

**AFPP – 4<sup>e</sup> CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN  
DES JARDINS, ESPACES VÉGÉTALISÉS ET INFRASTRUCTURES  
TOULOUSE – 19 et 20 OCTOBRE 2016**

**METHODES ALTERNATIVES SUR GAZON POUR LA REDUCTION DES IFT**

T. VERFAILLE<sup>(1)</sup> ; O. DOURS<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> KOPPERT France, 14 rue de la Communauté - 44860 Pont Saint Martin - France ;  
tverfaille@koppert.fr

<sup>(2)</sup> Quartier La Lauze - Les Rhôdes - 07110 Largentière - France ; dours.ollivier0822@orange.fr

## **RÉSUMÉ**

La société Koppert, leader du biocontrôle, propose aujourd'hui un panel de solutions biologiques pour une gestion écologique des gazons de graminées à vocation sportive. En effet, des macro-organismes tels que les nématodes entomopathogènes ont démontré leur intérêt dans la gestion des ravageurs des gazons, notamment tipules et hannetons. Et depuis 2015, le Trianum, biofongicide préventif à base de *Trichoderma harzianum* souche T22, a obtenu une extension d'homologation sur gazons de graminées contre les agents pathogènes responsables de maladies. Ainsi, les gestionnaires ont aujourd'hui la possibilité d'adapter leurs stratégies de protection phytosanitaire en intégrant ces solutions de biocontrôle dans leurs itinéraires techniques afin de réduire les IFT.

Les résultats du test grande parcelle *Trichoderma*/Dollar Spot et de l'expérimentation nématodes/hannetons viendront illustrer et confirmer l'intérêt de ce couple de solutions et mettre en lumière l'importance des modalités d'application pour s'assurer d'un biocontrôle efficace de ces bioagresseurs.

Mots-clés : gazons, biocontrôle, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Trichoderma harzianum*, conditions et méthodes d'application.

## **ABSTRACT**

### **ALTERNATIVE TOOLS IN ORDER TO REDUCE CHEMICAL TREATMENTS IN TURF**

Koppert Biological Systems, market leader in biological crop protection and natural pollination, offers today several biological solutions for an ecological management of sports turfgrass. Indeed, macro-organisms such as entomopathogenic nematodes already showed their interest in white grubs and crane flies management. And from 2015, the preventive bio-fungicide Trianum (*Trichoderma harzianum* strain T22) got the registration for an official use in turfgrass against several diseases. So, nowadays, greenkeepers can adapt their phytosanitary standards by integrating biocontrol solutions in the final strategy in order to reduce chemicals uses.

Results from the trial with entomopathogenic nematodes against white grubs and the field trial with *Trichoderma harzianum* strain T22 against Dollar Spot will emphasize the interest of such biocontrol tools in turfgrass management and the significance of applications modalities in order to optimize the biocontrol of such pests.

Keywords: turf, biocontrol, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Trichoderma harzianum*, treatment conditions and methods.

## INTRODUCTION

Les gestionnaires de gazons de graminées à vocation sportive sont aujourd'hui confrontés à des freins et des impasses à la fois techniques et réglementaires (retrait de matières actives, réduction des intrants) dans la gestion de certains bioagresseurs (ravageurs et maladies). C'est pourquoi il paraît indispensable aujourd'hui d'identifier et d'intégrer des méthodes alternatives dans une stratégie globale de gestion de ces bioagresseurs. Dans ce cadre, les résultats d'essais de différents moyens de biocontrôle sont exposés dans cet article avec notamment une mise en exergue de l'intérêt des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les hannetons.

