



**HAL**  
open science

## Essai d'utilisation de nématodes entomopathogènes en culture d'igname contre *Phyllophaga* spp.

Philippe Tormin, Hervé Mauléon

### ► To cite this version:

Philippe Tormin, Hervé Mauléon. Essai d'utilisation de nématodes entomopathogènes en culture d'igname contre *Phyllophaga* spp.. 32 p., 1990. hal-02852213

**HAL Id: hal-02852213**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02852213>**

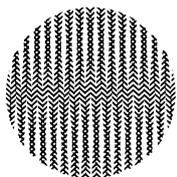
Submitted on 7 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# *Essai d'utilisation de nématodes entomopathogènes en culture d'igname contre *Phyllophaga* spp.*

TORMIN, P. & MAULEON, H.



**INRA**

**Institut National de la Recherche Agronomique**  
Unité de Recherches en Productions Végétales  
Domaine Duclos 97170 Petit Bourg

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I - Les Ravageurs</b> .....	2
1 – Historique.....	2
2 - Importance en agriculture .....	3
3 – Biologie.....	3
4 - Méthodes de lutte.....	3
<b>Chapitre II - Les Nématodes entomoparasites</b> .....	5
1 – Systématique.....	5
2 – Biologie.....	5
3 - Bactéries associées.....	6
4 - Elevage en masse des Nématodes.....	7
<b>Chapitre III - Matériels et Méthodes</b> .....	8
1 - Tri de souches de Nématodes sur vers blancs.....	9
2 - Evaluation de la survie et du développement des Nématodes.....	10
3 - Synergie entre les Nématodes et l'éthoprophos.....	11
4 - Essai terrain.....	11
<b>Chapitre IV – Résultats</b> .....	13
1 - Tri de souches de Nématodes sur vers blancs.....	13
2 - Evaluation de la survie et du développement des Nématodes.....	14
3 - Synergie entre les Nématodes et l'éthoprophos.....	20
4 - Essai terrain.....	20
<b>Chapitre V - Discussion et Conclusion</b> .....	22
<b>Bibliographie</b> .....	24

## INTRODUCTION

La culture de l'igname, sur le plan mondial, se situe au quatrième rang de la production de tubercules. Sous les tropiques humides, elle accède au second rang. La production se chiffre à plus de 25 millions de tonnes (DEGRAS, com. pers.). Elle apparaît globalement comme la plus importante des plantes à tubercule dans la Caraïbe. Aux Antilles, la culture des plantes vivrières conserve une importance traditionnelle, et constitue une source alimentaire majeure dans la diététique régionale. (DEGRAS, 1986).

Dès sa mise en place, l'igname est la cible de nombreux ravageurs. Les agressions de larves de Coléoptères (Scarabaeidae, Curculionidae) sur le système racinaire peuvent engendrer de lourdes pertes.



*Dégats sur tubercule*

L'une des rares enquêtes effectuée à Porto-Rico, mentionne des dégâts importants dus aux larves de coléoptères sur 44% des exploitations (MIGNUCCI et CORDERO, 1981). En Haïti ils paraissent graves et peuvent causer jusqu'à 46% de perte dans une parcelle de *Dioscorea cayenensis rotundata* (PIERRE-JEAN & TREMBLAY, 1985)

A la Réunion des attaques importantes de vers blancs ont conduit à l'utilisation d'organochlorés (Lindane) et d'organophosphorés (chlormephos, isazophos, éthoprophos, chlopyriphos-ethyl). L'éthoprophos donne de bons résultats, toutefois son utilisation présente plusieurs inconvénients : coût élevé, contraintes d'application, haute toxicité.

L'utilisation de leurs ennemis naturels, surtout dans les milieux où l'utilisation des produits chimiques n'est pas économique, pratique, ou pose des problèmes de nuisances pour l'homme et pour l'environnement, est une alternative prometteuse dans la lutte contre les stades larvaires de ces ravageurs.

Les essais réalisés durant le stage ont eu lieu, dans le laboratoire des Nématodes Entomopathogènes et sur les parcelles expérimentales de l'INRA Centre Antilles-Guyanne.

Les objectifs poursuivis sont:

-d'évaluer la possibilité de contrôle de vers blancs par l'utilisation de nématodes entomoparasites.

- d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires utilisés en culture d'igname sur la survie et le développement de ces nématodes
- de chercher un effet synergique avec leur association aux pesticides faiblement dosés.

La possibilité d'employer ces nématodes en association avec des insecticides chimiques pour une compatibilité entre la lutte chimique et biologique.

La capacité à pénétrer leur hôte et à les tuer, rend ces nématodes intéressants pour leur intégration dans les nouvelles stratégie de lutte.

## CHAPITRE I - LES RAVAGEURS

Le préalable à toute étude sur la lutte raisonnée contre des ravageurs, passe par la connaissance de leur écologie, de leur biologie et des facteurs qui leur confèrent ce statut.

En Guadeloupe, les principaux Coléoptères responsables de dégâts sur igname appartiennent aux familles des Scarabaeidae (*Phyllophaga pleei* et *P. patrueloides*) et des Curculionidae (*Diaprepes famelicus*). Seul les Scarabeides feront l'objet de cette étude.

### 1-Historique

Les vers blancs ont été définis par GIRAULT (1914), COMSTOK (1925) et WOLCOTT (1933) comme étant des larves appartenant à la sous famille des Melolonthinae, mais ce terme à un usage plus large, incluant aussi les larves de Rutelinae, Dynastinae et d'autres familles des Scarabaeoidea (WILSON 1969).

Les Melolonthinae sont distribués dans le monde entier, et les espèces les plus nuisibles de la famille des Scarabaeidae appartiennent à cette sous famille (RITCHER, 1966). La famille des Scarabéides comprend des espèces adaptées à des biotopes aussi variés que multiples. On les rencontre aussi bien dans les régions de climat tempéré que sous les tropiques, dans les régions arides que dans les pays équatoriaux (GRUNER, 1975).

En agriculture, ils sont associés aux dommages fait aux racines des plantes et parmi eux BONFILS et OLIVIER (1964), considèrent que le genre *Phyllophaga* est largement représenté en Amérique tropicale et dans la Caraïbe où les espèces y sont nombreuses. Dans les Petites Antilles, différentes espèces de *Phyllophaga* occasionnent des dégâts aux cultures de canne à sucre, de bananes, de maïs, ainsi qu'aux herbages (GRIFFITH, 1923; MARTORELL, 1945; FENNAH, 1947).

### 2-Importance en agriculture

BONFILS et OLIVIER (1964) rapportent que les principaux ravageurs des cultures de banane et de canne à sucre, entre 1956 et 1963, sont respectivement *Phyllophaga pleei* et *P. patrueloides*.

En bananeraie les dégâts causés par les adultes sur le feuillage sont spectaculaires mais ne semblent pas affecter le rendement.

Sur canne à sucre, le nombre de tiges par touffe est réduit à partir de trois larves par touffe et la taille moyenne des cannes est inférieure à la normale à partir de dix larves (GRUNER, 1975).

Sur igname, en plus des deux espèces précédemment citées, on retrouve des représentants du genre *Ligyris* (*L. ebenus* et *L. cuniculus*). Les dégâts causés au tubercule par ces vers blancs peuvent être occasionnellement spectaculaires, mais dépassent rarement 1p.cent de la récolte (COURSEY, 1967).

Toutefois les perforations peuvent faciliter des agressions secondaires de champignons et de bactéries qui évolueront après la récolte (DEGRAS, 1986). Un des facteurs limitant de la production d'igname en Haïti est la présence de vers blancs. Selon la variété cultivée les attaques concernent 5 à 90 p. cent des tubercules (PIERRE-JEAN & TREMBLAY, 1985; KERMARREC, comm. pers.).

### 3-Biologie

Pendant la saison sèche (Janvier à Juin), les oeufs sont déposés dans la terre, à des profondeurs assurant l'humidité nécessaire pour l'éclosion,. Chaque femelle dépose une douzaine d'oeufs sans protection particulière.

Le nombre d'éclosions croît rapidement à partir de la deuxième quinzaine d'Avril. De Juillet à Août la population larvaire est composée des stades 1 et 2. D'Octobre à Novembre,

le stade 3 des larves domine, la croissance est rapide et l'appétit vorace. La larve de ce stade cause des dégâts importants, pouvant retarder ou même inhiber la germination des semences (COURSEY,1967). Puis la larve devient inactive, et fabrique une cellule de terre, dans laquelle elle se transforme en nymphe. La nymphose qui dure de 25 à 30 jours, à lieu en Février et Mars (GRUNER, 1975).

Les adultes émergent du sol au crépuscule dans des conditions climatiques déterminées (WILSON,1969). En milieu tropical, les variations de températures sont faibles au cours de l'année et on distingue plutôt les saisons en humides ou sèches. Le facteur pluviométrie est prépondérant sur la faune.

Les premières fortes pluies après la saison sèche déclenchent la sortie des adultes. Les *Cyclocephala* sp. et *Ligyris cuniculus* seront d'autant plus nombreux que la saison humide est pluvieuse, alors que pour les *Phyllophaga* sp. et *Ligyris ebenus*, c'est celle de l'année précédente qui intervient principalement (GRUNER, 1975).

Les accouplements commencent dans la première quinzaine de Mars. L'accouplement à lieu sur le sol ou sur les parties aériennes des arbres et arbustes, avec ou sans accompagnement d'une période d'alimentation sur le feuillage des plantes (WILSON, 1969).

Pendant le jour, le hanneton peut rester inactif sur ces plantes, mais beaucoup d'espèces se cachent dans le sol .

#### **4-Lutte**

##### **a - Chimique**

L'emploi de pesticides demeure jusqu'ici la seule technique mise en pratique contre ces Coléoptères, avec une gamme d'insecticides classiques utilisables sur toutes cultures: lindane,chlormephos, éthoprophos et le chlorpyriphos-éthyl (GRIVAULT, 1988). Les traitements à base d'éthoprophos ont pour cibles les nématodes phytophages et les vers blancs dans le sol (DEGRAS, comm. pers.). Les interventions se feront de Juillet à Août, contre les premiers et deuxièmes stades larvaires particulièrement fragiles (BONFILS et OLIVIER, 1964).

##### **b-Culturales**

Les méthodes de lutte culturale utilisent le labour et le dépôt de chaux vive ou éteinte dans les fosses à ignames, pour maîtriser la population larvaire présente lors de l'installation de la culture. L'utilisation de variétés résistantes, *D. cayenensis*, le choix de la date de plantation ainsi que les rotations culturales s'inscrivent parmi ces méthodes.(Annexe 1)

##### **c-Biologique**

WILLIAMS & MAMET (1962), cités dans WILSON (1969), donnent une liste de 44 espèces de parasites et de prédateurs de vers blancs. Seulement six espèces de Scoliidæ et une Tiphiiidæ ont pu être installées dans les exploitations cannières de l'île Maurice.

D'autres ennemis naturels sont cités, des mammifères prédateurs (mangoustes), des lézards, grenouilles, oiseaux. Leur utilisation en lutte biologique s'avère difficile.

