 1 - Comparaison des peuplements nématologiques dans les rizières inondées des principales régions étudiées (chaque barre d'histogramme représente une espèce identifiée par un nombre selon la

On remarque, par la figure 1, l'appauvrissement des peuplements du Sud vers le Nord. Ils se composent en effet de 17 espèces en Basse Casamance, 10 en Gambie et 5 sur le fleuve Sénégal. Les rizières inondées de Haute Casamance sont, elles aussi, très pauvres avec 5 espèces de nématodes seulement.

Les *Hirschmanniella* dominent dans toutes les régions mais tandis qu'en Basse Casamance on trouve le plus souvent *H. spinicaudata*, dans les autres régions *H. oryzae*, espèce très secondaire en Basse Casamance, prend de plus en plus d'importance pour être pratiquement la seule espèce présente dans les rizières du fleuve Sénégal.

A côté de ce genre endoparasite, il existe de nombreuses espèces ectoparasites dont les principales sont *Tylenchorhynchus mashhoodi*, *Criconemoides palustris*, *Xiphinema bergeri*, *Uliginotylenchus rhopalocercus*, *Hemicyclophora diolaensis*, etc.

Cette situation est comparable à ce qui a été observé dans d'autres pays rizicoles. *Hirschmanniella oryzae* est une espèce mondialement répandue tandis que *H. spinicaudata* est connu dans toute la zone tropicale africaine, de la Côte d'Ivoire au Cameroun ainsi qu'au Sud des U. S. A. et au Vénézuéla. Par contre, les autres *Hirschmanniella* associés au riz : *H. mucronata*, *H. thornei* et *H. imamuri* en Asie, *H. belli* et *H. caudacrena* aux U. S. A. n'ont pas été observés au Sénégal.

Les espèces ectoparasites découvertes sont toutes présentes en Côte d'Ivoire, sauf la dernière citée (Merny, 1970). Ailleurs, on trouve soit les mêmes espèces, soit des espèces proches appartenant aux mêmes genres. Par exemple, *Tylenchorhynchus mashhoodi* est connu aux Indes mais c'est *T. martini* qui représente le genre dans d'autres pays asiatiques, aux U. S. A. et au Sierra Leone. *Criconemoides palustris*, lui, est probablement présent aux U. S. A. où il est signalé sous le nom de *C. onoensis*, espèce longtemps confondue avec la précédente. *Xiphinema bergeri* n'est connu qu'en Côte d'Ivoire mais l'on trouve de nombreuses espèces du genre dans d'autres pays rizicoles : *X. cavenessi*, *X. seredoriense*, *X. rotundatum* et *X. setariae* en Afrique, *X. insigne* et *X. orbum* aux Indes. (cf. publication 3)

En résumé, le peuplement des rizières inondées sénégalaises ne présente aucune particularité, tout au moins dans le sud du Pays. Dans la région du fleuve Sénégal, le peuplement pratiquement monospécifique avec

Hirschmanniella oryzae constitue une exception qu'il faudra expliquer.

1-2-3- Description des peuplements des divers types de rizières définis en Casamance.

En Casamance, chaque rizière visitée a été classée selon son mode d'alimentation hydrique dans l'un des quatre types définis plus haut (rizières de plateau "A", de nappe "B", inondées "C" et de mangrove "D").

Les variétés employées sont très nombreuses, surtout dans les rizières villageoises, et généralement adaptées au type de rizière. Certaines variétés améliorées, I-Kong-Pao par exemple, utilisées dans les rizières nouvelles, sont polyvalentes et peuvent être cultivées aussi bien en rizières inondées qu'en rizières de plateau. Les graphes de la figure 2 présentent les peuplements des rizières regroupés type par type.

Les rizières de mangrove (D) n'abritent pratiquement aucun nématode. Ces rizières sont salées et soumises à une sulfatoréduction intense. Ce phénomène est le fait de bactéries anaérobies qui se développent à partir de substances carbonées libérées dans le sol par la décomposition de débris végétaux et qui tirent leur énergie de la réduction en sulfures des sulfates du sol. Cette opération se traduit par la libération d'ions S^{2-} dans l'eau du sol. Ces ions sont toxiques pour le riz ; à forte teneur, ils provoquent des fontes de semis et des maladies physiologiques. Des auteurs américains ont montré qu'ils étaient également toxiques pour les nématodes du sol (Rodriguez-Kabana *et al* , 1965).

Pour les rizières inondées (C), nous retrouvons les histogrammes déjà présentés dans la figure 1 et commentés ci-dessus. En Basse Casamance, les observations ont porté sur 50 rizières de ce type. Dix d'entre elles hébergent une population de nématodes très faible ou nulle. Or, quatre de ces dix rizières avaient également été prospectées par un microbiologiste de l'ORSTOM qui y avait reconnu la présence de phénomènes de sulfatoréduction (Jacq, 1972). A la suite de cette observation, une étude a été entreprise en collaboration avec Jacq dans l'espoir d'utiliser l'activité sulfatoréductrice pour détruire les populations de nématodes dans d'autres rizières inondées (cf. paragraphe 3-3 ci-dessous).

Dans les rizières de nappe (B), très humides mais non

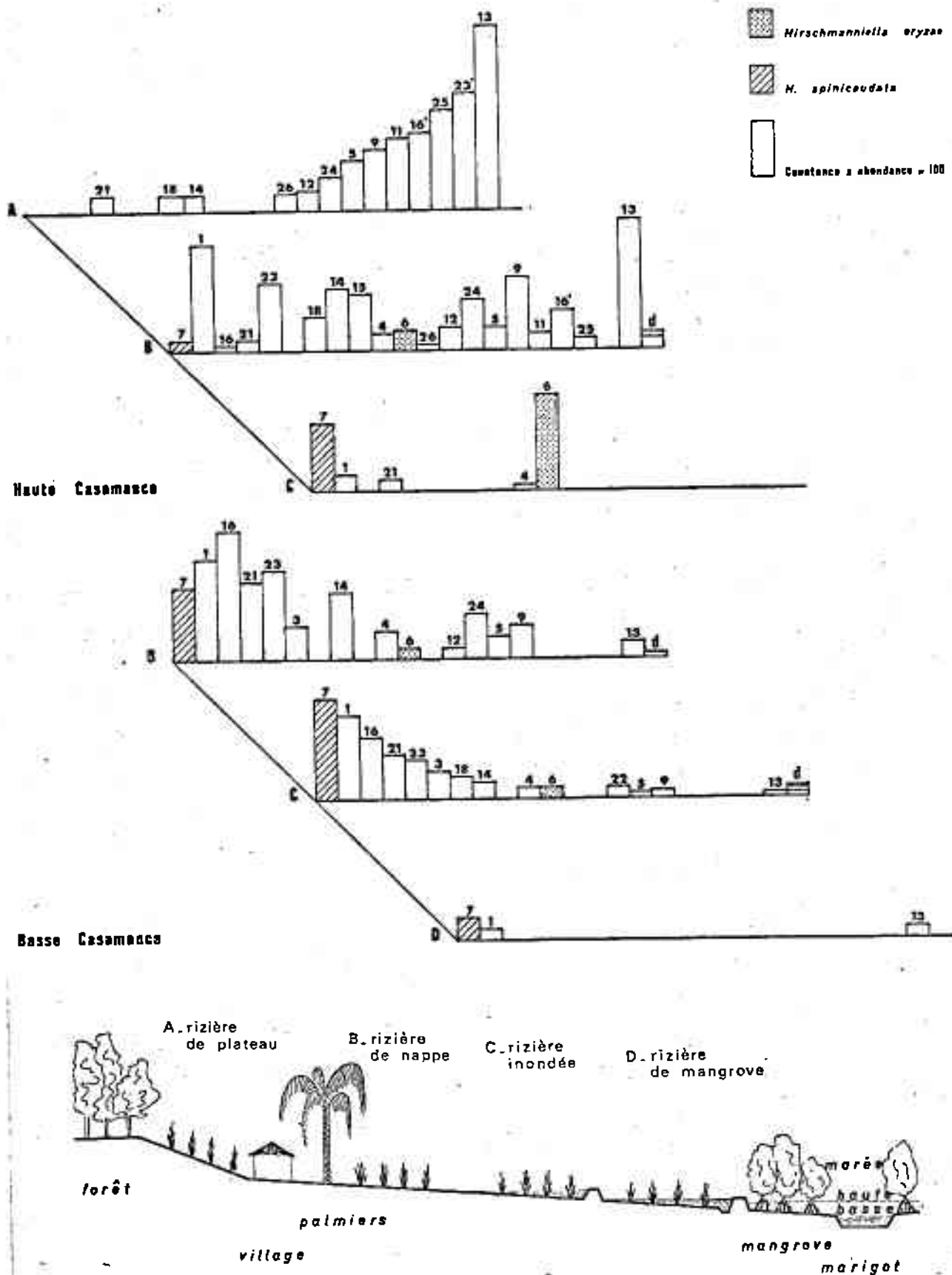


Fig.2 - Comparaison synthétique des peuplements nématologiques des quatre types de rizières existant en Casamance avec schéma explicatif. (Chaque barre d'histogramme représente une espèce identifiée par un nombre selon la liste donnée plus haut).

inondées, aucune espèce ne domine nettement. Les espèces précédentes sont encore présentes, tandis que d'autres font leur apparition. Ce type de rizières constitue en fait une transition entre les rizières inondées et les rizières de plateau (A).

Chez ces dernières, les espèces typiques du riz inondé ont complètement disparu, remplacées par une faune nouvelle avec *Helicotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus gladiolatus*, *Trichotylenchus falciiformis*, *Scutellonema cavenessi*, *Pratylenchus sefaensis*, *Criconemoides curvatus*, *Xiphinema attorodorum* etc. Il s'agit soit de genres nouveaux : *Helicotylenchus*, *Scutellonema*, *Pratylenchus*, soit d'une vicariance d'espèces à l'intérieur du même genre, *Criconemoides curvatus* prenant la place de *C. palustris*, *Hemicycliophora belemnis* celle de *H. diolaensis*, *Xiphinema attorodorum* remplaçant *X. bergeri*, etc. Cette faune des riz de plateau est identique à celle que l'on rencontre sur les autres plantes cultivées en ces mêmes endroits : maïs, mil et sorgho, arachide, cotonnier, etc. tandis que les espèces associées au riz inondé, et en particulier les *Hirschmanniella*, parasitent également les plantes adventices, Graminées et Cypéracées, de ce type de rizières ainsi que le révèlent quelques prélèvements effectués sur ces plantes (cf. publication 12).

Ainsi, les peuplements des rizières de plateau sont les mêmes que ceux des autres cultures de plateau mais différent de ceux des rizières inondées qui, eux, sont identiques à ceux des plantes adventices adaptées à la submersion (cf. publication 12). Le caractère original de la faune des rizières inondées serait donc dû à une adaptation des parasites non à un hôte unique, mais à des conditions écologiques particulières.

