

# *Heterodera carotae* Jones, 1950. 2. Dynamique des populations dans l'ouest de la France

Michel BOSSIS et Didier MUGNIÉRY

INRA, Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie, B.P. 29, 35650, Le Rheu, France.

## RÉSUMÉ

A partir d'expérimentations menées en conditions naturelles, la dynamique des populations d'*Heterodera carotae* est étudiée en l'absence et en présence de carottes. Sans plante hôte, les populations déclinent d'autant plus fortement qu'elles étaient plus élevées. Dans la gamme de populations étudiées, le déclin annuel le plus important est de l'ordre de 50 %. Vers 1 J2/g, s'il y a diminution, celle-ci n'est pas mesurable. En présence de carottes, le modèle Log (taux de multiplication/population initiale) s'adapte bien. Les régressions obtenues sont négatives. Le niveau d'équilibre se situe vers 60 J2/g. En culture irriguée, les taux de multiplication observés sont toujours supérieurs à ceux du témoin non irrigué. Les difficultés de la lutte par la seule rotation sont soulignées.

## SUMMARY

*Heterodera carotae* Jones, 1950. 2. Population dynamics in the West of France

The population dynamics of *Heterodera carotae* were studied on naturally infested fields in the western part of France. Survival rate of the nematodes on non-host plants was inversely related to the size of the initial population. Maximum rate of decline was about 50 %. With low populations (1 J2/g), it was not possible to observe any decrease. With host plants, linear regression of the Log of the multiplication rate on the initial population was significant. Equilibrium density was about 60 J2 × g, however the multiplication rate was never very high. The observed multiplication rate was always higher on irrigated crops than on non-irrigated ones. The efficiency and limits of using crop rotation as the only control measure were underlined.

Par suite des rotations très courtes pratiquées en culture légumière de plein champ dans l'ouest de la France, *Heterodera carotae* Jones est devenu un des facteurs limitant la culture de la carotte.

A l'image de ce qui est pratiqué dans certaines zones infestées où ce nématode crée problème, comme en Italie (Ambrogioni & Marinari Palmisano, 1976), les méthodes de lutte couramment utilisées reposent essentiellement sur la désinfection chimique des sols (Greco, Lamberti & Inserra, 1974), presque exclusivement avec des fumigants (Greco, Lamberti & Brandonisio, 1976; Greco & Lamberti, 1976; Oudinet *et al.*, 1962).

Une alternative consisterait à mettre au point une lutte intégrée visant un assainissement plus ou moins progressif des sols, limitant à terme les dommages économiques. Le préalable indispensable est la connaissance des facteurs de nuisibilité d'*H. carotae* et sa dynamique de populations, en présence de plantes hôtes et non-hôtes.

Les observations préliminaires réalisées sur ce dernier aspect (Bossis, 1987) seront complétées ici. Sera également abordée l'influence de l'irrigation, pratique courante pendant l'été en sols sableux, sur les populations

d'*H. carotae*. L'incidence du nématode sur les rendements sera envisagée ultérieurement.

## Effets des plantes non-hôtes

La spécificité d'*H. carotae* est très grande. Parmi les plantes cultivées, seule la carotte, *Daucus carota* L. permet sa multiplication (Jones, 1950). Chez les adventices, on ne connaît comme plante multiplicatrice que *D. pulcherrimus* Koch *ex* DC (Jones, 1950; Winslow, 1954), *Torilis arvensis* Huds. Link (Valloiton, 1980) et *Torilis (Caucalis) leptophylla* L. (Mugniéry & Bossis, 1988).

Les facteurs d'éclosion des juvéniles sont mal connus (Greco, 1981). Cependant, les exsudats des racines de *D. carota* sont indispensables pour induire une forte éclosion des larves (Winslow, 1955). En l'absence de carotte, l'éclosion spontanée est très faible et peut parfois être réduite par les exsudats de racines de certaines adventices (Aubert, 1987). Une culture de plante non-hôte doit donc conduire à une certaine réduction des populations naturelles, réduction due à l'éclosion spontanée d'*H. carotae* et à la mortalité induite

par certains facteurs abiotiques tels que la température et la sécheresse, particulièrement pendant l'été.

