

**AFPP - 1^{ère} CONFERENCE SUR L'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS, JARDINS,
GAZONS, FORETS, ZONES AQUATIQUES ET AUTRES ZONES NON AGRICOLES
Avignon – 11 et 12 octobre 2006**

**UTILISATION DES NEMATODES AUXILIAIRES STEINERNEMATIDAE ET
HETERORHABDITIDAE POUR LA PROTECTION DES PRINCIPAUX
RAVAGEURS DU SOL EN GAZON**

M. PIRON

KOPPERT 14 Rue de la Communauté 44860 PONT ST MARTIN mpiron@koppert.fr

RÉSUMÉ :

Les nématodes entomopathogènes sont des auxiliaires connus pour leur efficacité sur les otiorhynques et les mouches de terreau. Cependant, ils peuvent également être utilisés pour la lutte contre d'autres ravageurs présents dans le sol et au niveau du système racinaire des gazons. Cet emploi mérite d'être développé car il présente une alternative intéressante aux produits phytosanitaires. Après avoir décrit les différents nématodes actuellement commercialisés en France, leur mode d'action et leur mode d'application, leur utilisation possible sur tipules, vers blancs (hannetons) et vers gris (noctuelles terricoles) sera détaillée. De plus, sera abordée succinctement leur efficacité sur de nouveaux ravageurs du sol et/ou organismes actuellement de quarantaine en Europe.

Mots-clés : Nématodes, auxiliaires, gazon, vers blancs, vers gris.

SUMMARY :

The entomopathogenic nematodes are beneficials known for their effectiveness on the black vine weevil and fungus gnats. However, they can also be used for the control of others pests which are present in the soil and near the roots of turf. This use deserve to be developed because it presents an interesting alternative to the plant health products. After having described the various nematodes currently marketed in France, their mode of action and their mode of application, their possible uses on tipulids, white grubs (cockchafers) and moth (noctuids) will be detailed. Moreover, their effectiveness on new soil pests and/or quarantine organism in Europe will be approached.

Key-words : nematodes, beneficials, turf, white grubs, cutworms

INTRODUCTION

Les nématodes sont souvent assimilés à des ravageurs des cultures. Cependant, certains d'entre eux sont utilisés en tant qu'agents de protection biologique des cultures. Ce sont les nématodes entomopathogènes qui comme leur nom l'indique provoquent une maladie (pathogène) aux insectes (entomo). Les utilisations les plus connues sont contre les sciarides (mouches des terreaux) en production de jeunes plants avec *Steinernema feltiae* et contre les otiorhynques essentiellement en fraisier et en pépinières d'ornement avec *Heterorhabditis megidis* et/ou *Heterorhabditis bacteriophora*. Cependant, l'utilisation des nématodes ne se limite pas à ces deux usages car d'une part d'autres nématodes entomopathogènes sont disponibles sur le marché (*Steinernema carpocapsae*, *Steinernema krausei*) et agissent sur d'autres cibles. Et d'autre part, les nématodes entomopathogènes peuvent agir sur des ravageurs de genres différents.

Actuellement, seules deux substances actives sont homologuées contre les ravageurs du sol en gazon. Elles sont le carbaryl pour les tipules et la bifenthrine pour les noctuelles terricoles. Pour les green de golf seul le carbaryl est autorisé. Une seule substance active homologuée pour un usage limite la lutte contre les ravageurs du sol. Les nématodes entomopathogènes présentent donc une alternative intéressante d'autant plus qu'ils ne sont pas soumis à homologation selon la directive 91/414.

Cette communication fait une synthèse des connaissances sur les utilisations possibles des nématodes entomopathogènes sur les principaux ravageurs du gazon.

LES NEMATODES ENTOMOPATHOGENES

QUELS NEMATODES ?

Les nématodes entomopathogènes actuellement sur le marché appartiennent aux familles Steinernematidae et Heterorhabditidae. Les Steinernematidae sont représentés par le genre *Steinernema* et les Heterorhabditidae par le genre *Heterorhabditis*.

Les nématodes commercialisés en France sont *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Steinernema krausei*, *Heterorhabditis bacteriophora* et *Heterorhabditis megidis*. Comme le montre le Tableau I, les utilisations actuelles ne sont que très peu orientées sur les ravageurs des gazons. Cependant, comme nous le verrons par la suite ces utilisations sont possibles mais mal connues voire méconnues.

Un autre nématode *Phasmarhabditis hermaphrodita* appartenant à la famille des Rhabditidae est quant à lui utilisé contre les limaces.