En conclusion, l'étude réalisée permet de définir deux axes de variation :

- un axe géographique sud-nord allant de la Basse Casamance vers la Haute Casamance, la Gambie et le fleuve Sénégal, le long duquel on assiste, dans les rizières inondées, à une disparition progressive de *Hirschmanniella spinicaudata*, à une diminution du nombre d'espèces présentes, et à l'augmentation parallèle de la constance et de l'abondance de *H. oryzae*.

- un axe hydro-topographique bien visible en Casamance, allant des rizières inondées aux rizières de nappe puis aux rizières de plateau. La diminution de l'apport hydrique qui marque cet axe s'accompagne d'une disparition rapide des deux espèces d'*Hirschmanniella*, de celle plus progressive de *Tylenchorhynchus mashhoodi* et de l'apparition des espèces associées aux cultures pluviales.

2 - ETUDES PHYTO PARASITAIRES

2 - 1 - TECHNIQUES

Avant de poursuivre les études sur les nématodes du riz, il a paru nécessaire de savoir si ces parasites sont dangereux en évaluant la perte de récolte qu'ils sont capables de provoquer.

Cette question peut être étudiée de différentes manières qui représentent trois étapes dans l'approche du problème.

Dans un premier temps, divers auteurs ont noté l'augmentation de rendement provoquée par l'application de nématicides dans des rizières infestées. Cependant, ces produits ne sont pas parfaitement spécifiques et ils peuvent agir sur d'autres parasites. Il est alors impossible d'attribuer à chaque ennemi des cultures la part qui lui revient dans les dégâts constatés. D'autre part, les produits employés ont souvent une action secondaire sur la plante, favorable ou phytotoxique, qui fausse irrémédiablement les résultats. Tout au plus peut-on conclure du résultat négatif d'un essai que les nématodes présents dans le sol ne causent aucun dégât, tandis qu'un essai positif n'offre qu'une présomption qu'il faudra confirmer d'une autre manière.

Une deuxième étape de l'évaluation des dégâts causés est constituée par les expériences d'inoculation en pot. L'addition à un pot de riz exempt de parasites d'un inoculum monospécifique connu permet d'observer ou non l'apparition de dommages sur la plante. La relation entre grandeur et nature de l'inoculum et les dégâts commis ne sont cependant pas extrapolables. Un pot est un milieu confiné et de faible volume qui gêne le développement des plants. Les dégâts constatés à la suite de l'addition d'un certain nombre de nématodes ne sont pas comparables à ceux que subit une plante qui germe dans un sol infesté. On peut cependant conclure d'un essai réussi que l'espèce testée est parasite et pathogène envers la plante.

Ces deux étapes ont été réalisées pour le riz par divers auteurs qui ont prouvé la réalité des dégâts causés à cette culture par certaines espèces, par exemple *Hirschmanniella oryzae*. Il restait à tenter d'évaluer les pertes de récolte dans des conditions aussi proches que

possible de la réalité, et de cultiver du riz dans un volume de terre assez grand pour permettre un développement normal de la plante, mais suffisamment réduit pour que le niveau et la pureté de la population testée puissent être contrôlés efficacement. C'est dans cet esprit que les deux expériences relatées ci-dessous ont été réalisées (publications 10 et 11).

2 - 2 - DONNEES EXPERIMENTALES

Des microparcelles de 1 m³, volume qui permet un développement convenable des plants de riz, sont utilisées. Constituées de cubes de béton étanches, elles sont remplies de terre argileuse provenant d'une dépression, appelée "niaye", du Cap Vert, qui convient bien à la culture du riz. La terre de toutes les parcelles est stérilisée par un désinfectant total : le Vapam (N - méthyl-dithiocarbamate de sodium). Le produit disparaît rapidement par évaporation et des nématodes sont introduits dans la moitié des parcelles. Deux cultures de riz sont alors effectuées sur toutes les parcelles ; ceci permet la reconstitution des éléments biologiques du sol (microfaune et microflore) détruits par l'action stérilisante du Vapam, ainsi que la stabilisation des populations de parasites. Les parcelles répondent alors aux conditions exigées pour l'expérimentation proprement dite, qui a eu lieu au cours d'une troisième culture de riz de la variété I-Kong-Pao. Le contrôle des populations de nématodes présentes dans les parcelles a été effectué avant et après la culture par l'extraction des nématodes contenus dans des prélèvements de 250 cm³ de terre, extraction réalisée selon les méthodes de Seinhorst.

En raison de la durée et du coût de cette expérience, une seule espèce a pu être étudiée. Le développement rizicole au Sénégal devant se faire principalement par la création de rizières inondées le long du fleuve Sénégal, c'est *Hirschmanniella oryzae*, espèce dominante de cette région, qui a été choisie.

Un premier essai a été réalisé dans des parcelles non fertilisées (Fortuner, 1975, publication 10) ; au cours d'une deuxième expérience la comparaison s'est étendue à l'action des engrais sur les dégâts causés par le nématode (Fortuner, 1976, publication 11). Les parcelles fertilisées ont reçu chacune 33 g de (NH₄)₂ SO₄ et 17,5 g de PO₄H₂K avant le semis, 7 g d'urée au tallage et 7 g d'urée à l'épiaison, ce qui correspond à des doses de 135,40 et 50 kg/ha des éléments N, P et K.

2 - 3 - RESULTATS

Les prélèvements de sol effectués avant et après la culture au cours des deux essais, révèlent la présence de populations comparables en nombre à celles que l'on observe dans la région du fleuve Sénégal : plusieurs milliers d'individus au dm³ de sol et plusieurs dizaines à plusieurs centaines au g. de racines.

La présence d'*Hirschmanniella oryzae* en de telles populations ne se traduit par aucun symptôme net : ni colorations, ni déformations inhabituelles. Un champ infesté par des populations de *H. oryzae* réparties de façon homogène ne paraît donc souffrir d'aucune attaque parasitaire. Cependant si l'on compare deux parcelles situées côte à côte, l'une infestée, l'autre indemne, la vigueur moindre des plants de la première est très visible. Elle se confirme d'ailleurs par les mesures effectuées : le tallage, la hauteur et le poids des plants, le nombre des panicules sont plus grands chez les riz sains.

La vigueur supérieure des plants non infestés permet une récolte de grains supérieure. Le gain est considérable : 42 - 45 % si le sol n'est pas fertilisé, 23 % si un engrais a été utilisé. La présence de *H. oryzae* dans le sol d'une rizière provoque une diminution de rendement très importante qui justifie l'emploi de moyens de lutte contre ce parasite.

Un résultat inattendu a été observé au cours de la deuxième expérience. Les récoltes de grains des parcelles témoins sans nématodes, soit fertilisées, soit non fertilisées, ne présentent entre elles aucune différence significative. Dans les conditions de l'expérience, l'apport d'engrais effectué en l'absence de nématodes ne permet donc pas une augmentation nette de la récolte.

Deux explications peuvent être apportées à cette observation:

- d'abord, il est connu (Maertens, 1971) que, si l'on détruit des portions de plus en plus importantes du système racinaire de plants de

mais, les plantes pourront se développer normalement si la richesse du sol en éléments fertilisants est augmentée en proportion. A l'inverse, on peut supposer que des plants de riz indemnes de nématodes, qui ont donc un système racinaire intact, peuvent tirer leur subsistance d'un sol de richesse moyenne, toute augmentation de la fertilité ne provoque alors aucune réponse car les plantes ont atteint le maximum de leurs potentialités.

- d'un autre côté, les engrais utilisés lors de l'expérience contiennent des sulfates qui peuvent provoquer une augmentation de la sulfatoréduction. Les dégâts causés aux plants de riz par ce phénomène peuvent masquer l'action bénéfique des engrais en l'absence de nématodes. Par contre, quand ces derniers sont présents, ils sont gênés, eux aussi, par la sulfatoréduction. Les engrais ont alors un triple effet : la sulfatoréduction qu'ils induisent gêne d'une part le riz, d'autre part ses parasites ; ces deux actions s'annulent mutuellement et l'action bénéfique des engrais se révèle librement.

3 - ETUDES ECOLOGIQUES

Le danger présenté par les nématodes envers le riz une fois établi, il fallait chercher à mettre au point un moyen de lutte plus naturel et moins coûteux que l'application de pesticides onéreux et d'un emploi difficile dans le sol argileux des rizières. Deux voies étaient possibles : la recherche de variétés résistantes à telle ou telle espèce ou l'étude d'une particularité biologique des nématodes qui permettrait de les détruire. C'est cette dernière possibilité qui a été retenue pour laquelle trois thèmes paraissaient à priori intéressants.

- Dans la région du Fleuve Sénégal, les populations de nématodes sont-elles capables de supporter les dures conditions de température et de sécheresse régnant dans la région durant l'intercampagne ou bien disparaissent-elles des rizières chaque année, chaque culture successive étant alors contaminée à partir de zones-refuges humides en permanence ? Si tel était le cas, les nématodes pourraient être détruits facilement par une action chimique sur ces zones-refuges de faible étendue.

- Quelles sont exactement les exigences hydriques des différentes espèces parasites du riz inondé ? Ne peut-on espérer gêner leur développement par l'établissement d'une culture d'intercampagne peu arrosée ?

- Enfin, quelle est l'action des sulfures produits par les bactéries sulfatoréductrices sur les nématodes ? Leur toxicité est-elle assez forte pour être utilisée dans la lutte contre les parasites ?

§

§

§

Les expériences entreprises pour répondre à ces questions permettent également de préciser le problème posé par l'existence des axes de variation des peuplements décrits plus haut. Elles portent donc, non seulement sur l'espèce du fleuve Sénégal (*Hirschmanniella oryzae*) mais aussi sur les espèces dominantes de Casamance (*H. spinicaudata* et *Tylenchorhynchus mashhoodi*).

3 - 1 -- EFFET DE LA SAISON SÈCHE SUR LES NÉMATODES DES

RIZIÈRES DU FLEUVE SÉNÉGAL.

La campagne rizicole dure, sur le fleuve, d'août à décembre, à un moment où la crue du Sénégal permet l'irrigation des champs. Les rizières, mal aménagées, ne peuvent être drainées et la submersion est permanente. Après la récolte, le sol d'assèche et subit pendant six mois une saison sèche très rigoureuse : en mai, la température de l'air atteint 45-46° C et l'humidité du sol n'est plus que de quelques unités pour cent (en poids).

Pour savoir comment *H. oryzae* réagit à ces dures conditions écologiques et comment il infeste chaque culture successive, il faut compléter les données fournies par l'étude faunistique, qui considère les peuplements des rizières à un moment privilégié du cycle du riz (épiaison-maturité), par l'observation de l'évolution annuelle des populations d'une rizière typique de la région (Fortuner, 1976, publication 12).

Des prélèvements de sol furent donc effectués chaque mois, pendant un an, en surface (0-20 cm) et en profondeur (20-60 cm) à l'aide d'une sonde. Ces observations sur le terrain furent complétées par quelques expériences effectuées au laboratoire : durée de survie, en l'absence de riz, dans le sol de microparcelles laissées soit à sec, soit sous eau pendant un an, étude en pot des relations entre populations initiales et finales en fonction de la taille de l'inoculum et étude de la dynamique de croissance des populations au cours d'une culture de riz.