Des pathogènes ont également fait l'objet de nombreux travaux en Europe en particulier sur le Hanneton commun *Melolontha melolontha*. Parmi les maladies bactériennes, ROBERT et MARCHAL (1979) notent la présence de *Bacillus popilliae*. HURPIN et ROBERT (1977) introduisent *Rickettsiella melolonthae* et un entomopoxvirus à ce ravageur dans une prairie naturelle. FERRON (1978) réussit à induire une épizootie à *Beauveria brongniartii* et à maintenir ce ravageur en dessous du seuil de nuisibilité. En

Guadeloupe GRUNER (1975) étudie la sensibilité de *P. pleei* et *P. patrueloides* à *Metharizium anisopliae*.

L'utilisation des nématodes entomoparasites dans la lutte contre les ravageurs des cultures paraît être une alternative prometteuse. Leur utilisation avec succès a été démontrée dans la dernière décennie. En Australie les populations du borer de la tige du framboisier et de la mouche du bois, *Sirex* sp., ont été maîtrisées avec des nématodes d'origine exotique. BEAVERS et al. (1983), rapportent que 70 p. cent des larves de *Diaprepes abbreviatus* étaient parasitées, dans des vergers de citrus, par *Steinernema carpocapsae* et par *Heterorhabditis* sp.. La survie et l'activité parasitaire de ces vers étaient observées toute l'année.

En Italie l'application d'espèces du genre *Heterorhabditis*, a donné 100 p.cent de mortalité sur *Otiorhynchus sulcatus* en culture en pots (DESEÖ et COSTANZI,1987). A la Barbade ALAM et GIBBS (1988), observent une augmentation de la mortalité des larves de *Diaprepes abbreviatus* et de *Phyllophaga smithi* d'une année à l'autre, après l'introduction de *Steinernema glaseri*.

## CHAPITRE II - LES NEMATODES ENTOMOPARASITES

A l'exception des Mermithidae, les principales familles étudiées en vue de leur utilisation en lutte biologique, appartiennent aux familles des *Steinernematidae* et des *Heterorhabditidae*. Ces nématodes se nourrissent de milieux bioconvertis par une bactéries du genre *Xenorhabdus*, avec laquelle il existe une relation de commensalisme.

### 1- Systématique

La famille des *Steinernematidae* contient un genre et six espèces :

- *kraussei*,
- *feltiae* (= *carpocapsae*),
- *anomali*,
- *glaseri*,
- *bibionis*,
- *intermedia*

Certains auteurs retiennent encore la classification originelle qui désigne *S. kraussei* comme l'unique espèce du genre *Steinernema* et placent les trois autres espèces (*glaseri*, *bibionis* et *feltiae*) dans le genre *Neoaplectana*. La synonymie de ces deux genres a été proposée par Wouts et al. (1982). Le nom de *Steinernema* sera retenu ici.

La famille des *Heterorhabditidae* contient cinq espèces dans le genre *Heterorhabditis*:

- *heliethidis*,
- *hambletoni*,
- *megidis*,
- *hopta*
- *bacteriophora*,

Tous (*Steinernema* et *Heterorhabditis*) présentent un stade libre infestant hors du corps de l'hôte (POINAR, 1975) et conservent la cuticule du deuxième stade qui leur confère une résistance dans les conditions défavorables et une meilleure survie dans le sol.

### 2 – Biologie

#### a - *Steinernema*

La biologie de *Steinernema* a été étudiée par BOVIEN (1937) et fut reconsidérée par WOUTS (1979). Elle se caractérise par six stades distincts: l'oeuf donne naissance à quatre stades larvaires morphologiquement distinct et à l'adulte. La larve de

troisième stade tient sa résistance d'une part de la cuticule de la L2 et d'autre part des réserves accumulées (ALAM et GIBBS, 1988). C'est par chimiotactisme et plus précisément par le CO<sub>2</sub> rejeté par la respiration de l'hôte, que la L3 découvre celui-ci (SCHMIDT & All, ) Plusieurs modes de pénétration dans l'insecte ont été décrits. Il est probable que les voies d'entrées des nématodes sont différentes selon les insectes cibles et leurs stades de développement (BOEMARE, 1983). La pénétration se fait en général par les orifices naturels (bouche, anus ou stigmates).

Une fois dans l'hôte, la L3 se débarrasse de sa double cuticule et perfore la paroi du tube digestif ou les trachées pour passer dans la cavité générale.

Dans l'hémocoèle, la L3 va produire une toxine qui exerce une action anti-immune avant de rejeter sa bactérie symbiote *Xenorhabdus nematophilus*. Ce germe en multiplication inhibe le développement des autres bactéries en élaborant une substance antibiotique. L'hôte meurt rapidement (entre 24 à 48 heures) et les larves se transforment en L4. Les nutriments issus de la bioconversion bactérienne du "milieu insecte" constituent la source alimentaire des L4.

Cette première génération de L4, se transforme en mâles et femelles qui seront suivis par d'autres générations dont le nombre varie en fonction de la quantité et qualité de nourriture disponible.

*Steinernema* et sa bactérie associée provoquent la rupture lente de la cuticule de l'insecte environ deux jours avant le développement des L3 infestantes, qui s'échappent alors et circulent dans le sol à la recherche d'une nouvelle hôte.

Le cycle dure entre sept et dix jours dans des larves de *Galleria mellonella* à 20 -25°C (cf. Annexe 2).

#### b - *Heterorhabditis*

PEREIRA (1937) fut le premier à étudier le genre *Heterorhabditis*. POINAR (1967), KHAN et al. (1976), et WOUTS (1979), l'ont réétudié.

Comme chez les *Steinernema*, seules les L3 sont infestantes. Une fois dans l'hôte, *Xenorhabdus luminescens*, bactérie associée, se charge de convertir le "milieu insecte". Cette phase dure environ deux jours. Quatre jours après la pénétration dans l'hôte les L3 infestantes se transforment en femelles parthenogénétiques, qui peuvent pondre 1000 oeufs. Ceux-ci donnent naissance à des larves L1. Cette génération donnera des mâles et des femelles. Après accouplement, ces femelles pondent à leur tour des oeufs qui éclosent en L1. *Heterorhabditis* et *X. luminescens* préservent, quant à eux, la cuticule de leur hôte jusqu'à ce que les larves infestantes aient émergé. Les autres micro-organismes interviennent alors seulement dans la décomposition de ce qui reste de l'hôte (cf. Annexe 2).

### 3 - Bactéries associées

Les deux genres *Steinernema* et *Heterorhabditis* possèdent chacun une bactérie symbiote qui leur est propre. Les deux bactéries sont similaires et appartiennent au genre *Xenorhabdus* (THOMAS et POINAR, 1979).

Ces germes sont des entérobactéries. Ils ne présentent pas de stade résistant aux conditions adverses de l'environnement. En outre, ils ont été trouvés uniquement dans les nématodes et les insectes-hôtes. Elles sont Gram -, en batonnets, mobiles ou non, péritriches, anaérobies facultatives et entomopathogènes.

*Xenorhabdus nematophilus* (POINAR et THOMAS, 1965) est la bactérie associée à *Steinernema*. Elle se cultive sur agar, les colonies sont lisses, muqueuses et d'aspect granuleux. *X. nematophilus* est localisée dans le ventricule du stade infestant de *S. feltiae* (POINAR et LEUTENEGGER, 1968). L'espèce *X. nematophilus* est divisée en quatre

sous-espèces:

- *nematophilus*                                - *poinarii*
- *bedingii*                                        - *bovienii*

Chaque espèce de *Steinernema* est associée à une sous-espèce de *Xenorhabdus*.

*Xenorhabdus luminescens* (THOMAS et POINAR, 1979) est associée à *Heterorhabditis* spp.. Cette bactérie est caractérisée par des colonies lisses et muqueuses en apparence et avec des contours irréguliers, lorsqu'elle est cultivée sur milieu gélosé. Initialement, elle est de couleur jaune pâle mais à mesure que la bactérie vieillit, le jaune s'accroît pour virer au rouge. A la différence de *X. nematophilus*, elle est bioluminescente. Il a été observé que les bactéries changent de forme en culture in vitro. Cette dernière encore appelée phase 2, n'est pas aussi apte que la phase 1, phase initiale, à fournir au nématode les nutriments issus de la bioconversion du "milieu insecte". (AKHURST, 1980, 1982).

La première phase demeure stable dès l'instant où la bactérie est re-ensemencée tous les mois. Dans les cultures trop âgées, la deuxième phase se développe régulièrement. Cette forme est sans intérêt pour la lutte, car elle ne tue pas l'insecte de façon efficace.

#### 4 - Elevage en masse des nématodes

##### a - Sur Insecte hôte (*Galleria melonella*)

Pour obtenir un grand nombre de Nématodes entomopathogènes, la méthode la plus simple demeure l'élevage sur un Insecte-hôte. On utilise:

- des Nématodes au troisième stade larvaire (L3 infestantes),
- des chenilles de *G. mellonella* au stade prénymphe. Ce Lépidoptère a été choisi car on en maîtrise bien l'élevage en laboratoire. Par ailleurs, il procure de bons rendements en nématodes (Annexe 3).

##### b - Sur milieu nutritif (milieu tridimensionnel).

L'élevage des Nématodes sur *Galleria* est approprié à l'échelle du laboratoire. Quand il faut faire face à la production de nématode pour le traitement d'un champ, le milieu tridimensionnel revêt des avantages techniques et économiques certains. La production de nématodes en milieu nutritif se décompose en 6 étapes:

- désinfection des larves infestantes (L3),
- isolement et production de la bactérie symbiote *Xenorhabdus nematophilus*,
- préparation du milieu tridimensionnel,
- ensemencement des germes,
- inoculation des Nématodes désinfectés,
- récolte et stockage des nématodes (Annexe 3)

## CHAPITRE III - MATERIELS ET METHODES

### 1- Origine du materiel utilisé

#### a- Les vers blancs

Les deux espèces utilisées dans ce travail sont *Phyllophaga pleei* et *P. patrueloides*. Les adultes et les larves de différents stades de développement ont été recueillies lors de prospections sur le terrain et placées individuellement dans des boîtes à compartiments remplis de tourbe humidifiée. Afin d'éliminer les larves abîmées par la manipulation une période de quarantaine de 48 heures est observée avant leur utilisation dans les essais.

#### b- Les nématodes

Les nématodes utilisés dans les différents essais de laboratoire ont été multipliés sur *Galleria*. Ceux utilisés pour les essais de terrain ont été produits sur le milieu tridimensionnel.

#### c- Les pesticides

Les homologations de pesticides pour la culture de l'igname ne suivent pas la même législation dans les différents pays producteurs. Notre choix s'est porté sur les produits utilisés dans le Département Français d'Amérique, contre les différents parasites et ravageurs de l'igname.

Matière active	Groupe chimique	Utilisation
Ethoprophos	organophosphoré	insecticide-nématicide
Benomyl	carbamate	fongicide
Pendiméthaline	toluidine	herbicide
+ atrazine	+ triazine	
Paraquat	ammonium quaternaire	herbicide

#### d- Les sols

Si l'on observe une carte des sols de la Guadeloupe, on s'aperçoit que ceux-ci présentent une grande diversité. Cependant, quatre types prédominent (Annexe 4).

