

Végéphy – COLLOQUE SCIENTIFIQUE SUR LES BIOAGRESSEURS DU BUIS
TOURS – 16 ET 17 OCTOBRE 2018

APPORT DE CONNAISSANCES SUR LES NEMATODES PARASITES DU BUIS,
ESPECES ET DEGATS

N. GARCIA⁽¹⁾, A. BUISSON⁽¹⁾ et L. FOLCHER⁽¹⁾

⁽¹⁾ ANSES, Laboratoire de la Santé des Végétaux – Unité de Nématologie
Domaine de la Motte au Vicomte - BP 35327 - 35653 Le Rheu Cédex - France
nathan.garcia@anses.fr
alain.buisson@anses.fr
laurent.folcher@anses.fr

RÉSUMÉ

Les nématodes phytoparasites (NPP) sont des vers ronds microscopiques, présents dans le sol ou les plantes, qui se nourrissent des tissus végétaux et peuvent induire d'importants dégâts sur les plantes hôtes. Le buis, principalement utilisé dans les espaces verts et les jardins particuliers, ne fait pas exception et peut abriter beaucoup d'espèces de NPP, notamment appartenant à des genres emblématiques tels que *Meloidogyne* ou *Pratylenchus*. Ces espèces détériorent le système racinaire du buis (induction de lésions, de galles, de déformations ...) et entraînent des retards de croissance, des flétrissements ou encore des chloroses. Malheureusement, ces symptômes aériens sont peu caractéristiques et une analyse nématologique en laboratoire est généralement nécessaire pour confirmer leur présence. Pour l'heure, la recherche en nématologie sur le buis reste peu féconde et il n'existe pas de moyen de lutte efficace contre ces organismes en dehors d'une prophylaxie soignée. Pour autant, des pistes de biocontrôle par des nématodes entomopathogènes sont envisagées.

Mots-clés : nématode phytoparasite, buis, entomopathogène, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*

ABSTRACT

OVERVIEW OF CURRENT KNOWLEDGE OF PLANT-PARASITIC NEMATODES ON BOX TREE, SPECIES AND DAMAGES

Plant-parasitic nematodes (PPN) are microscopic rounded worms that feed on plant tissues and can induce severe damages on their host plants. Box tree, a plant mainly used in public parks and private gardens, can harbour many PPN species, including ones from important genus such as *Meloidogyne* and *Pratylenchus*. Those species damage the root system of box tree (induction of lesions, galls, distortions ...) which induces poor growth rate, wilting or chlorosis. Unfortunately, aerial symptoms are not typical and a laboratory nematologic analysis is usually required to confirm PPN presence. To date, research in box tree nematology is quite poor and there is no effective control method beside strict sanitation. However, there are clues in recent studies to use entomopathogenic nematodes in order to limit the PPN expansion in soils.

Keywords: plant-parasitic nematode, box tree, entomopathogenic, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*

1) Introduction

Le buis (*Buxus* spp.) est un arbuste cosmopolite présent essentiellement en sol pauvre, calcaire, et originaire de tous les continents. C'est également une plante ornementale qui est généralement destinée à être plantée en haie ou dans les jardins particuliers et les espaces verts. A la marge de ces utilisations, c'est également une plante prisée pour l'art topiaire (sculptures végétales) principalement dans les parcs et jardins publics. Cette plante revêt donc un intérêt économique important et de nombreux travaux s'intéressent en effet aux différents ravageurs et maladies qu'elle peut rencontrer.

Parmi les maladies les plus importantes sur le buis, on citera notamment celles induites par des champignons telles que la cylindrocladiose, induite par *Cylindrocladium buxicola*, les pourritures racinaires (dû à plusieurs espèces de *Phytophthora* (dont *P. cinnamomi* et *P. parasitica*), le chancre des troncs (provoqué par *Nectria* spp.), le Volutella (*Volutella buxi*) ou encore les taches foliaires (*Macrophoma* spp.) (Pirone, 1978; Phillips et Burdekin, 1982; Jones et Benson, 2001; LeBlanc *et al.*, 2018). Les champignons ne sont d'ailleurs pas les seuls organismes responsables du dépérissement des buis. En effet, plusieurs insectes peuvent aussi induire d'importants dommages et entraîner des conséquences désastreuses sur la croissance des buis, pouvant aller jusqu'à entraîner la mort de la plante. Au milieu des années 2000, la pyrale du buis *Cydalima perspectalis*, un de ses ravageurs le plus emblématique, a été introduite en Europe de l'Ouest, probablement depuis l'Asie, et cause depuis lors, d'importants ravages (Billen, 2007). Ce lépidoptère a depuis été inscrit sur la liste d'alerte de l'OEPP entre 2007 et 2011 et poursuit encore aujourd'hui son expansion (Billen, 2007; Seljak, 2012; Strachinis *et al.*, 2015). De plus, un certain nombre d'autres insectes ravageurs du buis, historiquement connus depuis plus de 40 ans, continuent d'avoir une incidence significative (Pirone, 1978).

