



Bulletin de l'Alliance *Globodera*

La fascinante biologie des nématodes à kystes de la pomme de terre

John Jones, The James Hutton Institute

Dans cette édition:

Introduction	1
Effets des nématodes sur la pomme de terre	1
De quelle façon les NKPT infectent les plantes?	3
À Propos du Projet GLOBAL	3
NKPT: Tournée de champs	5

Introduction

Les nématodes à kystes de la pomme de terre (NKPT) peuvent être vus comme des animaux insignifiants, sinon dommageables. Ils sont microscopiques, et on ne peut observer à l'œil nu que leurs petits kystes bruns qui se trouvent dans le sol, ou les sphères blanches ou dorées qu'ils produisent sur les racines des plantes infestées (figure 1). Cependant, les NKPT sont des agents pathogènes complexes qui présentent des adaptations incroyables leur permettant de se nourrir dans les



Figure 1. Seuls les kystes de NKPT sont visible à l'œil nu. On les voit attachés aux racines de pomme de terre dans la photo ci-dessus. (Photo: NemaPix)



Figure 2. Symptômes de NKPT dans un champs affecté. Les plants sont rabougris et démontre une mauvaise croissance, ce qui peut être confondu avec des carences nutritives. (photo: M. Phillips)

racines des pommes de terre. Leurs hôtes comprennent seulement un petit nombre d'espèces végétales apparentées, de sorte qu'ils doivent pouvoir demeurer en dormance dans le sol jusqu'à ce qu'ils détectent une source de nourriture; il leur est inutile de démarrer leur cycle vital quand ils ne disposent d'aucune plante dont ils peuvent se nourrir à proximité. Le présent article renferme des renseignements de base sur la biologie générale des NKPT ainsi que sur les incidences des caractéristiques biologiques des NKPT sur les dommages qu'ils causent et sur les outils de lutte possibles.

Effets des nématodes sur les cultures de pommes de terre

Les nématodes à kystes de la pomme de terre sont des agents pathogènes justiciables de quarantaine. Dans les régions productrices de pommes de terre où ils sont nouvellement détectés, de grands efforts sont déployés en vue de

juguler l'infestation et d'ainsi prévenir toute propagation supplémentaire. Dans certaines parties du monde où les NKPT se sont établis, ceux-ci ont des répercussions importantes sur la production de pommes de terre. Dans certaines régions, les concentrations de NKPT sont si élevées et les mesures de lutte sont si limitées que l'avenir de la culture de la pomme de terre est menacé.

Contrairement à de nombreux autres agents pathogènes, les NKPT causent peu de symptômes visibles précis chez les plantes infestées. Les plantes des zones infestées ont un aspect général maladif (figure 2), et ces symptômes sont fréquemment confondus avec un stress lié aux éléments nutritifs. Les infestations de NKPT entraînent très rarement la mort des plantes, mais elles peuvent rendre celles-ci plus sensibles à d'autres agents pathogènes, comme les champignons.

Le principal effet d'une infestation de NKPT, du point de vue du producteur, est une réduction de rendement. L'ampleur de cette réduction varie selon le type de sol et le cultivar de pomme de terre, mais elle dépend également de la concentration de NKPT au moment de la plantation (concentration initiale : P_i); en général, plus la concentration de nématodes est élevée, plus grandes sont les diminutions de rendement (figure 3). Un seuil économique peut être fixé en fonction de la P_i , c'est-à-dire qu'on peut déterminer le point à partir duquel les pertes de rendement sont telles que la culture n'est plus viable sur le plan économique. Vu cette relation entre les pertes de rendement et les concentrations de NKPT, il est essentiel pour les producteurs de connaître les concentrations de NKPT dans le sol. Il est donc de première importance de réaliser des échantillonnages visant les NKPT.

