

Comportement du porte-greffe Cadaman (*Prunus persica* L. Batsch. x *Prunus davidiana* Carr. Franch.) vis-à-vis d'un isolat à virulence partielle de *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitwood

Najet Horrigue-Raouani¹,
Amina Ghariani-Abdelwahed²
Abdessatar Jaziri²
Sadreddine Kallel²
Mohamed Mouldi B'Chir²

¹ École supérieure d'horticulture de Chott Meriam,
Tunisie
<raouani@Lycos.fr>

² Laboratoire de nématologie,
Institut national agronomique de Tunisie,
143, avenue Charles Nicolle,
1082 Tunis-Mahrajène,
Tunisie.

Résumé

Dans la région de Tebourba en Tunisie, une mortalité de plus de 20 % des plants a été observée dans une parcelle de pêchers, âgés d'une année, greffés sur Cadaman, un porte-greffe résistant aux nématodes. Cette mortalité est liée à l'infestation des racines par une population du nématode *Meloidogyne javanica*. L'étude macroscopique et histopathologique des racines infestées laisse supposer qu'il s'agirait d'une population partiellement virulente. Les larves infestantes arrivent en effet à induire une hyperplasie cellulaire et la formation de nombreuses galles, dépassant 10 mm de diamètre, provoquant la mortalité de l'hôte. La plupart des sites trophiques se dégradent par la suite, en montrant des plages nécrotiques où le nématode se trouve enfermé. L'application d'un traitement biologique à base de Novibiotec 7996 à la dose de 10 mL par arbre, suivie d'un traitement larvicide au Cadusafos liquide 10 EW, à la dose de 3 mL/arbre, permet d'assainir le verger et d'arrêter la mortalité des jeunes plants de pêchers greffés sur Cadaman.

Mots clés : Pathologie ; Physiologie végétale.

Summary

Cadaman (*Prunus persica* L. Batsch. x *Prunus davidiana* Carr. Franch.) behaviour towards a partially virulent isolate of *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitwood

An unexpected mortality of over 20% has been observed in Tunisia (Tebourba region), in a one-year-old peach plantation, grafted on Cadaman as a resistant standard rootstock. This mortality is due to the infestation of the rootstock by the root-knot nematode (RKN), *Meloidogyne javanica*. Macroscopic and histopathological investigations of the Cadaman infestation lead to the conclusion that it would be a partially virulent isolate of the RKN. An important cellular hyperplastic reaction and numerous galls were observed on infested roots (some galls were larger than 10 mm). Later, most of the feeding sites induced by nematodes showed a hypersensitive reaction, leading to the nematode death. Novibiotec 7996, applied at 10 mL/tree as a biological control treatment, followed by only one nematicide Cadusafos liquid application at 3 mL/tree, were sufficient to remove the orchard infestation and to stop plantlet mortality.

Key words: Pathology; Vegetal physiology.

Dans la région méditerranéenne, la plantation de GF 677 (*Prunus persica* L. Batsch. x *Prunus dulcis* Mill. Webb.), porte-greffe du pêcher, a été limitée par les infestations de nématodes du genre *Meloidogyne* [1]. Selon Scotto La Massèse *et al.* [2], les espèces les plus fréquentes dans cette région sont

essentiellement *M. incognita* (Mi), *M. javanica* (Mj) et *M. arenaria* (Ma), dont les populations et les pathotypes ont été décrits par plusieurs auteurs [3, 4].

Le sous-genre *Amygdalus* (genre *Prunus*) comporte de nombreuses ressources génétiques [5], classées en trois systèmes en fonction de leur spectre de résistance.

Selon Esmenjaud *et al.* [6], les systèmes S1, S2 et S3 confèrent respectivement une résistance à Ma + Mi, Ma + Mi + Mj et Ma + Mj. La résistance des *Prunus* peut être cependant influencée par l'âge des plants, la température et la pression de sélection ainsi que par la durée d'infestation et l'importance de l'inoculum [7]. Le porte-greffe GF 557 (*P. persica* x *P. dulcis*) présentant le système S1 n'a pas de résistance à l'égard de *M. javanica*, l'espèce dominante dans les pays du sud de la Méditerranée [6, 7].