Parmi les bioagresseurs du buis, des nématodes phytoparasites (NPP) sont impliqués dans l'attaque des racines et réduisent la capacité de celles-ci à puiser les nutriments dans le sol. Ils entraînent alors, entre autres, des défauts de croissance pour les plants. S'il est probable que les dégâts provoqués par les nématodes soient moins importants que ceux que peuvent provoquer d'autres bioagresseurs, il reste néanmoins nécessaire d'étudier ces organismes dont l'incidence n'est pas négligeable. Sans ambitionner un état des lieux exhaustif des connaissances sur ce sujet, cet article propose un tour d'horizon de la littérature scientifique, malheureusement peu fournie, sur ce thème.

2) Les nématodes phytoparasites du buis : quelques généralités.

Les nématodes, des vers ronds généralement filiformes et microscopiques, représentent une part très importante de la microfaune du sol (Kevan, 1965) et sont globalement retrouvés à tous les niveaux des réseaux trophiques du sol (Ferris *et al.*, 2001). Les NPP sont des organismes tirant leurs ressources des tissus végétaux et vivants - selon les espèces et les stades de développement - aussi bien dans le sol qu'au sein des organes des plantes (racines, tiges, feuilles). Certaines espèces peuvent causer d'importants dégâts sur les plantes, ligneuses ou non, en induisant une réduction de la qualité et de la quantité de la production de biomasse (Nickle, 1991; Evans *et al.*, 1993; Perry et Moens, 2013). La lutte contre ces parasites s'avère difficile en raison de leur vie souterraine ou de leur présence à l'intérieur des tissus végétaux. A ce jour, la lutte chimique reste la méthode la plus efficace et la plus facile à mettre en œuvre. Néanmoins, son fort impact écologique et sanitaire sur l'environnement comme sur la santé humaine, a entraîné une interdiction progressive des produits nématicides, comme beaucoup d'autres produits chimiques sur les cultures. De plus, depuis janvier 2017, il est interdit de traiter les lieux ouverts au public tels que les espaces verts où sont fréquemment retrouvés les plants de buis, et il sera de même interdit au 1^{er} janvier 2019 pour les

particuliers d'avoir recours aux produits phytopharmaceutiques en dehors des produits de biocontrôle pour traiter leurs espaces. L'effort devrait donc porter sur le développement des connaissances de ces nématodes phytoparasites pour développer des solutions de lutte alternative, notamment sur les plantes ornementales et en particulier le buis (Goodey *et al.*, 1965).

Si les travaux récents conduits en nématologie sur le buis ne sont pas très prolifiques, pour ne pas dire quasi inexistant, de nombreuses espèces de NPP parasitant le buis ont été décrites depuis plusieurs dizaines d'années. Généralement, ces organismes vont avoir un effet négligeable sur les plants, bien que certaines espèces puissent entraîner des dégâts conséquents. Dès 1965, Goodey *et al.* (1965) ont établi une liste de ces espèces qui s'est allongée avec le temps. On notera ainsi plusieurs espèces de *Pratylenchus* (notamment *P. pratensis* et *P. vulnus*), de *Meloidogyne* ou encore d'*Helicotylenchus* et *Rotylenchus* (en particulier *R. buxophilus*) (Goodey *et al.*, 1965; Pirone, 1978; Lehman, 1984; Jones et Benson, 2001). Une étude a d'ailleurs permis d'observer l'effet particulièrement variable de ces différents taxa sur leur plante hôte puisqu'il a été observé que la croissance de *Buxus sempervirens* n'était pas affectée par la présence du nématode *H. dihystra*, même présent en très forte densité, alors qu'une faible abondance de *P. vulnus* suffisait à entraîner des baisses de croissance conséquentes (Benson *et al.*, 1976). Ainsi, il apparaît clairement que tous les NPP décrits sur le buis ne vont pas nécessairement être dommageables pour la plante.

