

# Pasteuria penetrans : un nouvel «outil biologique» de lutte contre les nématodes phytoparasites

## Perspectives d'application en cultures maraîchères

*Pasteuria penetrans* est un micro-organisme procaryotique. Dans le sol, les spores ont la particularité d'adhérer à la cuticule des nématodes. Après que le nématode ait pénétré dans une racine de plante hôte, la spore émet un hyphes mycélien qui traverse la cuticule du nématode et se développe dans sa cavité générale. Selon le niveau d'infection, le parasitisme va d'un arrêt de la reproduction du nématode jusqu'à la mort de celui-ci. Malgré son élevé de spécificité vis-à-vis des nématodes et l'actuelle impossibilité de relever sans son hôte, son intérêt pour la lutte biologique contre les nématodes est important.

**Mots-clés :** nématodes phytoparasites, cultures maraîchères, lutte biologique, *Pasteuria penetrans*.

Par THIERRY MATEILLE  
Laboratoire de Nématologie  
ORSTOM-ISRA, Dakar

Tout le monde connaît le symptôme caractéristique des galles racinaires induit par les nématodes du genre *Meloidogyne* sur les racines des plantes maraîchères. Ces parasites de plantes sont les plus répandus à la surface de la terre et certainement les plus polyphages et les plus prolifiques (au minimum 500 œufs chaque mois). Ce sont aussi les principaux nématodes parasites des cultures maraîchères.

Depuis quelques années, prenant en compte les contraintes d'environnement, la recherche oriente ses travaux vers la mise au point de méthodes de protection des cultures plus spécifiques des agents à combattre, en faisant appel à bon nombre de leurs antagonistes naturels, ou bien à leurs mécanismes d'antibiose.

Contre les nématodes phytoparasites, on utilise pareillement des ennemis naturels classés dans les parasites procaryotiques, les champignons prédateurs, et les nématodes prédateurs.

### Biologie des *Pasteuria penetrans*

Dans le groupe des parasites procaryotiques, on trouve les rickettsies, les virus (mais dont l'effet pathogène reste à démontrer) et un actinomycète, ou organisme assimilé comme tel, qui appartient au genre *Pasteuria*. Bien que cet organisme présente des qualités indéniables comme agent de lutte contre les nématodes phytoparasites, il suscite encore de nombreuses interrogations quant à sa nature, à sa diversité et à sa biologie. La spore mûre constitue le stade de conservation et d'infestation. En fait, le stade infectieux est plus exactement dû au sporange contenant la spore unique qu'à la spore elle-même dont on parle communément. On trouve les spores

immobiles dans le sol. Le nématode doit venir à la rencontre des spores pour qu'il y ait adhésion. Les spores de *Pasteuria penetrans* n'adhèrent pas à n'importe quel nématode, et sont en plus spécifiques de certains stades de leur développement (stade juvénile de 2ème stade pour *Meloidogyne*). Ces modalités d'attachement des spores de *Pasteuria penetrans* sont liées à des modifications morphologiques de la cuticule des nématodes dues à des changements dans sa composition chimique pendant les mues successives.

Aux sites d'adhésion entre la spore et la surface de nématode, la cuticule est légèrement entaillée. La capsule s'insère dans la cuticule. La pénétration est accomplie au moyen d'un tube germinatif. Une fois le tube germinatif pénétré, la spore va pouvoir germer et se reproduire asexuellement.

La germination de la spore survient huit jours après que le nématode parasité soit entré dans une racine et ait commencé à se nourrir dans la plante hôte (phase de croissance active du nématode). *Pasteuria penetrans* semble parfaitement synchronisé avec le développement et la physiologie des *Meloidogyne*.

Le tube germinatif se ramifie en une structure filamenteuse, grossièrement sphérique au début avec des rameaux irréguliers, constituant ce qui est nommé colonie mère. Les hyphes vont se cloisonner petit à petit par la mise en place de septa, donnant naissance à des colonies filles, indépendantes de la colonie mère ; au fur et à mesure, les colonies filles, constituées de plusieurs sporanges en formation, sont elles-mêmes lysées. Finalement, on obtient des tétrades de sporanges, puis des doublets et enfin un sporange unique. Un tel sporange est à l'origine de la spore.

Pour terminer son développement, la spore s'entoure extérieurement d'un manteau. Le sporange a alors une forme en coupe. A ce stade, la spore est mûre.

Un nématode est en général parasité par de nombreuses spores. Chaque spore,

en germant, produit un thalle, et chaque thalle engendre de nombreuses spores. En conséquence, un nématode parasité se retrouve envahi par une masse parasitaire considérable dans laquelle aucune unité n'est discernable.