Une fois introduits dans un champ, les NKPT y sont extrêmement persistants. Les NKPT sont des organismes spécialistes et ils dépendent donc de la pomme de terre et d'un petit nombre d'autres espèces de la famille des Solanacées pour accomplir leur cycle vital. Un stade de survie extrêmement efficace est apparu au cours de leur évolution, soit les kystes renfermant les œufs, qui demeurent en dormance dans le sol jusqu'à ce qu'un hôte poussant à proximité soit détecté. Une certaine proportion des nématodes dormants présents dans un champ meurent chaque année, mais les NKPT peuvent survivre durant plus de 20 ans en l'absence d'hôte, ce qui signifie qu'il est extrêmement difficile d'éliminer tous les nématodes viables dans un champ infesté. De plus, vu la très petite taille des kystes, il est

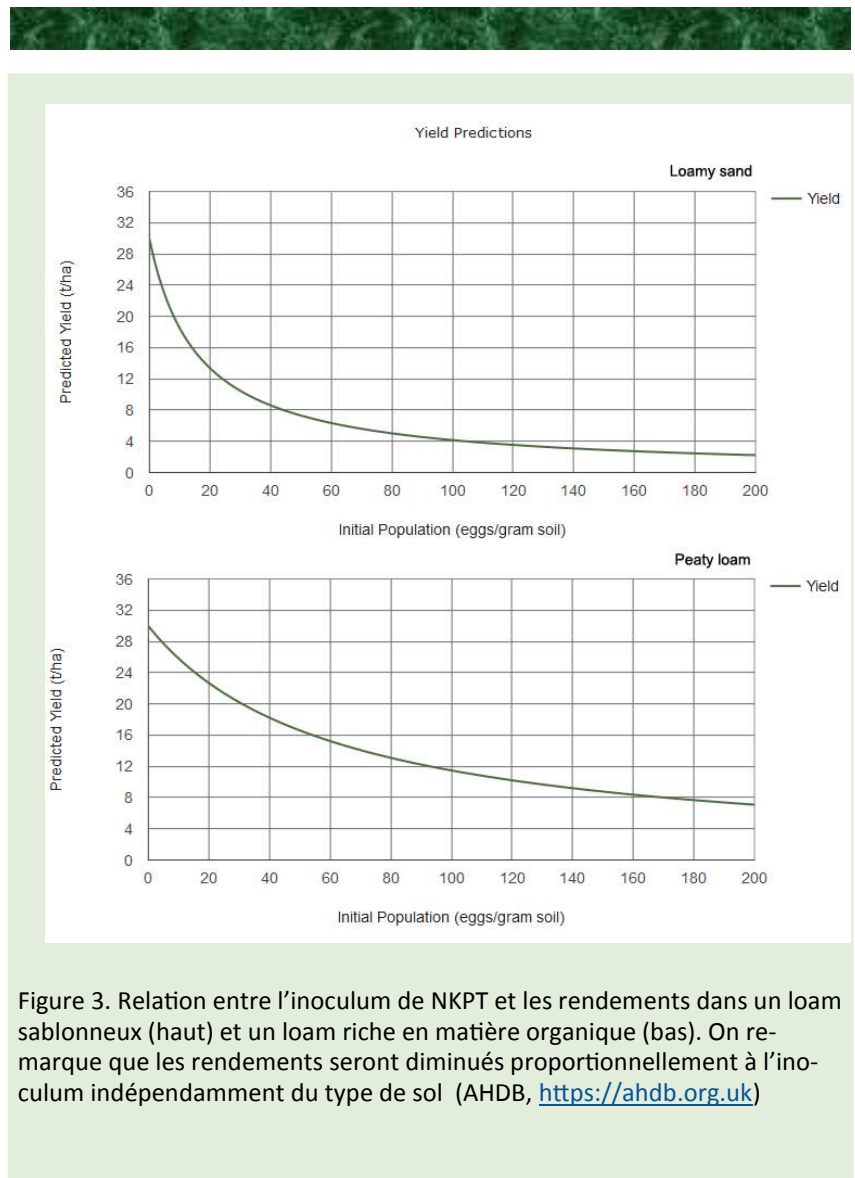


Figure 3. Relation entre l'inoculum de NKPT et les rendements dans un loam sablonneux (haut) et un loam riche en matière organique (bas). On remarque que les rendements seront diminués proportionnellement à l'inoculum indépendamment du type de sol (AHDB, <https://ahdb.org.uk>)