Tableau I : Principales utilisations connues pour les nématodes commercialisés en France

Nématodes	Cibles principales
<i>Steinernema feltiae</i>	Mouches des terreaux (Sciarides), thrips
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Tipules, chenilles terricoles, pyrales
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Otiorhynque, Hanneton horticole
<i>Heterorhabditis megidis</i>	Otiorhynque, Hanneton horticole
<i>Steinernema krausei</i>	Otiorhynque
<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	Limaces

LE MODE D'ACTION DU COMPLEXE NEMATO-BACTERIEN

L'agent de protection biologique est appelé nématode mais il serait plus correct de parler de complexe némato-bactérien entomopathogène. En effet, les nématodes n'agissent pas seuls. Ils sont associés à une bactérie du genre *Xenorhabdus* pour les Steinernematidae et du genre *Photorhabdus* pour les Heterorhabditidae. C'est ce complexe nemato-bactérien entomopathogène qui agit comme une unité de lutte biologique pour tuer les insectes ravageurs.

Le cycle de vie comporte deux phases. Lors de la phase libre, dans le sol, les larves infestantes de nématodes (L3) portent les bactéries dans leur tube digestif et recherchent un hôte. Elles le pénètrent essentiellement par les ouvertures naturelles (bouche et anus). Lors de la phase parasite, les L3 «relarguent» leurs bactéries dans l'insecte. Ces dernières se multiplient et tuent l'insecte par septicémie et liquéfient les tissus afin de rendre disponible les nutriments nécessaires au développement du nématode. Les larves L3 du nématode muent alors en adultes et se reproduisent pendant deux ou trois générations. Les nouvelles L3 formées recrutent quelques bactéries, émergent du cadavre de l'insecte complètement consommé qui se sectionne et recherchent un nouvel hôte. La mort de l'insecte hôte est observée 24-48 heures après l'application des nématodes. Un changement de couleur peut être constaté (généralement marron-jaune pour le genre *Steinernema* et rouge pour le genre *Heterorhabditis*).

Certains nématodes sont très mobiles et recherchent activement leur proie pour la pénétrer (*Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Heterorhabditis megidis*) alors que d'autres restent passifs et attendent que leur proie se déplace et vienne à eux (*Steinernema carpocapsae*).

COMMENT S'APPLIQUENT LES NEMATODES ?

Conditionnements existants :

Plusieurs formulations existent, car le support, la quantité par conditionnement et les espèces peuvent être différents selon le fournisseur. Dans la plupart des cas, les nématodes (uniquement au stade L3) sont mélangés à de l'argile et/ou gel dans un conditionnement devant être conservé au réfrigérateur entre 2 et 5°C jusqu'à la date de péremption. Les conditionnements avec gel permettent de limiter les dépôts d'argile sur les feuilles et donc déprécient moins la valeur esthétique des plantes.

Conditions et mode d'application :

Le mode d'application diffère selon la cible (ravageur aérien ou racinaire). Dans notre communication, seuls les ravageurs du sol sont abordés donc seules les applications au sol seront décrites.

Elles doivent tout d'abord être faites sur un sol humide. Si besoin, un arrosage du gazon avant l'application sera nécessaire permettant une meilleure pénétration de la bouillie. Ensuite, l'application des nématodes se fera de façon à avoir une répartition uniforme sur le gazon. Enfin, il est recommandé d'arroser la zone traitée à l'eau claire (5 litres/m²) afin de permettre aux nématodes adhérents au gazon de pénétrer dans le sol. Suivant le ravageur ciblé, il est recommandé de maintenir humide une à deux semaines après l'application. Ceci permet une bonne mobilité des nématodes et évite ainsi leur dessiccation. Le matériel employé peut être un arrosoir, un pulvérisateur classique, le système de goutte à goutte ou l'aspersion. Dans tous les cas, il est important de supprimer les filtres inférieurs à 500 microns sinon un colmatage des nématodes au niveau du filtre est à craindre. De plus, la pression lors de l'application ne doit pas dépasser 5 bars. Il est recommandé de faire les

applications tôt le matin ou en début de soirée afin d'optimiser l'efficacité des traitements (meilleure hygrométrie et moins de rayons ultraviolets auxquels les nématodes sont sensibles).

La température du sol est très importante au moment de l'application. D'une façon générale, les nématodes ont une virulence accrue et une action plus rapide lorsque les températures du sol sont supérieures à 10°C. Ceci ne rend les applications possibles qu'à certaines périodes de l'année pour les cultures extérieures. Cependant, comme le mentionne le Tableau II, il est important de noter que la sensibilité des nématodes au paramètre température varie d'une espèce à l'autre. Ceci permettra à l'applicateur de travailler avec un nématode plutôt qu'un autre, selon la période de l'année, lorsque plusieurs espèces sont efficaces sur un même ravageur.