En Grande-Terre, les calcaires coralliens constituent le domaine des sols à argile montmorillonitiques. Les sols pierreux des collines se modifient progressivement en vertisols très profonds sur les surfaces planes des plateaux et des vallées des Grands-Fonds. La montmorillonite confère à ces sols un pouvoir gonflant: desséchés et fissurés en saison sèche, ils se colmatent et se gorgent d'eau en période humide. La culture de l'igname se réalise traditionnellement dans cette région.

Au Nord de la Basse-Terre, où les formations volcaniques sont anciennes, on trouve des sols ferrallitiques, ou oxysols, de couleur rouge, profonds et relativement perméables. Ils sont sensibles au lessivage. Cette zone est essentiellement couverte par la forêt dans les parties escarpées et en altitude. Dans les parties les plus basses, on cultive la canne à sucre, la banane et, dans la région de Petit-Bourg on assiste à une extension de la culture de l'igname.

Au Sud de la Basse-Terre, où les formations volcaniques sont plus récentes (cendres), on rencontre dans les régions les plus arrosées des sols à allophanes ou andosols, et des sols à halloysites dans les régions moins humides (Atlas des DOM, 1982).

## 2 - Tri de souches de nématodes sur les vers blancs

Chaque traitement est constitué par 10 vers blancs déposés dans des boîtes de Pétri de 55 mm de diamètre, sur un disque de papier filtre, humidifié par 200 micro-litres de solution de Ringer contenant 2000 nématodes de stade L3. Afin d'éviter les contaminations, la fermeture hermétique de chaque boîte, est assurée par un ruban adhésif. vingt insectes, placés dans les mêmes conditions et recevant 200 microlitres de Ringer servent de témoin. Les boîtes sont placées dans une étuve à 25-26°C. La mortalité est relevée quotidiennement les trois premiers jours après l'inoculation, puis après une semaine. Les lots morts sont disséqués afin de vérifier le développement et la reproduction des nématodes. La désignation de souches intraspécifiques est utilisée dans les deux genres et des codes sont employés pour identifier chacune d'elle. Quinze souches de nématodes parasites d'insectes ont aussi été comparées et sont présentées dans le tableau ci-dessous:

Nématodes	Origine	Pays	Codes
<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Vitacea polistiformis</i>	Georgie, USA	All
<i>S. feltiae</i>	<i>Laspeyrsia pomonella</i>	Virginie, USA	DD136
<i>S. feltiae</i>	<i>Otiorynchus sulcatus</i>	Plougastel, Fra	Breton
<i>S. glaseri</i>	Sol	Florida, USA	F1
<i>S. glaseri</i>	Sol	Florida, USA	K72
<i>S. bibionis</i>	Sol	Champagne, Fra	K53
<i>S. anomali</i>	<i>Anomali dubia</i>	URSS	K87
<i>Heterorhabditis heliothidis</i>	<i>Pachneus litus</i>	La Havanne, Cuba	P2M
<i>H. bacteriophora</i>	Sol	Argentine	AG
H. vieux Habitant	<i>Diaprepes abbreviatus</i>	Guadeloupe	HG1
H. St. François	Sol	Guadeloupe	HG2
H. canadien	Sol	Canada	H 88
H. Trinidad	Sol	Trinidad	HT1
H. Parryland	Sol	Trinidad	HT2
H. Manzanilla	Sol	Trinidad	HT3

Dans le texte les nématodes sont désignés par le code indiqué ci-avant suivi des initiales de l'espèce, afin de faciliter la lecture.

ex.: *Steinernema feltiae* = All-Sf  
*Heterorhabditis heliothidis* = P2M-Hh

## 3 - Evaluation de la survie et du développement des nématodes

### a - Dans les solutions de pesticides

La survie des nématodes dans les solutions de pesticides est testée sur 5 souches:

- *S. carpocapsae* (All-Sf)
- *H. bacteriophora* (AG-Hb)
- *S. glaseri* (K72-Sg)

- *H.heliothidis* (P2M-Hh)
- *S. bibionis* (K53-Sb)

Survie: Les nématodes sont déposés par groupes de 10 dans des cupules de plaques ELISA. Pour chaque traitement 10 cupules sont remplies avec une solution de pesticide, aux doses préconisées pour le traitement au champ. Les relevés sont réalisées à intervalles de 2, 4, 6, 8 heures, puis à 24, 48, 72 et 96 heures. Les larves sont considérées mortes lorsqu'elles ne répondent plus à un stimulus imprimé au niveau de l'anneau nerveux. La mortalité est comparée à celle d'un témoin dans une solution de Ringer.

Développement: Des L3 infestantes sont placées sur un tamis de 0,5 micron déposé dans une boîte de Pétri contenant une solution de pesticide. Elles y demeurent 24 heures, puis sont rincées, comptées, et titrées à 100 L3 pour 100 microlitre de solution. Elles sont déposées sur un papier filtre avec une *Galleria* au fond de boîtes en plastiques de deux cm de côté. Dix répétitions sont réalisées par traitement. Les relevés de la mortalité des *Galleria* sont réalisés tous les jours. Ces dernières sont disséquées 2 jours après la mort et mises en digestion pepsique pour le dénombrement des adultes de *Steinernema*. Le calcul du sex-ratio est exprimé par la formule:

$S = \text{Nombre de mâles} / \text{Nombre de femelles} (1)$

Le pouvoir pathogène des Nématodes est évalué par comparaison du nombre d'adultes obtenus après passage dans les solutions de pesticides avec celui des témoins dans la solution de Ringer.

#### b - Dans les sols

Des cylindres en PVC de 9,5cm de diamètre et 10cm de hauteur sont enfoncés dans le sol de la parcelle d'igname (oxysol). Dix mille *S. glaseri* (L3 infestantes) sont déposés dans les cylindres. L'essai comporte six répétitions pour chaque relevé effectué à 7, 15, 30 et 45 jours. Les cylindres sont extraits de la parcelle avec le sol qu'ils contiennent et amenés au laboratoire. Les nématodes vivants sont récupérés par la technique de BAERMANN (Annexe 5). Les L3 vivantes issues de l'extracteur de BAERMANN sont comptées puis mises en présence de *Galleria* afin de tester leur capacité de développement (voir précédemment).

#### 4 - Synergie entre les nématodes et l'éthoprophos faiblement dosés

L'utilisation de doses réduites d'insecticides afin de protéger la faune auxiliaire et d'intégrer la chimique et la lutte biologique, est l'objectif principal de cet essai.

Pour chaque traitement dix boîtes de Pétri contenant des disques de papier filtre, reçoivent chacune un ver blanc au stade prénymphal. Les traitements suivant sont comparés :

- 100 micro-litre (45000 ppm) d'insecticide,
- 100 micro-litre (4500 ppm) d'insecticide,
- 100 micro-litre (450 ppm) d'insecticide,
- 2000 *S. glaseri* (L3 infestantes) par boîte (30 boîtes),
- 45000 ppm d'insecticide; plus 2000 *S.glaseri*
- 4500 ppm d'insecticide; plus 2000 *S. glaseri*,
- 450 ppm d'insecticide; plus 2000 *S. glaseri*,
- 3 témoins sans pesticide ni nématode.

La mortalité est relevée à 12, 24, 48, 72 et 168 heures d'intervalle.

## 5 - Essai au champ : utilisation des nématodes dans une parcelle d'igname.

Cet essai est réalisé sur une parcelle expérimentale de 100 m<sup>2</sup> (précédent prairie), desherbée manuellement et où aucun pesticide n'a été appliqué. Les semences étant plantées sur la cime des billons, la partie aérienne du plant ramifié croît sur un tuteur.

Le plan de l'essai est un dispositif de randomisation totale avec trois traitements:

- *Steinernema* glaseri (à raison de 45000 L3 en suspension dans de l'eau),
- Ethoprophos, en formulation granulé (45g p.c., 20% m.a.),
- Témoin sans traitement

Chaque traitement possède cinq répétitions et dix plantes par répétition.

Calendrier des travaux:

- \* début Mars: plantation
- \* début Juillet: infestation avec les vers blancs
- \* mi-Juillet: emplacement des traitements dans le sens de la pente, la parcelle est orientée vers le Sud Sud-Ouest.
- \* début Septembre: première récolte des tubercules

Observations:

- \*Dénombrement des vers blancs présents dans le sol et des galeries larvaires sur le cortex des tubercules à l'arrachage.
- \* Pesée de l'ensemble des tubercules pour chaque traitement.
- \* Survie des Nématodes dans la parcelle infestée.

## 6- Analyses statistiques

En nématologie, les données suivent très rarement une distribution normale. Les études statistiques sont effectuées par le test de Mann & Whitney (ou test de "U") en comparant les échantillons deux à deux. Dans les histogrammes des lettres différentes au dessus des colonnes indiquent une différence significative entre différents traitements au seuil de 5%. Les comparaisons des pourcentages de mortalité entre traitement est effectuée après avoir corrigé les résultats des traitements avec la formule de ABBOTT (1925), qui tient compte de la mortalité naturelle du témoin.

$$\% \text{ Mortalité ABBOTT} = (\% \text{Mort.traité} - \% \text{Mort.témoin}) / (100 - \% \text{Mort. Témoin})$$

## CHAPITRE IV – RESULTATS

### 1-Tri des souches de *Steinernema* et d'*Heterorhabditis* sur les larves de *Phyllohaga pleei* et *P. patrueloides*.

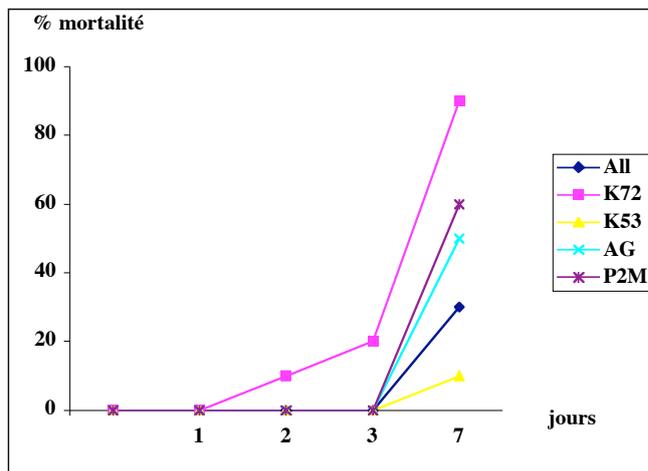


Fig.1. Tri des souches de nématodes sur les vers blancs

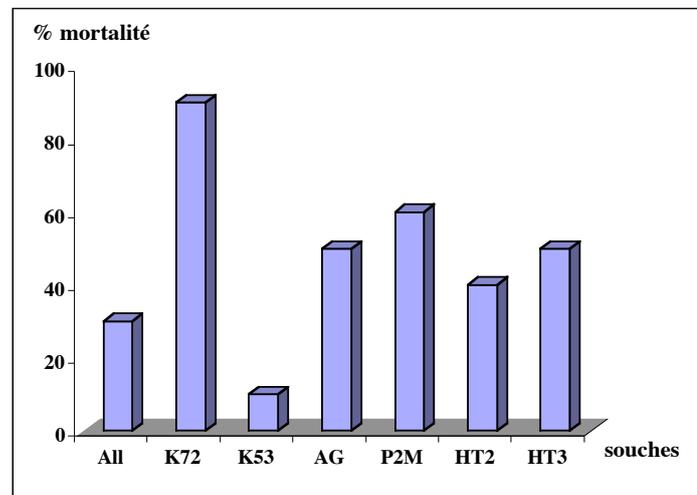


Fig.2. Pourcentage de mortalités des vers blancs à 7 jours

Sur les quinze souches testées (Fig. 1 et 2), seules sept provoquent la mortalité des vers blancs. K72-Sg provoque la plus forte mortalité (90 p.100), suivi de P2M-Hh (60 p. 100), AG-Hb et HT3 (50 p. 100) et HT2 (40 p. 100). Les mortalités due à All-Sf et K53-Sb restent inférieures à 30 p. 100 sept jours après l'inoculation. Toutefois (Tableau 1), la dissection n'a permis d'observer des nématodes que pour les souches K72, HT2 et HT3.