A l'instar des autres plantes, les dégâts des NPP visibles sur buis sont peu caractéristiques et peuvent notamment s'apparenter à des carences (Jones et Benson, 2001). Il est en effet fréquent d'observer des retards de croissance, ou des jaunissements des feuilles (Figure 1). Une analyse visuelle des racines peut alors permettre d'affiner le diagnostic si l'on observe des déformations racinaires, des galles ou encore des lésions des racines, fréquemment associées à la présence de NPP (Figure 2 B et Figure 3 C et D). Malgré tout, une analyse nématologique, en laboratoire, du sol et des racines du plant abimé reste le moyen le plus efficace pour s'assurer de la présence de NPP qui puisse expliquer les symptômes observés et d'identifier la ou les espèces.



Figure 1 : Symptômes de *Pratylenchus* sp. sur buis (d'après Paul Tribble - bugwood.org – sous licence *Creative Commons 3.0*).
(*Pratylenchus* sp. symptoms on box tree (from Paul Tribble – bugwood.org – under a Creative Commons attribution 3.0 license))

3) Focus sur quelques nématodes emblématiques

3.1) *Rotylenchus buxophilus*

Rotylenchus buxophilus Golden 1956 est un NPP ectoparasite (se nourrissant depuis l'extérieur des racines) qui a été décrit pour la première fois sur buis aux Etats Unis (Golden, 1956) puis identifié à de nombreuses reprises dans d'autres régions du monde. Ainsi, son aire de répartition connue à l'heure actuelle est particulièrement étendue, couvrant une grande partie des pays d'Europe de l'ouest et centrale, ainsi que de nombreux pays d'Asie (Castillo *et al.*, 1993; Castillo et Vovlas, 2005; Perry et Moens, 2013). En dehors du buis, cette espèce possède une gamme d'hôtes particulièrement large comprenant aussi bien d'autres plantes ligneuses telles que le pêcher ou le cyprès commun, mais également le fraisier, le pois ou encore la canne à sucre (Castillo et Vovlas, 2005).

Si peu de connaissances concernant les nématodes sont disponibles, il a toutefois pu être observé des baisses de production de biomasse chez les jeunes plants de buis ainsi qu'une réduction du système racinaire liée aux lésions nécrotiques induites par le nématode (Perry et Moens, 2006). D'autres plantes ornementales peuvent également subir des attaques de ce phytoparasite. En Italie par exemple, la mort de nombreux *Hydrangea macrophylla* d'une zone de production a pu être attribuée à une forte densité de *R. buxophilus* (Mancini et Moretti, 1974).

3.2) *Pratylenchus* spp.

A la différence de *R. buxophilus*, les NPP du genre *Pratylenchus* sont des organismes endoparasites migrants. Au cours de leur cycle de vie, ils vont ainsi pénétrer à l'intérieur des racines pour se nourrir et vont également s'y déplacer, en ressortir et infester d'autres racines saines (Figure 2 A). Parmi les 70 espèces de *Pratylenchus*, celles connues comme parasitant le buis, *P. vulnus* et *P. pratensis* principalement, ont des aires de répartition géographiques connues comme particulièrement larges leur permettant de parasiter de nombreuses autres plantes hôtes. Par ailleurs, si *P. vulnus* est préférentiellement présent à des climats plus chauds que *P. pratensis* (subtropical et méditerranéen principalement), il est tout de même observé dans la plupart des pays d'Europe de l'ouest sur des plantes sauvages comme cultivées (Pirone, 1978; Pinochet *et al.*, 1992; Evans *et al.*, 1993; Castillo et Vovlas, 2007; Bridge et Starr, 2007; Perry et Moens, 2013).