Tableau II : Température conseillée pour les différents nématodes auxiliaires

Nématodes	Température conseillée
<i>Steinernema feltiae</i>	13-25°C
<i>Steinernema carpocapsae</i>	12-32°C
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	14-33°C
<i>Heterorhabditis megidis</i>	12-25°C
<i>Steinernema kraussei</i>	5-30°C
<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	5-20°C (Optimum 15°C)

Il est impératif de connaître le cycle du ravageur et de le prendre en compte. En effet, la plupart des nématodes agissent principalement sur les stades immatures des ravageurs donc sur les larves et plus particulièrement les larves jeunes.

Pour traiter au moment opportun et atteindre une efficacité maximale, il est donc essentiel de connaître la température du sol au moment où le stade du ravageur sensible aux nématodes est présent.

La dose employée est généralement de 0,5 millions de nématodes/m². Ce dosage n'est qu'indicatif car il peut varier selon la cible, le nématode et l'intensité de l'attaque.

Les nématodes sont compatibles avec les spécialités à base de bifenthrine et carbaryl. Ils peuvent donc être intégrés dans un programme de lutte conventionnelle.

LES RAVAGEURS DU SOL ET DU SYSTEME RACINAIRE DES GAZONS

Le Tableau III présente les principaux ravageurs des gazons en France. Il résume les communications de Jérôme Jullien en 2005 et celle de Ollivier Dours et Gilbert Chauvel en 2006. Cette liste permet de mettre en avant les ravageurs majeurs contre lesquels une protection doit être mise en place. Ce sont : les tipules, les hannetons ou « vers blancs », les chenilles terricoles ou « vers gris ».

Un dernier ravageur s'ajoute à cette liste : *Sphenophorus striatopunctatus*. C'est un charançon qui a été observé en 2004 localement dans les Alpes Maritimes (06) sur les gazons à dominante ray-grass et de pâturin des prés, essentiellement sur fairway, rough et semi-rough des golfs, sur certains terrains de sport et gazons de sport (Dours et Chauvel, 2006 ; Chapin et Germain, 2005)

Tableau III : Les ravageurs des gazons en France

Ravageurs du sol	Fréquence/Dégâts
Les courtilières (<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>)	Attaques signalées régulièrement en gazon sportif en 2005. Niveau de population est souvent faible mais dégâts peuvent être importants notamment sur gazon de prestige.
Les hannetons ou « vers blancs » : - le hanneton commun (<i>Melolontha melolontha</i>), - le gros hanneton de la St Jean (<i>Amphimallon solstitiale</i>), - les petits hannetons (<i>Amphimallon majalis</i> , <i>Serica brunnea</i>), - le hanneton des jardins (<i>Phyllopertha horticola</i>), - le petit hanneton de la St Jean (<i>Rhizotrogus aestivus</i>), - l'hoplie floricole (<i>Hoplia philanthus</i>)	Attaques signalées régulièrement en gazon sportif en 2005. <i>Phyllopertha horticola</i> n'est que très rarement observé en France. Les dégâts racinaires sont aggravés par leurs prédateurs (oiseaux, hérisson taupe etc...)
Les criocères des céréales (<i>Oulema melanopus</i> , <i>O. lichenis</i>)	Présence principalement sur gazon rustique à base de ray-grass anglais.
Le taupin, ver fil de fer (<i>Agriotes sp.</i> , <i>Athous haemorrhoidalis</i>)	Peu d'attaques signalées en gazon en 2005. Pour un même niveau de population, l'intensité des attaques varie suivant les années.
Le zabre des céréales ou carabe bossu (<i>Zabrus tenebrioides</i>)	Les attaques sporadiques ne justifient pas de traitement.
Les bibions : - le bibion des jardins ou bibion horticole (<i>Bibio hortulanus</i>), - la mouche de la St Jean (<i>Bibio johannis</i>), - la mouche de la St Marc (<i>Bibio marci</i>)	Leur migration donne cours à des infestations localisées et spectaculaires spécialement au cours des hivers doux et humides.
Les mouches des graminées (<i>Agromyza</i> , <i>Cerodontha</i> , <i>Geomyza tripunctata</i> , <i>Hydrellia</i> , <i>Opomyza germinationis</i>)	Les larves minent la base des tiges ou des feuilles selon les espèces. La lutte est inutile.
La mouche des semis (<i>Delia = Phorbia platura</i>) la mouche grise des céréales (<i>Delia coarctata</i>) L'oscinie (= mouche jaune) (<i>Oscinella pusilla</i> , <i>O. frit</i>)	Peu d'attaques signalées en 2005. La protection contre ces ravageurs est rarement justifiée.
Les tipules : - la tipule des prairies (<i>Tipula paludosa</i>) - la tipule des jardins ou tipule potagère (<i>Tipula oleracea</i>), - la tipule maculée (<i>Pales maculata</i>) - <i>Tipula pruinosa</i>	En 2005, les attaques ont été supérieures à celles des années précédentes en gazon sportif. <i>T. paludosa</i> est l'espèce principalement présente.
L'hépiale du houblon (<i>Hepialus humili</i>)	Peu d'attaque signalée Dessèchement du gazon par zone en été.
Les noctuelles terricoles ou « vers gris » : de nombreuses espèces dont <i>Agrotis segetum</i> , <i>Agrotis ipsilon</i> , <i>Cerapteryx graminis</i> , <i>Mesapamea secalis</i> , <i>Mythimna unipunctata</i>	Attaques signalées régulièrement en gazon sportif en 2005.

