

Le RAP

RÉSEAU D'AVERTISSEMENTS PHYTOSANITAIRES

Leader en gestion intégrée
des ennemis des cultures

FICHE TECHNIQUE | GRANDES CULTURES

Le nématode à kyste du soya

Nom scientifique : *Heterodera glycines* Ichinohe

Synonymes : Anguillule à kyste du soja; nématode de la fève soya; nématode du soja

Nom anglais : Soybean cyst nematode (SCN)

Classification : *Heteroderidae* (famille)

Introduction

Le nématode à kyste du soya (NKS) est reconnu comme étant l'un des plus importants parasites de la culture du soya à travers le monde. Ce nématode est originaire d'Asie et sa répartition s'étend maintenant dans la majorité des pays producteurs, particulièrement dans les endroits où le soya est produit à une échelle commerciale. À titre d'exemple, le NKS est présent dans tous les états producteurs de soya aux États-Unis, où il cause des pertes économiques annuelles évaluées à plus d'un milliard de dollars. Dans le cadre d'un dépistage préventif au Québec, le NKS a été détecté pour la première fois en 2013 dans un champ situé à Saint-Anicet en Montérégie-Ouest. Les populations de NKS au Québec sont généralement faibles comparativement aux populations présentes dans les champs ontariens ou américains aux prises avec ce problème depuis plusieurs années. Depuis sa détection au Québec, le nombre de champs aux prises avec le NKS augmente, tout comme le niveau des populations dans les champs infestés. On en retrouve désormais dans des zones périphériques, telles que Charlevoix ou le Témiscamingue. Depuis quelques années, dans certains champs au Québec, des niveaux de populations de NKS suffisamment élevés pour causer des symptômes visibles sont rencontrés.

De faibles populations peuvent causer des pertes de rendement, même en l'absence de symptômes visibles. Voilà pourquoi il est important de connaître l'état de la situation de chaque champ afin d'implanter des pratiques permettant de limiter la dispersion et la reproduction active du NKS. En cas de détection, la meilleure approche consiste à effectuer une rotation avec des plantes non hôtes, et d'utiliser et d'alterner des cultivars de soya résistants au NKS.

Hôtes

En plus du soya, les principales cultures hôtes du NKS sont le haricot et le lupin, mais plus de 23 familles végétales peuvent être hôte du NKS. Certaines mauvaises herbes sont également plus susceptibles d'être colonisées par le nématode (voir la section [Contrôle des mauvaises herbes](#)).

Identification et biologie

Les kystes, structures qui contiennent une partie des œufs produits par la femelle du nématode, sont blancs, jaunes ou bruns et de taille inférieure à un millimètre. Ils se forment sur les racines et sont environ dix fois plus petits qu'un nodule de soya (photo 1). Pour une personne qui n'est pas habituée, il est difficile de les observer au champ. Les larves et les œufs (photo 2), quant à eux, sont microscopiques et ne peuvent pas être observés à l'œil nu.



Photo 1 : Kyste de nématode à kyste du soya (flèche rouge) et nodule de fixation de l'azote du soya (flèche verte) sur racines de soya
Source : LEDP (MAPAQ)



Photo 2 : Kyste (flèche rouge) et œufs (flèche verte) de nématode à kyste du soya sur racines de soya
Source : LEDP (MAPAQ)

Impact sur le rendement et dommages

Les premiers dommages économiques causés par ce parasite, après son introduction dans un champ, peuvent prendre jusqu'à 10 ans avant d'apparaître. **Lorsque les symptômes d'une infestation par le NKS apparaissent dans un champ de soya, celui-ci a généralement déjà subi des pertes de rendement.** En Ontario, le NKS peut causer des pertes de rendement variant entre 5 et 100 %. En s'alimentant des éléments nutritifs qui circulent dans le système vasculaire des racines, le NKS cause un ralentissement du développement des plants infectés. **Même en l'absence de symptômes visibles sur les plants, le rendement d'un champ peut être réduit jusqu'à 30 %.**