## BIOCONTROLE DES BIOAGRESSEURS SUR GAZONS DE GRAMINEES

### LE DOLLAR SPOT *SCLEROTINIA HOMEOCARPA*

#### TEST GRANDE PARCELLE A GERLAND - LA PLAINE - TERRAIN D'HONNEUR N°10

La plaine de Gerland représente de nombreux terrains d'entraînement et de jeu pour la pratique du football, et le gestionnaire a fait de la gestion raisonnée des gazons un objectif prioritaire. Concernant les maladies, la principale présente en période estivale sur Gerland est le dollar spot. L'efficacité du *Trichoderma harzianum* souche T22 sur *Sclerotinia homeocarpa*, qui affecte aussi bien les fairways que les greens et gazons à vocation sportive, devait être démontrée. Après plusieurs années de mise au point de méthode de lutte, Koppert a reçu une autorisation de mise sur le marché en France en 2015 pour le TRIANUM (*Trichoderma harzianum* souche T22) 2 formulations sont proposées : une formulation poudre mouillable (WG) et une formulation granulée (G) pour l'usage Gazons de graminées\*Trt Sol\*Champignons (pythiacées) et l'usage champignons autres que pythiacées. Le *Trichoderma harzianum* souche T22 s'installe sur les racines du gazon et occupe donc la rhizosphère, il permet de retarder l'application de fongicides pour le contrôle du dollar spot et donc de limiter le nombre d'applications. Sur le long terme, il devrait permettre de baisser peu à peu l'inoculum de *Sclerotinia homeocarpa* présent dans le sol.

Lutter contre le dollar spot, c'est d'abord de mettre en œuvre des opérations d'entretien pertinentes telles des interventions mécaniques, la gestion de l'arrosage, le plan de fertilisation ... pour en limiter la virulence. Les deux formulations ont un intérêt Trianium P en traitement d'entretien tous les mois à partir d'avril jusqu'en septembre – octobre et Trianium G à positionner lors des aérations-sablage. L'impact sur les pratiques est supportable si on optimise l'emploi de ces préparations en même temps que la fertilisation comme Proparva développé par Koppert ainsi que les aérations pratiquées en cours d'année.

Un gazon vigoureux est un gazon moins sensible aux attaques mais dans le cas du test effectué à Gerland, un seuil d'intervention ne dépassant pas les 8 taches/m<sup>2</sup> a été retenu. En cas de dépassement, la préparation microbiologique pourra être combinée avec un fongicide si besoin pour obtenir des résultats encore plus performants dans le cadre d'une lutte intégrée.

## LES HANNETONS

### Diversité, biologie, et dégâts

Les hannetons sont en recrudescence en France métropolitaine depuis les années 2000 sur différentes espèces végétales telles que les gazons de graminées (à vocation sportive ou non), en pépinières ornementales et forestières et sur des prairies à l'environnement boisé (DGAL-SDQPV, 2013). En terme d'occurrence des ravageurs nuisibles des gazons, les hannetons arrivent en 3<sup>ème</sup> position avec 33% d'occurrence derrière les tipules (86%) et les vers de terre (79%) mais devant les vers gris de noctuelles (31%) (Dours, 2011).

Il est important de mentionner ici la diversité d'espèces de hannetons pouvant être rencontrée. En effet, on retrouve par ordre d'importance le hanneton commun *Melolontha melolontha* L., le hanneton des jardins *Phyllopertha horticola* L. et dans une moindre mesure le hanneton de la Saint Jean *Amphimallon solstitiale* L. et *Anoxia villosa* F. D'autres espèces telles que le hanneton européen *Amphimallon majalis* R. et le hanneton d'été *Rhizotrogus aestivus* O. peuvent être rencontrées en zones urbaines (DGAL-SDQPV, 2013). Bien qu'ils aient une biologie comparable, le cycle de vie diverge selon les espèces de hannetons, pouvant s'étaler sur 1 an (ex : *A. majalis*, *P. horticola*), sur 2 ans (*A. solstitiale*) voire 3 ans (*M. melolontha*, *R. aestivus*). Le stade adulte comporte trois phases distinctes d'environ une semaine chacune : une phase souterraine, une phase d'activité épigée et une phase de ponte (Piron, 2006). Dans le cas des espèces à cycles pluriannuels, l'hivernation des vers blancs a lieu en profondeur, de mi-octobre à mars, et c'est au printemps que les larves remontent en surface pour s'alimenter et changer de stade.

