

Lutte contre les nématodes du bananier par submersion du sol⁽¹⁾

Thierry MATEILLE*, Bruno FONCELLE* et Henri FERRER**

* Laboratoire de Nématologie et ** Laboratoire Central d'Analyses, Centre ORSTOM, B.P. V 51, Abidjan, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ

Une bananeraie située sur un sol tourbeux riche en matière organique a été inondée artificiellement. La réduction des sulfates, due à des bactéries sulfato-réductrices et responsable de la baisse des populations de nématodes dans le sol, n'a pas eu lieu (stabilité du pH et de la teneur en sulfites, composés intermédiaires de la sulfato-réduction, valeurs élevées du potentiel d'oxydo-réduction Eh) malgré des conditions de milieu favorables. Les niveaux de population d'*Hoplolaimus pararobustus* et d'*Helicotylenchus multicinctus* ont baissé et *Radopholus similis* a disparu, très vraisemblablement par inanition. La présence des nématodes dans les rhizomes des bananiers laissés sur le sol avant la submersion et flottant à la surface de l'eau pendant l'inondation montre la nécessité absolue de retirer des plantations les bulbes de souches arrachées.

SUMMARY

Control of banana plant nematodes by soil flooding

Decline of nematode populations in a flooded peaty soil of a banana plantation was studied. Sulfate reduction caused by sulfate reducing bacteria did not occur: pH remained rather constant (5.5 to 5.8); sulfite concentration (SO_3^{2-}) did not increase; RedOx potentials (Eh) were very high. Though, *Hoplolaimus pararobustus* and *Helicotylenchus multicinctus* populations decreased in the soil and, during the same period, *Radopholus similis* populations disappeared. So, starvation seems to be responsible of this nematode kill. Floating banana rhizomes coming from the last culture remained infested by nematodes all over the flooding. Then, it appears necessary to destroy or to keep all of them out of the field before flooding.

L'inondation constitue l'une des méthodes d'éradication des nématodes phytoparasites dans les sols. Les effets de cette immersion sur les nématodes peuvent être divers; Loos (1961) émet l'hypothèse de l'inanition des nématodes; Van Gundy *et al.* (1962) émettent celle de l'asphyxie par manque total d'oxygène; par ailleurs, dans le cas des sols riches en matière organique, d'autres auteurs décrivent la toxicité, vis-à-vis des nématodes, de substances (acides, organiques, sulfures, etc.) libérées dans le sol quand les conditions physico-chimiques sont appropriées (Hollis & Rodriguez-Kabana, 1966; Jacq & Fortuner, 1978, 1979). En culture bananière, l'efficacité de cette technique dépend de la durée de l'immersion, variable selon les auteurs: cinq mois et plus d'après Loos (1961), trois mois pour Maas (1969) et Rajendra, Naganathan et Vadivelu (1979), cinq semaines selon Sarah, Lassoudière et Guérout (1983).

Un an après l'inondation accidentelle de la vallée bananière du Niékéy (Côte d'Ivoire) en 1976, Jacq et Fortuner (1978) avaient pensé que la réduction des populations de *Radopholus similis* dans les sols tourbeux inondés pouvait être due à une toxicité des sulfures provenant de la réduction des sulfates du sol par des bactéries sulfato-réductrices anaérobies. Plus tard, Sarah, Lassoudière et Guérout (1983) mesuraient une

augmentation des rendements des bananiers installés sur ces terres inondées.

Pour préciser ces résultats, un secteur de tourbes de quatre hectares planté de bananiers AAA cv. Poyo a été inondé artificiellement dans la même vallée sous 30 à 50 cm d'eau dans le but d'assainir le sol en nématodes.

Matériel et méthodes

L'immersion a duré dix semaines, de janvier à mars 1987, période la plus chaude en Côte d'Ivoire, les températures journalières moyennes variant de 24 à 32°. Avant la mise en eau (Temps T0), 30 prélèvements de sol ont été effectués au hasard sur un même transect entre 0 et 30 cm de profondeur.