aussi très difficile de détecter les NKPT avant qu'ils n'aient atteint un certain seuil. Il est donc extrêmement ardu de démontrer que les NKPT ont été éradiqués.

De quelle façon les nématodes à kystes de la pomme de terre infectent-ils les plantes?

De nombreux animaux qui se nourrissent de végétaux sont de simples herbivores qui peuvent détruire les plantes en broutant celles-ci, mais les NKPT, comme plusieurs des agents phytopathogènes les plus dommageables, sont biotrophes et doivent garder leur hôte vivant pendant qu'ils se nourrissent.

Le cycle vital des NKPT débute par les kystes – stade de survie des nématodes. Chaque kyste contient plusieurs centaines d'œufs et chaque œuf renferme un nématode



Figure 4. Un œuf de nematode vu au microscope. Chaque kyste peut contenir plusieurs centaines d'œufs qui contiennent chacun un nématode juvénile en dormance. Les œufs écloreont seulement en présence d'exsudat racinaire produit par le plant de pomme de terre. (Photo: NemaPix)

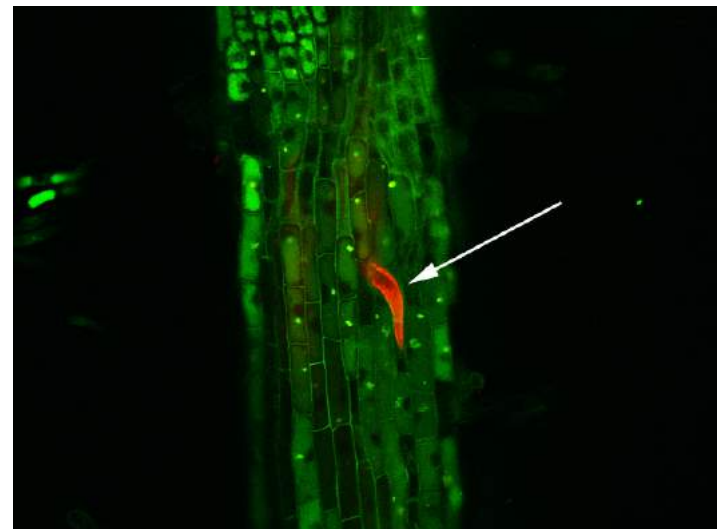


Figure 5. Un nématode de stage juvénile pénètre dans une racine de pomme de terre, il a été coloré en rouge afin de faciliter son observation sous le microscope (Photo: V. Blok)

juvénile en dormance (figure 4). La paroi de l'œuf est une structure extrêmement coriace et résistante qui protège le nématode dormant des conditions environnementales extrêmes, comme le froid, ainsi que des champignons et des bactéries présents dans le sol. C'est cette structure qui permet au nématode de persister dans les champs. L'activité du nématode est



À Propos du Projet GLOBAL

GLOBAL est la contraction de "Globodera Alliance", un regroupement international de chercheurs, d'experts en transfert technologique et d'éducateurs ayant comme

objectif commun l'éradication de *Globodera spp.* dans la culture de la pomme de terre.

Les membres du projet GLOBAL incluent des scientifiques de l'Université d'Idaho, de l'Université d'État de l'Oregon, de l'Université Cornell, du Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA), d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, de l'Institut James Hutton et de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA).