Les dégâts engendrés, le plus souvent ponctuels et spectaculaires, sont observés en général de juillet à septembre et peuvent être de deux sortes : directs et indirects. En effet, les dégâts directs sont causés par les stades larvaires qui consomment directement le système racinaire induisant un dessèchement du végétal concerné. Dans le cas du gazon, l'ampleur des dégâts dépend de la population larvaire, de la vigueur de la plante et de la pluviométrie. Les dégâts secondaires, souvent les plus dommageables d'un point de vue esthétique et de la pratique du sport concerné, sont quant à eux occasionnés par les prédateurs naturels des larves de hannetons (oiseaux et sangliers) qui, en explorant le sol pour prélever les larves, détruisent totalement le gazon (cf photo 1 ci-dessous).

Figure 1 Dégâts indirects dûs aux prédateurs (oiseaux) de larves de hannetons et tipules.

Indirect damage in turf due to natural predators of white grubs and craneflies.



Des seuils de nuisibilité et donc d'intervention ont été établis sur différentes cultures, dont la variabilité dépend de la vigueur et de l'état hydrique du végétal, ainsi que de la fertilité des sols. Ainsi, ils peuvent passer de 4 à 5 larves/m<sup>2</sup> en pépinières et cultures légumières à une population comprise entre 20 et 50 larves/m<sup>2</sup> sur prairies. Dans le cas des golfs, deux seuils de nuisibilité sont considérés selon le type de surface : 25 larves/m<sup>2</sup> sur avant-green et 10 larves/m<sup>2</sup> sur greens, pouvant aussi varier selon les niveaux d'entretien exigés corrélés aux niveaux de jeu attendus.

#### Moyens de gestion des hannetons : vers une solution de biocontrôle

A ce jour, aucune matière active n'est homologuée en France contre les ravageurs du sol en gazons de graminées. Ainsi, les moyens de biocontrôle ont toute leur place dans la gestion de ce type de bioagresseurs. Parmi les nématodes commercialisés, *Heterorhabditis bacteriophora* est celui qui offre la meilleure efficacité (Piron, 2006).

Concernant le hanneton commun *Melolontha melolontha*, des essais menés en Hollande par DLV Adviesgroep nv ont montré une nette réduction des populations lorsque les applications de *Heterorhabditis bacteriophora* sont effectuées en août ou septembre sur jeunes stades larvaires (L1/L2), (avant que ces derniers ne s'enfoncent dans le sol) sur plusieurs années de suite. Ces applications sont notamment nécessaires lorsque des adultes sont observés au printemps ou en début d'été (Lascaux et al., 2013).

Quant à *Phyllopertha horticola*, une efficacité au champ de plus de 90% a été démontrée lorsque le traitement à base de *H. bacteriophora* est appliqué en juillet sur le 2<sup>ème</sup> stade larvaire ou en août sur le 3<sup>ème</sup> stade larvaire (Smits, 1999). De nombreux essais ont également été réalisés en Allemagne sur plusieurs années, tout d'abord *in vitro* en laboratoire puis *in situ* sur terrain de golf (Ehlers, in Piron, 2006). Plusieurs facteurs ont été étudiés (doses et période d'application) et les résultats ont permis de démontrer que les traitements doivent être appliqués lorsque les larves sont dans les couches supérieures du sol, de juillet à septembre. En effet, des essais menés en 2003, ont montré une efficacité de 88 % pour une application au 18 juillet contre 60 % pour une application au 10 septembre. Par ailleurs, l'efficacité maximale est observée six ou huit semaines après l'application, pouvant atteindre plus de 90%. Une autre étude (Sulistyanto et Ehlers, 1996) confirme l'intérêt de *H. bacteriophora* vis-à-vis de *P. horticola*, en présence d'*Aphodius contaminatus*, avec une efficacité allant de 65% à 83% selon la dose de nématodes appliquée (0.5 et 1.5 millions IJ/m<sup>2</sup> respectivement). L'application a été réalisée en juin et c'est le chevauchement des cycles de ces deux espèces de hannetons qui a permis aux nématodes de se maintenir dans le sol, en se multipliant consécutivement dans les hôtes présents. De plus, il est important de noter ici que la modalité *H. bacteriophora* est la seule modalité dont les parcelles élémentaires n'ont pas subi de dégâts par les corbeaux au printemps suivant.

Vis-à-vis de *Amphimallon solstitiale*, une efficacité maximum de 60% a été observée sur les stades L3 et nymphes suite à un traitement avec des nématodes de la famille Heterorhabditidae (Tomalak, 2004).