Puis, des prélèvements hebdomadaires identiques ont été faits deux semaines après le début de l'inondation, jusqu'au jour du retrait des eaux (T2 à T10). En même temps, 30 échantillons de 250 ml d'eau ont été prélevés au niveau du sol; nous en avons mesuré le pH et le potentiel d'oxydo-réduction Eh (électrode de référence au platine), deux parmi les critères caractéristiques de la sulfato-réduction (Garcia *et al.*, 1974), et la concentration en sulfites (Rodier, 1960), composés intermédiaires de la réduction des sulfates en sulfures.

(1) Travail réalisé avec l'appui technique de l'Organisation Centrale Fruitière, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Par ailleurs, avant l'inondation, tout le matériel végétal arraché avait été laissé sur le sol; les souches de bananier ont donc flotté à la surface de l'eau pendant toute la durée de l'inondation et des rejets ont poussé sur ces souches. Nous avons effectué des prélèvements de racines et de cortex sur 30 souches et rejets attenants, à quatre dates distinctes correspondant à l'évolution suivante :

- 10 février (après trois semaines d'inondation) : présence de souches avec leurs racines.
- 24 février : des rejets avec des racines néoformées sont apparus sur les souches.
- 3 mars : les racines de souches sont décomposées et leurs cortex pourrissants. Les rejets sont en croissance.
- 31 mars : retrait des eaux.

Les nématodes ont été extraits du sol par élutriation (Seinhorst, 1962) et des tissus végétaux par aspersion (Seinhorst, 1950).

Résultats

Nous avons constaté (Fig. 1) que le pH est demeuré pratiquement constant (5,5 à 5,8) pendant la durée de l'inondation, et cela malgré les pluies survenues 3, 6, 7 et 9 semaines après la mise en eau et correspondant à des pluviosités respectives de 24, 20, 15 et 48 mm; l'eau était donc très tamponnée.

Le potentiel d'oxydo-réduction (Eh), déjà élevé, a évolué dans le sens d'une augmentation (+ 800 à + 1 100 mV).

Enfin, les concentrations en sulfites (SO_3^{2-}) sont restées très faibles (1,5 à 3,5 mg.l^{-1}).

Ces résultats indiquent qu'il est peu probable que les phénomènes de réduction des sulfates aient eu lieu; les valeurs élevées du Eh montrent que le milieu était très oxygéné, que les métabolismes microbiens étaient donc aérobies et que la matière organique n'a pas été dégradée, la sulfato-réduction ne pouvant intervenir que pour des Eh de l'ordre de 0 à - 150 mV (Duchaufour, 1970). Les taches huileuses (taches bleues supposées caractéristiques des sulfures), observées à la surface de l'eau, au début de l'inondation seulement, n'étaient probablement pas dues à une sulfato-réduction mais plutôt à la dissolution des substances phénoliques exsudées des troncs et feuilles des bananiers qui avaient été arrachés et tronçonnés.

L'interprétation de l'évolution des populations de nématodes, tant dans le sol que dans les racines et cortex, a été faite à partir des données de fréquences et d'abondances définies par Fortuner et Merny (1973).

Parmi les nématodes parasites du bananier inventoriés dans le sol, les populations de trois endoparasites, *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* et *Hoplolaimus pararobustus*, ont été suivies. Entre le temps T0 (avant la mise en eau) et le temps T10 (retrait des eaux), nous constatons (Fig. 2) que globalement les popula-

