

Utilisation des nématodes entomopathogènes (*Heterorhabditidae* et *Steinernematidae*) sur gazon et palmiers.

1. Les Nématodes entomopathogènes :

Découverts au XVIIème siècle, les nématodes parasites d'insectes (N.P.I.) n'ont suscité un intérêt que depuis une soixantaine d'années, lorsque les chercheurs ont commencé à envisager l'utilisation de ces entomoparasites en lutte biologique. Il faudra encore attendre jusqu'aux années soixante-dix pour que les recherches prennent une réelle importance. Les premiers succès ont été obtenus dans les années 1980 avec la lutte contre plusieurs insectes, notamment les Charançons (BEDDING & MILLER, 1981). Les nématodes appartenant à la classe des Adenophorea sont libres dans le sol au stade infestant. Les nématodes appartenant à la classe des Secernentea vivent dans des habitats très variés et peuvent être parasites de plantes, d'invertébrés ou de vertébrés.

Les deux types de bactéries symbiotiques (*Xenorhabdus* et *Photorhabdus*) rencontrées chez les nématodes entomopathogènes provoquent une coloration différente chez les insectes infestés selon l'espèce de nématode (rouge foncé chez les *Heterorhabditidae*, brun-jaune chez les *Steinernematidae*). Il existe une grande diversité dans la taille des nématodes parasites d'insectes, leur forme, leur hôte ou les relations avec leur hôte. De même, les effets du parasitisme sont très variables, allant de troubles bénins à la mort très rapide de l'insecte. Des effets intermédiaires sont également observés, comme la stérilité, la baisse de fécondité, les perturbations du développement ou encore les aberrations de comportement.

Ce sont les familles des *Steinernematidae* et des *Heterorhabditidae* qui paraissent aujourd'hui les plus exploitables en lutte biologique. Elles peuvent infester une large gamme d'insectes et quelques autres Arthropodes mais présentent l'avantage de ne s'attaquer ni aux mammifères ni aux végétaux. La mort de l'hôte infesté survient très rapidement, un à deux jours après l'infestation.

Les utilisations des nématodes entomopathogènes les plus connues historiquement (cf. Fig. 1) 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*.

Mais l'utilisation de ces auxiliaires s'est répandue notamment dans le secteur des Zones Non Agricoles : en gazon vis-à-vis des tipules, hannetons et noctuelles terricoles ; sur palmier vis-à-vis de 2 ravageurs majeurs que sont le papillon du palmier (*Paysandisia archon*) et le charançon rouge du palmier (*Rynchophorus ferrugineus*). Des usages en forêt vis-vis de l'hylobe notamment ont été travaillés dans les pays du Nord de l'Europe tel que l'Ecosse.

Fig. 1-Nématodes utilisés actuellement en lutte biologique

Nématodes	Cibles principales	Température conseillée
<i>Steinernema feltiae</i>	Mouches des terreaux (sciarides), thrips	8-30°C
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Tipules, chenilles terricoles, pyrales, papillon du palmier, charançon rouge du palmier	14-35°C
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Otiorhynque, Hanneton horticole	14-35°C

Ces nématodes entomopathogènes qui peuvent être appliqués dans le cadre d'une stratégie de lutte sont présents naturellement dans les sols. Dans sa récente publication, Alumai (2006) rapporte la présence naturelle et l'abondance des nématodes entomopathogènes indigènes dans les gazons en fonction des zones, de la structure du sol et de la conduite phytosanitaire menée. Les espèces Heterorhabditidae et Steinernematidae y sont retrouvées en proportion équivalente. De manière générale, l'abondance des nématodes est déterminée par des facteurs tels que : le taux de matière organique, de sable, de phosphore et de magnésium. Ainsi, plus la fertilisation sur les gazons est importante moins les nématodes sont présents et leur virulence en est diminuée aussi.

2. Efficacité des nématodes :

a) Sur les ravageurs du gazon et palmier

- Les hannetons

Hanneton des jardins (*Phyllopertha horticola*)

<i>Phyllopertha horticola</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
adultes												
larves (L1-L2)												
larves (L2-L3)												
L3-descente larvaire												
œufs (5-20cm de profondeur)												
dégâts							dégâts sur racines					

période optimale d'application des nématodes
 application des nématodes possible

Ce ravageur des gazons n'est que très faiblement présent en France. Cependant, l'efficacité de *Heterorhabditis bacteriophora* sur cette espèce est largement connue (Mireille Piron ; 2006).