Enfin, *H. bacteriophora* a démontré une efficacité n'excédant pas 30% sur *Amphimallon majalis* selon les doses d'emploi (Simard et al., 2001 ; Koppenhöfer et al., 2004).

Au vu de la diversité d'espèces de hannetons caractérisés biologiquement par des cycles de vie différents, il paraît indispensable d'identifier clairement l'espèce afin de pouvoir positionner au mieux les traitements.

## Importance des conditions et méthodes d'application des solutions de biocontrôle

Comme souvent dans les stratégies de biocontrôle, les méthodes et conditions d'application sont primordiales pour s'assurer de la meilleure efficacité possible de ce type de solutions alternatives (micro- et macro-organismes). Au-delà du bon positionnement dans le temps du traitement vis-à-vis du cycle biologique du ravageur cible qui conditionne l'efficacité des nématodes, d'autres paramètres sont à considérer. Un certain nombre de pratiques culturales et de facteurs édapho-climatiques peuvent influencer sur le comportement, l'efficacité et la survie des nématodes entomopathogènes dans le sol (Alumai et al., 2006).

En effet, dans le cas des golfs, il a été démontré que la gestion différenciée de ces espaces avait une influence sur la présence naturelle et la persistance des nématodes entomopathogènes (*Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae* et *S. glaseri*), que l'on soit sur un système intensif (greens) ou un système plus extensif (rough). Ainsi, il existe une corrélation négative entre la présence et la survie des nématodes et un mode de gestion intensif des gazons (interventions mécaniques régulières, irrigation, intrants, etc), les trois espèces de nématodes précitées étant retrouvées sur 57% des roughs, 43% des fairways contre 0% sur greens. Par ailleurs, de nombreuses études ont mis en évidence l'impact négatif des applications de certains insecticides, fongicides et herbicides mais aussi de fertilisants sur les nématodes auxiliaires (Shapiro et al., 1996 ; Alumai and Grewal, 2004 ; Koppenhöfer and Grewal, 2005).

D'autres paramètres tels que la structure du sol (densité apparente, porosité), sa texture, l'humidité et le pH ainsi que le taux de matière organique entrent également en ligne de compte. Ainsi, l'occurrence des nématodes, leur capacité de déplacement, leur efficacité et leur persistance sont accrues dans des sols plutôt sableux, avec un pH bas et un taux de matière organique et une humidité élevés (Portillo-Aguillar et al., 1999 ; Alumai et al., 2006).

L'irrigation est également un paramètre important dont il faut tenir compte dans le cadre de traitements à base de nématodes entomopathogènes. En effet, des taux d'efficacité supérieurs à 80% sont régulièrement observés lorsque des arrosages pré- et post-traitement (dans les 24h suivants) sont déclenchés (Downing, 1994). Cependant, bien qu'une humidité importante du sol soit primordiale pour la survie et le déplacement des nématodes, elle peut être néfaste pour la virulence des nématodes lorsqu'elle est couplée à de fortes températures. A titre d'exemple, pour un sol donné avec un taux d'humidité de 15%, le taux de parasitisme des nématodes (les trois espèces précitées sur des larves de *G. mellonella*) après cinq semaines chute de 20% à 20°C contre 80% à 30°C (Grant and Villani, 2003). Néanmoins, cet essai a pu montrer que dans le cas de conditions desséchantes, la virulence des nématodes pouvait être restaurée en réhumidifiant le sol.

## **MATERIEL ET MÉTHODE**

### **PROTOCOLE DE L'ESSAI HANNETONS**

L'objectif de cet essai était d'évaluer l'efficacité d'une application de nématodes entomopathogènes *Heterorhabditis bacteriophora* avec et sans aération puis sablage sur des populations larvaires de hannetons sur gazon de graminées.

### Site d'essai

L'essai a été mis en place sur un fairway du golf de Chiberta (Anglet) le 24 septembre 2015. La parcelle de gazon considérée était constituée de ray-grass, fétuque et de pâturin annuel, d'une hauteur d'environ 1 à 2 cm, le tout sur un sol sableux sensible à la sécheresse, et présentait une infestation naturelle de larves de hannetons. Cette dernière a été estimée suite à un déplacement du gazon et à un dénombrement des populations de larves de hannetons présentes. Les populations naturelles du ravageur étaient de l'ordre de 24 larves/m<sup>2</sup>, seuil légèrement inférieur à celui envisagé initialement (25 larves/m<sup>2</sup>) pour valider la réalisation de l'essai.