Le porte-greffe Cadaman, issu d'un croisement entre *P. persica* et *P. davidiana* Carr. Franch., semble être résistant à *M. javanica* et donc particulièrement intéressant pour remplacer GF 677 [1, 8]. Le parent sauvage *P. davidiana* possède en effet plusieurs caractéristiques agronomiques intéressantes et une résistance aux principales espèces de *Meloidogyne*, notamment à *M. javanica* [9]. La résistance de Cadaman a été confirmée par Pinochet *et al.* [1] qui signalent cependant la présence de quelques larves de *Meloidogyne* sur ce porte-greffe mais sans induction de la formation de galles. Lecouls [10] a par ailleurs signalé la sensibilité de ce porte-greffe à une population virulente de *Meloidogyne* sp., originaire de Floride.

Pour certains auteurs, seul le pouvoir de multiplication des *Meloidogyne* sur l'hôte est considéré, et l'appréciation du degré de résistance d'un porte-greffe est liée à l'évaluation des effectifs de nématodes au niveau de son système racinaire en fin d'expérimentation [11]. Lu *et al.* [12] ont utilisé comme critères pour leur étude génétique le nombre de galles et de masses d'œufs formées sur le système racinaire. Au niveau histologique, le phénomène de résistance se traduit en général par une réaction d'hypersensibilité. Cette réaction, caractérisée par l'apparition plus ou moins rapide au niveau des racines infestées d'une plage cellulaire nécrotique, autour de la larve infestante, varie selon l'hôte [13].

La virulence est l'aptitude de certaines populations de nématodes à surmonter ou à contourner les gènes de résistance [14]. La notion de virulence partielle a été introduite par Tzortzakakis *et al.* [15]. Les risques de sélection de populations virulentes sont beaucoup plus élevés en présence d'une résistance mono- ou oligogénique que d'une résistance polygénique. L'apparition des populations virulentes est cependant un phénomène imprévisible.

En Espagne, le porte-greffe Cadaman est considéré hautement résistant à *M. javanica* [1, 8]. En Tunisie, cependant, ce porte-greffe s'est montré particulièrement touché par l'attaque d'une population naturelle de *M. javanica*.

L'étude du comportement (symptômes, réactions histologiques) du porte-greffe Cadaman en verger infesté par cette population particulière de *M. javanica* et quelques résultats sur la lutte mise en place contre ce nématode font l'objet de ce travail.

Matériel et méthode

L'étude du comportement du porte-greffe Cadaman a été réalisée dans une parcelle de pêchers, située dans la région de Tébourba (nord de la Tunisie). Une mortalité importante, supérieure à 20 % des plants greffés sur ce porte-greffe, a été observée une année après la plantation. L'indice de galles (IG), a été évalué selon une échelle variant de 1 à 5 [16] sur les arbres en cours de dépérissement. Les mêmes échantillons de racines sont utilisés pour évaluer la population des *Meloidogyne*.

L'identification des espèces de *Meloidogyne* repose sur les caractéristiques de la région périmérale des femelles [17]. Étant donné que le nombre de femelles isolées à partir des racines est faible, la population de *M. javanica* associée au Cadaman a été multipliée sur un cultivar de tomate sensible (var. H 63-5) en pots de 3 litres de capacité, placés à la température de 25 °C au laboratoire. Deux mois après la plantation, 20 jeunes femelles sont traitées selon la technique décrite par Esbenshade et Triantaphyllou [18], pour examiner leurs profils estérasiens. La réaction histopathologique du Cadaman infesté par cette population de *M. javanica* a été étudiée selon la technique utilisée par B'Chir et Horrigue-Raouani [4].