EFFICACITE DES NEMATODES SUR LES RAVAGEURS MAJEURS DES GAZONS

Les nématodes entomopathogènes disponibles sur le marché français sont connus pour être efficaces sur un certain nombre de ravageurs présents dans le sol des gazons. Cependant, **leur efficacité diffère selon l'espèce du ravageur rencontré, le stade de ce dernier et, comme mentionné précédemment la température du sol.** Ces différents facteurs doivent être pris en compte pour adopter la stratégie la plus adaptée à chaque ravageur.

LES TIPULES OU « COUSINS » (*TIPULA PALUDOSA* ET *TIPULA OLERACEA*)

Comme précisé au paragraphe précédent, plusieurs espèces de tipules sont présentes en France. Les deux espèces les plus courantes sont *Tipula oleracea* et *Tipula paludosa*. *T. oleracea* a deux générations par an avec une première émergence au printemps (mars-avril) **et une seconde à l'automne.** *T. paludosa* n'a qu'une génération par an et l'émergence est observée à partir de juillet-août avec un maximum en septembre et prolongations possibles en octobre quand le climat et la région s'y prêtent.

Les adultes émergents du sol s'accouplent et pondent jusqu'à 300 œufs dans l'humus avant de mourir. Les œufs éclosent dans les 2 semaines qui suivent et les larves (quelques fois appelées par erreur « vers gris ») connaissent quatre stades de croissance. Elles hivernent durant le troisième stade et vivent le quatrième au printemps. Ce sont les larves qui **produisent des dégâts essentiellement à l'automne mais qui se poursuivent aussi en mars-avril avec des larves plus voraces (car plus grosses).** Elles sont cependant un peu moins nombreuses car la mortalité hivernale peut atteindre 50 à 70 % à la surface du sol (Jérôme Jullien, 2005). Les larves sont différenciables des vers blancs car elles sont apodes.

Les nématodes entomopathogènes ont une action uniquement sur larves de tipules. Deux nématodes, *Steinernema feltiae* et *Steinernema carpocapsae*, ont été étudiés sur *Tipula paludosa* par Oestergaard en Allemagne (Oestergaard *et al*, in press).

En laboratoire, il est montré qu'à 15°C, pour une même concentration de nématodes introduite, *S. carpocapsae* permettait une mortalité supérieure à *S. feltiae* sur larves L1 de tipules (75 % de mortalité contre 40 %). Sur stades L4 de tipules, les deux espèces de nématodes ne permettaient pas d'atteindre une mortalité supérieure à 30 % même pour des concentrations de nématodes supérieures à celles introduites sur stades L1. D'autre part, *S. carpocapsae* ne doit pas être utilisé à une température inférieure à 12°C. *S. feltiae* quant à lui, montre une efficacité à 8°C mais l'efficacité sur tipules reste faible comparée à celle observée avec *S. carpocapsae* à des températures supérieures. *S. carpocapsae* semble donc être le nématode le plus adapté à une lutte contre les tipules à condition d'avoir une température du sol d'au moins 12°C et la présence de stades L1-L2 de tipules.