Hirschmanniella oryzae est la seule espèce présente dans la rizière étudiée où sa répartition est assez homogène. Le premier prélèvement, effectué à la fin de la saison sèche, révèle une population faible mais non négligeable dans les couches superficielles du sol (fig. 3). Elle double dès la mise en eau, très vraisemblablement par la sortie dans le sol des nématodes qui ont passé la saison sèche dans les racines. En effet, les études faites en microparcelles font apparaître le phénomène suivant : dans la parcelle laissée à sec, les populations du sol restent constantes pendant les neuf premiers mois et augmentent ensuite au moment où les populations

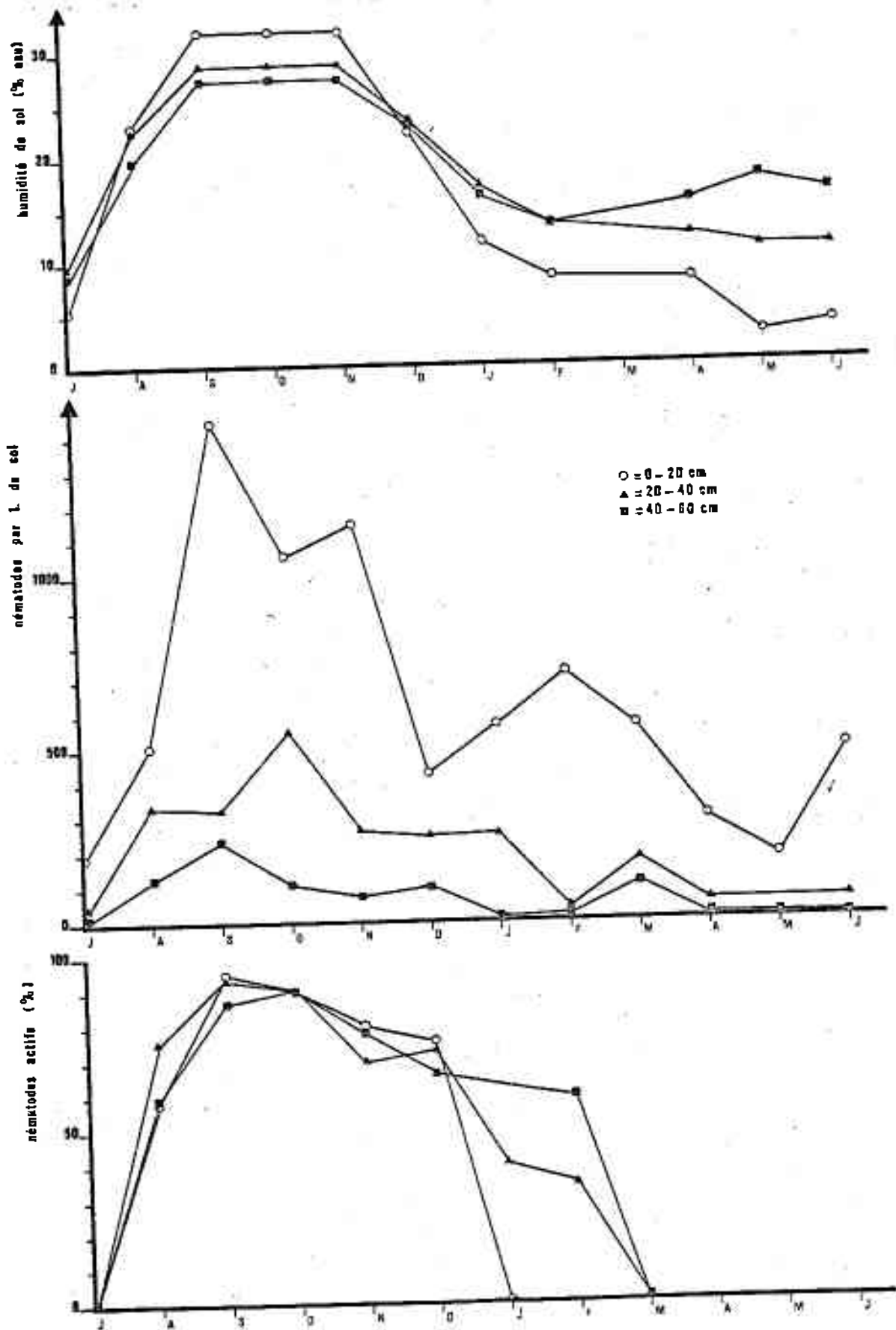


fig. 3 - Evolution annuelle, dans une rizière du fleuve Sénégal, à trois profondeurs, de l'humidité du sol, des populations de *Hirschman niella oryzae* et de la population active.

des racines diminuent brusquement. C'est en effet du 9ème au 12ème mois, période de la saison humide, que les pluies, en humidifiant le sol, permettent la sortie des nématodes. Dans la parcelle laissée en eau, au contraire, les racines pourrissent rapidement et n'abritent plus aucun nématode dès le 3ème mois. Ceux-ci ne peuvent plus venir renforcer les populations du sol qui, après être restées constantes pendant neuf mois, décroissent brusquement pour disparaître après un an (fig. 4).

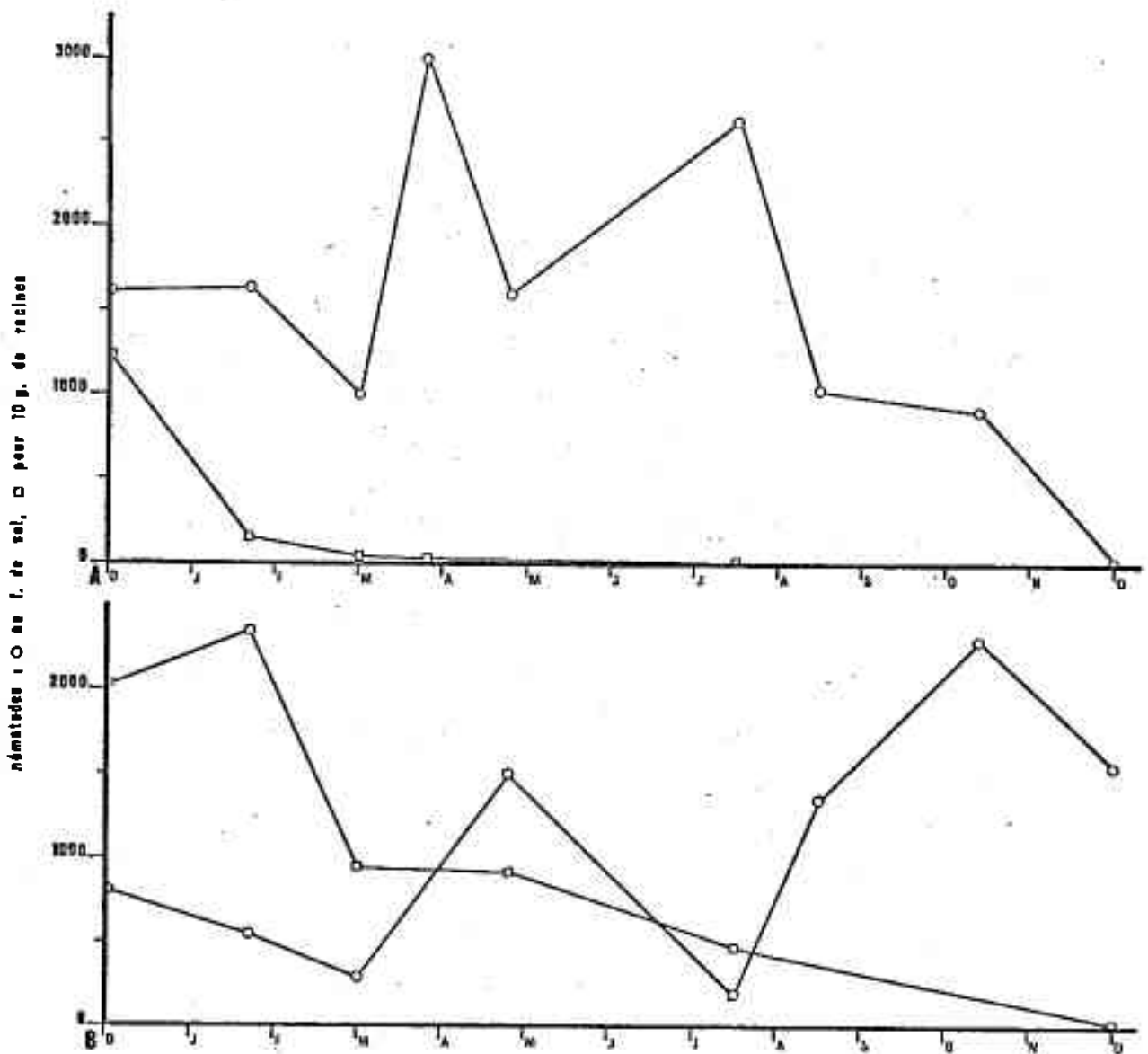


Fig. 4 - Evolution pendant un an de jachère nue, des populations de *Hirschmanniella oryzae* dans le sol et dans les débris de racines de riz

A - parcelle sous eau
 B - parcelle à sec.

Au champ, après la sortie des populations endophytes, la population est environ de 500 individus au dm³ de sol. Dans un essai en pot de 2 dm³, j'ai comparé des inoculum variant de 10 à 800 individus. La population finale maximum (environ 10 000) est atteinte dès l'inoculum 300 (fig 5).

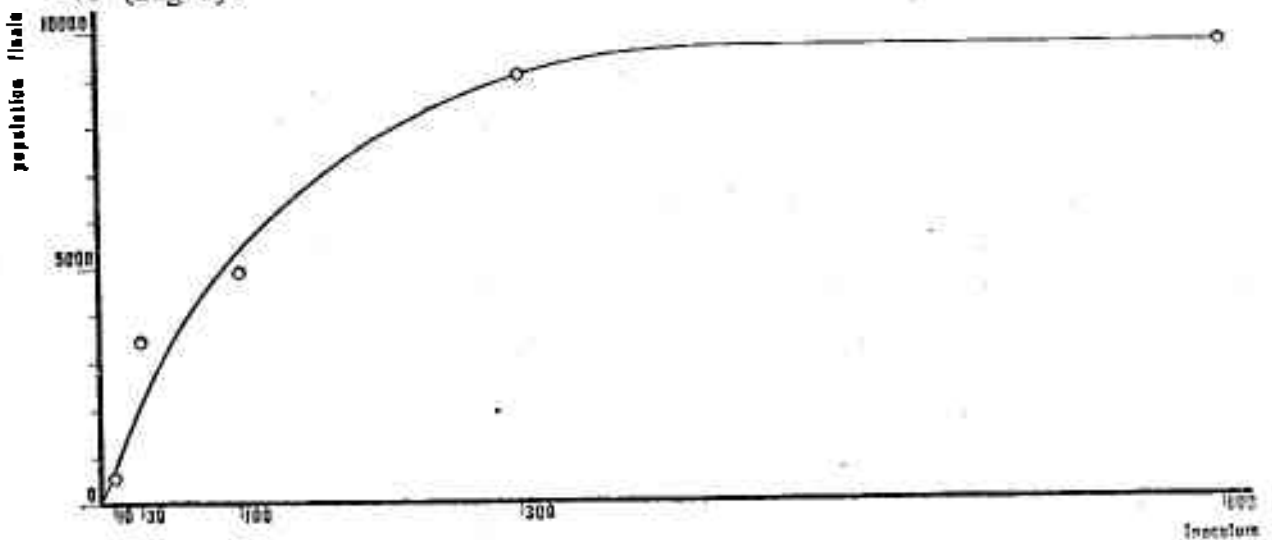


Fig. 5 - Relation entre l'inoculum et la population finale de *Hirachmanniella oryzae*.