**Tab.1: Pourcentage de vers blancs parasités**

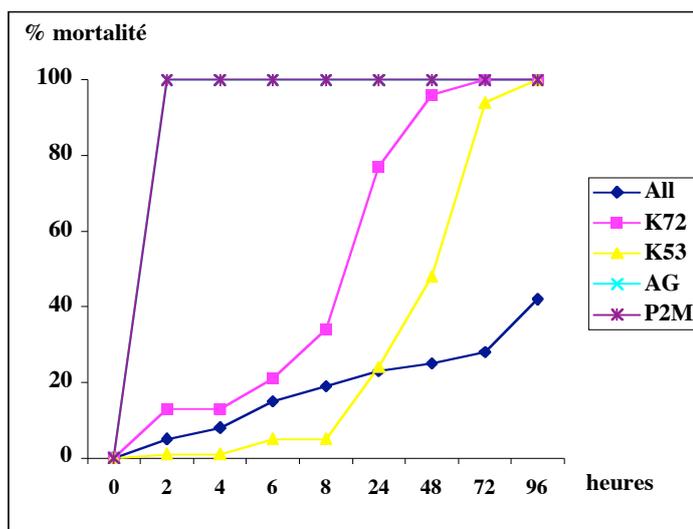
Souches	% Mortalité	% de larves infestées
K72	90	100
HT3	50	20
HT2	40	10

## 2- Effets des différents pesticides et du sol sur la survie et le développement des nématodes

### 2.1- Effet Pesticides

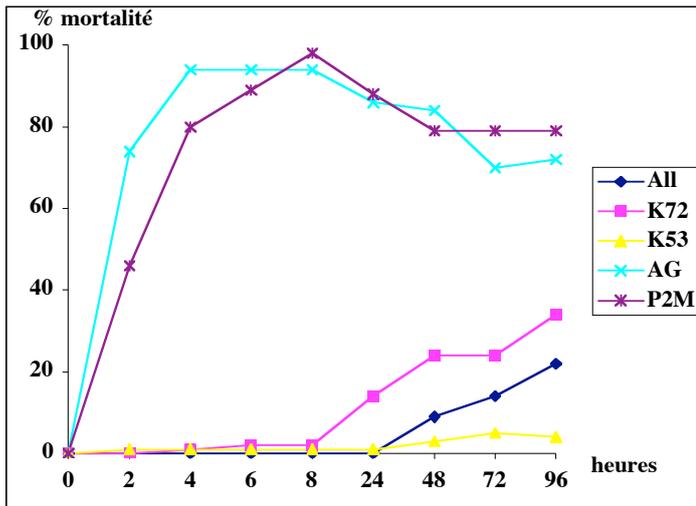
#### a- Survie

**Ethoprophos:** La figure 3 montre une nette sensibilité de P2M-Hh et AG-Hb. Après deux heures dans la solution, la mortalité atteint 100 p. cent. Les souches K72-Sg et K53-Sb, sont beaucoup plus sensibles que la souche All-Sf; la mortalité de cette dernière n'atteint que 40 p.100, après 96 heures dans la solution.

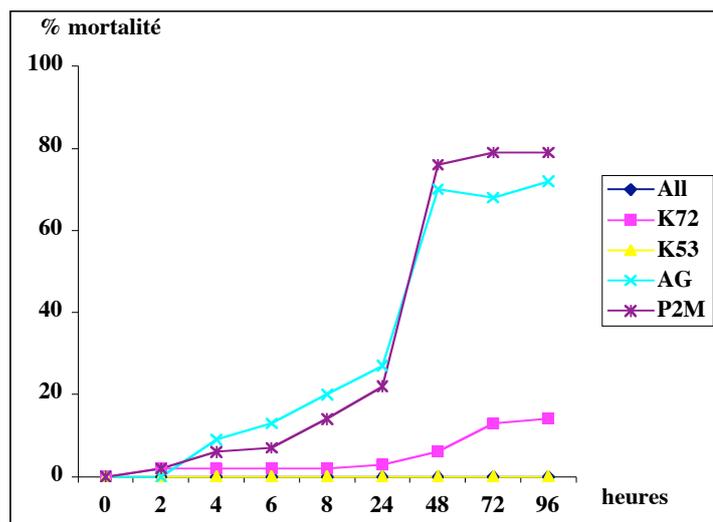


**Fig.3. Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution d'éthoprophos à 45000ppm**

A 4500 ppm, les *Heterorhabditis* sont nettement plus sensibles que les *Steinernema*. Les souches AG-Hb et P2M-Hh atteignent respectivement 95 et 100 p. 100 en 4 et 6 heures (Fig. 4). Chez les *Steinernema*, les souches ALL-Sf et K72-S paraissent plus sensible que K53-Sb (au seuil de 5%)



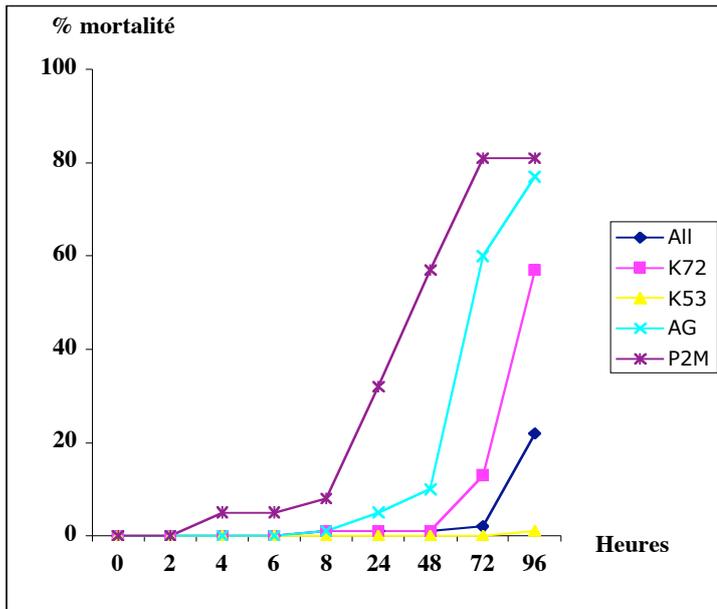
**Fig.4. Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution d' éthoprophos à 4500ppm**



**Fig.5. Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution d' éthoprophos à 450ppm**

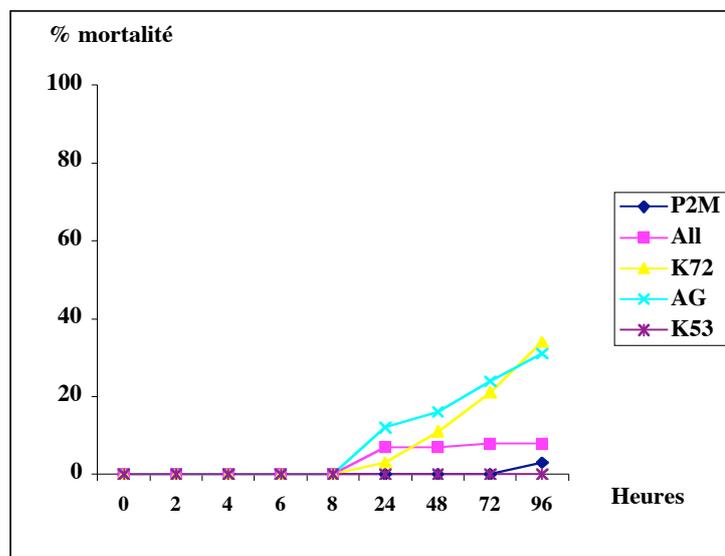
A 450 ppm, la mortalité des *Heterorhabditis* est plus élevée que les *Steinernema* mais celles n'atteint que 70-80 p. 100 au bout de 96 heures. A ce temps là aucune mortalité n'est observée pour les souches K53- Sb et All-Sf. K72-Sg reste la plus sensible des *Steinernema* avec une mortalité de 15 p. 100.

Bénomyl: La mortalité des souches P2M-Hh et AG-Hb atteint 60 et 70 p. 100 respectivement (Fig. 6). Les *Steinernematidae* sont les moins sensibles, cependant la mortalité de la souche K72-Sg (30 %) est la moins résistante parmi celles-ci.



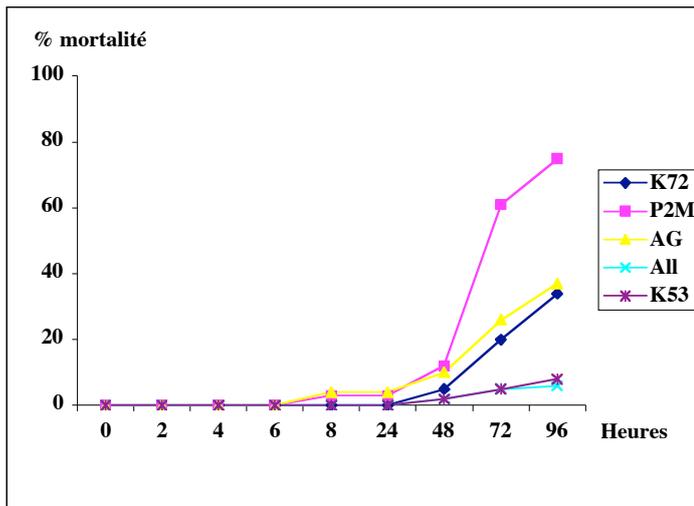
**Fig.6. Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution de benomyl à 1000ppm.**

Pendiméthaline+atrazine: Cette association est peu toxique pour les Nématodes. La mortalité reste faible (max 35 p.100) pour les souches K72-Sg et AG-Hb qui voient leur survie diminuée à partir de 72 heures dans cette solution (Fig. 7).



**Fig.7. Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution de pend.+ atrazine à 400ppm.**

Paraquat: La souche la plus sensible au paraquat est P2M-Hh, avec une mortalité de 80 p. 100 à 96 heures dans la solution. Les souches AG-Hb et K72-Sg sont significativement différent de P2M, de K53-Sb et de All-Sf à 96 heures. Les souches K53-Sb et All-Sf ne sont quasiment pas affectées. Les cinq espèces ont une faible mortalité (< 20 p. 100) à 48 heures dans le produit chimique (fig.8).