Lors des essais au champ, menés à l'automne par Oestergaard (Tableau IV), les conditions de températures du sol dans le nord de l'Allemagne ces quatre dernières années ont montré que la lutte contre *T. paludosa* avec *S. carpocapsae* est possible lorsque les larves L1 sont présentes. La faisabilité de cette approche est confirmée par une efficacité de 82 % enregistrée sur les larves L1 et L2 avec des applications de *S. carpocapsae* le 5 Octobre. Bien que la température moyenne durant cet essai était de 10°C, la température moyenne pendant les deux premiers jours était à 12°C et semblait suffisamment haute (Tableau IV) .

Les deux espèces de tipules citées ci-dessus sont majoritairement présentes en France ; la période de l'année qui coïncide le mieux avec leur cycle réciproque va de fin août à fin septembre. En effet, à cette période, l'émergence des adultes des deux espèces est observée. Elle dure de 2 à 4 semaines suivant les régions. Afin d'avoir présence de larves L1 de tipules, l'application du nématode, *Steinernema carpocapsae*, doit donc se réaliser environ deux semaines après les premières éclosions d'adultes, tout en veillant à ce que la température du sol soit supérieure à 12°C (optimum à partir de 15°C).

Tableau IV : Résultats des essais au champ avec *Steinernema feltiae* et *S. carpocapsae* contre *Tipula paludosa* (Oestergaard *et al.* in press)

Essai n°	Site	Date du traitement	Observations (jours après l'application)	Température moyenne (variation) (°C)	Espèces	Stade larvaire	Nombre moyen de larves/m ²				% Efficacité
							Avant traitement		Après traitement		
							Témoin	Traitement	Témoin	Traitement	
1	Guby	19/09/02	28	10 (1-21)	S.f.	L1+L2	-	-	331	378	0
1	Guby	19/09/02 ^a	28	10 (1-21)	S.f.	L1+L2	-	-	331	289	13
2	Stadum	06/11/03	28	6 (0-10)	S.f.	L2+L3	-	-	272	228	16
3	Lelystad	04/11/04	25	6 (1-10)	S.f.	L2+L3	215	162	107	123	0
5	Aukrug	05/10/05	28	10 (3-18)	S.c.	L1+L2	-	-	172	31	82 ^b
6	Aukrug	05/10/05	28	10 (3-18)	S.c.	L1+L2	-	-	85	21	75
8	Aukrug	05/11/05	26	4 (1-11)	S.c.	L2+L3	216	220	193	238	0

Dose employée pour tous les essais présentés : $0,5 \cdot 10^6$ larves infestantes /m²S.f. = *S. feltiae* et S.c. = *S. carpocapsae* (All).^a Appliqué une deuxième fois le 03/10/02 avec le même dosage.^b Différence significative avec le témoin non traité (ANOVA, Fisher LSD)

LES HANNETONS

Les larves de l'ensemble des hannetons rencontrés sur le terrain sont appelées « Vers blancs ». La détermination des espèces des individus rencontrés est primordiale car elles se ressemblent beaucoup entre elles et l'efficacité des nématodes n'est pas la même sur toutes.

Hanneton des jardins (*Phyllopertha horticola*)

Ce ravageur des gazons n'est que très faiblement présent en France. Cependant, l'efficacité de *Heterorhabditis bacteriophora* sur cette espèce est largement connue.

L'adulte de *Phyllopertha horticola* apparaît en mai-juin. Il se nourrit de feuilles d'arbres divers mais les dégâts sont généralement négligeables. L'adulte vit trois à quatre semaines pendant lesquelles on peut distinguer trois périodes : une phase de vie souterraine qui dure environ une semaine, une phase d'activité épigée (une semaine) et une période de ponte (une semaine). Lors de la ponte (en juin), les œufs sont déposés dans le sol des jardins et des surfaces engazonnées à une profondeur variant de 5 à 20 cm. Les éclosions se produisent vers juillet et les larves s'alimentent aux dépens des racines pendant 3 à 4 mois puis hivernent. Il existe 3 stades larvaires qui durent approximativement 3 à 4 semaines pour les deux premiers et 8 mois pour le troisième. Ce dernier est beaucoup plus long que les deux autres parce qu'il comprend la période d'hivernation. La descente larvaire, en vue de l'hivernation, commence vers la mi-octobre et se termine en fin novembre. C'est donc avant cette période qu'il faudra agir avec les nématodes, car sinon, il y a un risque d'avoir des larves trop âgées et trop profondes ne permettant pas une bonne action des auxiliaires.