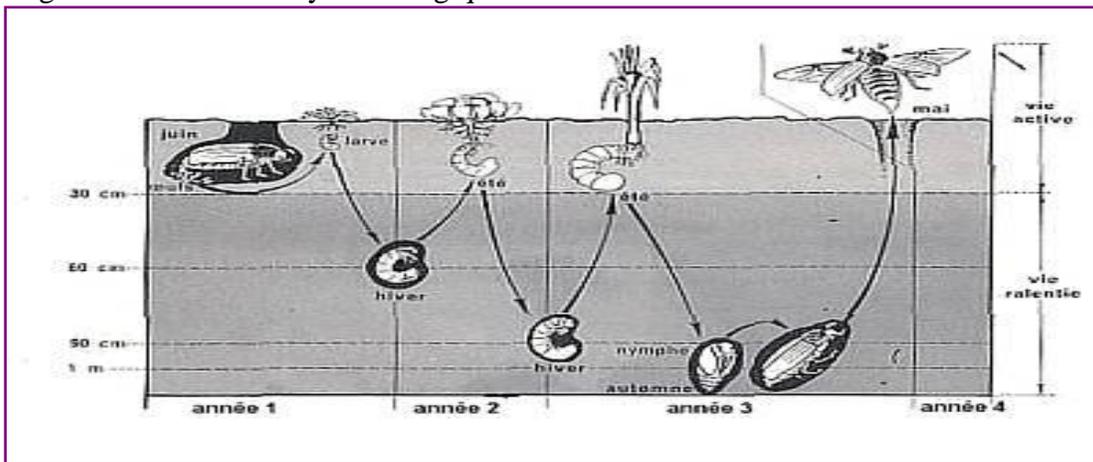
La descente larvaire, en vue de l'hivernation, commence vers la mi-octobre et se termine en fin novembre. C'est donc avant cette période qu'il faudra agir avec les nématodes, car sinon, il y a un risque d'avoir des larves trop âgées et trop profondes ne permettant pas une bonne action des auxiliaires.

Parmi les nématodes commercialisés en France, *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, 1998 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**. En effet, 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. 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, 1998 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. Le cycle biologique du hanneton commun s'étale sur 4 ans (cf. Fig 2 et3).

Fig. 2- Illustration du cycle biologique du hanneton commun *Melolontha melolontha*



L'hoplie floricole (*Hoplia philanthus*)

Le cycle se déroule sur deux ans (cf. Fig. 4). 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.

Fig. 4. Illustration du cycle biologique de l'Hoplie floricole *Hoplia philanthus*

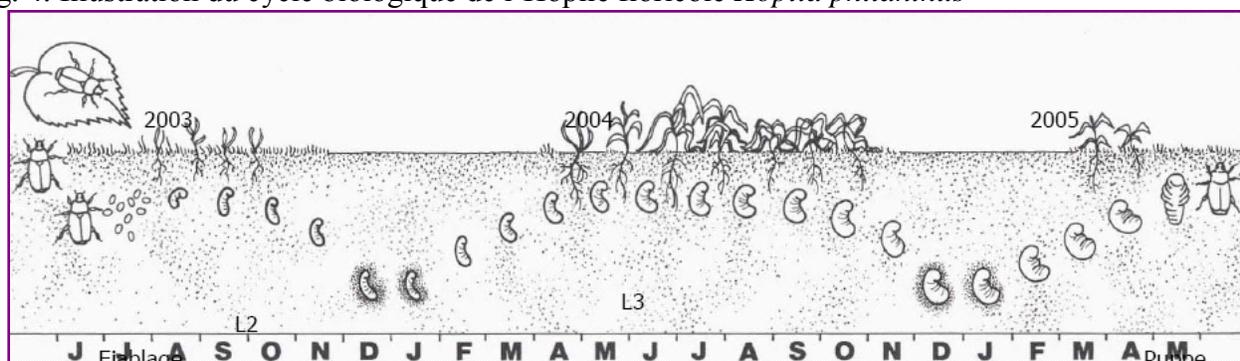


Fig. 5- Schéma simplifié du cycle biologique de l'Hoplie floricole *Hoplia philanthus* et utilisation des nématodes

	Année 1											
<i>Hoplia philanthus</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
adultes												
larves L1-L2												
descente larvaire												
œufs												
dégâts									dégâts sur racines			
	Année 2											
<i>Hoplia philanthus</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
adultes												
larves L2-L3												
descente larvaire												
dégâts		dégâts sur racines										
		période optimale d'application des nématodes										
		application des nématodes possible										

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 montrent qu'il pourrait être

appliqué sur stade larvaire L2/L3 durant la deuxième année lorsque la température du sol est supérieure à 12°C, l'humidité du sol correcte, 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 mais des études révèlent que l'on peut atteindre 60% de mortalité avec des traitements en Juillet sur 3^o stade larvaire à 0.25 millions/m² (A. Peters, 2005).