**Fig. 8. . Mortalité Abbott des nématodes après 96 heures dans une solution de paraquat à 3000ppm.**

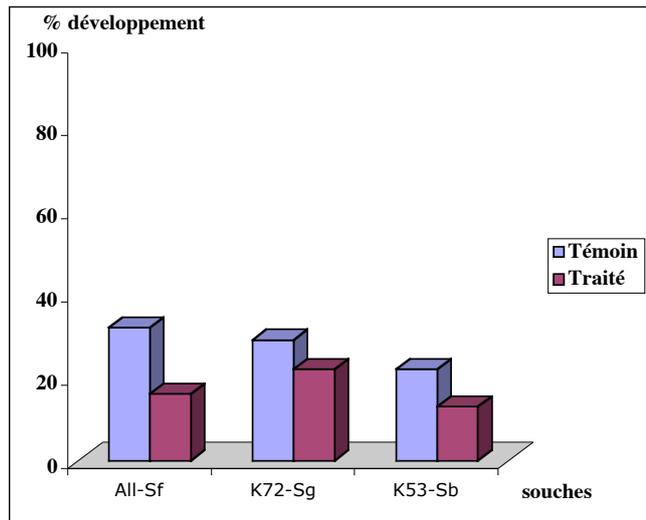
### Discussion

En général les nématodes présentent deux comportements dans les pesticides. Une mobilité active, comparable à celle observée dans le témoin, après une courte exposition dans la solution (de 2-24 heures selon le produit). À mesure que le temps d'exposition augmente, la mobilité diminue. Cette observation est vérifiée pour toutes les matières actives testées et pour toutes les souches, quelque soit leur sensibilité à ces produits chimiques. En général les sensibilités des genres *Heterorhabditis* et *Steinernema* sont différentes, sauf pour le mélange pendiméthaline + atrazine. Les matières actives les plus agressives sont l'éthoprophos et le benomyl (organophosphoré et carbamate, respectivement). Ce résultat corrobore celui de, DAS & al. (1987) et ROVESTI et al. (1989). La souche All-Sf présente la meilleure survie dans toutes les matières actives testées, la mortalité dans l'éthoprophos est inférieure à 50 p. 100.

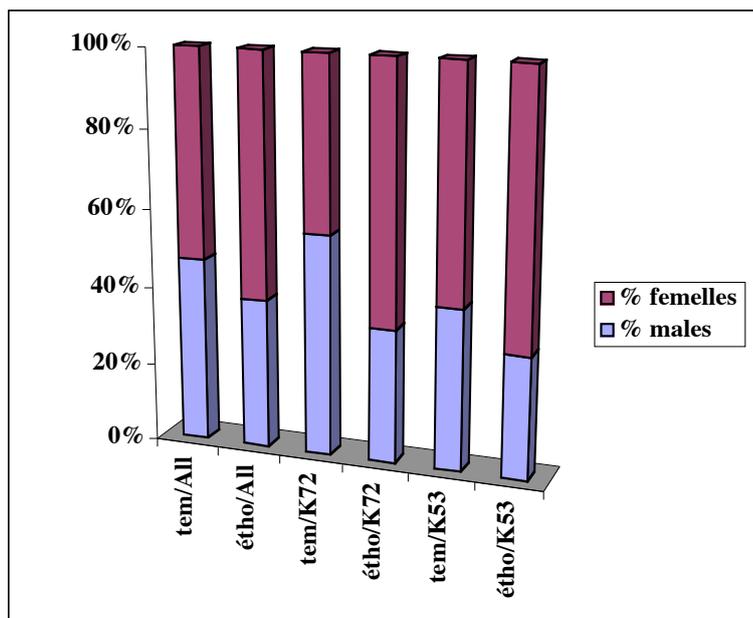
#### b- Développement

La souche K53, accidentellement contaminée lors des essais, n'apparaît pas dans certains résultats.

Ethoprophos: À cause de leur grande sensibilité vis-à-vis de cette matière active, les souches P2M-Hh et AG-Hb ne sont pas retenues pour cette analyse. De manière générale les trois souches de *Steinernema* de l'essai, conservent leur capacité de développement (Fig 9). K72-Sg, est la souche qui a la plus faible survie dans ce produit. Cependant l'analyse statistique montre un meilleur développement que les souches All-Sf et K53, après une immersion de 24 heures dans la solution. De plus, le sex-ratio entre la souche All-Sf et son témoin est significativement différent au seuil de  $p < 5$  p. 100 (Fig. 10)

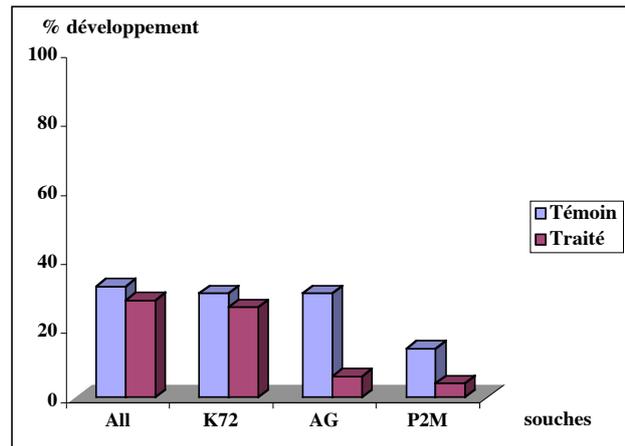


**Fig.9. Pourcentage de développement des nématodes après 24 h dans éthoprophos à 45000ppm**

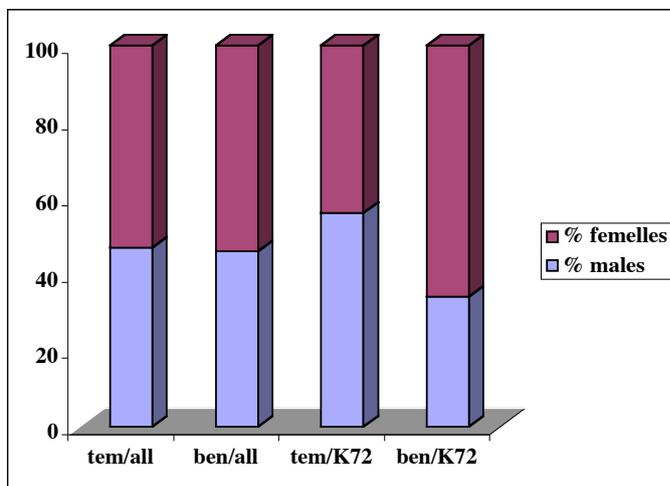


**Fig. 10. . Pourcentage de mâles et de femelles après 24h dans éthoprophos à 45000ppm..**

Bénomyl: Les souches de *Steinernema* ne sont pas affectées par ce produit dans leur capacité à pénétrer et à se reproduire à l'intérieur de leur hôte. Le rapport mâles/femelles change pour la souche K72-SG dans ce carbamate (différence significative avec son témoin). La souche All-Sf n'est affectée ni dans son développement, ni dans le ratio mâles/femelles. Le développement des souches AG-Hb et P2M-Hh, comparé à leur témoin, est affectée (fig. 11 et 12).

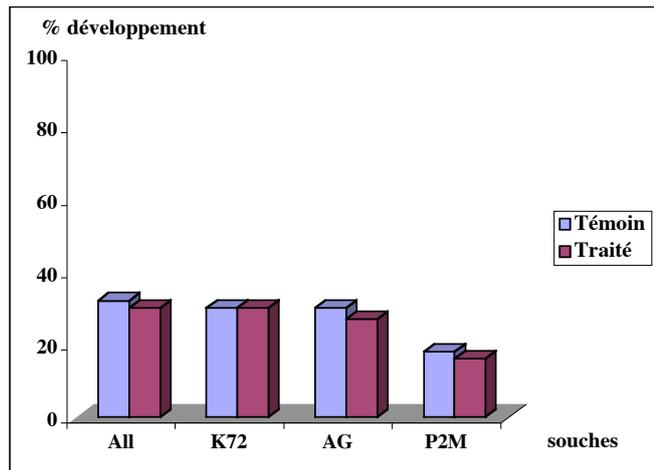


**Fig.11. Pourcentage de développement des nématodes après 24 h benomyl à 1000ppm**

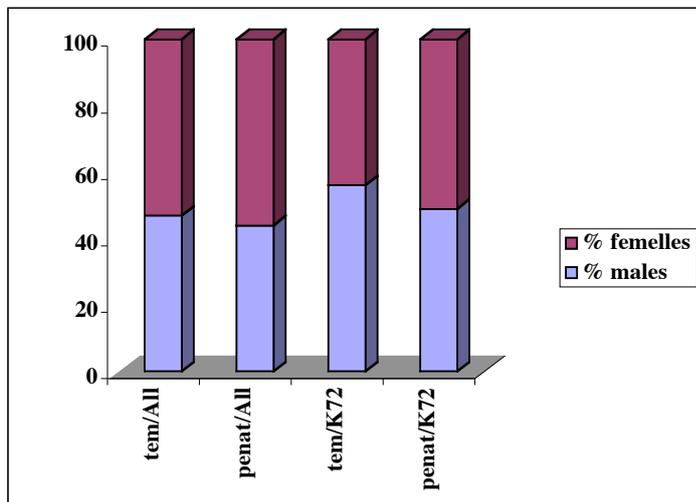


**Fig. 12. . Pourcentage de mâles et de femelles après 24h dans nénomyl à 1000ppm..**

Pendimethaline+atrazine: Pour les deux souches (All-Sf, K72-Sg) de *Steinernema*, la solution de ce mélange n'altère ni le développement des L3, ni le nombre de mâles et de femelles dans l'hôte. Ce résultat confirme celui trouvé lors des tests de survie, ce produit est le moins toxique pour ce genre. Il en est de même pour les *Heterorhabditis* qui ont un développement normal dans cette solution (Fig 13 et 14).