Les essais mis en place visent à déterminer l'importance de cette réduction naturelle.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux essais sont réalisés. Pour chacun, les échantillonnages de populations sont effectués par 40 prises de sol par parcelle élémentaire, réalisées à l'aide de gouges de 1,5 cm de diamètre et de 20 cm de long. L'analyse porte sur un sous-échantillon de 300 g de terre sèche. Les kystes sont extraits à l'éluutriateur de Kort. Après dénombrement, ils sont triés et écrasés pour en apprécier le contenu. Certaines masses d'œufs détachées des kystes sont récupérées, mais les pertes à ce niveau sont sûrement importantes et conduisent à sous-estimer les populations. Les résultats sont présentés selon les deux critères suivants : kystes pour 100 g de sol sec (K/100 g) et juvéniles viables par gramme de sol sec (J2/g).

*Essai a* : réalisé à Les Pieux (Manche). Dans un protocole d'expérimentation complexe, neuf parcelles de 9 m<sup>2</sup>, infestées par *H. carotae* sont cultivées en poireau. Les échantillons de sol sont prélevés, après labour, sur la hauteur de la terre arable, avant repiquage et après récolte.

*Essai b* : réalisé à Le Rozel (Manche). La moitié d'une

parcelle de terre ayant eu un précédent carotte est traitée au DD à 400 l/ha. Vingt microparcelles de 1 m<sup>2</sup> alignées selon deux transects traversent les parties traitée et non traitée sont repérées avant le traitement. Les cultures successives suivantes sont réalisées en 4 ans : scarole, maïs et ray-grass.

Avant traitement et chaque année en avril, un échantillon de sol est prélevé par microparcelle élémentaire selon les modalités décrites précédemment.

Pour ces deux essais, le sol est sablo-limoneux.

RÉSULTATS

Les données en K/100 g et en J2/g sont traitées par analyse de régression entre les populations initiales et les taux d'évolution observés chaque année.

*Essai a* : Pour les deux critères K/100 g et J2/g, il y a dépendance entre eux et leur taux d'évolution (Tabl. 1). Les diminutions de populations sont d'autant plus importantes que la population initiale est élevée.

*Essai b* : Les données issues des zones traitées et non traitées sont analysées séparément.

Dans le cas de la désinfection de sol effectuée avant la première culture de plante non-hôte, il y a toujours indépendance entre le critère J2/g et son taux d'évolution. Pour le critère K/100 g, il n'y a dépendance que l'année qui suit le traitement (Tabl. 1).

Tableau 1

Relations entre populations initiales et taux d'évolution en présence de plantes non-hôtes  
*Relations between initial populations and rate of evolution when non-host plants are grown*

Culture	K/100 g				J2/g				
	n	Coefficient de corrélation	Pente	Ordonnée à l'origine	n	Coefficient de corrélation	Pente	Ordonnée à l'origine	
Essai a Poireau	9	- 0,767 *	- 0,0035	1,75	9	- 0,824 *	- 0,0079	1,90	
Essai b	<i>Zone traitée</i>								
	Scarole	10	- 0,718 *	- 0,0022	0,11	10	- 0,501		
	Maïs	10	- 0,107			10	- 0,627		
	Ray-grass	10	- 0,262				- 0,409		
	<i>Zone non traitée</i>								
	Scarole	10	- 0,730 *	- 0,0039	1,92	10	- 0,752 *	- 0,0114	1,76
	Scarole	10	- 0,771 **	- 0,0070	2,83	10	- 0,814 **	- 0,0250	2,78
	Maïs	10	- 0,085			10	- 0,357		
Ray-grass	10	- 0,634*	- 0,0044	1,17	10	- 0,658 *	- 0,0186	1,50	

N.B. : \* et \*\* : signification à 5 % et 1 %.