Dans les champs qui sont très infestés par le NKS, les symptômes apparaissent généralement deux mois après le semis, soit à partir de juillet, surtout à l'entrée du champ et dans les endroits sujets aux stress hydriques (élevations, baissières et sols compactés). La distribution du NKS dans un champ étant irrégulière, les symptômes sont généralement observés seulement à certains endroits, sous forme de plaques jaunes arrondies ou ovales s'allongeant dans la direction du travail du sol (photo 3). Des niveaux de populations suffisamment élevés pour causer des symptômes visibles au champ sont rencontrés au Québec depuis quelques années.

Les symptômes causés par une infestation de NKS sont les suivants :

- Rabougrissement des plants;
- Chlorose des feuilles (jaunissement);
- Plaques jaunes irrégulières arrondies ou ovales s'allongeant dans le sens du travail du sol dans le champ;
- Réduction de la nodulation du soya;
- Réduction du nombre de racines latérales;
- Lenteur de la canopée à recouvrir l'entre-rang;
- Sénescence hâtive;
- Mort du plant (cas extrême).



Photo 3 : La présence abondante du NKS peut causer des plaques jaunes irrégulières qui s'allongent dans le sens du travail du sol dans les champs de soya

Source : T. Welacky (AAC)

Ne pas confondre avec

On peut souvent confondre les symptômes du NKS avec d'autres problèmes phytosanitaires, tels que les carences en azote, en manganèse ou en potassium, les phytotoxicités causées par des herbicides, la compaction du sol, le stress hydrique ou certaines maladies. Les plants de soya infectés par le NKS sont attaqués plus fortement par les maladies fongiques, telles que le syndrome de la mort subite, la pourriture phytophthoréenne ou la pourriture brune de la tige. Notons toutefois qu'aucun cas de pourriture brune de la tige n'a encore été diagnostiqué par le Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) du MAPAQ.

Ennemis naturels

Plusieurs espèces de champignons peuvent attaquer le NKS, dont des espèces appartenant aux genres *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Neocosmospora*, *Lecanicillium* et *Hirsutella*. Plusieurs colonisent les kystes et peuvent affecter d'autres stades du nématode (femelle, juvénile et œuf).

Des tests sur des kystes de NKS prélevés dans huit entreprises agricoles infectées dans le sud de l'Ontario ont permis de mettre en lumière que les kystes étaient colonisés par une variété de bactéries et de champignons. Ceci laisse entrevoir que certaines bactéries pourraient également contribuer au contrôle du NKS. Les auteurs de cette étude concluent toutefois qu'il est nécessaire d'investiguer davantage sur le rôle que jouent les différentes bactéries présentes avec le NKS, car certaines pourraient s'associer au NKS et le protéger contre des attaques fongiques.

Dans ce contexte où la liste de microorganismes trouvés dans les kystes est très longue, les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de déterminer le potentiel de contrôle par des ennemis naturels et ainsi de suggérer des pratiques agricoles favorisant les microorganismes qui pourraient le plus contribuer au contrôle naturel des populations de NKS.

Surveillance phytosanitaire

Dépistage

La période idéale pour dépister le NKS est en juillet et en août, lorsque des symptômes peuvent être observés au champ. Bien que les kystes sur les racines soient visibles à l'œil nu (voir la section [Identification et biologie](#)), leur observation peut être difficile et il faut être particulièrement délicat pour déterrer les racines. Un échantillon de plantes entières, avec mottes racinaires, peut être envoyé au LEDP pour confirmer leur présence.

Si des zones d'un champ présentent des symptômes de stress, un plant entier devrait être déterré délicatement à l'aide d'une pelle afin de récupérer tout le système racinaire et placé dans un sac étanche pour un envoi au laboratoire. Il est recommandé de récolter ce plant en bordure d'une zone « potentiellement atteinte » et non au centre de cette zone, où les plants sont très atteints ou morts, puisqu'un plus grand nombre de kystes est généralement présent sur les racines des plants de bordure.