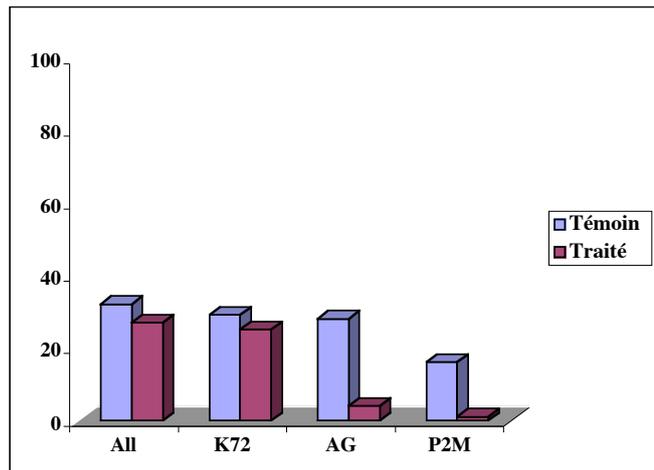


**Fig.13. Pourcentage de développement des nématodes après 24 h dans pendiméthylène+atrazine à 400ppm**

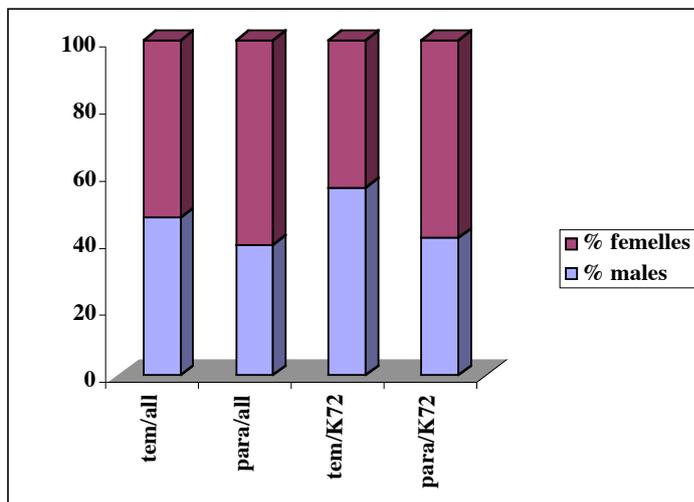


**Fig. 14. . Pourcentage de mâles et de femelles après 24h dans pendiméthylène+atrazine à 400ppm**

Paraquat: Les souches All-Sf et K72-Sg ne perdent pas leur pathogénie. Leur développement ainsi que le ratio mâles/ femelles ne sont pas altérés. Au contraire les souches AG-Hb et P2M-Hh ne se développent quasiment pas dans la solution (Fig.15 et 16).



**Fig.15. Pourcentage de développement des nématodes après 24 h dans paraquat à 3000ppm**



**Fig. 16. . Pourcentage de mâles et de femelles après 24h dans paraquat à 3000ppm**

### Discussion

L'étude de la survie des nématodes dans les solutions de pesticides montre que l'éthoprophos affecte le plus le développement de l'ensemble des souches testées. Le benomyl est plus agressif sur les souches AG-Hb et P2M-Hh, tandis que les *Steinernema* conservent un développement normal. Dans les test réalisés, les herbicides se sont avérés les moins toxiques.

Certains travaux mentionnent la compatibilité de *Steinernema feltiae* avec les insecticides, les fongicides et les herbicides (FEDORKO et al., dans KAYA et BURLANDO, 1989), cependant DAS et DIVAKAR (1987) ont montré que les organophosphorés et les carbamates sont plus toxiques sur cette souche. HARA et KAYA (1983) rapportent que certains pesticides de la famille des organophosphorés et des carbamates affectent *Steinernema feltiae*, mais la souche récupère sa pathogénie après rinçage à l'eau distillée.

## 2.2 – Effet sol

### a- Survie et développement

La survie des L3 infestantes de K72-SG dans les cylindres enfoncés dans le sol chute en dessous de 2 p. 100 une semaine après leur dépôt (fig 17). Les larves récupérées à l'extracteur de BAERMANN ont gardé leur pouvoir infectueux et se sont développées dans les chenilles de *Galleria*. Il n'existe pas de différence de développement entre le témoin et le traitement. L'évaluation de la survie et du développement à 15 jours est la même que celle du septième jours. A 30 et 45 jours, la quantité de L3 récupérées du sol ne change pas, mais elle est inférieure à 1 p. cent. Le test du développement dans l'insecte hôte n'est pas réalisé pour ces deux extractions, le nombre de L3 étant insuffisant (Fig 18). Toutefois le séjour dans le sol ne semble pas affecter la mobilité des larves de troisième stade.

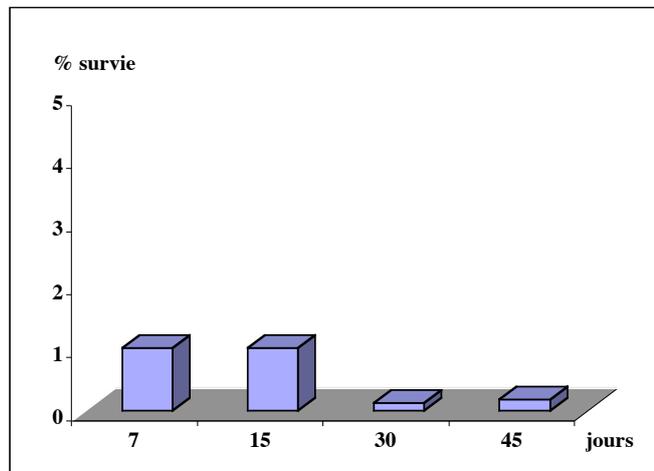


Fig.17. *Pourcentage de survie de K72 dans l'oxysol*

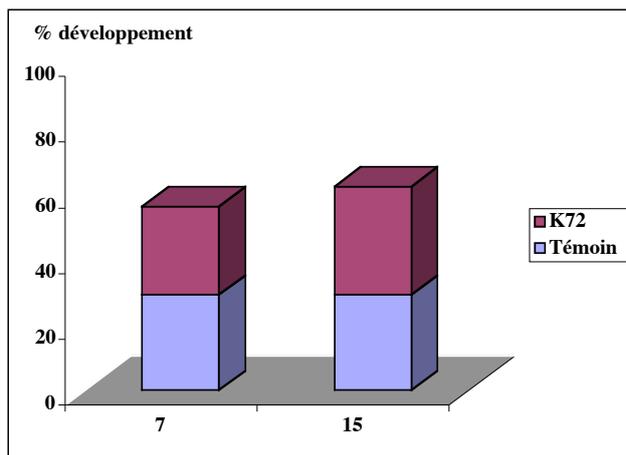


Fig. 18. . *Pourcentage de développement de K72 dans l'oxysol*

### Discussion

La survie de K72-Sg dans le sol (oxysol) diminue rapidement dans le temps, cependant le nématode ne disparaît pas des échantillons. La texture du sol joue un rôle important dans la distribution de K72-Sg. Cet entomoparasite a tendance à migrer verticalement. Cette migration est accentuée par les facteurs climatiques, le nématode se localisant dans les

couches les plus humides où la température leur est favorable (POINAR, 1983). Selon BANH (1990), la structure de l'oxysol affecte la survie et le développement de *Steinernema feltiae*. De plus le pH, la photopériode, l'oxygène du sol, la salinité sont des paramètres qui jouent un rôle dans la diminution de la survie des nématodes dans le sol (GAUGLER, 1981). Selon IGNOFFO et HOSTTETER (1977), cités dans GAUGLER (1981), la radiation solaire est un facteur limitant la survie, Le développement et la capacité de reproduction de *Steinernema feltiae* dans les *Galleria*. ISHIBASHI et KONDO (1986) attribuent cette faible survie à une diminution de la mobilité des L3 dans le sol et à la méthode d'extraction des nématodes. En outre, le nématode survit plus longtemps dans les sols stériles que dans les non stériles, où la pédofaune semble jouer un rôle important.

### **3- Synergie entre les nématodes entomoparasites et l'éthoprophos**

La synergie entre K72-Sg et l'éthoprophos n'apparaît dans aucune dilution. L'insecticide à 45000 ppm provoque la mort de l'hôte (vers blancs) et des L3 de la souche K72-Sg.

A 4500 ppm. les L3 infestantes pénètrent et se développent dans les vers blancs. L'ensemble des larves de l'insecte-hôte meurt dans le même temps que celle exposées à l'éthoprophos à 45000 ppm.

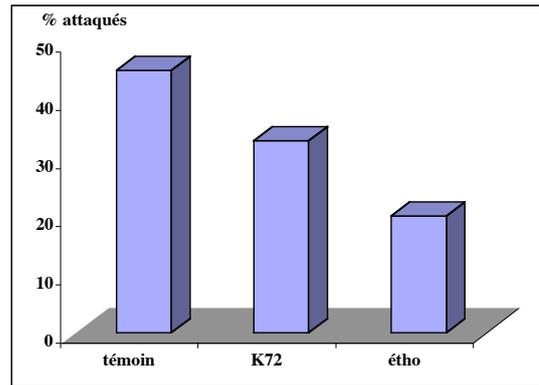
A 450 ppm., l'efficacité de l'insecticide diminue et la mortalité due à K72-Sg est aussi élevée que celle liée à la combinaison du Nématode et de l'éthoprophos.

#### **Discussion**

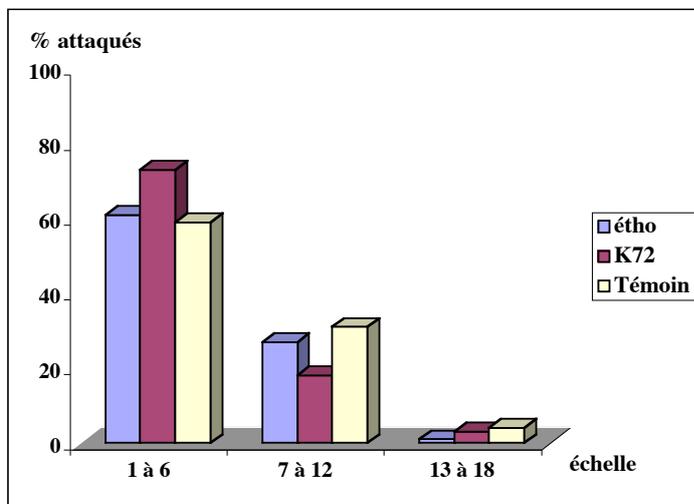
Les résultats de cet essai ne mettent pas en évidence un effet supérieur quand K72-Sg et l'éthoprophos, même dosé faiblement, sont associés. Une compatibilité est observée entre 450 et 4500 ppm. Le nématode survit et se reproduit dans les vers blancs en présence de l'insecticide. Les travaux de KÄMPFE et WISCHGOLL (1984) démontrent que la résistance à l'aldicarbe et à l'oxamyl a été acquise par *Rhabditis oxycerca* après une longue exposition à des doses faibles. Cette résistance s'est perpétuée dans les autres générations et s'est multipliée par 80 fois d'oxamyl et 400 fois d'aldicarbe.

### **4-Essai au Champ : utilisation des nématodes dans une parcelle d'igname.**

Sur la Figure 19, l'analyse des échantillons montre des différences significatives entre l'éthoprophos, K72-Sg et le témoin. Le pourcentage d'attaque des vers blancs sur le cortex de l'igname pour le traitement éthoprophos (45g p.c. à 20%, par plante) est 20%. Les doses de K72-Sg appliquées diminuent les agressions du ravageur avec 33% de dégâts. Leur importance reste cependant faible, le niveau d'attaque pour les trois traitements, se situant entre 1 et 6 dans l'échelle de dégâts (Fig. 20)



**Fig.19. Pourcentage de tubercules attaqués**



**Fig.120. Mesure du niveau d'attaque de l'igname**

### Discussion

Les résultats obtenus dans les essais au champ, montre qu'un traitement réalisé en début de tubérisation réduit les agressions de ce ravageur sur les tubercules. Malgré les faibles doses de K72-Sg appliquées et compte tenu de sa survie dans l'oxysol, ce nématode a réduit les dégâts de vers blancs. Selon KARD et al. (1988), les plus fortes doses ne pas sont celles qui réduisent le plus les populations de *Phyllophaga anxia*, *P. fusca* et *P. comes*. Dans certaines situations, l'efficacité des nématodes dépend plus de leur persistance dans le sol (HARA et KAYA,1983)

## CHAPITRE V - DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude de la sensibilité des vers blancs de *Phyllophaga pleei* aux différentes souches de nématodes entomoparasites a permis de mettre en évidence les potentialités de *Steinernema glaseri* dans la lutte contre ces phytophages. L'absence de développement observé pour les souches AG-Hb et P2M-Hh peut être due à une réaction de défense de l'hôte qui inhibe le développement du nématode infestant. La croissance trop lente de la bactérie peut entraîner le développement de germes secondaires incapables d'apporter les nutriments nécessaires au Nématode.