Les populations observées au champ en début de culture semblent donc de valeur suffisante pour avoir engendré les populations finales importantes présentes en fin de culture.

Une autre expérience en pot montre que l'accroissement des populations se fait en trois phases qui correspondraient à trois générations de parasites, le niveau maximum est atteint entre l'épiaison et la maturation du riz (fig. 6). Chaque génération durerait environ un mois, ce qui a été observé ailleurs (Van der Vecht & Bergman, 1952). Au champ, on constate en effet que les populations atteignent un maximum en surface au cours du tallage puis restent constantes jusqu'à la maturation du riz. En profondeur (20-60 cm), les populations sont toujours faibles (fig. 3).

Après la récolte, le sol se dessèche rapidement en surface. Les nématodes ne migrent pas en profondeur mais entrent sur place en quiescence. Les populations diminuent très lentement jusqu'à la fin de la saison sèche où elles atteignent le niveau initial observé l'année précédente. En profondeur, le sol reste humide plus longtemps et la mise en quiescence est plus tardive. Jusqu'à ce qu'elle se soit produite, les populations, déjà faibles, diminuent rapidement (fig. 3) On peut en conclure que c'est l'apparition rapide de la quiescence qui permet aux nématodes qui se trouvent dans les premières couches du sol de survivre pendant la saison sèche.

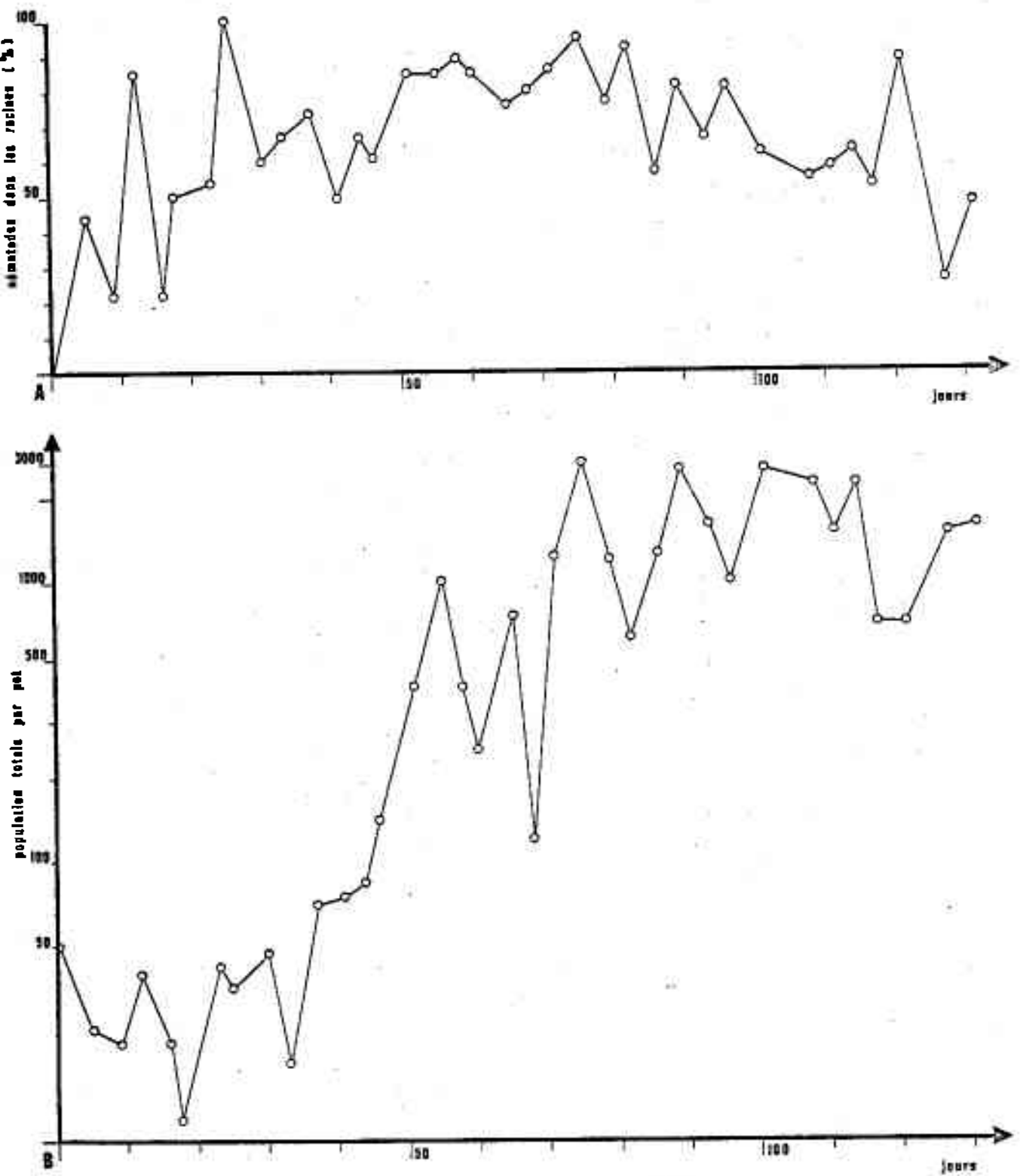


Fig. 6 - Evolution des populations d'*Hirschmanniella oryzae* pendant une culture de riz.

A - population endophyte
B - population totale.

de la région
Les populations de la première suivent une évolution

§

§

§

Sur le fleuve Sénégal, *Hirschmanniella oryzae* est donc capable de supporter in situ la saison sèche. Chaque culture est contaminée par le reliquat des populations ayant parasité la culture précédente. La population initiale est faible mais suffisante pour avoir produit les populations observées en fin de culture. Il semble que la possibilité d'entrer en quiescence joue un rôle considérable dans la survie de l'espèce.

La réinfestation de chaque culture à partir des nématodes parasitant la flore spontanée n'est donc pas nécessaire pour assurer l'infestation des rizières déjà installées. Cependant, un certain nombre de plantes adventives (dont la liste apparaît dans la publication 12) hébergent *H. oryzae* même dans des zones où le riz n'a jamais été cultivé. Ceci explique que toute nouvelle rizière soit rapidement contaminée par ce nématode.

En conclusion, la végétation spontanée ne constitue pas un refuge indispensable à la survie des populations de *H. oryzae*, mais cependant son rôle dans l'infestation des nouvelles rizières ne devrait pas être négligé.

L'espoir de ne devoir traiter chimiquement que quelques mares permanentes entretenant seules une humidité et une végétation suffisantes au maintien des populations de *H. oryzae* pendant la saison sèche est donc déçu.

3 - 2 - EFFET DE LA SUBMERSION SUR LES NÉMATODES PARASITES

DU RIZ

Parallèlement à l'étude entreprise sur le fleuve, l'évolution annuelle des populations a été suivie dans une rizière typique de Casamance (publication 12). Le sol y est resté inondé pendant toute la culture et le début de la saison sèche. Il a été drainé ensuite mais est resté humide toute l'année (fig. 7).

Le peuplement est constitué par les deux espèces les plus communes de la région : *Hirschmanniella spinicaudata* et *Tylenchorhynchus mashhoodi*. Les populations de la première suivent une évolution normale : faibles

en début de culture, elles augmentent jusqu'à un maximum lors de l'épiaison et diminuent ensuite. L'humidité qui règne en permanence dans le sol empêche l'apparition d'une éventuelle phase quiescente (fig. 7).

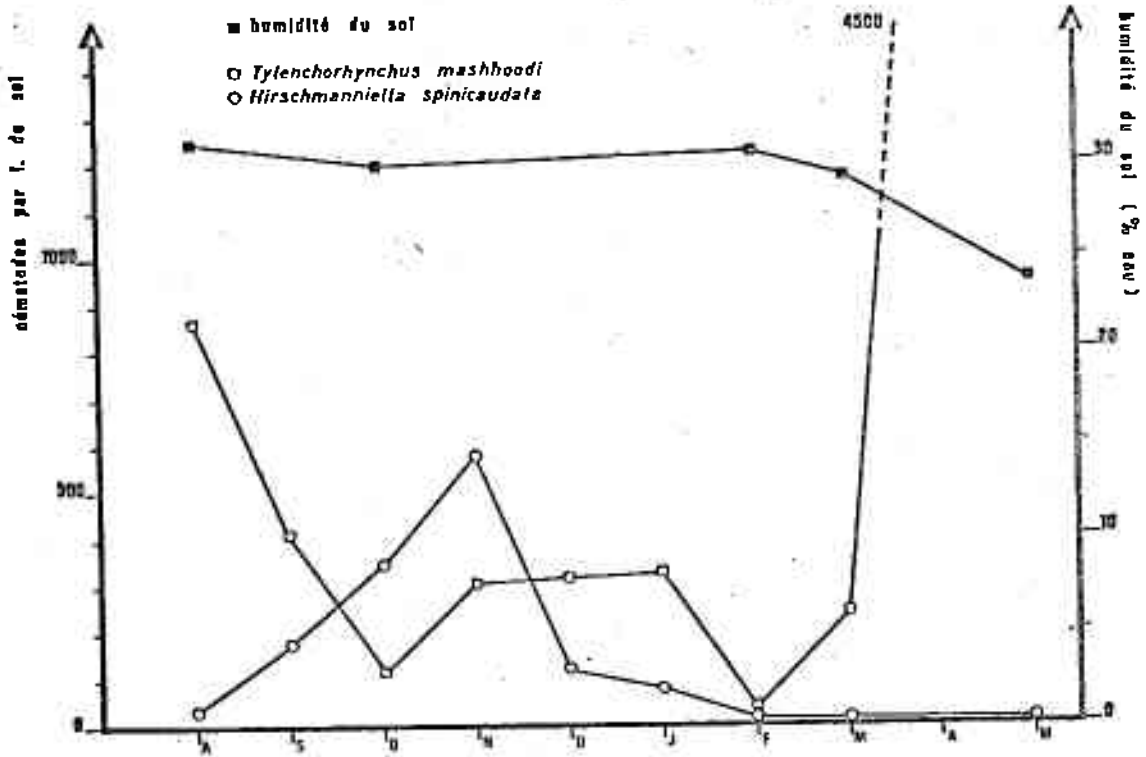


Fig. 7 : Evolution annuelle dans les couches superficielles du sol d'une rizière de Casamance de l'humidité et des populations de *Tylenchorhynchus mashhoodi* et de *Hirschmanniella spinicaudata*.