Une autre période possible pour la détection du NKS par des échantillons de sol est l'atteinte de la maturité du soya ou tout juste après sa récolte. C'est à ce moment que les densités de kystes sont les plus élevées et qu'il est le plus probable de détecter leur présence dans un champ. Voir plus bas la méthode proposée pour prélever un échantillon de sol pour la détection du NKS.

Bien que la présence de kystes soit un élément important pour le diagnostic, l'absence de kystes ne garantit pas l'absence du NKS dans un champ. De plus, il existe d'autres espèces de nématodes ne produisant pas de kystes, mais pouvant réduire les rendements du soya à divers degrés, tel le nématode des lésions (*Pratylenchus* spp.) qui cause des symptômes similaires à ceux du NKS. Puisqu'il est impossible de distinguer les espèces de nématodes à l'œil nu, **il est recommandé de faire analyser par le laboratoire les racines des plants de soya et le sol des champs de soya à risque tous les trois à six ans.**

Tous les champs dans lesquels le soya est cultivé sont susceptibles d'être colonisés par le NKS. Depuis le suivi du NKS au Québec en 2013, ce dernier a été détecté dans pratiquement toutes les régions du Québec où on cultive du soya. Toutefois, la proportion de champs infectés est faible et les populations de NKS dans ces champs sont généralement faibles.

Un champ est considéré particulièrement à risque s'il répond à un ou plusieurs de ces critères :

- Soya démontrant des symptômes qui ressemblent à ceux causés par le NKS (voir la section [Impact sur le rendement et dommages](#));
- Soya cultivé année après année, sans rotation avec des cultures non hôtes;
- Utilisation de cultivars non résistants ou utilisation répétée de cultivars avec la même source de résistance;
- Présence récurrente de certaines mauvaises herbes dans le champ pouvant servir de plantes hôtes (voir la section [Contrôle des mauvaises herbes](#));
- Travaux à forfait fréquents dans le champ (source possible de contamination);
- Champ situé dans une zone où la présence du NKS a été confirmée.

Voici une méthode pour prélever un échantillon de sol :

- Repérer un ou plusieurs endroits dans le champ présentant un ou plusieurs symptômes du NKS;
- À l'aide d'une sonde ou d'une truelle, récolter 25 prélèvements de sol dans la zone racinaire des plants sur plusieurs rangs à une profondeur variant de 0 à 20 cm (faire des zigzags pour couvrir de façon représentative les zones affectées). Il est important d'insérer l'outil dans le sol de manière oblique, sous les plants de soya ou sous l'endroit où se trouvaient les plants, de manière à obtenir un peu de racines dans les échantillons;
- Mélanger l'ensemble des prélèvements dans une chaudière;
- Récupérer un litre de sol pour constituer un échantillon représentatif et le verser dans un sac de plastique étanche bien identifié avec le nom de l'entreprise agricole, les coordonnées GPS du champ (ou l'adresse complète la plus proche) et la date du prélèvement;
- Désinfecter les bottes et les outils d'échantillonnage à l'aide d'eau savonneuse et d'éthanol avant de sortir du champ;
- Inscrire l'historique cultural du champ sur un papier et l'insérer dans un sac avant de le placer dans le sac de l'échantillon;
- Conserver l'échantillon au réfrigérateur et à l'abri des rayons du soleil jusqu'à son envoi.