Plusieurs chercheurs rapportent que les insecticides et nématicides n'affectent pas les nématodes entomopathogènes (DESEO et SIMONS, cit. par PAYNE, 1989; DUTKY, 1974). Dans l'ensemble les nématodes du genre *Steinernema* sont moins sensibles que les *Heterorhabditis* au benomyl (carbamate), paraquat (ammonium quaternaire) et à la pendiméthaline+atrazine (toluidine+triazine). Néanmoins, les résultats montrent sans équivoque la toxicité de l'éthoprophos (organophosphoré) sur cinq genres intégrant les essais. Les récepteurs sensoriels des nématodes (amphides) sont riches en acétylcholinestérase. Celles-ci sont facilement accessibles et inhibées par l'éthoprophos. L'inhibition peut être, plus ou moins définitive, et se traduit par la paralysie des L3 (CUANY et al. 1987).

La toxicité de l'éthoprophos diminue proportionnellement aux dilutions. L'acquisition de la résistance aux pesticides est un aspect favorable pour l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les ravageurs souterrains. KÄMPFE et WISCHGOLL (1984), ont montré que *Rhabditis oxycerca*, soumis à des doses croissantes d'aldicarbe, peut accroître sa tolérance à ce nématicide par sélection de gènes de résistance.

Le développement des *Heterorhabditis* est inhibé dans la solution d'éthoprophos. Celui des souches All-Sf et K53-Sb y est significativement affecté, tandis que K72-Sg conserve un développement normal dans les chenilles de *Galleria*.

En présence de larves de *Phyllophaga* et de l'insecticide à 4500 ppm., K72-Sg pénètre l'insecte-hôte et se développe.

Le développement de K72-Sg est normal, après un séjour dans le sol, mais sa survie en est sévèrement diminuée. Les facteurs responsables de la faible survie dans le sol sont nombreux et complexes. Les interactions entre les nématodes entomopathogènes et les autres organismes du sol sont mal connues.

Des expérimentations avec des sols stérilisés et non stérilisés ont montré une meilleure survie des *Steinernema* dans les sols stérilisés, impliquant ainsi le rôle joué par les organismes du sol, dans leur mortalité. Les agents responsables de cette mortalité peuvent être: les champignons nématophages, les microsporidies, les nématodes prédateurs, les acariens, et tardigrades. L'étude du rôle de ces parasites et prédateurs sur les populations et la distribution des nématodes parasites d'insectes dans le sol, revêt une importance fondamentale (HOMINICK, 1990).

Les résultats des essais d'utilisation des nématodes dans une parcelle d'igname, sont

encourageant. Aucune synergie entre différentes doses d'éthoprophos et K72-Sg n'a pu être mise en évidence. D'une manière générale les *Steinernema* sont moins affectés que les Heterorhabdits par les pesticides utilisées dans les essais. Au terrain, les effets des pesticides chimiques risquent d'être minimisés, car, dans le sol la concentration diminue avec l'humidité, par adsorption à la surface des particules du sol, par photolyse, par hydrolyse, par dégradation biologique ou lessivage de la matière active.

Malgré leur faible survie dans le sol, les nématodes gardent une persistance et une efficacité sur la population des vers blancs. La connaissance de la DL50 et TL50 dans le sol sont des données qui pourraient améliorer l'efficacité des nématodes sur leurs hôtes. Les progrès réalisés en biotechnologie, font d'eux de bons candidats pour l'amélioration de la tolérance aux pesticides, de la maintenance de leur virulence et de la capacité de recherche de l'hôte, enfin de leur persistance dans le sol.

Dans la pratique, l'extension des surfaces plantées en igname feront de cette plante une cible inévitable pour ces ravageurs polyphages, dont le cycle s'imbrique parfaitement à la culture. L'utilisation des nématodes parasites d'insectes pourrait permettre de réduire le coût et les fréquences d'emploi des insecticides chimiques (aucune homologation n'existe pour les plantes à tubercule aux Antilles) ainsi que leurs répercussions écologiques à long terme.

## BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT, W.S., 1925 - A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ.Entomol.*, 18, 265-267.

AKHURST, R.J., 1980 - Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* spp., bacteria symbiotically associated with the insect pathogenic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis*. *J. Gen. Microbiol.*, 121 : 303-308.

AKHURST, R.J., 1982 - Antibiotic activity of *Xenorhabdus* spp., bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes of families Heterorhabditidae and Steinernematidae. *J. Gen. Microbiol.*, 128 : 3061-3065.

ALAM, M.M. & GIBBS, I.H., 1988 - Control of sugar roots-borer (*Diaprepes abbreviatus* (L)) and white grubs (*Phyllophaga smithi* (Arrove)) by an entomogenous nematode (*Neoaplectana glaseri*) in Barbados W.I.Congress

BANH, B., 1990 - Influence de deux sols tropicaux sur la survie et le potentiel infectueux des nématodes entomoparasites. Mémoire Ingénieur ENSFA, 34 pp. INRA-Guadeloupe

BEAVERS, J.B., Mc COY, C.W. & KAPLAN, D.T., 1983 - Natural enemies of subterranean *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera : Curculionidae) larvae in Florida U.S.A. *Environ. Entomol.* 12 (3) : 840-843.

BONFILS, J. & OLIVIER, P., 1964 - Productions Guadeloupéennes. *Sucre et Fruits*, 3 (18):7-16.

BOEMARE, N., 1983 - Recherches sur les complexes némato-bactériens entomopathogènes. Etude bactériologique, gnotobiologique et physiologique du mode d'action parasitaire de *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida : Steinernematidae) - Thèse de Doctorat

d'Etat, Académie de Montpellier, 300 pp.

BOVIEN, P., 1937 - A type of association between Nematodes and Insects. Vidensk Medd. Dansk Naturh Foren. Koben'havn. 94 : 13-32.

COMSTOCK, J.H., 1925 - An introduction to Entomology - 2nd Ed. New York , 1044 pp.

COURSEY, D.G., 1967 - Yams. Ed. Longmans , London 230 pp.

CUANY, A., BERGE, J-B, BRIDE, J-M & HAMADENE-SELLAMI S, 1984 - Inhibition et réactivation des acétylcholinestérases amphidiales de *Meloidogyne javanica* par l'éthoprophos et l'aldicarbe: tentative de corrélation avec une réaction comportementale. *Revue Nématol.* (2): 173-176.

DAS, J.N. & DIVAKAR, B.J., 1987 - Compatibility of certain pesticides with DD 136 nematode. *Plant Protection Bulletin I*, India ; 39 (1-2) : 20-22.

DEGRAS, L., 1986- L'igname, Plante à tubercule tropicale. Ed. G.P. MAISONNEUVE et LAROSE. 408 pp.

DEGRAS L. & MATHURIN, P., 1975. - New results in yam multiplication. 13th Annual meeting Carib. Food Crop Soc. Trinidad. Ed. Puerto-Rico University, 196-206.

DESEO, K.V. & COSTANZI, M., 1987 - Use of nematodes pathogenic to insects against the larva of weevils injurious to flowering and ornamental crops. *Difesa delle Piante.* 10 (1) 127-132

DUTKY, S.R., 1974 - Nematode parasites. In F.C. Maxwell and F.A.Harris (eds). Proc. summer institute on biological control of plant insects and diseases. Jackson: University Mississippi Press.

FENNAH, R. G., 1947 - The Insect. Pest of food-crops in the Lesser Antilles. Dept. Agric. B.W.I., 207 p.

FERRON, P., 1978 - Etiologie et épidémiologie des muscardines. Thèse Doct. d'Etat, Univ. ParisVI, 114 pp.

GAUGLER, R., 1981 - Biological control of potential of *Neoplectana* nematodes. *J. Nematol.* 13 (3): 241-249.

GAUGLER, R., 1987 - Entomogenous nematodes and their prospect for genetic improvement. *Biotechnology in invertebrates pathology and cell culture.* 457-484.

GIRAULT, A.A., 1914 - The white grubs of sugar cane in Queensland. Bull. Bur. Sug. Exp. Stns div. Ent. 1, 11pp.

GRIFFITH, J. P., 1923 - The Avocado in Porto-Rico. Dept. Agric. Labor. Ins. Exp. Sta., P. R. Circulaire n° 72, 41pp.

GRIVAULT, G., 1988 - Le plan de lutte contre le ver blanc *Hoplochelus marginalis* Faimaire

à la Reunion. 3ème.congrès A.R.T.A.S.: 402-421.

GRUNER, L., 1975 - Contribution à l'étude écologique des Scarabéides antillais. Thèse de Doct. d'Etat en Sciences Nat., Univ Paris VI. 32 pp.

HARA, A.H. & KAYA, H.K., 1983 - Developpement of the entomopathogenous nematodes *Neoaplectana carpocapsae* (Rhabditida, *Steinernematidae* ), in insecticide killed boat armyworm (Lepidoptera, Noctuidae ). *J. Econ. Entomol.* 76:423-426.

HOMINICK, W.H., 1990 -Entomopathogenic Rhabditid Nematodes and Pest Control. *Parasitology to day*. Vol. 6, n° 5: 148-152.

HURPIN, B. & ROBERT, P.H., 1975 - Remarques sur le parasitisme des vers blancs par un Mermis ( nematode; Mermithidae). *Ann. Soc. ent. Fr. (N.S.)* 11,(1): 63-72.

ISHIBASHI, N. & KONDO, E., 1986 - A possible quiescence of the applied entomogenous Nematode *Steinernema feltia*, in soil. *Japanese J. of Nematol.* Vol.16: 66-67.

ISHIBASHI, N.,& KONDO, E., 1987 - Dynamics of the entomogenous Nematode *Steinernema feltiae* applied to soil with and without Nematicide Treatment. *J. of Nematol.* Vol. 19: 404-412.

KAYA, H.K. & BURLANDO, M.T., 1989 - Infective of *Steinernema feltiae* in Fenamiphos treated sand. *J. of Nematol.* 21 (3): 434- 436.

KAMPFE, L. & WISHGOLL, S., 1984 -Reaction of *Rhabditis oxycera* after long-term exosure to aldicarb and oxamyl. Part: I Generals observations. *Nematologica* 30: 193-205.

KARD, B.M., HAIN, F.P. & BROOKS, W.M., 1988 - Field suppression of three white grub species ( coleoptera: Scarabaeidae )by the entomogenous nematodes *Steinernema feltia* and *Heterorhabditis heliothidis*□*Journal of Economic Entomology* 81 (4): 1033-1039.

KERMARREC, A. & MAULEON, H., 1989 - Synergy between chlordecone and *Neoaplectana carpocapsae* Weiser, ( Nematode:Steinernematidae ) in control of *Comopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae ). *Revue Nématol.* 12 (9):324-324.