Pour des mises à jour sur le travail en cours:

Visitez www.globodera.org

Ou contactez Louise-Marie Dandurand: imd@uidaho.edu

Financé par USDA-NIFA
de subvention: 2015-69005-23634

déclenchée par la présence de composés chimiques produits par les racines en croissance des plantes hôtes du nématode. Cette réaction est spécifique, et les composés chimiques produits par les plantes que le nématode ne peut pas infester ne déclenchent pas d'activité chez le nématode. La détection de ces exsudats racinaires induit une série de changements au niveau de la paroi de l'œuf et rend celle-ci perméable à l'eau, puis le nématode devient actif et sort de l'œuf. Le nématode se déplace par la suite dans le sol et localise sa plante hôte, en s'orientant grâce aux gradients chimiques jusqu'à l'extrémité d'une racine en croissance, puis envahit celle-ci (figure 5).

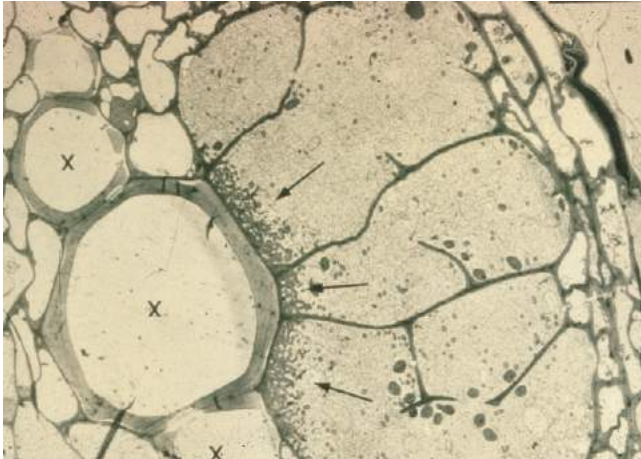


Figure 6. Coupe transversale d'une cellule de nutrition appelée syncytium dont la formation est induite par les NKPT dans les racines de pomme de terre. Des repliements dans la paroi cellulaire (indiqués par les flèches) facilitent le transfert des nutriments des vaisseaux (indiqués par un X) vers le syncytium. (Photo: The James Hutton Institute)

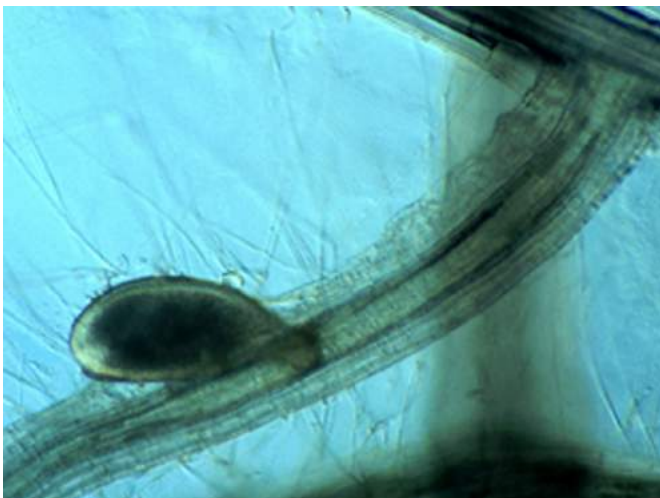


Figure 7: Une femelle attachée à son site de nutrition dans la racine de pomme de terre. Suite à sa croissance, le corps du nématode a transpercé la paroi racinaire jusqu'à saillir à l'extérieur. (Photo: NemaPix)