Tous les processus physiologiques du nématode sont utilisés pour la production des spores, mais il est à noter que, dans la limite de tolérance d'un niveau d'infection en juvéniles, la biologie de celles-ci n'est pas atteinte, et les femelles arrivent à maturité. A ce niveau, le nématode devient une sorte de «sac de spores» (jusqu'à deux millions), ses organes ayant été détruits. Ainsi, le parasite empêche toute reproduction du nématode : les femelles ne produisent plus d'œufs, leur appareil reproducteur étant détruit.

### Spécificité d'hôte

La répartition géographique montre que *Pasteuria penetrans* est ubiquiste, et concerne de nombreuses cultures, des nématodes très divers et des régions du monde dont les caractères agro-climatiques sont très variés. *Pasteuria penetrans* a été trouvé sur 50 espèces de nématodes appartenant à 30 genres de familles très différentes. Si n'importe quel isolat de *Pasteuria penetrans* semble être pathogène, il s'avère en fait que son parasitisme est relativement spécifique entre les nématodes. Par exemple, les spores collectées sur *Pratylenchus brachyurus* ne s'attachent et ne parasitent que cette espèce de nématode et aucune des dix autres espèces, dont *Pratylenchus penetrans*.

De même, des spores trouvés sur *Meloidogyne incognita* ne s'attachent qu'à deux espèces de *Meloidogyne*. Le cibler favorites de *Pasteuria penetrans* semblent être le genre *Meloidogyne*, mais, même au sein de ce genre, l'organisme montre une spécificité marquée.

### Ecologie de *Pasteuria penetrans*

L'existence de plusieurs souches au sein d'une population de *Pasteuria* a été avancée. Des variations des critères biométriques entraîneraient des différences de spécificité au sein d'une même espèce. Mais il existe certainement plusieurs espèces au sein de genre *Pasteuria*, en se basant sur la spécificité d'hôte. Le problème reste donc entier. De nombreux facteurs agissent sur la biologie de *Pasteuria penetrans*. Ils peuvent être :

(Suite en dernière page de couverture)



010022466

Fonds Documentaire IRD

Cote : BX 22466 Ex : 1

## L'action ONG sur de nouvelles allées

Vers un autre  
CONGAD

L'assemblée générale du CONGAD de février 1991 avait été vécue, par beaucoup d'ONG membres, comme celle de la rupture.

Rupture avec l'absence de services tangibles et substantiels rendus par l'organisation à ses membres, surtout les plus faibles.

Rupture avec l'absence de fluidité, de transparence et conséquemment de confiance dans la communication entre les dirigeants élus et la base de l'organisation.

Rupture avec les non-dits efficaces qui ont toujours déterminé, en fait, l'issue nébuleuse de toutes les assemblées-générales de

renouvellement du comité exécutif de l'organisation.

Cet espoir d'un changement véritable à partir de février 1991 a été conforté, chez beaucoup de responsables d'ONG, par les journées de réflexion organisées à Saly, en septembre de la même année. En effet, un énorme travail de critique et d'élaboration de propositions avait été produit lors de ces rencontres. Le réalisme et la qualité de ces propositions ne paraissent faire l'objet d'aucun doute, d'autant plus qu'ils portaient la marque de personnes-ressources extérieures aux ONG, mais appelées à la rescousse pour leur compétence et leur engagement pour un autre développement.

Pourtant, force est de constater aujourd'hui que l'essentiel de ce qui avait été retenu à Saly est demeuré lettre



Au premier plan, de gauche à droite : Mme Ndioro Ndiaye, ministre de la Femme, de l'Enfant et de la Famille, Mme Soukeyna Ndiaye Bâ, présidente de la FDEA, et Mme Fatoumata Sow, présidente du CONGAD. C'était lors du séminaire « Démocratie et développement en Afrique » (voir page 3).

morte. Pourquoi ? Difficile de le savoir ou plutôt de le dire peut-être ...

Dans le contexte actuel du pays, caractérisé par les cafouillages monstrueux et lourds de dangers de sa classe politique et du grippage des mécanismes socio-économiques qui en découle, il serait

impardonnable que la dynamique ONG, qui est censée incarner le CONGAD, puisse se complaire dans une sorte d'hibernation incompréhensible et injustifiée. C'est tout le sens de la restructuration institutionnelle en cours !

PAGES 3 A 7

Des ateliers de réflexion mis en place en 1991 à l'assemblée générale de juin, en passant par les rencontres de Saly et le colloque sur ONG, démocratie et développement, le CONGAD a vécu une période d'échanges intenses qui ont abouti aujourd'hui à une profonde restructuration.

Celle-ci touche à la fois les niveaux administratif et exécutif du consortium. Plus d'une décennie après sa création, le CONGAD était tenu de se recentrer pour mieux accueillir les mutations en cette fin de siècle et répondre de façon adéquate et cohérente aux nouvelles exigences et urgences.