KERMARREC, A., SCOTTO LA MASSES, C.,& ANAIS, A., 1977 - Les nématodes phytophages liés aux principales cultures vivrières des Antilles Françaises. *Nouv. Agron. Antilles-Guyane*,3, 3/4 : 455-472

KHAN, A., BROOKS, W.M. & HISCHMAN, H., 1976 - *Chromonema heliothidis* n. gen., n. sp. (*Steinernematidae*: Nematoda ), a parasite of *Heliothidis zea* (Noctuidae: Lepidoptera ) and other insects. *J. Nematol.* 8: 159-168

MARCANDIER, S., 1982 - Sensibilité de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hübner) aux Hyphomycètes entomopathogènes: analyse de phénomènes de mortalité et de morbidité. Thèse Doct. 3° cycle, Entomologie,Univ Paris VI, 921 pp

MARTORELL, L.F., 1945 - A survey of the forest insects of Puerto-Rico. *J.Agric.Univ.*

*Puerto-Rico*, Rio Piedras .Vol. 29 n° 3-4.

MESSIAEN, C. M., 1975 - Le Potager Tropical. Paris, PUF, Tome 3, Cultures spéciales: 429-454.

MIGNUCCI, J.C. & CORDERO, G.M., 1981 - La semilla de nemes: Plagas y enfermedades. Agric. expt. St. and Agric. Extension Service Bulletin, 13 pp.

NICKLE, W.R. & WELCH, H.E., 1984 - History, Development and Importance of Insect Nematology. Plant Insect Nematodes. Ed. DEKKER :925 pp.

PEREIRA, C., 1937 - *Rhabditis hambletoni* n. sp. nema aparentemente semparasito da "Broca do algodoeiro" ( *Gasterocercodes brasiliensis* ). *Arch. Inst. Biol.* (Sao Paulo) 8 : 215-230.

PIERRE-JEAN, L. & TREMBLAY, A., 1985 - Données de base pour une politique de développement des racines et tubercules en Haiti. Caribbean Workshop, 9-10 Juillet, Guadeloupe, 29 pp.

POINAR, G.O., 1967 - Description and taxonomic position of the DD 136 nematode (*Steinernematidae* : *Rhabditoidea* ) and its relations to *Neoaplectana carpocapsae* Weiser. *Proc. Helm. Soc. Wash.* 34 : 199-209.

POINAR, G.O., 1975 - Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid *Heterorhabditis bacteriophora* n.gen., n. sp. ( *Rhabditida* : *Heterorhabditidae* n. fam.). *Nematologica*. 21 :463-470.

POINAR, G.O., 1983 - Recent developments in the use of nematodes in the control of insect pests. 10th Intern. Congr. of Plant Protec. 2: 751-758.

POINAR, G.O. & LEUTENEGGER, 1968 - Anatomy of the infective and normal third stage juveniles of *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (*Steinernematidae* : *Nematoda* ). *J. Parasitol.* 54 : 340-350.

POINAR, G.O. & THOMAS, G.M., 1965 - A new bacterium, *Achromobacter nematophilus* sp.n. (*Achromobacteriaceae* : *Eubacteriales*) associated with a nematode. *Int. Bull. Bact. Nomencl. Taxon* .15 : 249-252.

RITCHER, P. O., 1966 - White grub and their allies. 219 pp.

ROBERT, P. & MARCHAL, M., 1979 - Clés simplifiées des principaux parasites et maladies des larves de *Melolontha melolontha* . Journées Hanneton INRA Colmar.

ROSVESTI, L. E., HEINZETER, W. TAGLIENTE, F. & DESEO, K. V. 1989 - Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (*Nematoda*: *Heterorhabditidae* ). *Nematologica*. 34(4): 462-476.

SCHIMDT, J. & ALL, J.N, 1978 - Chemical attraction of *Neoaplectana carpocapsae* (*Nematoda Steinernematidae* ) to insect larvae . *Env. Entomol.* 7: 605-607.

THOMAS, G.M., & POINAR, G.O., 1979 - *Xenorhabdus* a genus of entomopathogenic, nematophilic bacteria of the family Enterobacteriaceae. *Int.J.Syst.Bacteriol.* 29: 352-360

TORIBIO, J.A., EDWDIGE, S. & JAQUA, G., 1980 - Pathologie des ignames en Guadeloupe: maladies fongiques. Cf. colloque INRA Séminaire igname, 1981, 107-114.

WILSON, G., 1969 - White grubs as pest of sugar cane., In Pests of sugar cane. Ed. by Williams & al, Elsevier Pub. Company. 237-258.

WOLCOTT, G. N., 1933- An economic entomologie of the West Indies. *San Juan, Ent. Soc. Puerto Rico*, 688 pp.

WOUTS, W. M., 1979 - The biology and life cycle of a New Zeland population of *Heterorhabditis heliothidis* (Heterorhadtidae). *Nematologica* 25: 191-202.

WOUTS, W. M., MARCEK, Z. GERDI, S. & BEDDING, R. A., 1982 - *Neoplectana steiner*, 1929 a junior synonym of *Steinernema* Travassos, 1927 (Nematoda: Rhabditida). *Syst. Parasitol.* 4 : 147-154.

## ANNEXE I

### L'IGNAME

Une plante, au maximum de son développement, entre le cinquième et septième mois comporte:

a - Un système végétatif annuel avec:

- un appareil racinaire,
- un appareil caulinaire,
- un appareil foliaire

b - Un système de reproduction avec:

- des éléments végétatifs (somatiques) annuels à pluriannuels dont la région nodale basale, l'appareil tubérisifère souterrain, les bulbilles;
- des éléments sexués, les inflorescences mâles ou femelles.

L'igname appartient à la famille des Dioscoreacées et son tubercule est la raison d'être de sa culture. Le tubercule est composé de:

- une écorce liégeuse
- une assises parenchymateuses externes (cortex) à raphides,
- une assises internes celluloseuses,
- un parenchyme fondamental à amidon et éléments vasculaire.

### 1-ESPECES ET ORIGINES

Dans la collection de la station "Amélioration des plantes", on trouve les 8 espèces suivantes:

-*Dioscorea alata* (originaire d'Asie).

-*Dioscorea bulbifera* (originaire d'Asie et d'Afrique).

-*Dioscorea transversa* (originaire de la Nouvelle Calédonie).

- *Dioscorea esculenta* (originaire d'Asie).
- *Dioscorea cayenensis-rotunda* (originaire d'Afrique).
- *Dioscorea trifida* (originaire d'Amérique tropicale).
- *Dioscorea pentafila* (originaire d'Océanie)
- *Dioscorea dumetorum* (originaire d'Afrique-Cameroun).

## 2-PHYTOTECHE

### a- Exigences agroclimatiques.

Les ignames sont traditionnellement cultivées à des altitudes inférieures à 1000m dans des sols profonds bien drainés. Pendant les trois premiers mois de végétation, la culture doit recevoir au moins 100mm d'eau par mois.

### b- Techniques culturales

Le sol doit être meuble et profond pour faciliter la croissance du tubercule. Dans les zones mécanisables, la préparation du sol se fait par 1 à 2 labours suivis d'un billonnage. Dans les zones de fortes pentes ou pour les petites parcelles, le retournement du sol, le billonnage, le butage, se font manuellement à la fourche ou à la pioche.

### Plantation

La culture de l'igname repose sur la multiplication végétative. Les semences d'igname sont constituées de tubercules entiers (pour les espèces comme *D. trifida*, *D. esculenta*), ou plus couramment par des fragments de tubercules (*D. alata*, *D. cayenensis*). Selon DEGRAS et MATHURIN (1986), des fragments de 100g constituent des semences d'une bonne qualité (*D. alata*).

Les espèces à bulbilles se multiplient aussi par des tubercules aériens. La production de bulbilles se fait chez un grand nombre de cultivateurs de *D. alata* (fréquence et forme pouvant les caractériser). Il en est de même de d'autres espèces, telles *D. pentaphylla* et *D. dumetorum*. Par contre elles sont rares chez *D. cayenensis-rotunda* et sont inconnues chez *D. esculenta* et *D. trifida*. Quant à *D. bulbifera*, il se signale entre toutes les espèces par une spécialisation en ce domaine, au point que chez certains cultivateurs, la production de tubercules souterrains est nulle, la tubérisation étant uniquement aérienne. Le poids des bulbilles est parfois très important (300 à 1000g).

### Date de plantation

Elle est fonction de l'arrivée des pluies. En culture traditionnelle, elle dépend d'une part des aptitudes des cultivateurs, de la durée de dormance des tubercules combinée à la tolérance à l'ébourgeonnement et d'autre part, des références écologiques locales des cultivateurs (DEGRAS, 1986). D'une façon générale, l'époque de plantation s'étend de Janvier-Février à Août.

### Densité de plantation

La densité de plantation varie avec le type de production. En culture intensive elle va de 3000 à 4000 plants/ha. L'écart entre les billons est de 1 mètre; sur les billons, de 0,25 mètres.

Pour la culture sur butte, elle varie de 8000 à 20000 plants/ha avec 400 fosses à l'hectare.

### Tuteurage

L'igname se cultive sans ou avec tuteur. En Guadeloupe, le tuteurage est pratiqué principalement pour *D. cayenensis-rotunda*. La hauteur des tuteurs varie de 1,50 à 4m. Cette

pratique permet une augmentation du rendement, facilite la première récolte qui doit se faire sans détruire les systèmes racinaires basaux et systèmes foliaires de la plante.

#### Soins à la végétation

Au moins 2 à 3 désherbages sont nécessaires pour éviter des compétitions entre la culture et les adventices. Des apports d'engrais chimiques organiques permettent d'améliorer la production.

#### c-Maladies et Ravageurs

##### Mycoses:

TORIBIO et al.(1980), rapportent sur des plantes malades des champignons au niveau:

- des feuilles:

- *Colletotrichum gloeosporioides*
- *Curvularia* sp
- *Fusarium* sp
- *Rhizoctonia solani*
- *Sclerotium rolfsii*
- *Cercospora* sp.

- des tiges:

- *Glomerella cingulata* (forme parfaite du *Colletotrichum*)
- *Macrophomina* sp.

- du collet:

- *Macrophomina phaseolicola*
- *Fusarium solani*

Ces champignons, mis à part le couple *C. gloeosporioides* et *G. cingulata* sont tous telluriques.

L'anthracnose de l'igname causée par ce couple non tellurique peut causer des pertes de production de tubercules oscillant entre 50 et 100%

##### Nématodes:

Selon KERMARREC et al. (1977), les nématodes phytophages liés aux cultures d'ignames les plus importants sont:

- *Scutellonema bradys*
- *Pratylenchus coffeae*
- *Meloidogyne incognita*

Il est à signaler une concentration plus élevée de nématodes au niveau de la partie proximale d'un tubercule d'igname parasité par rapport aux parties médiane et distale.

##### Insectes:

Depuis une trentaine d'années, il a été observé une extension des fourmis de la tribu américaine des Attini, dont la fourmi-manioc (*Acromyrmex octospinosus*), peut en quelques jours détruire complètement des cultures en Guadeloupe.