La parcelle expérimentale s'étend sur 5 000 m² comportant 42 plants par rangée de pêchers de la variété « Flordastar » greffés sur Cadaman. Le sol est argilo-limoneux, infesté naturellement par les nématodes à la suite du débordement de l'Oued Medjerda, limitrophe de la parcelle expérimentale. L'irrigation des plants est localisée (goutte à goutte). La parcelle a été divisée en trois blocs comportant une cinquantaine de rangs chacun. Un premier bloc non traité est

maintenu comme témoin ; le deuxième bloc a été traité au phenamiphos (Nemacur 10G, 10 % m.a.) à la dose de 5 g par arbre (effectué le 22 avril 2000), suivi d'un second traitement, réalisé 3 mois plus tard, à l'aldicarbe (Témik 10G, 10 % m.a.) à la dose de 5 g par arbre par une société de service (Victoire, TN) engagée par le propriétaire du verger.

L'inoculum du sol est constitué essentiellement d'œufs ; or il n'existe pas de nématicides à action ovicide à part les fumigants ou les précurseurs des fumigants qui sont phytotoxiques.

Le troisième bloc a été traité le 22 avril 2000 avec un produit biologique ovicide, le Novibiotec 7996 [19], à la dose de 10 mL par arbre, pour réduire l'inoculum du sol, suivi d'un traitement larvicide au Cadusafos 100g/L (Rugby 10 EW) à la dose de 3 mL/arbre effectué par le laboratoire de nématologie de l'Inat. Chaque traitement est répété cinq fois et comporte 42 plants. L'échantillonnage de la parcelle expérimentale a été réalisé avant le traitement par prélèvement de 10 échantillons constitués de 5 sous-échantillons chacun. Six mois plus tard, soit le 20 octobre 2000, un deuxième échantillonnage des racines de Cadaman a été effectué en fonction des traitements. Chaque échantillon est constitué de cinq sous-échantillons prélevés au niveau des racines nouvellement émises, soit à une profondeur de 40 à 50 cm, sur une dizaine d'arbres pour avoir au moins 20 g de racines. L'extraction des nématodes est effectuée par un broyage de racines suivi d'une double centrifugation selon la technique décrite par B'Chir [16]. Le comptage des nématodes est effectué dans une coupelle quadrillée sous loupe binoculaire en diascopie.

Les données non transformées sont analysées par les tests non paramétriques de Friedman et par le test de comparaison des moyennes [20].

Résultats

Particularités de l'infestation du porte-greffe Cadaman

L'évaluation effectuée dans la parcelle expérimentale a montré une mortalité des arbres de plus de 20 % (figures 1a et 1b). Les racines des arbres, infestées par les *Meloidogyne*, montrent des galles de différentes tailles atteignant parfois plus d'un