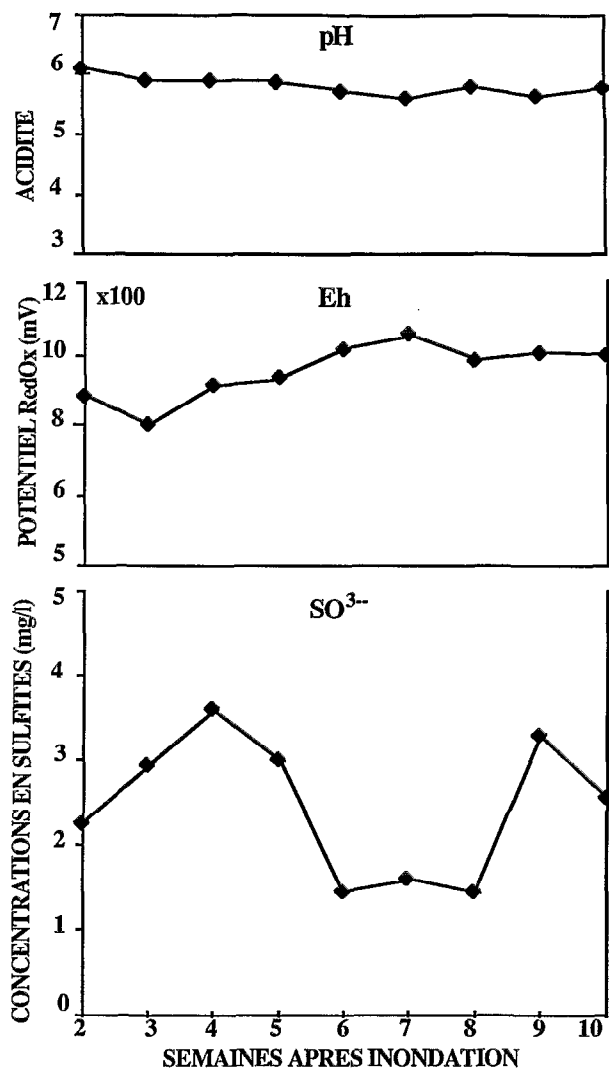


Fig. 1. Évolution, dans l'eau, de l'acidité (pH), du potentiel RedOx (Eh) et de la concentration en sulfites (SO_3^{2-}) pendant l'inondation d'un sol tourbeux de bananeraie.

Acidity (pH), RedOx potential (Eh) and sulfite concentrations (SO_3^{2-}) evolution in water during flooding of a peat soil in a banana plantation.

tions des trois nématodes se raréfient (diminution de la fréquence) et que leurs niveaux chutent (diminution de l'abondance); mais la lecture plus précise des diagrammes indique que :

— *R. similis* était absent après cinq semaines d'immersion. Auparavant, la fréquence baissait sans variation de l'abondance, ce qui s'expliquerait par des disparitions successives de foyers d'infestation plutôt que par leur extinction progressive.

— *H. multicinctus* et *H. pararobustus* n'ont pas

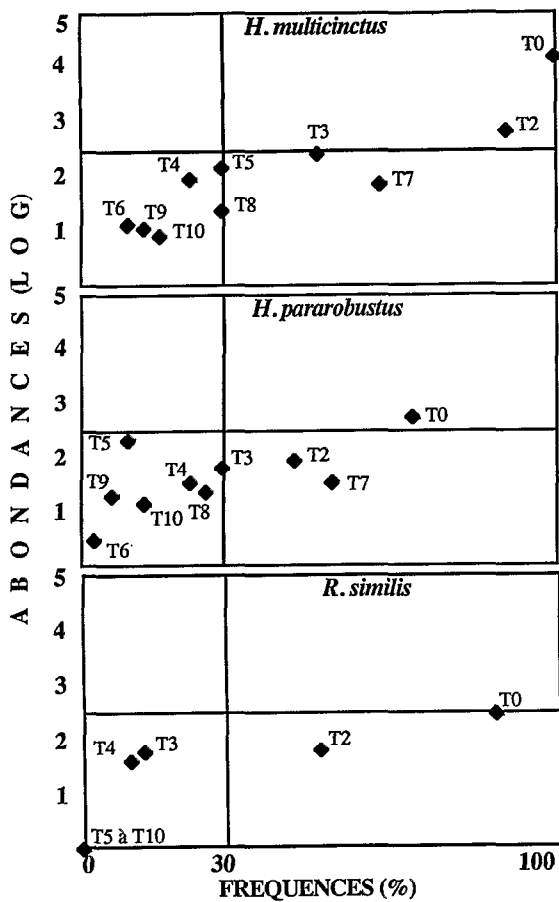


Fig. 2. Évolution des fréquences et abondances des populations de *R. similis*, *H. multincinctus* et *H. pararobustus* dans le sol pendant l'inondation.

Frequency and abundance evolution of *R. similis*, *H. multincinctus* and *H. pararobustus* populations in soil during flooding.

disparu totalement lors de cette inondation. Nous observons que la diminution des populations n'est pas régulière (augmentation des fréquences et abondances entre T4 et T5 ou T6 et T7 par exemple); nous attribuons ces variations au hasard de l'échantillonnage et au fait que les nématodes sont vraisemblablement répartis de manière agrégative dans le sol; mais *H. multincinctus* et *H. pararobustus* pourraient être moins sensibles à l'immersion que *R. similis*.