Parmi les nématodes commercialisés, *Heterorhabditis bacteriophora* est celui qui offre la meilleure efficacité. Smits en 1999, a conduit un essai au champ où il montre une efficacité sur *P. horticola* supérieure à 90 % lorsque qu'*H. bacteriophora* est appliqué sur les stades L2 (20 Juillet) ou L3 (10 août). De nombreux essais ont également été conduits en Allemagne depuis une dizaine d'années, tout d'abord en laboratoire puis sur terrain de golf (Ehlers, in press). Plusieurs doses et plusieurs époques de traitement ont été testées. Les résultats obtenus montrent que les traitements doivent être appliqués de juillet à septembre lorsque les larves sont dans les couches supérieures du sol. Il semble que juillet et août soient des mois plus adaptés car les larves sont plus jeunes (stades L2 et L3) durant cette période et donc plus sensibles. En effet, des essais menés en 2003, ont montré une efficacité de 60 % pour une application du 10 septembre, alors que l'efficacité était de 88 % pour une application au 18 juillet. Ainsi, l'efficacité maximale est observée six ou huit semaines après l'application et peut atteindre suivant les situations un taux supérieur à 90 % six semaines après l'application (Ehlers, in press). Les essais réalisés en Allemagne viennent donc confirmer ceux de Smits.

Le hanneton commun (*Melolontha melolontha*)

Les hannetons adultes sont consommateurs de feuilles d'arbres forestiers et fruitiers. Les larves sont très polyphages ; elles s'attaquent aux racines de nombreuses cultures. Les adultes apparaissent en avril-mai. Les femelles déposent environ 20 œufs dans un sol meuble, entre 10 et 15 cm de profondeur. L'évolution embryonnaire dure 4 à 6 semaines. Dès sa naissance, fin juin-courant juillet, la jeune larve commence à ronger les radicelles. A l'approche des premiers froids, elle s'enfonce dans le sous sol et entre en hibernation. La deuxième année, elle remonte vers la surface à partir de la mi-avril et reprend son alimentation ; elle est alors très vorace. En octobre, elle commence la deuxième période d'hivernation en profondeur. En troisième année, le ver blanc reprend son activité alimentaire près de la surface jusqu'en juillet puis s'enfonce dans le sol et se nymphose. La nymphe est

dans une logette à 30-40 cm. Les adultes sont formés en août et restent inactifs jusqu'au printemps suivant.

Heterorhabditis bacteriophora est le nématode le plus adapté au hanneton commun (*Melolontha melolontha*) mais il ne présente pas une aussi bonne efficacité que sur le hanneton des jardins (*Phyllopertha horticola*). Néanmoins, des essais menés en Hollande par DLV Adviesgroep nv ont montré qu'en appliquant le nématode *Heterorhabditis bacteriophora* sur les jeunes stades larvaires L1/L2 de *Melolontha melolontha* plusieurs années de suite, une nette réduction des populations est observée. Ces applications doivent être effectuées en août ou septembre avant que les jeunes larves s'enfoncent dans le sol. Ces applications sont notamment nécessaires lorsque des adultes ont été observés au printemps ou début d'été.

L'hoplie floricole (*Hoplia philanthus*)

Le cycle se déroule sur deux ans. Les adultes émergent à la fin juin, volent et pondent leurs œufs les jours les plus chauds d'été. Après quatre semaines, les larves éclosent et se nourrissent de septembre à novembre. Elles passent l'hiver profondément enfouies dans le sol et se nourrissent de nouveau de février à novembre. La pupaison se fait au printemps de la troisième année et dure environ quatre semaines. Ce hanneton n'est cité que sporadiquement comme ravageur en Allemagne et en Hollande mais il est considéré comme le ravageur le plus sérieux en Belgique depuis 2001. On le retrouve également en France.

Heterorhabditis bacteriophora est le nématode qui donne les meilleurs résultats en laboratoire. Néanmoins, *H. philanthus* est plus difficile à maîtriser que *Phyllopertha horticola* et l'efficacité du nématode est moindre. Les premiers essais conduits sur ce ravageur montre qu'il pourrait être appliqué sur stade larvaire L2/L3 durant la deuxième année lorsque la température du sol est supérieure à 12°C et quand les larves remontent vers les racines (Ansari *et al* , in press ; Ehlers, in press). La période d'application peut donc aller de mai à septembre. Des essais complémentaires appliqués au champ devront être réalisés pour affiner cette stratégie.

Le gros hanneton de la St Jean (*Amphimallon solstitiale*), le petit hanneton de la St Jean (*Rhizotroqus aestivus*), les petits hannetons (*Amphimallon majalis*, *Serica brunnea*)

Des essais ont été menés sur ces ravageurs mais aucun nématode n'a montré une efficacité suffisante méritant d'être détaillée ici.