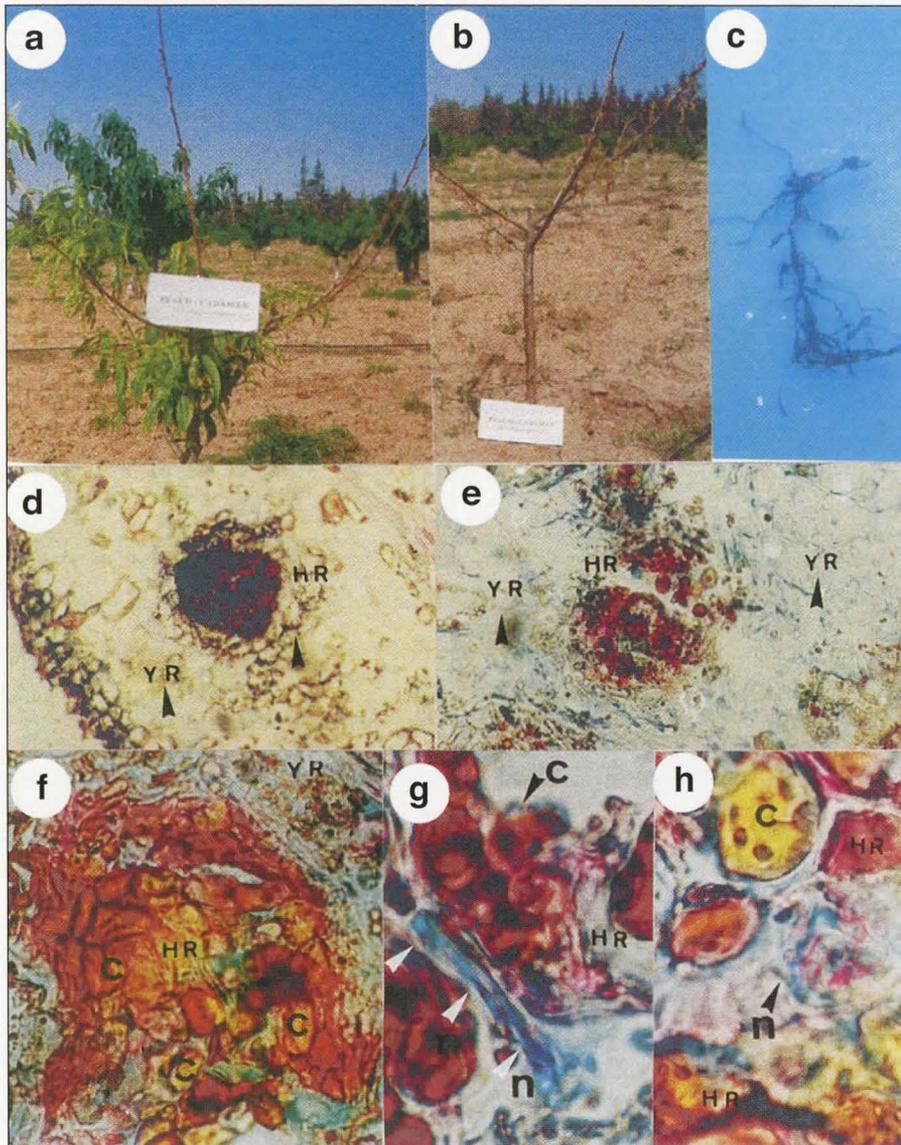


Figure 1. Observations macroscopiques et microscopiques de l'incidence de l'infestation de *M. javanica* sur le pêcher greffé sur Cadaman (P/C)

a. Plant de P/C dépérissant infesté par *M. javanica*.
 b. Plant P/C mort à la suite de l'infestation par *M. javanica*.
 c. Galles sur racines d'un plant P/C dues à *M. javanica*.
 d. Coupe transversale d'une racine infestée, présentant une plage nécrotique (HR). Noter l'importance de l'hyperplasie cellulaire (YR) autour de la nécrose.
 e. Coupe longitudinale montrant l'étendue de la réaction nécrotique d'hypersensibilité (HR) et l'importance de la réaction d'hyperplasie (YR) de part et d'autre du site trophique nécrosé.
 f. Détail montrant la généralisation de la réaction d'incompatibilité (HR) après l'hypertrophie des cellules trophiques (C).
 g. et h. Détails d'une larve de *M. javanica* (n) enfermée entre les cellules trophiques nécrosées. Noter la présence de cellules polynucléaires dégradées (C).

Figure 1. Microscopic and macroscopic observations of the infestation of *M. javanica* on peach grafted on Cadaman.

centimètre de diamètre, réparties sur tout le système racinaire (figure 1c). L'observation de la région périnéale des femelles a montré une correspondance avec l'espèce *M. javanica*. L'examen des profils estérasiques des jeunes femelles multipliées en pots sur tomate sensible, confirme qu'il s'agit bien de cette espèce.

Bien que le nombre de galles formées sur les racines soit très important, quelques larves de *Meloidogyne* seulement ont pu terminer leur développement. La fécondité des femelles arrivées à maturité est faible (tableau 1). Toutefois, le développement de quelques larves jusqu'au stade femelle adulte dans cette parcelle est ob-

servé et pourrait indiquer la présence d'une virulence partielle de *M. javanica* vis-à-vis du porte-greffe.