En l'absence de désinfection préalable, il y a trois fois sur quatre dépendance entre les populations estimées en K/100 g et en J2/g et les taux d'évolution correspondants.

DISCUSSION

Avec les nématodes à kyste classiquement étudiés, que leur éclosion soit sous la dépendance des exsudats

des racines (*Globodera pallida*) ou non (*H. avenae*), on admet en général que les réductions de population consécutives à la culture d'une plante non-hôte sont indépendantes du niveau de population initiale (Stone *et al.*, 1973; Rivoal *et al.*, 1986). Avec *H. carotae*, nous observons quatre fois sur cinq une liaison significative ou hautement significative. Ceci ne peut pas s'expliquer par des artéfacts dus à l'échantillonnage dans la mesure où celui-ci a toujours été effectué dans des conditions semblables : même procédure, même époque, après labour.

Cette liaison a pu être obtenue parce que le dispositif expérimental réalisé présentait une gamme d'infestation initiale large et comprise dans un intervalle tel qu'on peut estimer faibles les risques de sous-estimation et de surestimation des populations là où l'infestation est respectivement faible et forte (Mugniéry & Zaouchi, 1976). Par contre, dans la zone traitée, cette gamme a été réduite, ce qui explique qu'il n'ait pas été possible de mettre en évidence cette liaison de dépendance, les erreurs d'échantillonnage sur des populations très faibles aidant.

L'ensemble de données en K/100 g et en J 2/g issues de la zone non traitée est représenté sur les figures 1 et 2. En l'absence de plante hôte, la valeur des critères K/100 g et J 2/g diminue d'autant plus que ces critères étaient plus élevés. Peut-être cela est-il valable pour les populations initiales faibles, mais les méthodes d'échantillonnage utilisées ne permettent pas de le mettre en évidence.

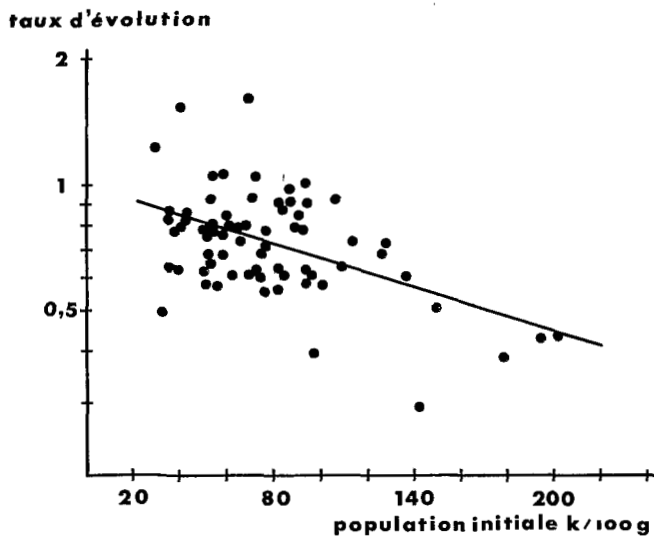


Fig. 1. Effet des plantes non-hôtes sur le nombre de kystes d'*H. carotae*.

*Effect of non-host plants on the density of cysts of H. carotae.*

Il s'ensuit qu'une culture de plante non-hôte réduira fortement le potentiel infectieux si celui-ci est fort, faiblement si l'infestation initiale est faible.