L'aspect le plus remarquable de la biologie des NKPT est sans doute le comportement alimentaire. Le nématode pénètre à l'intérieur d'une racine et y migre en détruisant les tissus jusqu'à ce qu'il trouve un type précis de cellules. Le nématode induit alors la formation d'un volumineux site de nutrition multinucléé actif sur le plan métabolique, appelé syncytium (figure 6). Le syncytium est créé par une dégradation contrôlée de la paroi des cellules de la plante, entre les cellules initialement sélectionnées et leurs voisines, suivie de la fusion des protoplastes; jusqu'à 300 cellules sont ainsi graduellement intégrées au syncytium. Chaque nématode peut créer uniquement un syncytium et dépend de cette structure pour obtenir tous les éléments nutritifs dont il a besoin pour son développement jusqu'au stade adulte. Les connaissances concernant la façon dont le nématode est capable d'induire la formation de cette structure de nutrition sont encore limitées, mais on sait que le nématode est capable de produire des composés analogues des principales hormones peptidiques qui jouent un rôle dans la régulation du devenir des cellules chez la plante. Une fois le site de nutrition créé, le nématode y demeure et s'y alimente, passant par une série de mues jusqu'à ce qu'il atteigne sa forme adulte. Les femelles demeurent fixées au site de nutrition et grossissent jusqu'à ce qu'elles fassent rompre la surface de la racine (figure 7). Les mâles conservent leur morphologie semblable à celle d'un ver, quittent leur racine et cherchent des femelles avec lesquelles s'accoupler. La femelle meurt une fois fécondée, et sa paroi corporelle forme le kyste qui renferme les œufs constituant la prochaine génération dans le sol.

La capacité du nématode d'induire la formation de ces sites de nutrition constitue une adaptation remarquable, mais le fait que chaque nématode peut produire une seule de ces structures représente une vulnérabilité dont les phytosélectionneurs tentent de tirer parti. Les plantes résistantes détectent la présence des structures de nutrition et induisent une mort cellulaire localisée qui permet de tuer ou d'isoler celles-ci. L'acquisition de connais-

sances sur le déclenchement et la régulation de ce processus permettrait d'améliorer la durabilité de la résistance. Les variétés résistantes pourraient constituer une solution efficace pour la production de pommes de terre dans les champs infestés et ultimement permettre l'élimination des NKPT dans ces champs avec le temps.

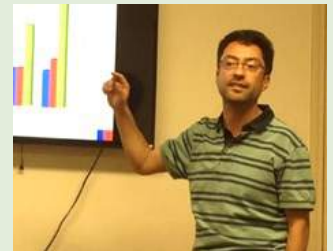
Tournée de nématologistes chiliens dans la région de la côte nord-ouest du Pacifique



Des nématologistes chiliens ont visité leurs homologues de la région de la côte nord-ouest du Pacifique cet automne pour échanger avec eux concernant l'identification des nématodes à kystes de la pomme de terre et en apprendre davantage sur les méthodes de lutte appliquées contre le nématode à kystes pâles dans le sud de l'Idaho ainsi que sur le programme de confinement et d'éradication des NKPT de l'USDA-APHIS.

Les visiteurs étaient Ingrid Moreno, Hugo Pacheco et Oriana Acevedo, représentants du Servicio Agrícola y Ganadero (ministère de l'Agriculture et de l'Élevage).

Accompagné de Louise-Marie Dandurand (University of Idaho, Moscow) et d'Inga Zasada (USDA-ARS, Corvallis, OR), le groupe a rencontré des chercheurs et a fait la tournée des laboratoires de recherche sur les NKPT administrés par l'Université et l'USDA. Ils ont rencontré Pat Kole, de l'Idaho Potato Commission, et Brian Marschman, de l'USDA-APHIS, et ont pu échanger avec eux des renseignements sur les industries de la pomme de terre au Chili et en Idaho.