De par son mode de vie endoparasite, *Pratylenchus* spp. peut causer d'importants dommages sur les racines des plantes hôtes. En effet, si les symptômes aériens restent les mêmes que ceux évoqués jusque-ici, les symptômes sur les racines peuvent être plus spectaculaires. La présence

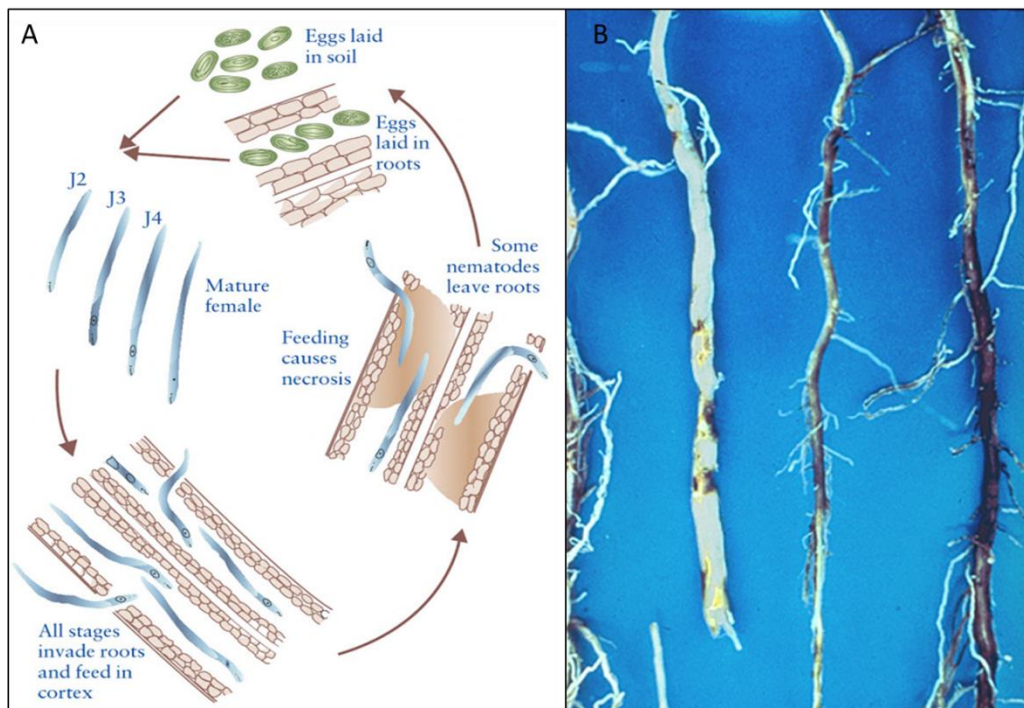


Figure 2 : A) Cycle biologique schématisé d'un nématode endoparasite migrateur (d'après Bridge et Starr (2007)). B) Exemple de symptômes (lésions brunes) de *Pratylenchus* sp. sur racines de maïs (d'après K. R. Baker pour l'*American Society of Phytopathology*, apsnet.org)
A) Schematic life cycle of a migratory endoparasite nematode (from Bridge and Starr (2007)). B) Example of *Pratylenchus* sp. symptoms (brown lesions) on maize roots (from K. R. Baker for the *American Society of Phytopathology*, apsnet.org)

de ces nématodes au sein des tissus des racines va provoquer d'importantes lésions dues à des nécroses tissulaires qui seront généralement visibles sous forme de taches brunes (Figure 2 B) (Jones et Benson, 2001; Bridge et Starr, 2007). Ce sont ces destructions du système racinaire des plantes qui, en entraînant une diminution de leur capacité à puiser les nutriments, va induire des symptômes aériens parfois visibles. Sur le buis, *P. pratensis* entraîne la production de racines secondaires juste au-dessus de la zone nécrosée pour permettre à la plante de pallier à cette nécrose. Ces racines secondaires sont alors également envahies par les nématodes sortis de la racine nécrosée, entraînant une succession de production de racines secondaires. A terme, les radicelles forment un réseau très dense et peu efficace si bien que même les fortes pluies ne suffisent pas à l'hydrater correctement (Pirone, 1978). De plus, en dehors des dommages directement provoqués par ces nématodes, leur pénétration dans les racines et l'apparition de nécroses peuvent également favoriser l'infection par d'autres microorganismes telluriques comme des champignons et/ou bactéries (Back et al., 2002). A titre d'exemple, des cas de co-infections entre *Pratylenchus* sp. et *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* ou *Verticillium dahliae* ont été recensés sur pois chiche, menthe ou encore pomme de terre.

3.3) *Meloidogyne* spp.