Étude histopathologique des racines de Cadaman

L'étude histopathologique des racines de Cadaman a montré la présence de la réaction d'hypersensibilité (HR) accompagnée d'une hyperplasie (YR) très importante au niveau des cellules adjacentes aux sites trophiques nécrosés (figures 1d et 1e). Les larves se trouvent ainsi emprisonnées entre des cellules nécrosées bloquant leur développement (figures 1f, 1g et 1h). Les cellules trophiques hypertrophiées et polynucléaires se dégradent plus ou moins rapidement et meurent (figures 1f et 1h).

L'observation de ce phénomène d'hypersensibilité confirme la résistance de Cadaman. Cependant, la multitude des sites trophiques nécrosés et l'importance des réactions d'hyperplasie cellulaire au niveau du système racinaire sont en mesure d'expliquer en grande partie la mortalité des plants de Cadaman infestés.

Effet des différents traitements sur l'évolution de l'infestation

L'analyse de l'infestation de Cadaman avant le traitement montre qu'elle est assez homogène dans le verger expérimental (tableau 1). Une variabilité de la proportion des différents stades de nématodes peut cependant être observée entre les échantillons prélevés, probablement à cause d'une différence chronologique dans l'infestation des plants.

Six mois après l'application des nématicides, le traitement combiné à base d'une alternance de phénamiphos et d'aldicarbe n'a pas eu d'effet significatif sur le nombre de galles au niveau des racines par rapport au témoin non traité (tableau 2). Mais, comparé à l'infestation initiale, le nombre de galles par gramme de racines a fortement diminué dans ces blocs témoin et traité (tableaux 1 et 2). Cette diminution s'expliquerait par un épuisement de l'*inoculum* au cours du temps, lié à la réaction nécrotique d'hypersensibilité observée au niveau des racines (effet assainissant) tuant les larves de *Meloidogyne* sur ce porte-greffe.

Dans le troisième bloc, où le traitement biologique ovicide au Novibiotec 7996 a été associé à un traitement nématicide larvicide au Cadusaphos liquide, aucun

Tableau 1. État d'infestation des plants de Cadaman par la population partiellement virulente de *M. javanica* avant le traitement (moyenne de 10 échantillons).

Table 1. State of infestation of the Cadaman plants by partially virulent population of *M. javanica* before treatment.

Critères étudiés (abréviations)	Moyennes	Coefficients de variation
Indice de galles (IG)	2,8	0,2
Nombre de galles/g de racines(NGg)	63,5	196,3
Œufs/g de racines (Wg)	6,0	89,8
Larves L2/g de racines (L2g)	2,1	1,2
Stades gonflés/g de racines (SGg)	0,6	0,5
Femelles/g de racines (Fg)	0,9	0,8
Effectif total de nématodes/g de racines	9,6	134,9

Tableau 2. Effet de différents traitements sur l'évolution de l'infestation du Cadaman dans la parcelle expérimentale.

Table 2. Effects of different treatments on the evolution of the infestation.

Critères étudiés	Tm	Ch N/A	Bio/ Ch C
% Ri*	20,0 a**	37,0a	0,0b
NG g	8,0a	13,6a	0,0b
Wg	0,0a	0,3a	0,0b
L2g	1,4a	0,6a	0,0b
Fg	4,0a	4,6a	0,0b
Ng	5,4a	5,5a	0,0b

Tm : témoin non traité ; Ch N/A : traitement chimique alterné au Phenamiphos et à l'Aldicarbe sous formes granulés ; Bio/Ch C : traitement combiné biologique au Novibiotec 7996 et chimique au Cadusaphos (100g/l) ; * %Ri : pourcentage des racines infestées ; ** les données suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.

nouveau symptôme d'attaque (trace de l'infestation antérieure) n'a pu être décelé. Les jeunes racines des plants de Cadaman ainsi traités ne présentent ni galles ni nématodes (tableau 2). Le Cadusaphos liquide et la réaction d'hypersensibilité du Cadaman ont eu un effet complémentaire sur la mortalité des larves infestantes, alors que le Novibiotec 7996 a agi efficacement sur l'*inoculum* dans le sol, grâce à son action ovicide.