L'évolution des populations de *T. mashhoodi* est différente : très importantes au début de la culture du riz, elles décroissent ensuite et sont presque nulles à la récolte. Puis, après le drainage du sol, elles s'accroissent à nouveau fortement. (fig.7)

Une étude en pot montre que les deux espèces réagissent différemment à la submersion. *H. spinicaudata* préfère une submersion prolongée de 3 à 6 jours par semaine ; *T. mashhoodi*, au contraire, s'accommode mieux d'une submersion courte. Les populations présentent un pic très net pour trois jours de submersion hebdomadaire et décroissent très vite pour une submersion plus longue (fig. 8)

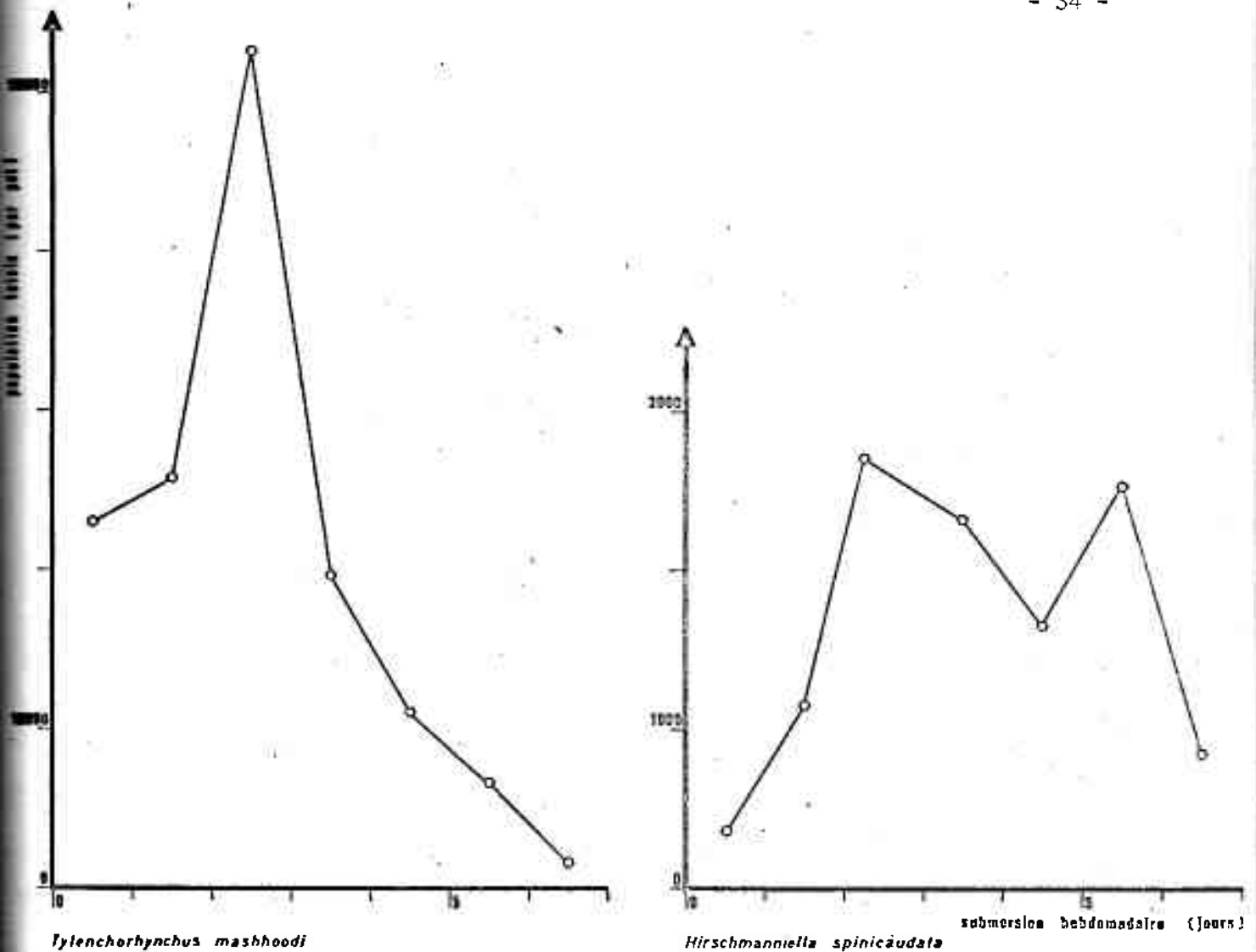


Fig. 8 - Influence du nombre de jours de submersion hebdomadaire sur les populations finales de *Tylenchorhynchus mashhoodi* et de *Hirschmanniella spinicaudata*.

H. spinicaudata est une espèce bien adaptée aux rizières inondées, *T. mashhoodi* est plutôt inféodé aux rizières de nappe, très humides mais non submergées. Dans certaines rizières inondées de Casamance, cette espèce peut se multiplier sur les repousses de riz ou certaines plantes adventices qui subsistent après la récolte car le sol reste humide. Ceci explique la présence de cette espèce dans ce type de rizière. Sur le Fleuve, à une phase de submersion totale, succède une phase de sécheresse rigoureuse qui empêche toute végétation. Ces conditions particulières expliquent l'absence dans cette région de *T. mashhoodi* et de tous les parasites qui, comme lui, ne sont pas adaptés à la submersion continue pendant la culture du riz, car il n'existe pas de phase humide post culturale qui leur permettrait de se multiplier sur les adventices et les repousses de riz.

Seuls les *Hirschmanniella* sont adaptés aux conditions inondées. Il semblerait, d'après un essai en pot (publication 12) que la sélection de l'une ou l'autre espèce du genre se fasse d'après la texture du sol. *H. oryzae* se développe mieux dans les sols argileux comme ceux du Fleuve, tandis que *H. spinicaudata* peut très bien vivre dans les sols sableux de Basse Casamance. Il est également possible que cette espèce, à la différence de *H. oryzae* soit incapable d'entrer en quiescence quand le sol se dessèche. Elle est en effet présente dans la région du Fleuve mais uniquement dans des zones qui restent humides toute l'année (rives du Sénégal).



Sur le plan de la recherche de méthodes de lutte, la présence simultanée dans les rizières de Casamance d'espèces adaptées et non adaptées à la submersion rend impossible l'utilisation d'une lutte culturale par emploi judicieux de l'irrigation : un système de conduite de l'eau qui défavoriserait *H. spinicaudata* serait probablement favorable à *T. mashhoodi* et vice-versa.

Sur le Fleuve, au contraire, existe une infestation monospécifique par une espèce adaptée à la submersion en cours de culture puis à la sécheresse d'inter campagne. Si une réserve d'eau est disponible en saison sèche, il est possible de faire alterner la culture du riz en conditions inondées qui favorise *H. oryzae* à l'exclusion de toute autre espèce, et la culture d'une plante, telle le blé ou la tomate, qui se contente d'une irrigation minimum

Mon collègue D. P. Taylor, qui poursuit actuellement cette ligne de recherche, a constaté que *H. oryzae* est capable de pénétrer dans les racines du blé si celui-ci est cultivé en conditions submergées. Il faut donc que le sol reste suffisamment sec pour empêcher le développement du nématode mais que la faible humidité indispensable au blé soit cependant assez forte pour interdire l'apparition de l'état quiescent indispensable à *H. oryzae* pour survivre en saison sèche. L'idéal serait bien sûr l'utilisation d'une plante à la fois peu exigeante en eau et non hôte du nématode.

Il est donc permis d'espérer que l'emploi d'une culture d'inter-campagne peu exigeante en eau permettrait de détruire *H. oryzae* sur le Fleuve ; cependant, la mise au point de cette méthode de lutte, qui nécessite une étude très fine des besoins hydriques de cette espèce, risque d'être longue et délicate.

3 - 3 - EFFET DES SULFURES SOLUBLES SUR LES NÉMATODES PARASITES DU RIZ

Comme nous l'avons vu au cours des études faunistiques, les rizières où la sulfatoréduction naturelle est très forte, n'abritent pratiquement aucun nématode ; ce phénomène a été signalé aux U. S. A. (Rodriguez - Kabana *et al.*, 1965).

La présence à l'O R S T O M - Dakar d'un laboratoire de microbiologie m'a permis d'entreprendre une série d'expériences en collaboration avec un spécialiste de la sulfatoréduction (V. Jacq).

Dans un premier temps, nous avons voulu chiffrer *in vitro* la toxicité des sulfures solubles envers les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les rizières. Nous avons ensuite observé en microparcelles la liaison étroite qui existe entre l'intensité de la sulfatoréduction et la réduction des populations de nématodes. Enfin, nous avons essayé de provoquer et de maîtriser ce phénomène afin d'obtenir la destruction complète des nématodes en l'absence du riz.

3 - 3 - 1 - Etude *in vitro* de la toxicité des sulfures solubles envers les nématodes du riz (Fortuner & Jacq, 1976, publication 13).

Au cours d'une première série d'expériences, les nématodes testés (*Hirschmanniella spinicaudata*, *H. oryzae* et *Tylenchorhynchus mashhoodi*) sont placés en présence d'ions S^{2-} solubles résultant de la dissolution dans l'eau de gaz hydrogène sulfuré produit par voie chimique. La mort des nématodes est hâtée par la forte acidité du milieu (pH 2,7 à 5). Une étude complémentaire révèle en effet la grande sensibilité de ces trois espèces aux pH inférieurs à 4.

Le milieu tamponné habituellement utilisé pour la culture des bactéries sulfatoréductrices est employé dans les expériences suivantes. Les sulfures solubles sont produits, soit par voie chimique et dissous dans le milieu comme lors de la première expérience, soit produits directement en place par des bactéries sulfatoréductrices.

L'action toxique des sulfures dépend de leur concentration dans le milieu et de la durée pendant laquelle ils agissent. Nous avons donc défini une unité - STU : Sulphide Time Unit - égale à la concentration moyenne

en sulfures mesurée pour une certaine durée multipliée par la durée en question.

Les résultats diffèrent selon l'origine des sulfures. Pour obtenir la même valeur de "toxicité cumulée" (mesurée en STU), la concentration en sulfures d'origine chimique doit être très forte au début de l'expérience car ces corps disparaissent peu à peu par oxydation spontanée due aux traces d'oxygène présentes dans le milieu ; dans le deuxième cas, les concentrations, nulles au départ, s'accroissent progressivement avec le développement des bactéries qui agissent au cours de leur développement sur les constituants du milieu, action qui se traduit par la production de sulfures. Quand les nématodes sont placés brusquement dans un milieu très concentré, ils paraissent plus sensibles à la toxicité des sulfures que si l'accroissement des teneurs en ces corps se fait progressivement. Même quand on utilise des bactéries, il faut d'ailleurs, pour éviter un tel effet de choc, que les concentrations maximales soient atteintes lentement, en 3 jours au moins. De toute façon, des expériences sur sols ont montré que, *in situ*, les teneurs toxiques s'accumulent toujours en plus de trois jours, les processus microbiens étant relativement lents.

Dans ces conditions, une mortalité de 50 % des individus apparaît chez les trois espèces pour des valeurs voisines de toxicité cumulée (120 - 130 STU).

3 - 3 - 2 - Etude en microparcelles de l'action des sulfures solubles sur les nématodes du sol.