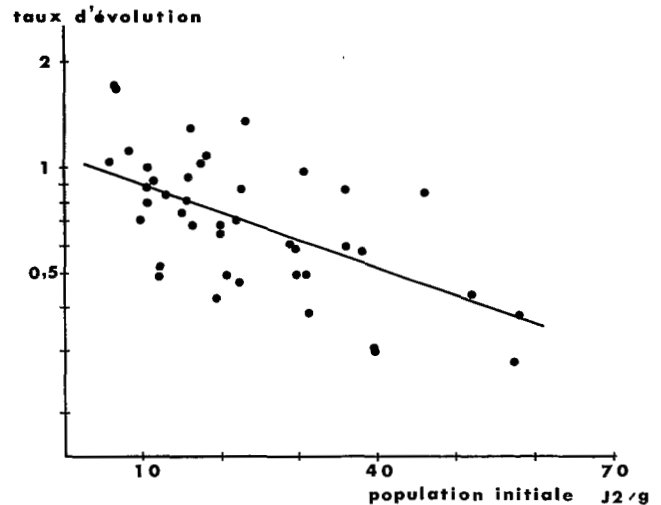


Fig. 2. Effet des plantes non-hôtes sur le nombre de juvéniles d'*H. carotae*.

*Effect of non-host plants on the density of juveniles of H. carotae.*

### Effets des plantes hôtes

En présence de plante hôte, *H. carotae* éclôt et se multiplie. Le nombre de générations est fonction de la durée de végétation de la carotte et dans l'ouest de la France, on peut estimer qu'une culture traditionnelle de carotte de plein champ permet le développement de deux générations successives (Mugniéry & Bossis, 1988).

Les essais réalisés visent à quantifier les augmentations de populations consécutives à une culture de carotte dans les conditions du département de la Manche, c'est-à-dire semis en mai, récolte en décembre, avec irrigation ou non pendant les mois d'été.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour les deux essais réalisés, les méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont les mêmes que précédemment.

*Essai a* : réalisé à Les Pieux (Manche). Dix parcelles de 9 m<sup>2</sup>, situées dans un dispositif complexe sont cultivées en carotte, cv. Nandor. La culture est réalisée en ligne. Le sol est sablo-limoneux.

*Essai b* : réalisé à Courtils (Manche). Trente-deux parcelles situées dans un dispositif complexe sont

cultivées en carotte, cv. Nanco. Seize parcelles sont irriguées par aspersion pendant l'été, les seize autres adjacentes ne le sont pas. La culture est réalisée en planches de 1,5 m de large. Le sol est sableux.

Les échantillons de sol sont prélevés avant semis et après récolte.

RÉSULTATS

Les données recueillies en K/100 g et en J 2/g sont analysées par l'étude de la liaison existant entre les populations initiales et les taux de multiplication (Mugniéry, 1976).

*Essai a* : Les régressions étudiées sont significatives et hautement significatives :  $r = -0,740$  et  $-0,827$  pour 8 ddl respectivement pour les critères K/100 g et J 2/g. Compte tenu du fort niveau d'infestation initiale

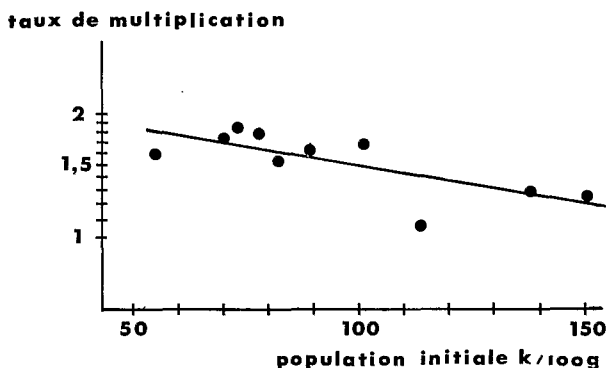


Fig. 3. Effet d'une culture de carotte sur l'évolution du nombre de kystes d'*H. carotae*. Essai a.