Le renforcement des capacités institutionnelles des ONG suppose l'existence d'un cadre de concertation fort, dynamique et démocratique. L'enjeu est de créer un espace

d'éclosion des potentialités techniques et intellectuelles de chaque composante de la communauté des ONG pour leur permettre d'intervenir plus efficacement sur les processus de développement des populations.

C'est dans le but de renforcer

### EDITORIAL

## Les enjeux d'une restructuration

cette dynamique que s'inscrit le présent numéro de notre bulletin trimestriel, CONGAD-INFOS. Sont traités ici les principaux actes du colloque et de l'assemblée générale de juin, la crise plurielle de la coopération internationale et les alternatives populaires qui

démontrent quotidiennement la volonté des populations de tisser des stratégies adéquates de sortie de crise.

Par ailleurs, nous livrons aux lecteurs un ensemble de documents de référence qui aideront sans aucun doute les ONG à mieux identifier les facteurs de changement et les méthodes d'intervention dans le champ du développement. Il s'agit, notamment, de contributions sur les biotechnologies végétales et sur les méthodologies de l'auto-évaluation.

En somme, ce présent numéro prend les contours d'une nouvelle dynamique pour laquelle s'est battu avec passion et conviction notre regretté Abdou Aziz Sy, coordonnateur national du CONGAD, brutalement arraché à notre affection le vendredi 4 juin 1993. Puisse son vœu le plus cher se réaliser pour l'intérêt des populations. Bonne lecture.

FATOUMATA SOW

# Pasteuria penetrans

(Suite de la page 2 de couverture)

- **Edaphiques** : les sols contenant les spores de *Pasteuria penetrans* doivent être maintenus à l'humidité pendant 48 heures pour obtenir un maximum d'adhésion sur les nématodes. Mais l'adhésion n'est pas immédiate, indiquant une adaptation des spores à la dessiccation. Ceci pourrait expliquer les variations saisonnières d'adhésion des spores.

On a pu observer que toutes les étapes d'infection des *Meloidogyne* par *Pasteuria penetrans* sont optimisées à la température la plus favorable au développement du nématode. *Pasteuria penetrans* se développe plus rapidement dans l'hôte quand la température augmente. Ainsi, à 30°C *Pasteuria penetrans* prolifère dans les femelles avant qu'elles n'aient atteint leur maturité.

Par contre, à 20°C les femelles ont souvent développé des ovaires remplis d'œufs avant que l'infection par *Pasteuria penetrans* n'en ait empêché le développement. A des températures beaucoup plus élevées (60, 80, 100°C), les spores peuvent encore adhérer aux nématodes dans les proportions moindres, mais ne germent pas. *Pasteuria penetrans* a pu être observé fréquemment dans les contrées chaudes et arides. Sous les climats tempérés, les spores peuvent conserver toutes les facultés parasitaires pendant plus d'un an.

- **Chimiques** : l'application de nématicide et l'utilisation de *Pasteuria penetrans* sont compatibles. Les spores survivent sans perdre leur pouvoir d'adhésion et leur effet pathogène. De plus, l'effet combiné de *Pasteuria penetrans* et des nématicides donne des résultats supérieurs à l'effet de chacun d'eux.

- **Biotiques** : une compétition peut avoir lieu entre les divers organismes du sol. On a vu, par exemple, que certains champignons prédateurs secrétaient des substances empêchant la prolifération de parasites, dont *Pasteuria penetrans*, dans le nématode capturé. Mais la présence d'autres prédateurs peut aussi être favorable. Ainsi, une synergie entre *Paecyomyces lilacinus* (champignon nématophage) et *Pasteuria penetrans* a été révélée sur *Meloidogyne*. Les rendements des cultures étaient meilleurs quand les deux prédateurs étaient utilisés ensemble plutôt que séparément, les deux prédateurs agissant à des niveaux différents du cycle biologique du nématode (*Paecyomyces lilacinus* est parasite des œufs, alors que *Pasteuria penetrans* est parasite des juvéniles). Enfin, existe aussi une influence des plantes hôtes, cultures ou jachères, des nématodes sur le maintien *Pasteuria penetrans*.

## Efficacité de la lutte

Une des premières qualités qui permette d'espérer en l'efficacité de *Pasteuria*

*penetrans* comme agent de lutte est l'existence d'un stade de résistance. Durant la sporulation, un cortex se forme à l'intérieur du sporange et confère à la spore en développement une résistance à la dessiccation ainsi qu'à la chaleur. Les spores sont, de plus, de grande durée de vie, ce qui est une caractéristique intéressante pour le stockage. L'autre intérêt est la relative des spores aux produits de traitements fumigants du sol.

Si la survie des spores est importante dans le sol, encore faut-il que l'action de *Pasteuria penetrans* soit nette au niveau des cultures. Or, si l'effet de l'hyperparasitisme de *Pasteuria penetrans* a déjà été testé au laboratoire ou en microparcelles, son application agronomique pose encore des problèmes.