Par ailleurs, une identification de l'espèce de hanneton présente a été effectuée en laboratoire (5 échantillons larvaires) et a permis de mettre en évidence que le type de hanneton présent sur la parcelle était le Hanneton Européen *Amphimallon majalis* (Coleoptera: Scarabaeidæ).

### Modalités étudiées

Trois modalités ont été mises en place :

- **TNT** : Témoin non traité ;
- **M2** : Application par pulvérisation de TROJAN H (*Heterorhabditis bacteriohora*) à la dose de 500 000 individus/m<sup>2</sup> ;
- **M3** : Application par pulvérisation de TROJAN H (*Heterorhabditis bacteriohora*) à la dose de 500 000 individus/m<sup>2</sup>, suivie d'une aération et d'un sablage.

Les nématodes étant sensibles aux rayonnements UV, le traitement a été réalisé dans la nuit du 24 au 25 septembre 2015. L'irrigation pré-traitement préconisée n'a pas été nécessaire étant donné que les arrosages et conditions climatiques des jours précédents le traitement ont permis d'atteindre un niveau d'humidité du sol satisfaisant et propice au bon développement des nématodes. Un arrosage de 4mm a cependant été effectué dans la demi-heure suivant le traitement afin de permettre aux nématodes de traverser le feutre et d'atteindre la rhizosphère où se trouvaient les larves de hannetons.

### Dispositif expérimental

Le choix du dispositif expérimental s'est porté initialement sur un dispositif en blocs aléatoires complets à 4 répétitions, avec une surface de parcelle élémentaire de 12,5 m<sup>2</sup> (8,33 m x 1,5 m).

Cependant, un dispositif en blocs éclatés a finalement été mis en place afin de pallier l'hétérogénéité d'infestation initiale constatée entre les différentes parcelles élémentaires. Ces dernières ont été classées selon quatre niveaux d'infestation correspondant aux 4 blocs (Bloc 1 : >20 larves, Bloc 2 : entre 15 et 20 larves, Bloc 3 : entre 5 et 15 larves, Bloc 4 : ≤ 5 larves) puis ont été distribuées de manière aléatoire au sein de ces différents blocs (cf Figure 1 ci-dessous).

Figure 2. Schéma du dispositif expérimental mis en place sur le golf de Chiberta.  
Experimental design plan at Chiberta's golf.

P7	P8	P9	P10	P11	P12
M3	M2	M3	M2	T	M3
5	1	25	23	44	16
P1	P2	P3	P4	P5	P6
T	M2	T	M3	M2	T
20	15	14	1	8	5

### Observations et notations

Une première notation du nombre de larves de hanneton a été effectuée avant traitement (T0), le jour même, afin d'estimer les populations initiales du ravageur sur les parcelles de l'essai. Une seconde notation du nombre de larves de hannetons a eu lieu 21 jours après traitement (T1+21j) afin d'évaluer l'efficacité du traitement seul et de la combinaison de ce dernier avec une aération puis sablage.

Pour cela, 10 quadrats de 25 cm de côté et sur une profondeur de 15 cm (déplacage du gazon) ont été échantillonnés de manière aléatoire sur chacune des parcelles élémentaires.

### Analyse des résultats

L'analyse statistique du nombre de larves vivantes par m<sup>2</sup> de gazon a fait appel à une ANOVA.