Discussion

L'induction de l'hypersensibilité correspond souvent à une interaction de type gène pour gène et se traduit par la production de divers composés cellulaires et par l'activation du système de défense dans les minutes qui suivent l'infestation [21]. Comme cela a été décrit par plusieurs auteurs, les populations virulentes

de *Meloidogyne* sont capables de se reproduire significativement sur des variétés résistantes au détriment des populations avirulentes [22]. On peut affirmer que la population de *M. javanica* isolée en Tunisie sur Cadaman n'a pas été soumise à une pression de sélection préalable sur ce porte-greffe, installé pour la première fois dans la parcelle expérimentale. La virulence observée existerait donc au sein de cette population naturelle et serait liée à une variabilité génétique au sein de cette espèce [23]. La fécondité des femelles est faible, probablement liée à la dégradation des cellules nourricières qui empêche la nutrition des nématodes [24]. L'étude histologique a montré la formation de cellules nourricières qui se nécrosent plus ou moins tardivement. Certaines larves de *M. javanica* ont pu prélever suffisamment de réserves trophiques à partir des cellules nourricières, avant leur dégradation, pour terminer leur développement. Paulson et Webster [25] ont montré que les réactions d'hypersensibilité

sont généralement rapides. Ainsi, Wyss *et al.* [24] ont montré que la larve de *M. incognita* déclenche la formation des cellules trophiques sur racine d'*Arabidopsis thaliana*, 24 heures seulement après sa pénétration. Une large gamme de réactions de résistance de l'hôte à l'infestation des nématodes a été présentée par Paulson et Webster [25], allant de 2 jours pour les *Meloidogyne* sur tomates à 2 semaines pour *Tylenchulus semipene-trans* sur Citrus [26]. Dans notre cas, le Cadaman manifeste une réaction d'hypersensibilité très tardive, puisqu'il est possible d'observer des cellules trophiques polynucléaires en dégradation (figure 1b). Les réactions d'hyperplasie cellulaire répétées sont la cause de la formation des galles sur les racines de Cadaman. Malo [27] a déjà signalé un phénomène comparable sur les pêchers Nemaguard et Okinawa, qui sont décrits comme résistants à *M. javanica*.

L'interprétation de ces observations sur la sensibilité du Cadaman en Tunisie doit se faire avec beaucoup de précaution. L'hypothèse de l'effet des facteurs comme l'âge des plants ou la température était écartée. Dans les conditions expérimentales de cette étude, les plants de Cadaman infestés ont dépassé l'âge de 12 mois au-dessous duquel ils pourraient exprimer une moindre résistance [28]. De plus, la perte de résistance n'a pas été observée pendant la saison chaude, ce qui exclut l'effet de la température [28]. Enfin, très peu de larves arrivent à terminer leur cycle biologique à cause de l'apparition des nécroses au niveau des sites trophiques. L'importance de la mortalité des plants de pêcher greffés sur Cadaman s'expliquerait par la conjonction de deux facteurs : d'une part, la formation de nombreuses galles, rendant le système racinaire peu ou pas fonctionnel ne parvenant plus à assurer l'alimentation des plants et, d'autre part, la dégradation cellulaire des sites trophiques, qui achève l'épuisement des plants et favorise l'installation d'autres agents phytopathogènes [29]. B'Chir et Horrigue-Raouani [4] ont estimé la sensibilité d'un hôte aux *Meloidogyne* spp. par l'importance de la réaction d'hyperplasie cellulaire de son système racinaire (offrant ainsi des sites trophiques potentiels) et par son aptitude à régénérer les racines dégradées.