La toxicité des sulfures solubles envers les nématodes a été mesurée *in vitro*. Cette toxicité se manifeste-t-elle aussi, et de façon identique, quand les sulfures solubles sont accumulés *in situ* dans la rizière elle-même comme le laissent prévoir les observations faites aux U. S. A. et au Sénégal ?

Pour répondre à cette question, nous avons mis en place une expérience comprenant quinze microparcelles constituées de cubes de béton étanches de 1 m³ remplis d'une terre argileuse (38 - 40 % d'argile) et assez riche naturellement en soufre (1,1 ‰). Le sol a été infesté par *Hirschmanniella oryzae* au taux initial de 50 à 1000 individus au dm³ de sol.

Une culture de riz (variété IR - 8) y est conduite pendant laquelle les engrais suivants ont été apportés :

- au semis : 23 kg/ha de P et 29 kg/ha de K sous forme de

PO_4H_2K et 21 kg/ha de N soit sous forme d'urée soit sous forme de SCU (Sulfur Coated Urea) apportant en plus 14,5 kg/ha de soufre.

- au tallage : 84 kg/ha de N ainsi que 50 kg/ha de S dans les parcelles ayant reçu le SCU.

- à l'épiaison : 40 kg/ha de N et 28 kg/ha de S dans les parcelles SCU.

Pendant la culture de riz, l'intensité de l'activité sulfato-réductrice a été suivie par des numérations de bactéries (méthodes originales de Mouraret & Baldensperger et Mouraret & Jacq, en cours de publication) et par l'observation de l'apparition des sulfures autour des grains puis des racines de riz. D'autre part, les populations de nématodes sont dénombrées dans le sol et les racines après extraction par les méthodes habituelles (éluatriation et aspersion de Seinhorst, 1950, 1962). Aucune méthode de dosage des sulfures solubles dans le sol n'existait à l'époque de l'expérience. Ils n'ont donc pu être mesurés. Une telle méthode a été mise au point ultérieurement (cf. infra).

Dans certaines parcelles, soumises à des conditions favorables pour les bactéries, la sulfatoréduction apparaît naturellement de façon plus ou moins marquée ; elle provoque des dégâts aux plantules (17 - 34 % de pertes) puis aux plants adultes (5 % de pertes). En fonction de l'activité sulfatoréductrice, les parcelles sont classées en quatre groupes :

- 0 : pas de sulfatoréduction, pas de sulfures sur les racines ;
- 1 : sulfatoréduction limitée, sulfures produits en faible quantité et pendant une courte période (germination ou tallage).
- 2 : sulfatoréduction forte mais de durée limitée
- 3 : sulfatoréduction forte pendant toute la culture.

L'évolution des populations moyennes dans ces quatre types de parcelles est présentée par la figure 9. A partir d'une population initiale (ramenée à la base 100) estimée 9 jours avant le semis, les populations augmentent fortement dans les parcelles à sulfatoréduction faible ou nulle (facteur de multiplication respectivement 7 et 5 ; l'écart constaté entre ces deux chiffres n'est pas assez grand pour avoir une signification dans les conditions de l'essai). Dans les parcelles à forte sulfatoréduction, les populations n'augmentent pas.

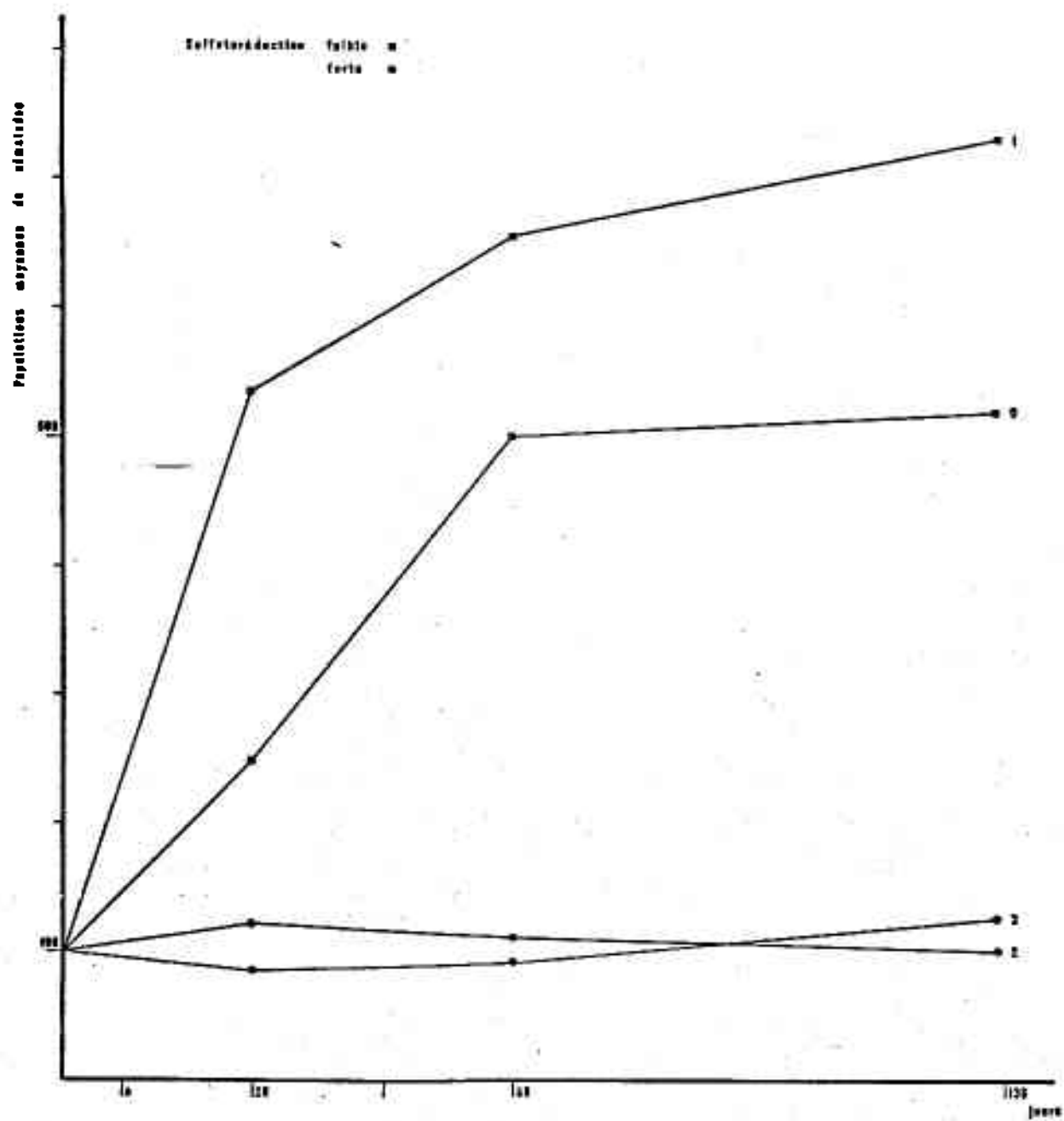


Fig. 9 : Evolution des populations moyennes de nématodes pendant la culture du riz selon l'intensité de la sulfatoréduction (0, 1, 2, 3 : voir explication dans le texte).

autres a été réalisés dans certaines parcelles :

Il semble donc que, dans des conditions de culture proches de celles rencontrées au champ, si la sulfatoréduction est suffisamment intense et prolongée, les sulfures solubles produits présentent une toxicité certaine envers les nématodes dont les populations restent à leur niveau initial. Dans les conditions de l'expérience, il semble que les concentrations en sulfures solubles, même dans les parcelles soumises à la sulfatoréduction la plus forte, étaient insuffisantes pour provoquer la destruction totale des populations de nématodes. Il était tentant d'essayer d'amplifier ce phénomène pour obtenir une telle destruction. Cette action ne peut être entreprise pendant la culture du riz qui en aurait souffert, mais peut être envisagée en intercampagne.

3 - 3 - 3 - Emploi des bactéries sulfatoréductrices dans la lutte biologique contre un nématode du riz : expérience préliminaire.

Un premier essai a été effectué, toujours en collaboration avec V. Jacq. Comme on le verra, ses résultats sont encourageants mais le succès total n'a pas été obtenu. La mise au point de la méthode se poursuit donc et la publication des résultats ne se fera qu'ultérieurement.

L'essai a lieu dans les 15 microparcelles de l'expérience précédente. Après la récolte du riz, les pailles sont coupées à 10 cm du sol. La base des chaumes et les débris de racines sont enfouis pour fournir par leur décomposition des substrats carbonés nécessaires aux bactéries sulfatoréductrices.

Le sol est mis à sec un peu avant la récolte. L'activité des bactéries sulfatoréductrices est habituellement nulle pendant l'intercampagne car bien qu'elles soient capables de survivre en faibles populations dans des conditions aérobies, elles ne se multiplient et ne sont actives qu'en anaérobiose.

Au cours du présent essai, la mise à sec est interrompue après un mois et demi par une submersion sous 10 cm d'eau qui crée les conditions d'anaérobiose nécessaires à la reprise de l'activité sulfatoréductrice. De plus, un apport de soufre qui, par l'action des thiobacilles oxydants, permet la constitution des sulfates nécessaires à l'activité des bactéries sulfatoréductrices a été réalisé dans certaines parcelles :

- 5 parcelles ont reçu 5 kg/ha de S et 40 kg/ha de N sous forme de sulfate d'ammonium.
- 5 parcelles ont reçu 19,8 kg/ha de S et 40 kg/ha de N sous forme de SCU.
- 5 parcelles ont reçu 40 kg/ha de N sous forme d'urée pour servir de témoin sans soufre.

La phase d'activité intense dure un mois et demi au cours duquel un abaissement de température (18-22° C) a provoqué l'arrêt de la production de sulfures pendant huit jours.

Les bactéries se multiplient dès la mise en eau et leur nombre passe de 10 cellules au gramme de sol à 10^3 - 10^6 cellules en 10 - 18 jours. Elles produisent par réduction des sulfates des sulfures solubles dont les concentrations deviennent dosables dans le sol à partir du 14e jour de mise en eau, par une méthode nouvelle mise au point par V. Jacq à cette occasion (en cours de publication).

Les chiffres obtenus sont très variables d'une parcelle à l'autre (de 0,15 à 2,7 ppm). Il n'a pas été observé de différences entre les parcelles ayant reçu du soufre et les parcelles témoins. Ceci est probablement dû à la richesse naturelle de la terre employée en cet élément (1,1 ‰ de S). Les concentrations en sulfures sont fonction, d'une part du nombre de bactéries sulfatoréductrices, d'autre part de celui de thiobacilles anaérobies réoxydant les sulfures. Il est nécessaire que le nombre de bactéries sulfatoréductrices soit en permanence supérieur ou égal à celui des thiobacilles anaérobies pour qu'il se produise un déséquilibre du cycle du soufre dans le sens de la réduction (Jacq, en cours de publication). Cette condition est indispensable pour que les sulfures produits ne soient pas aussitôt réoxydés par les bactéries antagonistes. D'autre part, certaines parcelles ne sont pas parfaitement étanches : la perte d'eau empêche l'établissement de bonnes conditions anaérobies et fait perdre aussi par percolation une partie des sulfures solubles produits. Ces facteurs jouent différemment dans les diverses parcelles qui peuvent être classées en deux groupes en fonction des doses de sulfures solubles produites, mesurées en unités STU définies plus haut :

- groupe 1 : faible sulfatoréduction ; de 7 à 15 STU au 39e jour de submersion ;
- groupe 2 : forte sulfatoréduction ; de 15 à 27 STU à la même date.