De nombreuses espèces de *Meloidogyne* ont été décrites sur le buis. On observe entre autres *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* ou encore *M. javanica*. De même que les *Pratylenchus*, ces

nématodes sont des endoparasites bien qu'à la différence de ces derniers, les *Meloidogyne* sont des nématodes sédentaires qui ne vont donc pas se déplacer à l'intérieur de la racine une fois que leur site nourricier sera établi (Figure 3 A). Suite à la pénétration dans les racines, les larves de *Meloidogyne* induisent une modification physiologique des cellules de la racine autour d'elles (Molinari *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2016) qui vont évoluer en cellules géantes servant à nourrir les nématodes au cours de leur développement. Les mâles, lorsqu'ils sont présents, restent vermiformes et ressortent de la racine pour aller féconder des femelles. A l'inverse, les femelles restent au niveau du site nourricier, vont enfler (Figure 3 B) et commencer à produire des œufs. Ces œufs sont déposés dans une masse gélatineuse qui va généralement percer à travers la racine si bien que les masses peuvent être visibles à l'œil nu sur les racines. En dehors du buis, les quatre espèces les plus communes citées ci-dessus possèdent une gamme de plantes hôtes extrêmement large et une répartition géographique étendue (Jones et Benson, 2001; Karssen, 2002; Bridge et Starr, 2007). Une étude a par exemple évalué le statut de plante hôte de plusieurs plantes ligneuses dont *Buxus microphylla* face à *M. arenaria*, *M. incognita* et *M. javanica* (Sharma et Rich, 2005). Les auteurs ont pu ainsi mettre en évidence que le buis était un bon hôte pour chacune de ces trois espèces de nématodes.

Les NPP du genre *Meloidogyne* sont également dénommés nématodes à galles de par les symptômes qu'ils provoquent sur les racines des plantes hôtes (Figure 3 C et D). Au même titre que les lésions provoquées par les *Pratylenchus*, ces déformations racinaires vont limiter la capacité des plantes à puiser les éléments du sol et provoquer les retards de croissance. Aux Etats-Unis, des chloroses et des flétrissements imputables à la présence de *Meloidogyne* sur les plants ont également été observés sur des buis cultivés en pépinières (Jones et Benson, 2001).

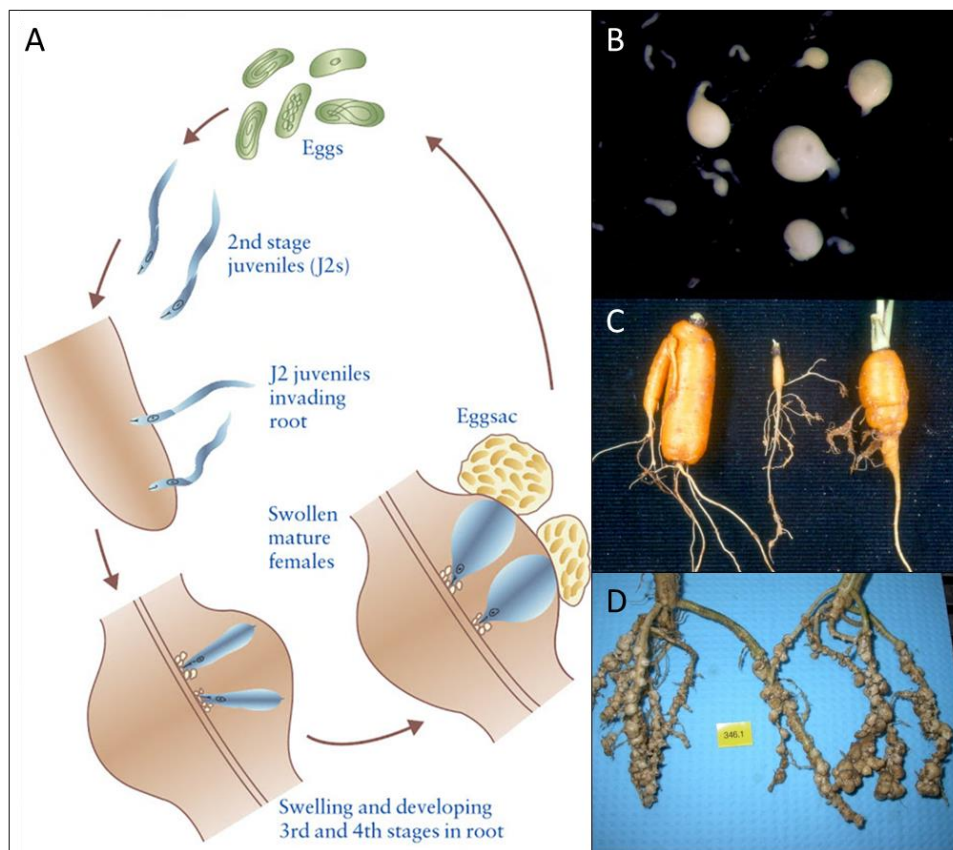


Figure 3 : A) Cycle biologique schématisé d'un endoparasite sédentaire à galles (d'après Bridge et Starr (2007)). B) Femelles renflées de *Meloidogyne* sp. C) et D) Déformations de racines, respectivement, de carottes et de melons dues aux nématodes du genre *Meloidogyne* (d'après ANSES, LSV)