Ainsi, le contournement partiel de la résistance du porte-greffe Cadaman par une population de *M. javanica*, observé pour la première fois en Tunisie, se traduit dans la pratique par une sensibilité appa-

rente de ce porte-greffe qui suscite différentes questions : comment peut-on expliquer cette virulence partielle de *M. javanica*? S'agit-il d'un échelonnement de l'expression de la résistance qui se ferait en deux temps : une réaction d'incompatibilité rapide qui empêche le phénomène d'hyperplasie et donc la formation des galles, puis une deuxième réaction plus ou moins tardive qui bloquerait l'initiation des cellules trophiques? Ces deux réactions sont-elles sous la dépendance de mécanismes génétiques plus ou moins indépendants chez le Cadaman?

La confirmation de cette virulence partielle au niveau d'autres porte-greffe permettra de mieux comprendre la variabilité de l'expression de la résistance qui pourrait être liée soit à un effet quantitatif du gène de résistance (ainsi que le suppose Tzortzakakis *et al.* [15] pour le gène *Mi* sur tomate) soit à un effet qualitatif plus insidieux qui dépendrait non seulement du nombre de copie d'un gène, mais aussi de sa structure-fonction qui interviendrait dans le blocage plus ou moins précoce des étapes de l'infestation des *Prunus*. Il est également vraisemblable que le nombre de gènes impliqués dans la résistance des *Prunus* à l'égard de *M. javanica* est variable en fonction des porte-greffe [12].

Quoiqu'il en soit, la population de *M. javanica* trouvée en Tunisie pourrait servir comme matériel biologique intéressant pour mieux comprendre le mécanisme de résistance des *Prunus*. Il serait aussi intéressant de tester cette population sur d'autres sources de résistance, notamment celles qui portent le gène *Ma* et qui se sont montrées hautement résistantes aux *Meloidogyne* [6, 10].

Quel que soit le mécanisme aboutissant à l'expression de la résistance [27], il est judicieux de réduire la pression de l'*inoculum* dans le sol avant la plantation, par l'élimination de la flore adventice qui peut multiplier le ravageur [7] et par l'application d'un traitement efficace afin d'éviter la mortalité des plants de Cadaman plantés sur un sol infesté. La complémentarité de l'activité d'un traitement biologique au Novibiotec 7996 et d'un traitement chimique au Cadusaphos (10 g/L), a été confirmée dans d'autres essais sur la protection des vergers de