Seuil économique d'intervention

Considérant l'impact important que peut avoir le NKS sur le rendement du soya et l'impossibilité à l'éradiquer complètement, **des actions pour limiter sa prolifération devraient être mises en place dès sa détection, dont l'utilisation de cultivars résistants en rotation avec des cultures non hôtes.**

La perte de rendement potentielle et le risque associé sont évalués en fonction de la concentration en œufs dans le sol. Le tableau ci-dessous présente une estimation du risque en fonction du nombre d'œufs par 100 g de sol, le nombre de kystes par 350 ml de sol et une évaluation de la perte de rendement potentielle associée. **Lorsque l'importance de la population de NKS présente dans un champ menace d'entraîner des pertes de rendement considérables (risque élevé), même chez les cultivars résistants, il est suggéré de cesser de cultiver du soya et de tester régulièrement le champ de façon à attendre que la population ait suffisamment diminué pour permettre à nouveau la culture du soya.**

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte pour l'interprétation des seuils de risques, ce qui la rend délicate à effectuer. Ils sont d'ailleurs très variables d'une source à l'autre. On aura entre autres une tolérance de la culture un peu plus grande dans les sols plus lourds, car les stades juvéniles ont plus de difficulté à s'y déplacer. De plus, puisque les populations dans un champ sont réparties par zone, une grande variabilité peut être obtenue entre deux échantillonnages si les prélèvements sont réalisés dans des zones de plus forte ou faible infestation. Finalement, certaines sources rapportent des seuils en nombre d'œufs ou de kystes présents. Il n'est pas évident de faire une corrélation précise entre ces seuils, puisque la quantité d'œufs contenus dans un kyste varie entre 50 et 400 et que les kystes ne sont pas toujours viables. Présentement, au Québec, le décompte se fait par nombre de kystes par quantité de sol, car le décompte d'œufs est très laborieux et coûteux.

L'absence de détection par le laboratoire ne garantit pas l'absence du NKS au champ. Il est effectivement possible que la population présente se situe sous le seuil de détection ou que les échantillons n'aient pas été prélevés aux endroits du champ où le NKS est présent.

Tableau 1

Populations de NKS (œufs/100 g de sol)	Populations de NKS (kystes/350 ml de sol)*	Évaluation du risque	Perte de rendement potentielle
NKS non détecté	0	Risque faible	0 %
< 1 000	0 à 91	Risque faible	0 %-20 % (variétés sensibles)
1 000 – 10 000	11 à 910	Risque moyen à élevé	20-50 % (les variétés dites résistantes peuvent être affectées)
> 10 000	> 114 à > 260	Risque élevé	50 %-100 % (les variétés dites résistantes peuvent être affectées)

Source : adapté d'un article de Tenuta, A. 2019

*Les résultats d'analyse effectuée par le LEDP sont exprimés en nombre de kystes par 350 ml. L'estimation du nombre d'œufs présents par 350 ml de sol a été réalisée en tenant compte d'une densité de sol de 1,3 g/ml et qu'une femelle enkystée produit de 50 à 400 œufs.

Stratégie d'intervention

Prévention et bonnes pratiques

Les larves du NKS se déplacent dans le sol seulement de quelques centimètres par année. Par contre, le déplacement de terre contaminée d'un champ à un autre (ex. : machinerie, bottes) favorisera une dissémination du NKS plus rapide que les facteurs naturels, comme l'eau et le vent. La mise en place de [mesures de biosécurité](#) limite les risques d'introduction et de transmission du NKS. Une fois introduit dans un champ, il est impossible d'éradiquer complètement le NKS, mais la production de soya peut demeurer rentable en adoptant de bonnes pratiques de gestion.