Dans le cas des souches et rejets, nous voyons que (Tab. 1) :

— Toutes les populations chutent dans les cortex de souches à cause de la décomposition de ces tissus.

— Dans les rejets, qui sont apparus sur les souches flottantes pendant l'immersion, les cortex sont infestés, de même que les racines, mais à des taux plus faibles;

ceci ne s'explique que par un passage direct des nématodes *i)* du cortex de la souche vers celui des rejets attenants du fait de la continuité de ces tissus, *ii)* des cortex de rejets vers leurs racines nouvellement formées. Ces phénomènes ont déjà été décrits pour des souches en culture hydroponique (Quénéhervé & Cadet, 1985).

— Avant le retrait des eaux, les rejets sont encore infestés; même si le taux de parasitisme est faible, le nombre de rejets infestés est assez élevé (jusqu'à 24 %). Nous avons estimé qu'un rejet de 8 à 10 cm de diamètre pouvait héberger 25 ± 7 *H. multincinctus*, 7 ± 1 *H. pararobustus* et 117 ± 22 *R. similis*.

Discussion et conclusion

Cette expérience montre que malgré les conditions favorables de température, les propriétés physico-chimiques des sols tourbeux de la vallée du Niécky, l'abondance de matière organique, tant dans le sol que dans l'eau (matériel végétal arraché), et la présence de bactéries sulfato-réductrices dans les canaux de drainage de ces bananeraies, la sulfato-réduction n'est pas automatique; nous ne pouvons donc pas répondre à la question posée par Jacq et Fortuner (1978) quant à la réduction des populations de nématodes d'un sol de bananeraie inondé, conséquence d'une sulfato-réduction bactérienne; et donc, les augmentations de rendements des bananiers replantés sur ces zones assainies (Sarah, Lassoudière & Guérout, 1983) ne seraient pas obligatoirement dues à ce phénomène.

Il n'en est pas moins vrai que l'immersion prolongée des sols réduit considérablement les populations de nématodes; dans notre expérience, le milieu étant resté très oxygéné ($E_h > + 300$ mV), l'hypothèse de l'inanition paraît la plus vraisemblable; mais selon le genre considéré, les nématodes semblent y être plus ou moins sensibles : *R. similis* y résisterait moins que *H. multincinctus* et *H. pararobustus*, sans doute parce que c'est un endoparasite strict, inféodé au bananier et que son développement est très lié voire même soumis à l'état physiologique des tissus végétaux qu'il parasite (Matteille, Cadet & Quénéhervé, 1984).

Néanmoins, *H. multincinctus* et *H. pararobustus* représentent un danger potentiel pour une culture suivante de bananiers, en particulier *H. multincinctus* qui est très adapté aux sols tourbeux (Quénéhervé, 1988).

La présence de nématodes, et plus particulièrement de *R. similis*, dans les rejets flottants montre qu'un simple arrachage des bananiers n'est pas recommandé. La croissance des rejets sur les souches flottantes prouve la vitalité extrême de ce matériel végétal : les bourgeons axillaires de feuilles ont la possibilité de se développer en rejets grâce aux réserves naturelles que constitue le parenchyme de la moelle interne des bulbes de souches, et leur croissance est favorisée par le milieu aquatique sur lequel flottent ces souches et qui n'est autre qu'un milieu de culture hydroponique. Dans ces conditions, *R.*

Tableau 1

Niveaux moyens des populations de *R. similis*, *H. multicinctus* et *H. pararobustus* dans les racines et écorces de souches et rejets; fréquence des échantillons infestés.

Average populations of R. similis, H. multicinctus and H. pararobustus in roots and cortex of corms and suckers; frequency of infested samples.