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

Le cycle biologique du gros hanneton de la St Jean est similaire à celui de l'Hoplie horticole. Les larves de ce ravageur ne sont cependant pas très sensibles aux nématodes (Smits, 1990). Néanmoins l'application de *H. bacteriophora* sur 1^{er} stade larvaire a donné de bons résultats. 2 applications peuvent être nécessaires si l'émergence des larves n'est pas homogène (A. Peters, 2005).

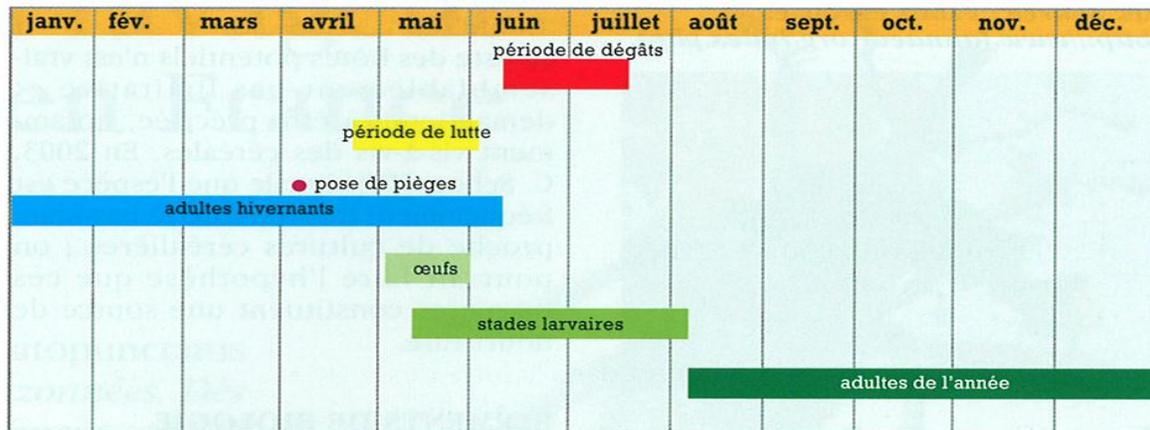
Concernant les autres ravageurs, des essais ont été menés mais aucun nématode n'a montré une efficacité suffisante méritant d'être détaillée ici.

- Les charançons

Le charançon *Sphenophorus striatopunctatus*

Ce nouveau ravageur des gazons signalés en 2004 et 2005 en France (Alpes Maritimes), est impliqué dans le dépérissement des zones enherbées des golfs et terrains de sport. Un modèle basé sur les degrés jours permet de prédire selon les données climatiques l'entrée en activité des adultes et donc pas là même la présence de larves dans le sol. Elle se situe entre mai et début Juillet (cf Fig. 6).

Fig. 6-Schéma du cycle biologique simplifié de *Sphenophorus striatopunctatus*, période des dégâts et stratégie de lutte préventive envisageable (source : PHM, n°474 ; nov 2005).



Des essais réalisés aux Etats-Unis avec *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora* sur une espèce voisine *Sphenophorus parvulus* ont montré des efficacités autour de 78% pour *S. carpocapsae* et 74 % pour *H. bacteriophora* (Georgis *et al*, 1994). **Pour une efficacité optimale ces solutions nécessitent un sol humide (pendant 2 semaines), des températures de sol comprises entre 15 et 26°C, et être appliquées impérativement le matin ou en soirée.**

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.

Le charançon rouge du palmier (*Rhynchophorus ferrugineus*)

Rhynchophorus ferrugineus est un coléoptère originaire des zones tropicales du Sud-Est asiatique qui s'attaque aux cocotiers, *Cocos nucifera*. C'est en 1995 qu'il fût décrit pour la première fois en Europe, sur le littoral de la province de Grenade (Espagne), où il attaque les *Phoenix dactylifera* et *P. canariensis*. C'est par l'importation continue de palmiers à des fins ornementales que l'expansion de ce ravageur a continué en Espagne. Détecté en France depuis 2006, le charançon rouge du palmier ne cesse sa progression sur le territoire et les larves destructrices creusent des galeries dans les stipes des végétaux, entraînant leur mort.

Organisme de quarantaine au niveau européen, il est soumis à la lutte obligatoire et déclaration de foyers auprès des services des S.R.A.L. L'arrêté du 21 juillet 2010 paru au Journal Officiel donne les directives à suivre en terme de moyens de lutte. Voir <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AGRG1019588A.pdf>
Dans l'arrêté il est fait état des différents moyens de lutte existants pour combattre le charançon rouge du palmier. Depuis 2010, de nombreuses collectivités, des particuliers utilisent les nématodes entomopathogènes en préventif dans les zones sensibles et atteintes après éradication des sujets infestés repérés. En effet, les nématodes tuent les larves par infestation¹.