A) Schematic life cycle of a sedentary endoparasite (from Bridge and Starr (2007)). B) Swollen *Meloidogyne* sp. females. C) and D) Root distortions on carrot and melon respectively caused by *Meloidogyne* (from ANSES, LSV)

4) Gestion par prophylaxie et biocontrôle par les nématodes entomopathogènes

Les rares produits phytosanitaires à effet nématicide sur le buis cités dans la littérature scientifique (Pirone, 1978) ne sont aujourd'hui plus autorisés en France. De plus, les produits chimiques applicables sur plantes ornementales étant déjà interdits dans de nombreuses villes, il n'existe plus vraiment de méthodes de lutte efficace contre les NPP sur ces plantes. Il n'existe pour l'heure aucune espèce ou variété de buis résistante aux *Meloidogyne* mais *Buxus microphylla* semble moins sensible à *P. vulnus* (Jones et Benson, 2001).

La méthode de gestion la plus efficace pour éviter une contamination par les NPP parasites du buis reste la prophylaxie (Lehman, 1984; Jones et Benson, 2001). Il est nécessaire de s'assurer avant plantation que le plant soit sain et que le sol ne soit pas contaminé, entre autres grâce à des analyses nématologiques. Par la suite, il faut éviter tout apport de sol contaminé, comme par exemple la terre adhérente aux racines d'une nouvelle plantation. Le drainage d'eau susceptible de provenir de terrains potentiellement contaminés en amont est aussi à considérer. Dans les établissements multiplicateurs et les pépinières, il est conseillé de privilégier la culture en pots quand cela est possible et de stocker le substrat non contaminé dans des bacs clos pour éviter une éventuelle contamination par le sol.

Par ailleurs, des études récentes ont pu mettre en évidence la possibilité d'avoir recours à des nématodes entomopathogènes comme moyen de biocontrôle des NPP sur le buis comme sur d'autres plantes (Jagdale *et al.*, 2002; Perez et Lewis, 2004, 2006; Stirling, 2014; Khan *et al.*, 2016), bien qu'aucune spécialité commerciale ne soit encore commercialisée. En effet, des diminutions importantes de niveaux de populations de *Meloidogyne*, *Tylenchorynchus*, *Pratylenchus*, *Hoplolaimus* ou *Rotylenchus* notamment, ont été relevées suite à l'inoculation de *Steinernema carpocapsae*, *S. ryobrave*, *S. feltiae* ou *Heterorhabditis bacteriophora*, plusieurs semaines ou mois après traitement. Jagdale *et al.* (2002) ont même pu observer que ces diminutions des NPP considérés dans ces travaux avaient lieu même lorsque les larves de nématodes entomopathogènes inoculées étaient mortes, laissant supposer un effet allélochimique de métabolites toxiques produits par les nématodes et/ou leurs bactéries symbiotiques (Jagdale *et al.*, 2002; Nguyen et Hunt, 2007). Toutefois, les mécanismes sous-jacents ne sont pour l'heure pas bien compris et d'autres hypothèses d'action de ces nématodes entomopathogènes sont avancées (Stirling, 2014). Par exemple, il pourrait s'agir d'une compétition par exploitation pour l'espace dans la rhizosphère, c'est-à-dire une interaction indirecte puisque la présence de nématodes entomopathogènes dans le sol autour des plantes limiterait le nombre de NPP pouvant y vivre. Il est également envisageable que les nématodes entomopathogènes puissent stimuler l'action d'autres organismes antagonistes des NPP tels que les nématodes prédateurs ou des champignons et bactéries parasites. En effet, de nombreux microorganismes du sol (recensés dans Stirling, 2014) tels que des bactéries ou des champignons parasites de nématodes permettent également de limiter les populations de NPP. On peut citer par exemple certains champignons (*Arthrobotrys* spp., *Dactylella* spp.) piégeant les nématodes à l'aide de structures mycelaires formant des boucles ou des filets. Les bactéries du genre *Pasteuria* sont également fréquemment observées parasitant les nématodes phytoparasites (Stirling, 2014). Toutefois, en France, une seule spécialité commerciale à base de *Bacillus firmus* est autorisée comme produit de biocontrôle nématicide en culture légumière. Par ailleurs, les nématodes entomopathogènes ne sont pour l'heure commercialisés que pour un usage insecticide. L'utilisation de ce type de produits n'est toutefois pas sans risque s'ils sont mal maîtrisés et ils pourraient avoir des effets indésirables sur d'autres organismes non cibles.