L'évolution des populations moyennes dans ces deux groupes de parcelles est représentée par la figure 10. A partir d'une population initiale (ramenée à la base 100) évaluée 4 jours après le début de la production de sulfures - soit au 18e jour de submersion - le nombre de nématodes dans le sol diminue beaucoup dans les parcelles du groupe 2, et devient même nul dans quatre d'entre elles. La décroissance des populations est au contraire peu marquée dans les autres parcelles.

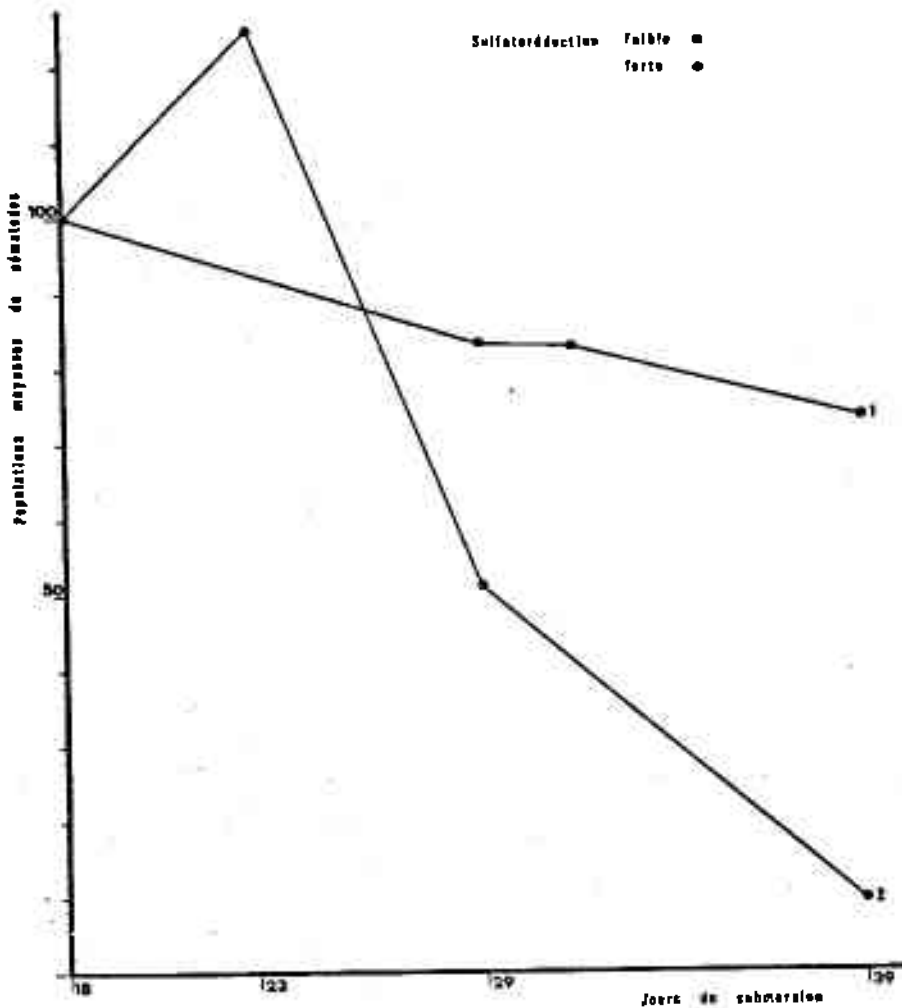


Fig. 10 : Evolution des populations moyennes de nématodes pendant la phase d'activité sulfatoréductrice d'intercampagne (1-2 : explication dans le texte).

La corrélation pouvant exister entre la grandeur des populations de nématodes et le nombre de STU cumulés est calculée à 18, 29 et 39 jours de submersion à l'aide du test de corrélation des rangs de

Spearman (*in* : Bauzon *et al*, 1969). Il n'y a aucune corrélation entre ces deux valeurs au 18e et 29e jour ($r_s = + 0,011$ et $- 0,016$ respectivement) ; mais au 39e jour, on observe une corrélation inverse ($r_s = - 0,486$) significative au seuil de 6 %.

Après un mois et demi, l'arrêt de l'apport d'eau provoque une mise à sec plus ou moins rapide des parcelles. Ceci a pour conséquence une baisse des populations bactériennes sulfatoréductrices qui reviennent au taux habituel de saison sèche (10 à 100 cellules par gramme de sol) au bout d'un mois. Les sulfures présents dans le sol sont réoxydés à l'air et disparaissent.

Dans toutes les parcelles, et en particulier dans celles précédemment débarrassées de tous les nématodes, apparaît alors une nouvelle population composée uniquement de juvéniles de 2e stade.

Il faut donc supposer que les oeufs présents dans les racines ne sont pas détruits par les doses de sulfures obtenues durant l'expérience. Leur éclosion provoque la constitution d'une nouvelle population, d'importance comparable à celle qui existait avant le début de l'expérience.

La résistance des oeufs à l'action des sulfures constitue un fait nouveau important, dont il devra être tenu compte dans les prochaines expériences.

Il faudra également préciser la teneur minimum du sol en soufre nécessaire pour l'activité des bactéries. La terre employée est naturellement riche en cet élément (1,1 %) mais il conviendra d'établir le seuil en dessous duquel un apport de soufre devient nécessaire.

L'expérience réalisée prouve qu'il est possible de détruire totalement les populations en place, à l'exception toutefois des oeufs. Quand le problème posé par leur résistance aux sulfures aura été résolu, nous disposerons d'une méthode peu coûteuse qui permettra la lutte contre les nématodes dans les rizières suffisamment riches en soufre et suffisamment imperméables pour permettre l'établissement de conditions anaérobies.

CONCLUSION

Les études présentées dans ce mémoire ont permis d'aborder les problèmes posés par les nématodes parasites du riz au Sénégal et d'en résoudre certains.

Sur le plan systématique, les espèces présentes dans les rizières sont maintenant assez bien connues. Vingt neuf espèces ont été observées dont vingt ont été identifiées parmi lesquelles trois, nouvelles, ont été décrites, de même que des populations locales de deux autres espèces déjà connues. Des doutes sont apparus sur la valeur de critères habituellement utilisés pour caractériser les espèces de certains genres, en particulier la forme de la queue chez *Helicotylenchus* ainsi que l'absence de mâles chez *Pratylenchus*. Le matériel taxonomique nécessaire à une étude plus complète a été réuni. Il est espéré que cette étude, quand elle sera achevée, permettra d'éclairer ces deux points.

Les peuplements ont été étudiés dans les quatre principales zones rizicoles (fleuve Sénégal, Gambie, Haute et Basse Casamance). Les rizières de ces régions ont pu être classées selon quatre types écologiques (rizières inondées, de nappe, de plateau et de mangrove) dont la répartition diffère selon les zones.

La présence de plusieurs types de rizières ainsi que la grande diversité des climats du Nord au Sud du pays ont provoqué l'installation de peuplements très variés. Leur étude a permis de découvrir l'influence primordiale exercée par le milieu sur les nématodes. La composition d'un peuplement n'est pas définie par la présence d'une plante : le riz, mais par les conditions écologiques qui règnent sur la rizière observée.

En effet, les nématodes parasites du riz inondé (*Hirschmanniella* spp) parasitent également les plantes adventices de ce type de rizière. De même, les peuplements du riz pluvial sont composés des mêmes espèces que ceux des autres plantes cultivées dans la région. Il n'y a donc pas de spécificité envers un hôte particulier.

Par contre, l'action du milieu et en particulier de l'apport hydrique, est rendu évident par la comparaison des peuplements des diverses régions et des divers types de rizières :

- Sur le Fleuve Sénégal se succèdent deux phases bien marquées: submersion prolongée pendant la culture puis sécheresse presque totale du sol après la récolte. *Hirschmanniella oryzae* est seul capable de se développer dans ces conditions très rudes et constitue la totalité du peuplement des rizières inondées de cette zone.

- Dans les rizières inondées de Gambie et de Casamance, la submersion est plus ou moins longue en cours de culture mais est suivie d'une phase humide qui permet la survie de la végétation après la récolte. On trouvera dans ces rizières d'abord les espèces adaptées à la submersion (*Hirschmanniella oryzae* et *H. spinicaudata*) mais aussi celles qui, comme *Tylenchorhynchus mashhoodi*, peuvent se développer grâce aux conditions humides qui règnent après la récolte.

- Dans les rizières de nappe, ces conditions humides règnent en permanence. Les *Hirschmanniella* spp. ne sont plus les espèces dominantes et l'on trouve, à côté des espèces adaptées au sol humide, de nouvelles espèces qui n'étaient pas capables de supporter la submersion.

- Dans les rizières de plateau, beaucoup plus sèches, ces espèces sont les seules présentes. Le peuplement est donc composé d'espèces toutes différentes de celles que l'on trouvait dans des rizières inondées.

- Enfin, dans les rizières de mangrove, le sol, en anaérobiose permanente, est le siège de phénomènes de sulfatoréduction d'origine bactérienne. Les sulfures solubles ainsi produits y interdisent pratiquement la présence de tout nématode.

Les dégâts causés au riz par un nématode (*Hirschmanniella oryzae*) ont été mis en évidence et chiffrés grâce à un dispositif expérimental recréant un milieu assez naturel et cependant contrôlable. La perte de récolte, qui dépasse 40 % en l'absence d'engrais et qui est encore de plus de 20 % si le sol est fertilisé, justifie pleinement la recherche et l'application de méthodes de lutte contre les nématodes. La non réponse à l'engrais en l'absence des nématodes constitue un fait nouveau qui devrait intéresser les agronomes.

La recherche de méthodes de lutte non chimique a été engagée par l'étude de l'écologie des nématodes parasites du riz. La présence dans les

rizières du Sud et du Centre du pays de nombreuses espèces aux besoins hydriques différents ne permet pas de détruire leurs populations par le jeu de l'irrigation : une conduite de l'eau contraire aux besoins des espèces du riz inondé favoriserait les espèces du riz humide, souvent présentes dans le même champ. Dans le Nord, le peuplement monospécifique à *Hirschmanniella oryzae* rend possible l'utilisation d'une telle méthode dont la mise au point risque cependant d'être très délicate.