Par ailleurs, lors du colloque de janvier 2013 à Nice, consacré aux ravageurs des palmiers, de nombreuses communications et des témoignages ont montré l'impact positif que pouvait avoir les applications de nématodes sur les populations de charançon rouge du palmier. Mais la prophylaxie est le point fort à mettre en œuvre, car c'est à partir de la détection précoce des palmiers infestés, que la gestion du ravageur peut être élaborée. En conséquence, il est essentiel de rappeler que c'est l'ensemble des moyens de lutte disponible qui garantit une protection optimale. Dans un article de la revue PHYTOMA n°665, du mois de juillet 2013, le témoignage de la commune de Valence en est le reflet (Santiago Uribarrena Bollain).

¹ Pour plus d'informations : voir fiches préconisations:

[Fiche PALMATRAP KOPPERT](#)

[Fiche PALMANEM KOPPERT](#)

- Les papillons

La papillon palmivore (*Paysandisia archon*)

Le papillon palmivore est un papillon néotropical (originaire d'Argentine) détecté officiellement en France en 2001, la larve occasionne des dégâts en creusant des galeries dans les stipes des palmiers. Des essais conduits en laboratoire, en conditions contrôlées et in situ sur *Chamaerops humilis*, *Phoenix canariensis* et *Trachycarpus fortunei* dans le Sud Est de la France, ont montré l'efficacité des nématodes entomopathogènes en préventif et curatif léger vis-à-vis des larves de ce ravageur (Soto Sanchez 2007 ; André et al 2009 ; Ricci et al 2009 ; André et Chapin, 2010).ci dessous le lien sur le descriptif du projet Paysarch dont Plante et Cité était le coordinateur qui décrit plus en détail les expérimentations menées.

[Projet Paysarch](#)

[Plante et Cité : Paysarch - Etude de l'efficacité de l'utilisation de spécialités commerciales à base de nématodes *Steinernema carpocapsae* contre le papillon palmivore \(*Paysandisia archon*\) -...](#)

En conclusion : des applications de printemps et d'automne permettent de couvrir tout la période d'activité de ces insectes. Il est indispensable de couvrir la période automnale afin d'éviter aux jeunes larves de fin d'été de pouvoir se maintenir pour le printemps suivant.

Les noctuelles terricoles

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 terricoles.**

- Les tipules

Les deux espèces le plus courantes sont *Tipula oleracea* et *Tipula paludosa*. *T. oleracea* ont 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 prolongation possible 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, 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.

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 (cf. Fig. 7). 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 de tipules, tout en veillant à ce que la température du sol soit supérieure à 12°C (optimum à partir de 15°C).**

Fig. 7-Schéma du cycle biologique des tipules et utilisation des nématodes

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Tipula paludosa</i> Meigen ou Tipule européenne	vol								↔				
	présence de larves L1 cibles pour <i>S. carpocapsae</i>												
<i>Tipula oleracea</i> Linneaus ou Tipule des marais	vol			↔							↔		
	présence de larves L1 cibles pour <i>S. carpocapsae</i>												
fenêtre d'application des nématodes entomopathogènes													

Conclusion

Les nématodes ne rentrent pas dans le champ d'application du règlement (CE) 1107/2009 et ne sont donc pas soumis à l'homologation. Ils font partie intégrante des moyens alternatifs complémentaires à prendre en compte dans les stratégies mises en œuvre d'une protection intégrée respectueuse de l'environnement. Par leur utilisation ils permettent à la réduction des IFT (indicateur de fréquence de traitement).

La gamme des nématodes entomopathogènes proposée aujourd'hui en France permet donc d'apporter une solution à une majorité de ravageurs présents sur gazons comme indiqué dans le tableau ci-dessous et sur palmier (voir lien fiche Palmanem).

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Tipula paludosa</i> <i>Tipula oleracea</i>			<i>S.c.</i>				<i>S.c.</i> <i>S.c.</i>	<i>S.c.</i> <i>S.c.</i>	
<i>Phyllopertha horticola</i>					<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>		
<i>Melolontha melolontha</i>						<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>		
<i>Hoplia philanthis</i>			<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>	<i>H.b.</i>		
<i>Agrotis segetum</i> <i>Agrotis ipsilon</i>			<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>				
<i>Paysandisia archon</i>			<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>Suivant T°</i>	<i>Suivant T°</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>Suivant T°</i>
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>Suivant T°</i>	<i>Suivant T°</i>	<i>S.c.</i>	<i>S.c.</i>	<i>Suivant T°</i>

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