pêchers infestés par les nématodes à galles (B'Chir MM, non publié) ■

Références

- Pinochet J, Calvet C, Hernandez-Dorrego A, Bonet A, Felipe A, Moreno M, Resistance of peach and plum rootstocks from Spain, France and Italy to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Hort Science* 1999 ; 34 : 1259-62.
- Scotto La Massèse C, Grassely C, Minot JC, Voisin R. Différence de comportement de 23 clones et hybrides de *Prunus* à l'égard de quatre espèces de *Meloidogyne*. *Rev Nematol* 1984 ; 7 : 265-70.
- Netscher C. Observations and preliminary studies on the occurrence of resistance breaking biotypes of *Meloidogyne* spp. on tomato. *Cah ORSTOM ser Bio* 1977 ; 11 : 173-8.
- B'Chir MM, Horrigue-Raouani N. Variabilité de la réaction histopathologique induite par *Meloidogyne* sp. *Med Fac Landbouww Rijksuniversiteit Gent*, 1991 ; 56 : 39-56.
- Salesses G, Grassely C, Bernhard R. Utilisation des espèces indigènes et exotiques pour l'amélioration des *Prunus* cultivés, variétés et porte-greffe. *CR Acad Agric Fr* 1994 ; 80 : 77-88.
- Esmenjaud D, Minot JC, Voisin R, Pinochet J, Simard MH, Salesses G. Differential response to root-knot Nematodes in *Prunus* species and correlative genetic implications. *J Nematol* 1997 ; 29 : 370-80.
- Esmenjaud D, Salesses G, Minot JC, Voisin R, Bonnet A. Résistance des arbres fruitiers à noyau aux nématodes à galles : étude du modèle *Prunus cerasifera* Bull OEPP 1994b 24 : 501-9.
- Pinochet J, Fernandez C, Calvet C, Hernandez-Dorrego A, Felipe A. Selection against *Pratylenchus vulnus* populations attacking *Prunus* rootstocks. *Hort Science* 2000 ; 35 : 1333-7.
- Layne REC. Peach rootstocks, In : RC. Rom abd RF. Carlson, eds. *Rootstocks for fruit crops*. New York: Wiley, 1987 : 185-216.
- Lecoils AC. *Spectre d'activité et marquage moléculaire du gène Ma1 contrôlant la résistance aux nématodes Meloidogyne chez le prunier myrobalan*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France, 2000.
- Esmenjaud D, Minot JC, Voisin R, Pinochet J, Salesses G. Inter- and intraspecific resistance variability in Myrobalan plum, peach and peach-almond rootstocks using 22 root-knot nematode populations. *J Am Soc Hortic Sci* 1994a ; 119 : 94-100.
- Lu ZX, Reighard GL, Ramming DW. Inheritance of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) in *Prunus* rootstocks. *Hort Science* 2000 ; 35 : 1344-6.
- Marull J. *Évaluation de la résistance des porte-greffe d'amandier, Prunus dulcis, de pêcher Prunus persica et d'hybrides pêcher-amandier, aux nématodes des genres Meloidogyne et Pratylenchus*. Thèse de doctorat, Université de Barcelone, Espagne, 1992.
- Dalmaso A, Castagnone-Sereno P, Abad P. Tolerance and resistance of plants to nematodes Knowledge, needs and prospects. *Nematologica*, 1992 ; 38 : 466-72
- Tzortzakakis EA, Trudgill DL, Phillips M.S. Evidence for a dosage effect of the *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*. *J Nematol* 1998 ; 30 : 76-80.
- B'Chir MM. *Recherche d'une méthode de lutte contre les nématodes phytoparasites de la tomate en Tunisie*. Doc Tech Inst national rech agro Tunisie. Tunis : INRAT, 1975.
- Jepson SB. *Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.)*. Wallingford (UK) : CAB International, 1987.
- Esbenshade PR, Triantaphyllou AC. Isozyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. *J Nematol* 1990 ; 22 : 10-5.
- B'Chir MM. Novibiotec 7996 a novel bionematicide efficient in the management of root-knot nematodes in protected crops. *Nematologica* 1998 ; 44 : 460.
- Daniel WW. *Applied Nonparametric Statistics*. Boston ; London : Houghton Mifflin Company, 1978.
- Hutcheson SW. Current concepts of active defence in plants. *Annu Rev Phytopathol* 1998 ; 36 : 59-90.
- Shaner G, Lacy GH, Stromberg EL, Baker KR, Pironé TP. Nomenclature and concepts of pathogenicity and virulence. *Annu Rev Phytopathol* 1992 ; 30 : 47-66.
- Dalmaso A, Castagnone-Sereno P, Bongiovanni M, De Jong A. Acquired virulence in plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. Two-dimensional analysis of isogenic isolates. *Rev Nematol* 1991 ; 14 : 277-83.
- Wyss U, Grundler FMW, Münch A. The parasitic behaviour of second stage juveniles of *Meloidogyne incognita* in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Nematologica* 1992 ; 38 : 98-111.
- Paulson RE, Webster JM. Ultrastructure of hypersensitive response reaction in root of tomato *Lycopersicon esculentum* L., to infection by root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Physiol Plant Pathol* 1972 ; 2 : 227-34.
- Trudgill DL. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annu Rev Phytopathol* 1991 ; 29 : 92-167.
- Malo SE. Nature of resistance of "Okina" and "Nemaguard" peach to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Proc Am Sci Hort Res* 1967 ; 90 : 39-46
- Canals J, Pinochet J, Felipe A. Influence of temperature and age of plant material on the expression of resistance in peach-almond hybrid rootstock infected with *Meloidogyne javanica*. *Hort Science* 1992 ; 27 : 1211-3.
- Mai WF, Abawi GS. Interaction among root-knot nematodes and Fusarium Wilt fungi on host plants. *Annu Rev Phytopathol* 1987 ; 25 : 38-317.