En effet, il faut pouvoir produire des spores en quantités suffisantes si l'on veut les utiliser sur de grandes surfaces cultivées. Les chercheurs ont espéré élever cet organisme sur milieu nutritif. Mais les travaux n'ont jamais abouti. Depuis quelques années, était utilisée la méthode de la poudre racinaire : des suspensions de spores de *Pasteuria penetrans* sont préparées en extrayant des femelles de *Meloidogyne* spp. contaminées et en les broyant dans l'eau. Des juvéniles de second stade de *Meloidogyne* spp. sont ajoutées dans ces suspensions de spores pendant 24 heures.

Des semis de tomates sont ensuite infestés par les juvéniles parasitées. Sept à huit semaines après (à 27°C), le système racinaire est récupéré, séché à l'air, et broyé en particules d'environ 700 µm. Ce matériel sert de source de *Pasteuria penetrans*. Aujourd'hui, l'utilisation des femelles de nématodes infestés représente la source de spores la plus adéquate.

Quelques essais en serre ou au champ ont donné des résultats encourageants :

- réduction des pertes de récolte dues à *Meloidogyne incognita* de 23-24% sur tabac, 38 à 55% sur vesce d'hiver, 35% sur soja ;
- augmentation des rendements en tomate ou en vigne par réduction des taux d'infestation.

## Les limites techniques et les perspectives d'application

Mais son efficacité dépend de nombreux facteurs tels que l'âge de la culture, ou la nature pédologique des sols. Par ailleurs, une défense des *Meloidogyne* spp. contre *Pasteuria penetrans* est tout à fait possible; elle peut dépendre du taux d'infection des juvéniles par les spores et aussi du caractère de résistance des plantes aux nématodes.

Bien que cet organisme soit ubiquiste et parasite toujours des nématodes, *Pasteuria penetrans* n'a pas forcément une action dépressive sur les populations (des analyses effectuées au Sénégal et en Nouvelle

Calédonie l'ont confirmé). Il semble qu'il puisse exister un équilibre parasite entre une population de *Pasteuria penetrans* et une population de nématodes, d'où la nécessité de pouvoir «gérer» le pouvoir pathogène des populations de *Pasteuria penetrans* dans un sol.

Les inventaires effectués à ce jour ne rapportent qu'une liste de nématodes hôtes et de localisations géographiques des *Pasteuria*. Or, rien n'indique que, parmi toutes ces souches, plusieurs ne soient pas identiques entre elles, ou qu'elles ne soient pas des mélanges de souches. Sur ce plan, la microscopie électronique a beaucoup apporté, mais pas suffisamment pour décider de manière péremptoire des différences taxonomiques entre les souches. Une étape intermédiaire, mais plus aléatoire, consiste à se servir de la spécificité *Pasteuria*-nématode en étudiant l'adhésion des souches sur une gamme de nématodes hôtes. Mais l'avenir est à l'identification génomique.

La culture axénique de *Pasteuria penetrans* n'a encore jamais été obtenue. L'obstacle à surmonter est le caractère strict de son parasitisme vis-à-vis des nématodes. Mais des essais d'élevage *in vitro* ont tout de même été tentés. Ainsi, *Pasteuria penetrans* a été inoculé en conditions dixéniques sur des juvéniles de *Meloidogyne javanica* parasitant des racines excisées de tomate ou de pomme de terre. Mais l'on imagine aisément que ce système ne peut prétendre constituer une solution simple et rentable de multiplication en masse de *Pasteuria*.

## Conclusion

Si l'importance de *Pasteuria penetrans* et son efficacité contre les nématodes sont reconnues depuis quelques années en laboratoire, l'élaboration d'une technique de lutte biologique à l'aide de cet organisme nécessite des études plus approfondies et plus prospectives, passant par un investissement intellectuel pluridisciplinaire structuré, faisant appel à la microbiologie, la bactériologie, la biochimie, la biologie moléculaire et les biotechnologies.

L'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM) a entrepris un programme de recherche dans ce sens. Son objectif est orienté, dans un premier temps, vers la lutte contre les nématodes du genre *Meloidogyne*, principaux parasites des cultures maraîchères.

Ce programme se compose de trois opérations pour étudier, d'une part, l'écologie et *Pasteuria* spp. (incidence des facteurs du milieu), d'autre part la biologie des relations entre *Pasteuria* spp. et *Meloidogyne* spp. (mécanismes biochimiques de la spécificité), et enfin la mise au point d'une technique de culture et de production de *Pasteuria* spp. Ce programme s'organise autour d'un réseau international, dont le pôle scientifique principal se trouve au Sénégal.

THIERRY MATEILLE

1

1

1

1