LES NOCTUELLES TERRICOLES OU « VERS GRIS »

Les « vers gris » sont les chenilles de plusieurs espèces de papillons de nuit de la famille des noctuidés. Les femelles papillons pondent près du sol, à la base des tiges et sur les feuilles basses du gazon. Les larves sont gris sale à brun gris et s'enroulent en spirale lorsqu'elles sont dérangées. On voit peu les vers gris le jour car ils se cachent dans le sol à un ou deux centimètres sous la surface. Les chenilles attaquent durant la nuit les collets, les feuilles et les tiges des graminées. Elles provoquent des décolorations par plaques, voire même destruction du gazon. Le jour, elles se retrouvent souvent dans les trous laissés par les aérateurs mécaniques dans les gazons. Très appréciés des corbeaux, des sangliers, la présence de vers gris peut être à l'origine des dégâts d'animaux.

Parmi les noctuelles terricoles, *Agrotis segetum* et *Agrotis ipsilon* sont les plus connues. Une à deux générations par an sont observées pour ces deux espèces en France. Les adultes apparaissent de mars à mai suivant l'espèce et la région. Les chenilles sont présentes en juin-juillet dans les gazons.

Les « vers gris » sont très sensibles à un grand nombre d'espèces et de souche de nématodes entomopathogènes (Morris et Converse, 1991). En 1994, Buhler et Gibb suivent un essai au champ avec deux nématodes *Steinernema carpocapsae* et *Steinernema glaseri* sur *Agrotis ipsilon*. Un jour après l'application des nématodes, la mortalité des chenilles terricoles provoquée par *S. carpocapsae* est supérieure à 90 % et est significativement supérieure à *S. glaseri* dont la mortalité atteint environ 70 %. *S. carpocapsae* est donc le nématode auxiliaire le plus adapté à ce type de ravageur. Au vu du cycle des deux chenilles terricoles principales, les applications se feront essentiellement de mai à juillet sur jeunes chenilles.

EFFICACITE DES NEMATODES SUR LES AUTRES RAVAGEURS

Les travaux effectués, sur la lutte contre les ravageurs des gazons autres que les tipules, les vers bancs et les vers gris, sont moins nombreux et moins détaillés. Néanmoins, une firme productrice d'auxiliaires précise que *Steinernema carpocapsae* peut être employé sur les adultes de courtilières pour des applications de mars à juin et *Steinernema feltiae* contre les bibions.

De plus, de nombreux travaux (Chen *et al*, 2003 ; Pruski *et al*, 2001) ont été menés avec différentes espèces de nématodes non pas sur *Delia platura* mais sur *Delia radicum*. Tout laisse à penser que ces travaux sont extrapolables sur *Delia platura* et donc *S. carpocapsae* et *S. feltiae* pourraient être utilisés pour la lutte contre ce ravageur.

Certaines de ces efficacités demandent à être confirmées mais il est clair que des pistes peuvent être exploitées.

PERSPECTIVES

Comme le montre le Tableau V, une même espèce de nématodes peut être utilisée sur plusieurs ravageurs présents dans les gazons. C'est le cas de *Steinernema carpocapsae* qui peut être employé contre les tipules et les noctuelles et de *Heterorhabditis bacteriophora* contre *Phyllopertha horticola*, *Melolontha melolontha* et *Hoplia philanthus*. Dans certains cas, une seule application permettra de lutter contre deux ravageurs.

Tableau V : Période d'utilisation des différents nématodes contre les ravageurs principaux des gazons (Indications à adapter suivant les situations)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
<i>Tipula paludosa</i>					S.c.	S.c.
<i>Tipula oleracea</i>						
<i>Phyllopertha horticola</i>			H.b.	H.b.	H.b.	
<i>Melolontha melolontha</i>				H.b.	H.b.	
<i>Hoplia philanthus</i>	H.b.	H.b.	H.b.	H.b.	H.b.	
<i>Agrotis segetum</i>	S.c.	S.c.	S.c.			
<i>Agrotis ipsilon</i>						

S.c. = *S. carpocapsae* ; H.b. = *Heterorhabditis bacteriophora*

Contre le nouveau ravageur des gazons en France, *Sphenophorus striatopunctatus*, tout laisse à penser que les nématodes *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora* sont efficaces. En effet, des essais ont été réalisés aux Etats-Unis avec ces deux nématodes sur une espèce voisine *Sphenophorus parvulus*. Des efficacités autour de 75 % ont été démontrées (Georgis *et al*, 1994). Des travaux pourraient être mis en place en France dans les prochaines années afin de tester l'efficacité de ces nématodes sur ce nouveau ravageur découvert dans le sud de la France.