Prévention de la dissémination

- Il est fortement recommandé de procéder à un nettoyage en profondeur de la machinerie et de l'équipement après leur utilisation dans un champ contaminé afin de limiter la dispersion du NKS et d'effectuer les travaux dans les champs sains avant les champs contaminés.
- Comme les premiers foyers d'infection d'agents pathogènes du sol se retrouvent le plus souvent à l'endroit où la machinerie entre dans un champ, l'utilisation d'une voie de sortie différente du lieu d'entrée (ou éloignée d'une zone contaminée) peut contribuer à ralentir la dissémination du NKS.
- Ne pas circuler dans les champs à la suite d'une pluie ou lorsque la surface du sol est collante pour éviter que du sol contaminé adhère aux chaussures, aux pneus et à la machinerie.
- Opter, si possible, pour le semis direct ou le travail réduit, puisque le travail de sol étend les zones atteintes de NKS dans un champ.
- Si un champ est contaminé, condamner, si possible, les sentiers de véhicules tout-terrain dans ce champ.
- En tout temps, si la présence du NKS a été signalée dans votre secteur, assurez-vous, à son arrivée, que la machinerie qui effectue du travail à forfait dans vos champs est exempte de traces visibles de sol ou de résidus de plants de soya.
- Informer les visiteurs qui doivent se rendre dans des champs contaminés par le NKS. Leur demander de retirer le sol et les résidus de soya de leurs chaussures, vêtements, véhicules et outils de travail (ex. : pelles et sondes) à l'entrée et à la sortie des champs.

Rotation des cultivars de soya et des cultures

Pour retarder l'introduction du NKS dans un champ, il importe d'adopter de bonnes pratiques, telles que les rotations avec des cultures non hôtes. Si le NKS est détecté dans un champ, il est recommandé de mettre rapidement en place un programme de rotation alternant différents cultivars de soya résistants et incluant des cultures non hôtes.

Tableau 1 : Cultures hôtes et non hôtes du nématode à kyste du soya

Cultures hôtes	Cultures non hôtes	
Haricot	Avoine	Maïs
Lupin	Blé	Orge
Soya	Betterave à sucre	Pomme de terre
	Canola	Sorgho
	Prairie de graminées	Tournesol
	Lin	Trèfle blanc
	Luzerne	Trèfle rouge

Pratiques culturales

La rotation avec des cultivars résistants et des cultures non hôtes est la stratégie la plus efficace pour maîtriser ce parasite. Plusieurs cultivars résistants au NKS sont déjà disponibles pour les groupes de maturité utilisés au Québec. Le [Guide du RGCQ](#) renseigne sur la tolérance des différents cultivars. Dans la grande majorité des cultivars pouvant offrir une protection contre le NKS, la résistance a été obtenue à partir d'une lignée de soya nommée PI 88788. Cette souche de résistance est présente dans plus de 95 % des cultivars semés aux États-Unis. Sous nos latitudes, ce bagage génétique serait toujours efficace, mais son utilisation crée une pression de sélection chez le NKS, favorisant la dégradation de l'efficacité de cette source de résistance. Il est donc important de faire une rotation des sources de résistance, lorsque possible. Si trois sources de résistance ne sont pas disponibles, une rotation avec trois différents cultivars en plus d'une rotation avec une culture non hôte peut aider à conserver l'efficacité des cultivars résistants au NKS.

Contrôle des mauvaises herbes

Le désherbage doit être très rigoureux dans les champs où le NKS est présent, puisque les mauvaises herbes de plus de 23 familles peuvent servir de plantes hôtes. Les études montrent que la reproduction du NKS varie selon les différentes espèces de mauvaises herbes. Même en absence de soya dans un champ, les mauvaises herbes annuelles hivernantes présentes en fin de saison, particulièrement le lamier amplexicaule (*Lamium amplexicaule*) et le tabouret des champs (*Thlaspi arvense*), mais aussi la céraïste vulgaire (*Cerastium fontanum*), la stellaire moyenne (*Stellaria media*) et la bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris*), favorisent le maintien des populations de NKS. Dans un champ où la présence de NKS n'a pas été vérifiée ou confirmée, une répression adéquate des mauvaises herbes peut retarder son introduction ou limiter sa prolifération.