*The evolution of the density of cysts of H. carotae when carrots are grown. Experiment a.*

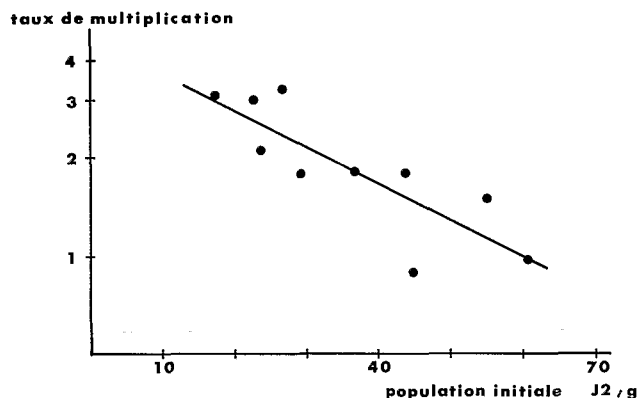


Fig. 4. Effet d'une culture de carotte sur l'évolution du nombre de juvéniles d'*H. carotae*. Essai a.

*The evolution of the density of juveniles of H. carotae when carrots are grown. Experiment a.*

en K/100 g, les taux de multiplication de ce critère sont peu importants (Fig. 3). Pour les larves, le niveau de maintien des populations se situe vers 60 J 2/g. En dessous de ce niveau, les populations se multiplient d'autant plus fortement qu'elles étaient moins bien représentées (Fig. 4).

*Essai b* : Les régressions sont hautement significatives que ce soit pour le critère K/100 g avec ou sans irrigation ( $r = -0,650$  et  $-0,731$  respectivement) ou pour le critère J2/g avec ou sans irrigation ( $r = -0,774$  et  $-0,788$  respectivement), pour 14 ddl. L'influence de l'irrigation est estimée par analyse de covariance pour les deux critères K/100 g et J2/g (Figs 5 et 6). Il n'y a de différence significative ni entre les variances ( $F = 2,43$  et  $2,22$  pour 14/14 ddl), ni entre les pentes ( $F = 0,15$  et  $1,14$  pour 1/28 ddl). Par contre, les ordonnées à l'origine sont différentes, significativement pour le critère K/100 g ( $F = 5,71$  pour 1/29 ddl) et hautement significativement pour le critère J2/g ( $F = 10,59$  pour 1/29 ddl).

DISCUSSION

Le modèle mis au point sur un nématode univoltin (Mugniéry, 1976) s'avère suffisamment robuste pour s'adapter à une espèce polyvoltine. Les résultats observés montrent que les taux de multiplication sont d'autant plus élevés que les populations initiales sont faibles. Il en est ainsi généralement avec des nématodes sédentaires ou migrants, univoltins ou polyvoltins (Seinhorst, 1967).

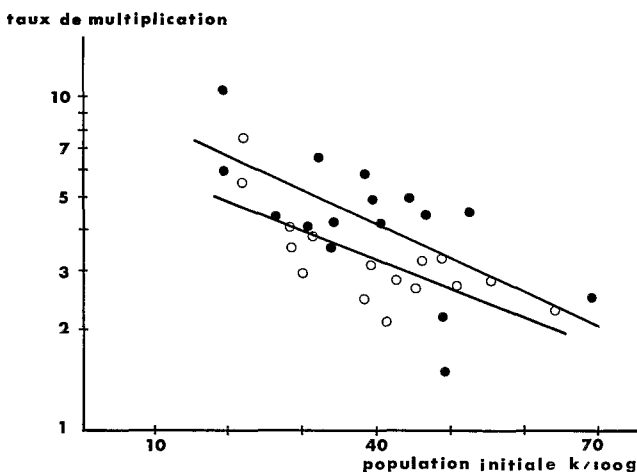


Fig. 5. Effets comparés d'une culture de carotte irriguée ou non sur l'évolution d'un nombre de kystes d'*H. carotae*. Essai b.

*The evolution of the density of cysts of H. carotae when carrots are grown with or without irrigation. Experiment b.*

● : avec irrigation; with irrigation.  
○ : sans irrigation; without irrigation.