L'utilisation des bactéries sulfatoréductrices produisant des sulfures solubles toxiques pour les nématodes est au contraire en bonne voie. L'action toxique des sulfures, déjà signalée aux U. S. A., a été observée sur le terrain puis confirmée par des expériences au laboratoire et en microparcelles. La cinétique des populations de nématodes dans certains sols de rizières est réglée en partie par le fonctionnement de l'ensemble du cycle bactérien du soufre quand celui-ci fonctionne dans le sens de la réduction. Ceci n'est vrai, au stade actuel de nos recherches, que dans les rizières où le stock de soufre est assez grand pour permettre une accumulation suffisante de sulfures solubles. Un premier essai visant à intensifier l'activité des bactéries après la récolte du riz a été un succès partiel. Les populations actives qui se trouvaient dans le sol des parcelles ayant subi la sulfatoréduction la plus forte ont été détruites. Cependant, les oeufs présents à l'intérieur des racines n'ont pas été tués et, libérés dans le sol par suite de la décomposition de ces dernières, ont éclos en masse, constituant ainsi une nouvelle population dès l'arrêt de la phase d'activité bactérienne. Une méthode plus élaborée devra être mise au point pour tuer également les oeufs. Il serait aussi souhaitable de déterminer si leur survie est due à une résistance plus grande à l'action des sulfures solubles ou simplement au fait qu'ils se trouvaient protégés à l'intérieur des racines, au début de l'expérience.

§
§ §

Dans l'avenir, il conviendra d'achever les recherches en cours sur les nématodes du riz au Sénégal, mais aussi d'entreprendre de nouvelles expériences pour tenter de répondre à certaines des questions qui restent posées :

La collaboration actuelle avec V. Jacq se poursuivra jusqu'à la mise au point de la méthode de lutte biologique et son application dans une

rizière pour vérifier son intérêt sur le terrain.

D'autre part, l'étude du matériel fixé devra me permettre de résoudre les problèmes taxonomiques.

Un nouveau programme sur les nématodes du riz au Sénégal pourrait s'intéresser à l'un ou l'autre des points suivants :

- Quels sont les facteurs de la répartition des deux espèces d'*Hirschmanniella* dans les rizières inondées ? L'absence de *H. spinicaudata* dans le Nord et celle de *H. oryzae* au Sud du Pays est-elle due à des phénomènes de compétition entre les deux espèces, l'une (*H. spinicaudata*) prenant le dessus quand la texture du sol, trop sableux, défavorise son adversaire, l'autre (*H. oryzae*) étant seul capable d'entrer en quiescence et de résister ainsi à la sécheresse ?

- Les besoins hydriques de différentes espèces devraient être précisés dans l'espoir de mettre au point une méthode de lutte culturale par aménagement de la conduite de l'eau pendant les cultures d'intercampagne.

Enfin, de nombreuses questions ont été simplement abordées au cours des travaux exposés dans le présent mémoire et pourraient fournir matière à des recherches futures, par exemple l'action des engrais en l'absence de nématodes ; d'autres points ont été entièrement laissés dans l'ombre et devront un jour être étudiés: résistance variétale aux nématodes, effet du sel sur les nématodes et bien d'autres encore.

BIBLIOGRAPHIE

- BAGRI, Q.H. & JAIRAJPURI, M.S., 1970 - On the intraspecific variations of *Tylenchorhynchus mashhoodi* Siddiqi & Basir, 1959, and an emended key to species of *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda). *Rev. brasil. Biol.* 30, 61 - 68.
- BAUZON, D., VAN DEN DRIESSCHE, R. & DOMMERGUES, Y., 1969. Effet litière. I. Influence *in situ* des litières forestières sur quelques caractéristiques biologiques des sols. *Oecol. Plant.* 4, 99 - 122.
- BYERS, J.R. & ANDERSON, R.V., 1973. Morphology and ultrastructure of the intestine in a plant parasitic nematode, *Tylenchorhynchus dubius*. *J. Nematol.* 5, 28 - 37.
- FORTUNER, R., 1970 - On the morphology of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 and *A. siddiqii* n.sp. (Nematoda, Aphelenchoidea). *J. Helminth* 44, 141 - 152.
- FORTUNER, R., 1973. Description de *Pratylenchus sefaensis* n.sp. et de *Hoplolaimus clarissimus* n.sp. (Nematoda : Tylenchida). *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* n° 21, 25-34.
- FORTUNER, R., 1974. Evaluation des dégâts causés par *Hirschmanniella oryzae* (Van Breda de Haan, 1902) Luc & Goodey, 1963, nématode endoparasite des racines du riz irrigué. *Agron. Trop., Nogent* 29, 708 - 714.
- FORTUNER, R., 1975. Les nématodes parasites des racines associés au riz au Sénégal (Haute Casamance et régions Centre et Nord) et en Mauritanie. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* 10, 147 - 159.
- FORTUNER, R., 1976. *Pratylenchus zeae* Graham, 1951. *C. I. H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes, set 6*, 3 pp.
- FORTUNER, R., 1976. Fertilisation du riz et dégâts causés par le nématode *Hirschmanniella oryzae* (Van Breda de Haan) Luc & Goodey. *C. R. Sc. Acad. Agric. Fr.* (sous presse).
- FORTUNER, R., 1976. Etudes écologiques des nématodes des rizières du Sénégal. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* (sous presse).

- FORTUNER, R. & AMOUGOU, J., 1973 - *Tylenchorhynchus gladiolatus* n. sp. (Nematoda Tylenchida) nématode associé aux cultures du Sénégal et de Gambie. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* n° 21, 21-24.
- FORTUNER, R. & JACQ, V., 1976 - *in vitro* study of toxicity of soluble sulphides to three nematodes parasitic on rice in Senegal. *Nematologica* (sous presse).
- FORTUNER, R. & MERNY, G., 1973. Les nématodes parasites des racines associés au riz en Basse Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cah. O R S T O M, sér. Biol.* n° 21, 3 - 20.
- FORTUNER, R. & ORTON WILLIAMS, K. J., 1975, Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing "white tip" disease in rice. *Helm. Abst.* 44, 1 - 40.
- HOOPER, D.J. & MERNY, G., 1966 - Out breaks and new records. Sierra Leone and Senegal. Two rice nematodes new for Africa. *FAO Pl. Prot. Bull.* 14, 25 - 26.
- JACQ, V., 1972, Biological sulphate - reduction in the spermosphere and the rhizosphere of rice in some acid sulphate soils of Senegal. In : *Proc Intern. Symp. Acid Sulphate Soils*, 13 - 20 Aug. 1972, Wageningen, the Netherlands, édité par I.L.R.I., Wageningen 18, vol II, 82 - 98.
- LUC, M. & FORTUNER, R., 1975 - *Hirschmanniella spinicaudata* (Sch. Steck, 1944) Luc & Goodey, 1964. *C. I. H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes*, set 5, 3pp.
- MAERTENS, C., 1971 - Influence des conditions de milieu sur l'absorption par les systèmes radiculaires. *C. R. Sc. Acad. Agric. Fr. (Paris)* 1971 n° 2, 143 - 144.
- MERNY, G., 1970 - Les nématodes phytoparasites des rizières inondées de Côte d'Ivoire - I - Les espèces observées. *Cah. O R S T O M, sér. Biol.* n° 11, 3-43.
- NETSCHER, C., 1970. Les nématodes parasites des cultures maraichères au Sénégal. *Cah. O R S T O M, sér. Biol.* n° 11, 209 - 229.
- RODRIGUEZ KABANA, R., JORDAN, J.W. & HOLLIS, J.P., 1965. Nematodes. Biological control in rice frelds : role of hydrogen sulphide. *Science*, N.Y., 148, 524-526.

SEINHORST, J.W., 1950. De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aanstasting door het stengelaaftje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. PlZiekt*, 56, 291 - 349.

SEINHORST, J.W., 1959 - A rapid method for the transfer of nematodes 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.

SHER, S.A., 1968. Revision of the genus *Hirschmanniella* Luc & Goodey, 1963 (Nematoda : Tylenchoidea). *Nematologica* 14, 243 - 275.

VAN DER VECHT, J. & BERGMAN, B.H.H., 1952. Studies on the nematode *Radopholus oryzae* (Van Breda de Haan) Thorne and its influence on the growth of the rice plant. *Pemberitaan Balai Besar Penyelidikan Pertanian, Bogor*.

R E S U M E

Le présent mémoire regroupe les études publiées sur les nématodes parasites du riz au Sénégal.

Ces études ont porté sur plusieurs sujets :

- Les déterminations taxonomiques ont abouti à la description de trois espèces nouvelles et des populations locales de deux espèces déjà connues. D'autres travaux ont été entrepris portant sur quatre genres.
- L'étude des peuplements a permis de reconnaître et de définir deux axes de variations : un axe géographique sud-nord marqué par l'appauvrissement progressif de la faune et un axe hydro-topographique le long duquel les espèces des rizières inondées sont remplacées par d'autres formes communes au riz de plateau et aux plantes cultivées dans les mêmes régions.
- Les dégâts causés au riz par *Hirschmanniella oryzae*, l'un des nématodes les plus fréquents, en présence et en absence de fertilisation ont été estimés. Ils sont très importants.
- Il semble que la sensibilité des espèces à la submersion et la capacité pour certaines d'entre elles de résister à la sécheresse en entrant en quiescence soient les principaux facteurs de la variation observée dans les peuplements des divers biotopes.
- L'étude écologique a mis en évidence la grande sensibilité des nématodes aux sulfures solubles produits dans les rizières inondées par les bactéries sulfatoréductrices. Une méthode de lutte biologique utilisant ce phénomène est en cours de mise au point.

P L A N

	<u>Pages</u>
AVANT PROPOS	1
INTRODUCTION	3
1 - ETUDES FAUNISTIQUES	
1 - 1 - ÉTUDES TAXONOMIQUES. LISTE DES ESPÈCES	6
1 - 2 - RÉPARTION GÉOGRAPHIQUE	
1 - 2 - 1 - DESCRIPTION DU MILIEU	14
1 - 2 - 2 - DESCRIPTION DES PEUPEMENTS DES RIZIÈRES INONDÉES DANS L'ENSEMBLE DE LA ZONE ÉTUDIÉE	15
1 - 2 - 3 - DESCRIPTION DES PEUPEMENTS DES DIVERS TYPES DE RIZIÈRES DÉFINIS EN CASAMANCE.	18
2 - ETUDES PHYTO PARASITAIRES	
2 - 1 - TECHNIQUES	22
2 - 2 - DONNÉES EXPÉRIMENTALES	23
2 - 3 - RÉSULTATS	24
3 - ETUDES ÉCOLOGIQUES	
3 - 1 - EFFET DE LA SAISON SÈCHE SUR LES NÉMATODES DES RIZIÈRES DU FLEUVE SÉNÉGAL	27
3 - 2 - EFFET DE LA SUBMERSION SUR LES NÉMATODES PARASITES DU RIZ	32
3 - 3 - EFFET DES SULFURES SOLUBLES SUR LES NÉMATODES PARASITES DU RIZ	
3 - 3 - 1 - ÉTUDE IN VITRO DE LA TOXICITÉ DES SULFURES SOLUBLES ENVERS LES NÉMATODES DU RIZ	36
3 - 3 - 2 - ÉTUDE EN MICROPARCELLE DE L'ACTION DES SULFURES SOLUBLES SUR LES NÉMATODES DU SOL	37
3 - 3 - 3 - EMPLOI DES BACTÉRIES SULFATOREDUCTRICES DANS LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE UN NÉMATODE DU RIZ : EXPÉRIENCE PRÉLIMINAIRE.	40
CONCLUSION	43
RESUME	50