5) Conclusion

A ce jour, les nématodes inféodés au buis restent assez peu étudiés et la plupart des informations disponibles dans la littérature scientifique sont anciennes (40-50 ans). Entre autres, la liste des espèces parasitant cette plante ainsi que la description des symptômes atypiques gagneraient à être étoffées. Si des informations globales au niveau des genres, notamment *Meloidogyne* et *Pratylenchus*, peuvent être assez abondantes, le comportement des espèces de ces genres peut parfois varier grandement, et les connaissances sur les différentes espèces ne sont pas toujours abondantes, que ce soit sur le buis ou sur d'autres plantes hôtes (*R. buxophilus*, *P. pratensis* et *P. vulnus* par exemple). Il n'est donc bien souvent possible que d'extrapoler leur biologie sur le buis à partir d'informations connues sur d'autres plantes hôtes et/ou d'autres espèces proches, avec tous les risques que cela comporte et les précautions nécessaires quant à ce type de généralisation. Ainsi il serait intéressant de prospecter et développer des expérimentations qui permettraient d'étoffer les connaissances actuelles.

Les dégâts causés par les nématodes, s'ils peuvent être spectaculaires et aller jusqu'à la mort d'un individu en cas de forte infestation, restent marginaux comparés à d'autres ravageurs et maladies. Ils peuvent être grandement évités et/ou limités par des méthodes simples de prophylaxie. De plus, l'utilisation de produits de biocontrôle utilisant par exemple les nématodes entomopathogènes

semble également être une piste sérieuse qui mériterait maintenant d'être approfondie pour mieux comprendre les mécanismes d'action et pouvoir rapidement proposer des produits utilisables pour contrôler les NPP à partir de ceux déjà commercialisés pour d'autres usages.

Remerciements

Je souhaite remercier ici tout particulièrement Corinne Sarniguet et Fabrice Ollivier pour leurs conseils avisés pour la recherche et la synthèse des informations proposées dans cet article.