Lutte biologique

Il existe actuellement deux biopesticides homologués contre le NKS dans la culture du soya. Le nématicide VOTIVO® 240 FS est fabriqué à partir de spores de la bactérie *Bacillus firmus* de la souche I-1582. Une fois appliquée en traitement de semences, cette bactérie colonise le système racinaire en formation et permet la répression du NKS. Par contre, les résultats obtenus par différents essais sont variables d'une étude à l'autre. Une absence d'effet sur le NKS a été constatée dans le cadre d'une étude américaine en 2018. Selon les auteurs, elle pourrait être expliquée par la nécessité que le produit soit appliqué depuis plus longtemps pour obtenir un effet.

Le VOTIVO® est généralement combiné avec un insecticide dans les produits commerciaux, de telle sorte que l'impact individuel de ce nématicide est impossible à préciser. Toutefois, des essais réalisés aux États-Unis en 2011 (Giesler, 2012) dans 20 champs infestés ont démontré un gain moyen de rendement de 40 kg/ha avec l'ajout du VOTIVO® à des semences déjà traitées avec un mélange d'insecticides et de fongicides (PONCHO® + TRILEX® 2000). Des études supplémentaires sont requises afin de déterminer l'efficacité de ce produit (Wilson, 2013). Il est recommandé de l'utiliser seulement dans les champs infestés, selon une approche de lutte intégrée, en prévoyant faire des rotations avec des cultivars résistants et des cultures non hôtes. Pour plus d'information sur le produit VOTIVO®, veuillez consulter son [étiquette](#).

L'autre biopesticide, le nématicide AVODIGEN®, est fabriqué à partir de spores des bactéries *Bacillus licheniformis* (souche FMCH001) et *Bacillus subtilis* (souche FMCH002). Pour plus d'information sur ce produit, veuillez consulter son [étiquette](#).

Lutte chimique

Des traitements de semence existent pour le contrôle du NKS, mais les études démontrent des résultats variables. Pour avoir accès à la liste la plus à jour des nématicides homologués en traitements de semences dans le soya contre le NKS, consultez le site Web [SAgE pesticides](#).

Mesures législatives

Au Canada, le NKS a été réglementé durant plus de 30 ans par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Toutefois, en raison des défis liés à l'application du règlement concernant le transport à l'intérieur du pays et à l'impossibilité de contrôler la propagation du ravageur par des voies naturelles (ex. : oiseaux, eaux, vents, etc.), l'ACIA a décidé de déréglementer le NKS partout au Canada en 2013. Malgré cette déréglementation, il importe de mettre en place des mesures de biosécurité pour limiter sa propagation. À cet effet, consulter la [trousse sur la biosécurité dans le secteur des grains](#).

Pour plus d'information

- CAB International. 2019. *Heterodera glycines* (soybean cyst nematode). Datasheet. Disponible en [ligne](#).
- Mimee, B., A.-È. Gagnon, K. Colton-Gagnon et É. Tremblay. 2016. Portrait de la situation du nématode à kyste du soya (*Heterodera glycines*) au Québec (2013-2015). *Phytoprotection* 96:33-42. Disponible en [ligne](#).
- Gendron St-Marseille, A.-F., Bourgeois G., Brodeur J. et B. Mimee. 2019. Simulating the impacts of climate change on soybean cyst nematode and the distribution of soybean, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 264, Pages 178-187. Disponible en ligne.

Cette fiche technique a été mise à jour par M-E Cuerrier, agr., A. Dionne, phytopathologiste, H. Brassard, agr., B. Duval, agr., V. Samson, agr. (MAPAQ) et Tanya Copley (CÉROM) à partir d'un bulletin d'information rédigé par Katia Colton-Gagnon, agr. (CÉROM) et collaborateurs. Pour des renseignements complémentaires, vous pouvez contacter l'avertisseuse du réseau Grandes cultures ou le secrétariat du RAP. Édition : Marianne St-Laurent, agr. M. Sc. et Sophie Bélisle (MAPAQ). La reproduction de ce document ou de l'une de ses parties est autorisée à condition d'en mentionner la source. Toute utilisation à des fins commerciales ou publicitaires est cependant strictement interdite.

12 juillet 2024