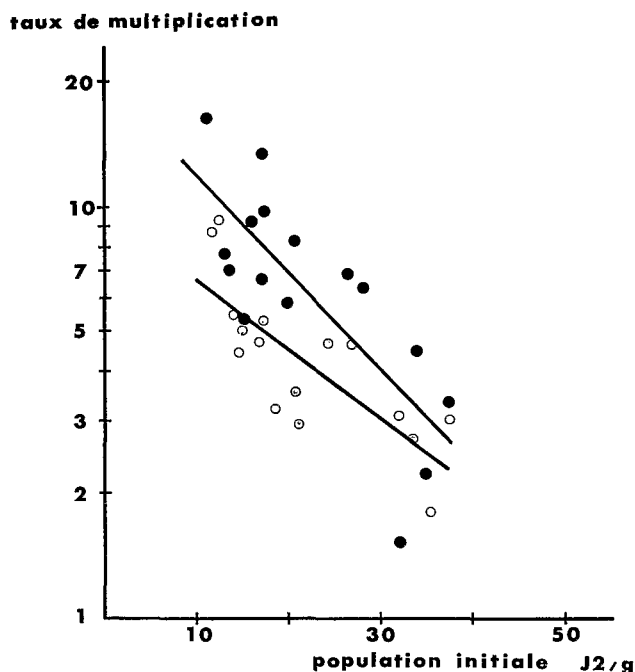


Fig. 6. Effets comparés d'une culture de carotte irriguée ou non sur l'évolution du nombre de juvéniles d'*H. carotae*. Essai b.

The evolution of the density of juveniles of *H. carotae* when carrots are grown with or without irrigation.

- : avec irrigation; with irrigation.
- : sans irrigation; without irrigation.

La densité de population à l'équilibre peut être située vers 60 J 2/g dans les deux essais. Ce chiffre paraît très faible, eu égard au caractère polyvoltin d'*H. carotae* quand on le compare à celui observé avec des espèces univoltines comme *G. rostochiensis* et *G. pallida* (Mugnéri, 1978). La même constatation peut être faite pour les taux de multiplication qui sont relativement faibles, tout au moins pour la gamme de populations expérimentée.

La pratique de l'irrigation, si lucrative soit-elle pour pallier le manque d'eau en période estivale et permettre une croissance régulière de la racine, a comme conséquence évidente de laisser après récolte un sol plus infesté que sans irrigation. La multiplication plus importante observée est certainement liée au meilleur état végétatif de la carotte, lequel favorise d'autant les populations présentes dans les racines en limitant le niveau de compétition alimentaire. Ceci confirme le fait que le seuil de nuisibilité d'*H. carotae* est certainement très bas (Ambrogioni & Marinari Palmisano, 1976; Greco & Brandonisio, 1980).

### Conclusion

Les résultats obtenus en conditions naturelles mon-

trent les difficultés d'intervention par la seule rotation des cultures en présence d'*H. carotae*.

Toute culture de carotte entraînera une multiplication d'*H. carotae* relativement importante en cas d'infestation initiale légère. Cette multiplication sera d'autant plus forte que les conditions culturales seront plus favorables. Cependant, les populations parviennent très vite à leur niveau d'équilibre car celui-ci est bas.

Les cultures de plantes non-hôtes réduisent les populations, assez fortement quand celles-ci sont élevées, très peu et d'une façon très difficile à mettre en évidence quand elles sont très faibles.

Si l'on admet avec Ambrogioni et Marinari Palmisano (1976) et Greco et Brandonisio (1980) que le seuil de nuisibilité est très faible, respectivement de 0,19 J2/g et 0,8 J2/ml, on constatera que les rotations sont pratiquement inefficaces, sauf si elles sont vraiment très longues, de l'ordre de sept à dix ans et ceci dans l'hypothèse où aucun facteur biotique (prédation ou parasitisme) n'interviendrait. Mais dans la pratique, elles sont difficiles à préconiser. Dès lors, on comprend pourquoi l'utilisation des fumigants s'est tellement développée dans l'ouest de la France, faute de moyens culturaux d'intervention efficaces et économiques.