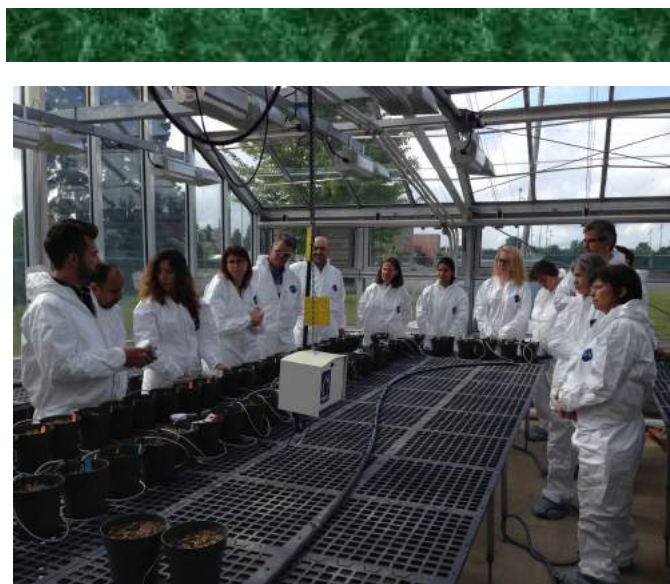


Dans le sud de l'Idaho, la récolte des pommes de terre battait son plein. Tina Gresham, directrice du programme de l'USDA-APHIS sur le nématode à kystes pâles, a offert au groupe une visite du laboratoire utilisé pour les analyses du sol visant les NKPT dans les comtés de Bingham et de Bonneville. De plus, le groupe a pu observer les processus de lavage à pression et de nettoyage à la vapeur utilisés pour prévenir la dispersion des NKPT.



Les Investigateurs de GLOBAL

- Louise-Marie Dandurand, PhD, Univ. of Idaho, GLOBAL Director
- Inga Zasada, PhD, USDA ARS, GLOBAL Co-Director
- Vivian Blok, PhD, James Hutton Institute, Scotland
- Glenn Bryan, PhD, James Hutton Institute, Scotland
- Walter De Jong, PhD, Cornell University
- Dee Denver, PhD, Oregon State University
- Eric Grenier, PhD, Nat. Inst. of Agr. Research (INRA), France
- Pam Hutchinson, PhD, University of Idaho
- John Jones, PhD, James Hutton Institute, Scotland
- Joe Kuhl, PhD, University of Idaho
- Chris McIntosh, PhD, University of Idaho
- Benjamin Mimee, PhD, Agriculture and Agri-Food Canada
- Rich Novy, PhD, USDA ARS
- Mike Thornton, PhD, University of Idaho
- Xiaohong Wang, PhD, USDA ARS and Cornell University
- Jonathan Whitworth, PhD, USDA



Les scientifiques du projet GLOBAL visitent les serres de confinement biologique d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, un organisme partenaire du projet GLOBAL. (I. Zasada)

Les Conseillers de GLOBAL

- Bill Brewer, Oregon Potato Commission
- David Chitwood, PhD, USDA ARS
- Lorin Clinger, potato grower
- Tina Gresham, PhD, USDA APHIS PPQ
- Russell Ingham, PhD., Oregon State University
- Andrew Jensen, PhD, Northwest Potato Research Consortium
- Jonathan M. Jones, USDA APHIS
- Daniel Kepich, USDA APHIS
- Patrick Kole, JD, Idaho Potato Commission
- James LaMondia, PhD, Connecticut Agricultural Experiment Station
- Brian Marschman, USDA APHIS PPQ
- Jon Pickup, PhD, Science and Advice for Scottish Agriculture (SASA)
- Bryan Searle, potato grower
- Andrea Skantar, PhD, USDA ARS
- Alan Westra, Idaho Crop Improvement Association
- Melanie Wickham, Empire State Potato Growers, Inc.
- Ryan Krabill, United States Potato Board

Les conseillers de GLOBAL se composent des personnalités de l'industrie de la pomme de terre, des régulateurs fédéraux et étatiques et des universitaires qui ont dédié leurs temps et efforts à ce projet. Nous les remercions!

Contactez-nous:

Pour plus d'information, commentaires ou suggestions, veuillez contacter Louise-Marie Dandurand, imd@uidaho.edu, ou Inga Zasada, inga.zasada@usda.ars.gov.