Un calcul de l'efficacité corrigée, selon la formule de Henderson-Tilton (1947), permet de prendre en compte les différences des niveaux d'infestation des modalités traitées par rapport à la modalité Témoin

ainsi que de la dynamique des populations dans cette dernière, le cas échéant.

$$\text{Efficacité corrigée (\%)} = \frac{1 - (N_{\text{TNT\_avant traitement}} \times N_{\text{Traité après traitement}})}{N_{\text{TNT après traitement}} \times N_{\text{Traité avant traitement}}} \times 100$$

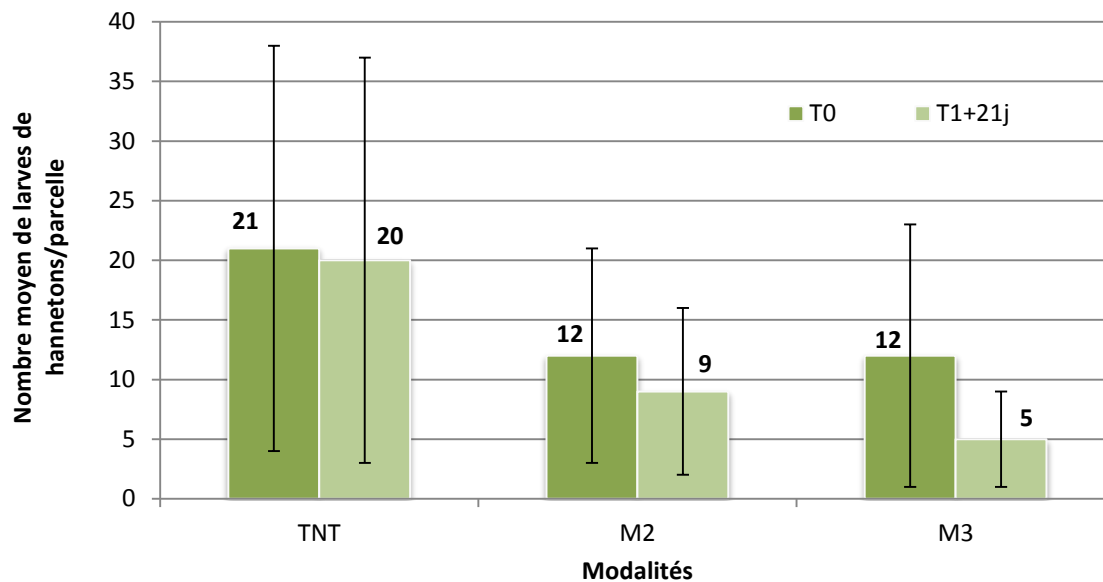
$$N_{\text{TNT après traitement}} \times N_{\text{Traité avant traitement}}$$

## RESULTATS

La Figure 3 met en évidence l'hétérogénéité d'infestation initiale entre la modalité TNT (Témoin) et les modalités traitées M2 (nématodes seuls) et M3 (nématodes + aération + sablage). En effet, la pression en ravageurs (différents stades larvaires) est en moyenne deux fois plus importante dans la modalité Témoin que dans les deux autres modalités (21 larves en moyenne dans le Témoin contre 12 larves en moyennes dans les deux modalités traitées). Par ailleurs, une variabilité importante intra-modalité est également observée à T0, les parcelles élémentaires des différents blocs présentant des niveaux d'infestation différents.

Figure 3. Dynamique des populations larvaires de hanneton après traitement à base de nématodes entomopathogènes dans chacune des modalités (avant traitement, T0, et trois semaines après traitement, T1+21j).

Evolution of white grub larval populations after a treatment with entomopathogenous nematodes (T0: before treatment; T1+21J: 3 weeks after treatment).



Cependant, la dynamique des populations montre que les populations larvaires de hanneton dans la modalité TNT est plus ou moins constante en moyenne avant et après traitement, passant de 21 larves à T0 à 20 larves trois semaines après traitement. A l'inverse, les populations de hannetons diminuent après traitement dans les deux modalités traitées, passant de 12 à 9 larves dans la modalité M2 et de 12 à 5 larves dans la modalité M3 trois semaines après traitement.

Le Tableau I ci-dessous permet de mettre en exergue l'efficacité de chacune des modalités. En effet, bien que l'on observe une légère baisse des populations dans la modalité TNT, la chute des populations dans les modalités traitées trois semaines après traitement est conséquente mais non statistiquement significative, avec une efficacité constatée de l'ordre de 28% et de 62% dans les modalités M2 et M3 respectivement. Par ailleurs, il est important de noter ici que des larves de hannetons parasitées par *H. bacteriophora* ont été retrouvées dans les parcelles des deux modalités traitées.