### RÉFÉRENCES

- AMBROGIONI, L. & MARINARI PALMISANO, A. (1976). Effetto di avvicendamenti culturali su *Heterodera carotae* (Nematoda: Heteroderidae) e sulla produzione in terreno infestato. *Redia*, 109 : 355-367.
- AUBERT, V. (1987). Hatching of the carrot cyst nematode. In Lamberti, F. & Taylor, C.E. (Eds). *Cyst Nematodes*, New York, Plenum Press : 347-348.
- BOSSIS, M. (1987). Observations on the population dynamics and control of *Heterodera carotae* in western France. In Lamberti, F. & Taylor, C.E. (Eds), *Cyst nematodes*, New York, Plenum Press : 349-353.
- GRECO, N., LAMBERTI, F. & INSERRA, R. (1974). Prova di lotta chimica contro *Heterodera carotae* Jones in Puglia. *Nematol. medit.*, 2 : 13-20.
- GRECO, N., LAMBERTI, F. & BRANDONISIO, A. (1976). Il dicloropropene-dicloropropano nella lotta contro *Heterodera carotae*. *Nematol. medit.*, 4 : 103-105.
- GRECO, N. & LAMBERTI, F. (1976). La lotta chimica contro *Heterodera carotae* in Puglia. *Nematol. medit.*, 4 : 133-137.
- GRECO, N. & BRANDONISIO, A. (1980). Relationship between *Heterodera carotae* and carrot yield. *Nematologica*, 26 : 497-500.
- GRECO, N. (1981). Hatching of *Heterodera carotae* and *H. avenae*. *Nematologica*, 27 : 366-371.
- JONES, F. G. W. (1950). Observations on the beet eelworm and other cyst-forming species of *Heterodera*. *Ann. appl. Biol.*, 37 : 407-440.

- MUGNIÉRY, D. (1976). Établissement d'un modèle de dynamique de populations d'*Heterodera pallida* Stone. Applications à un cas pratique de lutte intégrée. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 8 : 315-329.
- MUGNIÉRY, D. (1978). Lutte culturale contre les nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* (Wol-lenweber) et *G. pallida* (Stone) et perspectives de lutte intégrée. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 10 : 187-203.
- MUGNIÉRY, D. & ZAOUCHI, H. (1976). Étude critique de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 8 : 177-195.
- MUGNIÉRY, D. & BOSSIS, M. (1988). *Heterodera carotae* Jones 1950. 1. Gamme d'hôtes, vitesse de développement, cycle. *Revue Nématol.*, 11 : 307-313.
- ODINET, R., CHERBLANC, G., SCHNEIDER, J. & DELOUSIM, J. (1962). Quatre années d'essais de traitements contre le nématode de la carotte. *Phytoma*, 135 : 11-15.
- RIVOAL, R., BESSE, T., MORLET, G. & PENARD, P. (1986). Nuisibilité du nématode à kyste *Heterodera avenae* et perspectives de lutte. In : *Les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concertées INRA-ONIC-ITCF, 1973-1983*. Paris, INRA : 153-173.
- SEINHORST, J. W. (1967). The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. II. Sedentary nematodes. *Nematologica*, 13 : 157-171.
- STONE, A. R., WEBLEY, D. P., LEWIS, S. & EVANS, E. G. (1973). The persistence of potato cyst eelworm (*Heterodera pallida* Stone) under different non-host regimes. *Plant Pathol.*, 22 : 181-183.
- VALLOTTON, R. (1980). Le nématode à kyste *Heterodera carotae*, un nouveau ravageur de la carotte en Suisse romande. *Le Maraîcher*, 11/12 : 259-260.
- WINSLOW, R. D. (1954). Provisional lists of host plants of some root eelworms (*Heterodera* spp.). *Ann. appl. Biol.*, 41 : 591-605.
- WINSLOW, R. D. (1955). The hatching responses of some root eelworms of the genus *Heterodera*. *Ann. appl. Biol.*, 43 : 19-36.

Accepté pour publication le 29 juillet 1987.