NEMATODES	TISSUS	NIVEAUX MOYENS D'INFESTATION (N/100g)				FREQUENCES (%)
		10-02	24-02	03-03	31-03	31-03
<i>H. multicinctus</i>	Racines de souches	15 ± 4			49 ± 4	
	Cortex de souches	69 ± 10		9 ± 3	34 ± 7	
	Racines de rejets		9 ± 2			10
	Cortex de rejets		48 ± 8			15
<i>H. pararobustus</i>	Racines de souches	44 ± 8				
	Cortex de souches	15 ± 3		2 ± 1		
	Racines de rejets		6 ± 1		8 ± 1	3,3
	Cortex de rejets		14 ± 3		12	1,7
<i>R. similis</i>	Racines de souches	176 ± 17				
	Cortex de souches	209 ± 19		7 ± 2		
	Racines de rejets		10 ± 3		134 ± 6	16,7
	Cortex de rejets		680 ± 31		188 ± 19	23,3

similis, endoparasite strict, se maintient dans ces tissus tant qu'ils sont vivants; ces rejets constituent alors des foyers potentiels de réinfestation du sol; il est donc obligatoire de débarrasser les plantations des bulbes de souches avant submersion afin de pouvoir effectivement tirer bénéfice de cette technique de lutte qu'est l'inondation.

RÉFÉRENCES

- DUCHAUFOR, P. (1970). *Précis de pédologie*. Paris, Masson & Cie, 481 p.
- FORTUNER, R. & MERNY, G. (1973). Les nématodes parasites des racines associés au riz en Basse-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 21 : 3-20.
- GARCIA, J.-L., RAIMBAULT, M., JACQ, V., RINAUDO, G. & ROGER, P. (1974). Activités microbiennes dans les sols de rizières du Sénégal : relations avec les caractéristiques physico-chimiques et influence de la rhizosphère. *Revue Écol. Biol. Sol*, 11 : 169-185.
- HOLLIS, J.-P. & RODRIGUEZ-KABANA, R. (1966). Rapid kill of nematodes in flooded soil. *Phytopathology*, 56 : 1 015-1 019.
- JACQ, V. A. & FORTUNER, R. (1978). La diminution du nombre de nématodes parasites du bananier lors d'une submersion accidentelle : une conséquence d'une sulfato-réduction bactérienne? *C. r. Acad. Agric. France*, 64 : 1 248-1 252.
- JACQ, V. A. & FORTUNER, R. (1979). Biological control of rice nematodes using sulfate reducing bacteria. *Revue Nématol.*, 2 : 41-50.
- LOOS, C. A. (1961). Eradication of the burrowing nematode, *Radopholus similis*, from bananas. *Pl. Dis. Rept.*, 45 : 457-461.
- MAAS, P. W. T. (1969). Two important cases of nematode infestation in Surinam. In : Peachey, J. E. (Ed.). *Nematodes of tropical crops*, Commonw. Bur. Helminth. Tech. Commun., n° 40 : 149-154.
- MATEILLE, T., CADET, P. & QUÉNÉHERVÉ, P. (1984). Influence du recépage du bananier Poyo sur le développement des populations de *Radopholus similis* et d'*Helicotylenchus multicinctus*. *Revue Nématol.*, 7 : 355-361.
- QUÉNÉHERVÉ, P. (1988). Populations of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast. 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. *Revue Nématol.*, 11 : 245-251.
- QUÉNÉHERVÉ, P. & CADET, P. (1985). Étude de la dynamique de l'infestation en nématodes transmis par les rhizomes du bananier cv. Poyo en Côte d'Ivoire. *Revue Nématol.*, 8 : 257-263.
- RAJENDRAN, G., NAGANATHAN, T. G. & VADIVELU, S. (1979). Studies on banana nematodes. *Indian J. Nematol.*, 9 : 54.
- RODIER, J. (1960). *L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau*. Paris, Dunot, 357 p.
- SARAH, J.-L., LASSOUDIÈRE, A. & GUÉROUT, R. (1963). La jachère nue et l'immersion du sol : deux méthodes intéressantes de lutte intégrée contre *Radopholus similis* (Cobb.) dans les bananeraies de sols tourbeux de Côte d'Ivoire. *Fruits*, 38 : 35-42.
- SEINHORST, J. W. (1950). De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aanstasting door het stenge-laaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, 56 : 292-349.
- SEINHORST, J. W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.
- VAN GUNDY, S. D., STOLZY, L. H., SZUSZKIEWICZ, T. E. & RACKHAM, R. L. (1962). Influence of oxygen supply on survival of plant parasitic nematodes in soil. *Phytopathology*, 52 : 628-632.

Accepté pour publication le 15 juillet 1987.