Tableau I. Evolution du nombre moyen de larves de *Amphimallon majalis* par modalités avant et après traitement à l'aide de nématodes entomopathogènes *H. bacteriophora* et efficacité corrigée.

Larval populations dynamic of *Amphimallon majalis* before and after treatment with entomopathogenic nematodes and corrected efficacy.

	T0	T1+21j	Mortalité (%)	Efficacité corrigée (%)
M1	21 ± 17 <b>a</b>	20 ± 17 <b>a</b>	2,4	-
M2	12 ± 9 <b>a</b>	9 ± 7 <b>a</b>	27,7	25,9
M3	12 ± 11 <b>a</b>	5 ± 4 <b>a</b>	61,7	60,8

Etant donné que la modalité TNT présente une évolution à la baisse des populations de larves de hanneton de l'ordre de 2% avant et après traitement, il est nécessaire de calculer une efficacité corrigée pour les modalités traitées (M2 et M3) tenant compte de cette évolution dans le Témoin. Par conséquent, l'efficacité corrigée des modalités traitées est finalement de l'ordre de 26% pour la modalité M2 et de 61% pour la modalité M3. Bien qu'il n'y ait pas de différence statistiquement significative entre le Témoin et les modalités traitées trois semaines après traitement, qui est notamment due à une forte variabilité des niveaux d'infestation entre blocs, une tendance générale à la baisse des populations de hanneton dans les modalités traitées est constatée. Ainsi, le traitement à base de nématodes entomopathogènes *H. bacteriophora* semble démontrer une certaine efficacité, d'autant plus importante lorsque ce dernier est couplé à une opération d'aération et de sablage.

## DISCUSSION

Les résultats de l'essai hannetons démontrent l'intérêt des nématodes entomopathogènes (*Heterorhabditis bacteriophora*) comme moyen de lutte contre *Amphimallon majalis* et met en évidence l'importance des méthodes et conditions d'application. En effet, les résultats de l'application de nématodes entomopathogènes seuls confirment des résultats antérieurs mitigés, avec une efficacité ne dépassant pas 30% (Simard et al., 2001 ; Koppenhöfer et al., 2004). Cependant, l'application de cet auxiliaire de lutte biologique couplée à une intervention mécanique telle qu'une opération d'aération puis de sablage permet d'atteindre un niveau d'efficacité de l'ordre de 60%. Ceci confirme la nécessité de construire une stratégie globale de lutte associant des moyens de biocontrôle à des opérations mécaniques. En effet, l'opération d'aération puis de sablage a certainement eu une incidence directe sur le ravageur cible (destruction mécanique des larves) mais a également favorisé la pénétration des nématodes dans le sol et leur permettant aussi d'atteindre plus facilement les larves de hannetons. Il est par ailleurs primordial de tenir compte du positionnement dans le temps du traitement et des méthodes et conditions d'application afin de s'assurer d'une efficacité optimale de tels auxiliaires.

Quant à la problématique Dollar Spot, les résultats du test grandeur nature effectué à la Plaine de Gerland ont démontré l'intérêt du *Trichoderma harzianum* souche T22 dans la lutte contre le dollar Spot, permettant ainsi de réduire l'incidence du pathogène et le nombre d'interventions chimiques. Les deux formulations du produit commercial Triatum, poudre mouillable à pulvériser et granules à épandre en surface, permettent au gestionnaire de choisir le mode d'application. Ainsi, la formulation poudre hydrosoluble permet une application mensuelle par pulvérisation tandis que la formulation granulée peut être mélangée au sable lors d'un top dressing souvent pratiqué après une aération plus importante comme avec des louchets creux. L'application mensuelle de la préparation doit être si possible en phase avec les aérations, et si un top dressing est effectué, la préparation sous forme de granules peut être mélangée au sable.