Enfin, il est important de savoir que les nématodes sont employés de façon courante dans certains pays sur des organismes actuellement de quarantaine sur les listes de l'OEPP (Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes). Ceci est le cas entre autres, de *Popillia japonica* ou « hanneton japonais » contre lequel les nématodes entomopathogènes ont été utilisés pour la première fois au début des années 30. Actuellement, *Heterorhabditis bacteriophora* est utilisé au Canada et aux Etats-Unis avec succès.

CONCLUSION

Les nématodes sont des auxiliaires aujourd'hui mal connus dans le monde des gazons, mais ce sont des organismes qui présentent une alternative efficace et intéressante dans la lutte contre les ravageurs présents dans le sol des gazons en France.

Actuellement les golfs, terrains de sports et pelouses d'agrément utilisent les moyens chimiques mis à leur disposition, mais les substances actives sont très limitées. C'est pourquoi une bonne connaissance des nouvelles méthodes alternatives mises à leur disposition est importante.

Les nématodes présentent de nombreux avantages. Ils peuvent agir sur un large spectre d'hôtes, ils sont sans risque pour les vertébrés, les plantes, l'Environnement et l'utilisateur. Leur utilisation est facile car le matériel classique habituel peut être employé pour leur application.

Enfin, les sociétés productrices de ces nématodes travaillent activement pour trouver de nouvelles espèces pouvant être utilisées sur notre territoire et permettant une bonne efficacité sur les ravageurs non couverts par les nématodes actuellement sur le marché.

BIBLIOGRAPHIE

- Buhler W.G., Gibb T.J., 1994** – Persistence of *Steinernema carpocapsae* and *S. glaseri* (Rhabditida : Steinernematidae) as Measured by Their Control of Black Cutworm (Lepidoptera : noctuidae) Larvae in Bentgrass. *Journal of Economic Entomology*, 87, 3, 638-642.
- Chapin E., Germain J.F., 2005** - Un nouveau ravageur des gazons en France. *PHM-Revue Horticole*, 474, 40-43.
- Chen S., Li J., Han X., Moens M., 2003** – Effect of temperature on the pathogenicity of entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *heterorhabditis* spp.) to *Delia radicum*. *BioControl*, 48, 713-724.
- Dours O., Chauvel G., 2006** - Situation phytosanitaire 2005 des gazons à vocation sportive. *PHM-Revue Horticole*, 479, 48-52.
- Georgis R., George O., Poinar J.R., 1994** – Nematodes as bioinsecticides in turf and ornamentals. Hand book of integrated pest management for turf and ornamentals, Ed. Lewis Publishers, 477-490
- Jullien J., 2005** - Insectes nuisibles aux gazons : Raisonner la lutte. *PHM-Revue Horticole (Supplément Espaces verts)*, 466, 18-22
- Morris O.N., Converse V., 1991** – Effectiveness of steinernematid and heterorhabditis nematodes against noctuid, pyralid, geometrid species in soil. *Can.Entomol.*, 123, 55-61
- Oestergaard J., Belau C., Strauch O., Ester A., Van Rozen K., Ehlers R.-U., in press** – Biological control of *Tipula paludosa* (Diptera:Nematocera) using entomopathogenic nematodes (*Steinernema* spp.) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Biological Control* (2006), doi :10.101016/j.biocontrol.2006.07.003
- Pruski K.W., Choban B., Ampong-Nyorka K., 2001** – Integrated Pest Management Approach for Control of Root Maggot, *Delia radicum* (L) in Cabbage Crops in Alberta, Final Report, 44 p.

Smits P.H., 1999 – Field-efficacy of an early and late application of *Heterorhabditis bacteriophora* against the garden chafer (*Phyllopertha horticola*) in turf. 9 p.

Les deux publications suivantes non pas encore été publiées. La source est le site Internet :
<http://www.cost850.ch>.

Ansari M.A., Tirry L., Moens M., in press - Biological control of *Hoplia philanthus* (Coleoptera: Scarabaeidae) with entomopathogenic nematodes and fungi
http://www.cost850.ch/publications/20040502_merelbeke/2Merelbeke-Ansari.pdf

Ehlers R.-U., in press – Ten years of field work *Heterorhabditis bacteriophora* to control grubs of the garden chafer in germany: from research to commercial application.
www.cost850.ch/publications/20040502_merelbeke/1Merelbeke-ehlers.pdf
http://www.cost850.ch/meetings/download/20040502_programme.pdf