Bibliographie

- Back M.A., Haydock P.P.J., Jenkinson P., 2002 - Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant pathology*, **51**, 683-697.
- Benson D.M., Barker K.R., Aycock R., 1976 - Effects of density of *Helicotylenchus dihystera* and *Pratylenchus vulnus* on American boxwood growing in microplots. *Journal of nematology*, **8**(4), 322-326.
- Billen W., 2007 - *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae) - a new moth in Europe. *Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel*, **57**, 135-137.
- Bridge J., Starr J.L., 2007. *Plant Nematodes of Agricultural Importance: A Colour Handbook*. Manson Publishing Ltd. London, 128 p.
- Castillo P., Vovlas N., 2005. *Bionomics and identification of the genus Rotylenchus* (Nematoda: Hoplolaimidae). Brill Academic Publishers. Leiden, 377 p.
- Castillo P., Vovlas N., 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill Academic Publishers. Leiden, 529 p.
- Castillo P., Vovlas N., Gómez-Barcina A., Lamberti F., 1993. *The plant parasitic nematode Rotylenchus (a monograph)*. Instituto de Agricultura Sostenible. Córdoba, 200 p.
- Evans K., Trudgill D.L., Webster J.M., 1993. *Plant parasitic nematodes in temperate agriculture*. CABI. Wallingford, 618 p.
- Ferris H., Bongers T., de Goede R. G. M., 2001 - A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, **18**, 13-29.
- Golden A.M., 1956 - Taxonomy of the spiral nematodes (*Rotylenchus* and *Helicotylenchus*), and the developmental stages and host-parasite relationships of *R. buxophilus*, n.sp., attacking boxwood. *Bulletin of the Maryland Agricultural Experiment Station*, A-85, 28 p.
- Goodey J., Franklin M.T., David J., 1965. *The nematode parasites of plants catalogued under their hosts*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, 214 p.
- Jagdale G.B., Somasekhar N., Grewal P.S., Klein M.G., 2002 - Suppression of plant-parasitic nematodes by application of live and dead infective juveniles of an entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, on boxwood (*Buxus* spp.). *Biological Control*, **24**, 42-49.
- Jones R.K., Benson D.M., 2001. *Diseases of woody ornamentals and trees in nurseries*. American Phytopathological Society (APS Press). St Paul, 482 p.
- Karssen G., 2002. *The Plant Parasitic Nematode Genus Meloidogyne Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe*. Brill Academic Publishers. Leiden, 157 p.
- Kevan, D. K. M., 1965. The soil fauna — its nature and biology. In Baker K. F., Snyder W. C. *Ecology of soil-borne plant pathogens*. University of California Press. Berkeley, 33-51.
- Khan S. A., Javed N., Kamran M., Abbas H., Safdar A., 2016 - Management of *Meloidogyne incognita* race 1 through the use of entomopathogenic nematodes in tomato. *Pakistan Journal of Zoology*, **48**, 763-768.
- LeBlanc N, Salgado-Salazar C, Crouch JA, 2018. Boxwood blight: an ongoing threat to ornamental and native boxwood. *Applied Microbiology and Biotechnology* **102**, 4371-4380.
- Lehman P.S., 1984 - Nematodes causing decline of boxwood. *Nematology Circular* 108.
- Liu B., Liu X., Liu Y. et al., 2016 - The infection of cucumber (*Cucumis sativus* L.) roots by *Meloidogyne incognita* alters the expression of actin-depolymerizing factor (ADF) genes, particularly in association with giant cell formation. *Frontiers in Plant Science*, **7**, 9 p.
- Mancini G., Moretti F., 1974 - *Rotylenchus buxophilus* Golden, 1956 on *Hydrangea hortensia* Sieb. *Redia*, **55**, 219-220.

- Molinari S., Fanelli E., Leonetti P., 2014 - Expression of tomato salicylic acid (SA)-responsive pathogenesis-related genes in *Mi-1*- mediated and SA-induced resistance to root-knot nematodes: *PR* genes in genetic and induced resistance to RKNs. *Molecular Plant Pathology*, **15**, 255–264.
- Nguyen K.B., Hunt D.J., 2007. *Entomopathogenic nematodes: systematics, phylogeny and bacterial symbionts*. Brill Academic Publishers. Leiden, 816 p.
- Nickle W.R., 1991. *Manual of agricultural nematology*. M. Dekker Inc. New York, Basel, Hong Kong, 1035 p.
- Pérez E.E., Lewis E.E., 2004 - Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* with entomopathogenic nematodes on greenhouse peanuts and tomatoes. *Biological Control*, **30**, 336–341.
- Pérez E.E., Lewis E.E., 2006 - Use of entomopathogenic nematodes and thyme oil to suppress plant-parasitic nematodes on English boxwood. *Plant disease*, **90**, 471–475.
- Perry R.N., Moens M., 2013. *Plant Nematology, 2nd Edition*. CABI. Wallingford, 542 p.
- Phillips D.H., Burdekin D.A., 1982. *Diseases of forest and ornamental trees*. Macmillan Press Ltd. London, 435 p.
- Pinochet J., Verdejo S., Soler A., Canals J., 1992 - Host range of a population of *Pratylenchus vulnus* in commercial fruit, nut, citrus, and grape rootstocks in Spain. *Journal of Nematology*, **24**, 693–698.
- Pirone P.P., 1978. *Diseases and pests of ornamental plants*. John Wiley & Sons. New York, 566 p.
- Seljak G., 2012 - Six new alien phytophagous insect species recorded in Slovenia in 2011. *Acta entomologica slovenica*, **20**, 31–44.
- Sharma J., Rich J.R., 2005 - Host status of woody ornamental plants native to southeastern USA to three *Meloidogyne* species. *Nematropica*, **35**, 23–30.
- Stirling G.R., 2014. *Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture*. Brill Academic Publishers. Leiden, 510 p.
- Strachinis I., Kazilas C., Karamaouna F., Papanikolaou N.E., Partsinevelos G.K., Milonas P.G., 2015 - First record of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*, **8**, 66–72.