## CONCLUSION

Sur gazon, deux solutions biologiques existent permettant de contrôler le nombre de fongicide ou d'insecticide appliqués sur gazon, mais aussi d'améliorer la qualité d'enracinement du gazon. Ainsi, les nématodes entomopathogènes ont démontré leur efficacité sur vers blancs à condition de bien positionner les applications en fonction des cycles biologiques. De plus, les opérations de sablage-aération ont démontré leur intérêt lorsqu'elles sont couplées aux nématodes. Par ailleurs, au travers du

test grandeur nature mené en 2015, la préparation *Trichoderma harzianum* souche T22 a fait ses preuves en permettant notamment de limiter l'impact du Dollar Spot et le nombre d'applications à un traitement en août 2015. En pratique, *Trichoderma harzianum* doit être apporté au cours d'opérations d'aération qui donne de l'oxygène à la rhizosphère et permettent dans le même temps au champignon antagoniste de coloniser rapidement les nouvelles racines mais aussi en traitement d'entretien d'avril jusqu'à septembre.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la DGAL et FREDON Aquitaine pour la réalisation de l'essai hannetons ainsi que Patxi ITHURRY du Golf de Chiberta pour la mise à disposition du site d'essai et des interventions mécaniques réalisées dans le cadre de cet essai.

Par ailleurs, nous remercions également Thierry Hornebeck (*Direction des Sports - Responsable Service-Entretien des Terrains et Travaux de la mairie de Lyon*) et son équipe pour leur investissement dans l'essai Dollar Spot grandeur nature réalisé sur la Plaine de Gerland.

## BIBLIOGRAPHIE

Alumai A. and Grewal P.-S., 2004. Tank-mix compatibility of the entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, with selected chemical pesticides used in turfgrass. *Bicontrol Science and Technology*, 14, 7, 725-730.

Alumai A., Grewal P.-S., Hoy C.-W., Willoughby D.-A., 2006. Factors affecting the natural occurrence of entomopathogenic nematodes in turfgrass. *Biological control*, 36, 368-374.

DGAL-SDQP, 2013. Note nationale BSV, 2013. Hannetons et vers blancs.

Dours O., 2011. Situation phytosanitaire des gazons en 2010 : Appréhendée à partir du réseau de surveillance des surfaces herbacées des golfs. *PHYTOMA - La Défense des Végétaux*, 645, 21-25.

Downing A., 1994. Effect of irrigation and spray volume on efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae) against white grubs (Coleoptera: scarabaeidae). *J. Econ. Entomol.*, 87,3, 643-646.

Grant J.-A., Villani M.-G., 2003. Soil moisture effects on entomopathogenic nematodes. *Environ. Entomol.*, 32, 1, 80-87.

Koppenhöfer A.M., Fuzy E.M., Crocker R.L., Gelernter W.D. and Polavarapu S., 2004. Pathogenicity of *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema glaseri* and *S. scarabei* (Rhabditida : Heterorhabditidae, Steinernematidae) against 12 white grubs species (Coleoptera : Scarabaeidae). *Bicontrol Science and Technology*, 14, 1, 87-92.

Koppenhöfer A.M. and Fuzy E.M., 2006. Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *Steinernam glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92, 11-22.

Piron M., 2006. Utilisation des nématodes auxiliaires Steinernematidae et Heterorhabditidae pour la protection des principaux ravageurs du sol en gazon. CR de la 1ère conférence AFPP sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles, Avignon, 11 et 12 octobre 2006.

Portillo-Aguillar C., Nyrop J.-P., Tauber M.-J., Tauber C.-A., Villani G., 1999. Entomopathogenic nematode (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) response to soil texture and bulk density. Environ. Entomol., 28, 6, 1021-1035.

Shapiro D.I., Lewis L.C., Tylka G.L., 1996. Effects of fertilizers on virulence of *Steinernema Carpocapsae*. Appl. Soil Ecol., 3, 27-34.

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

Suggars Downing A., 1994. Effect of irrigation and spray volume on efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae) against white grubs (Coleoptera: scarabaeidae). J. Econ. Entomol., 87,3, 643-646.

Sulistyanto D., Ehlers R.-U., 1996. Efficacy of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis megidis* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the control of grubs (*Phyllopertha horticola* and *Aphodius cantaminatus*) in Golf Turf. Biocontrol Science and Technology, 6, 247-250.

Tomalak M., 2004. Susceptibility of the june chafer, *Amphimallon solstitiale*, to entomopathogenic nematodes. COST 850: use of entomopathogenic nematodes to control with grubs in turf; Belgium may 2004.