



Bilan de la recherche sur le nématode à kyste de la pomme de terre

Guy Bélair, M.Sc., chercheur nématologiste

Centre de recherche et de développement en horticulture (CRDH)

Agriculture et Agroalimentaire Canada

430 boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) J3B 3E6

Courriel : guy.belair@agr.gc.ca

Depuis 2007, en collaboration avec plusieurs partenaires de recherche, nous avons effectué des travaux sur 2 sites expérimentaux infestés (Saint-Amable et Saint-Dominique) afin de générer de l'information scientifique essentielle pour la gestion des populations canadiennes de nématodes à kyste de la pomme de terre (NKPT). Voici un bref résumé de nos principaux résultats de recherche.

Cycle de développement

La pomme de terre est la plante-hôte par excellence pour ce parasite obligatoire extrêmement spécialisé : ses exsudats racinaires ont la capacité de faire éclore massivement les œufs contenus dans les kystes présents dans le sol et de libérer ainsi les formes juvéniles de deuxième stade (J2) qui, grâce à un stylet perforant, envahissent les racines. La pénétration dans les tissus est suivie de l'induction d'un site nourricier, le syncytium, constitué par la modification d'une cellule végétale au service du parasite. Ce syncytium reste fonctionnel tout au long du développement du nématode qui, après deux mues, devient un adulte sexué, mâle ou femelle. Les œufs se développent à l'intérieur de la femelle fécondée dont la cuticule se transforme en une enveloppe de protection : le kyste. Quelques centaines d'œufs contenant chacun un juvénile peuvent se trouver à l'intérieur d'un kyste. À maturité, le kyste se détache de la racine et il constitue un excellent organe de dissémination et de conservation dans lequel les juvéniles peuvent rester viables pendant 10 à 35 ans. Au Québec, les premiers juvéniles de deuxième stade sont observés 14 jours après la plantation, alors que les mâles apparaissent après 35 jours. Les premiers kystes matures sont observés 50-56 jours après le semis. Une deuxième vague d'éclosion a lieu systématiquement plus tard dans la saison. Même si ces larves ont envahi les racines, aucune femelle blanche n'a été observée sur les racines et aucun mâle n'a été trouvé dans le sol à ce moment. Au cours des 6 années d'observations, une seule génération du nématode doré a été enregistrée par année.

Méthodes de lutte

1. Les cultures non hôtes et les variétés résistantes

Dans les régions tempérées du monde, le déclin des populations des NKPT est d'environ 30 % par an en l'absence d'une culture hôte. En Europe, des modèles récents de dynamique de populations des NKPT ont été développés par les Drs Thomas Been et Corrie Schomaker et intégrés dans le logiciel NemaDecide® pour la prise de décision au champ dans la gestion des NKPT. Selon ce même logiciel, un déclin annuel de 33 % du nombre d'œufs viables de *G. rostochiensis* est prédit avec une culture non hôte. En calculant la moyenne de l'ensemble des déclins enregistrés sur les 2 sites expérimentaux au cours de la première année de rotation avec une culture non hôte, nous obtenons un déclin moyen de 37 % pour les populations de *G. rostochiensis* au Québec. Si on fait de même pour les variétés résistantes, nous obtenons un déclin moyen avec la première année de rotation de 70 % pour les populations de *G. rostochiensis* du Québec. Selon NemaDecide®, des réductions annuelles de 56 % la première année et 72 % les années subséquentes du nombre d'œufs viables de *G. rostochiensis* sont prédites avec une culture de pomme de terre dite résistance au pathotype Ro1. L'ensemble des données recueillies au cours de cette étude sur l'impact des rotations de culture semble concorder en plusieurs points avec les modèles élaborés en Europe sur le déclin des populations de *G. rostochiensis* au Québec et le logiciel NemaDecide® s'avèrerait un bon outil pour la prise de décision de la gestion de nos populations.

2. La technique de la culture piège

La technique de cultures pièges consiste à ensemer une culture hôte du nématode doré comme une pomme de terre sensible et de la détruire avant que le nématode n'ait pu compléter son cycle de développement. Sur l'ensemble des années et des sites, la récolte de la pomme de terre 5 semaines après le semis a permis de réduire d'environ 80 % le nombre d'œufs viables, soit un niveau d'efficacité similaire à celui fourni par une pomme de terre résistante à haute densité (récolte à maturité). Nous n'avons pas observé une augmentation dans l'efficacité avec une récolte 6 semaines après le semis. La récolte de pomme de terre 7 et 8 semaines après le semis s'est avérée moins efficace et des accroissements de populations ont été occasionnellement enregistrés sur les 2 sites expérimentaux. La technique de piégeage effectuée par semis successifs de pommes de terre sensibles (double ou triple) s'est avérée plus aléatoire pour réduire le nombre d'œufs viables.

Le déclin des populations des NKPT est influencé par l'éclosion des œufs stimulée par les exsudats racinaires de pommes de terre. La baisse la plus rapide de la densité de population de nématodes se produit évidemment dans les rangs de pommes de terre et le taux de déclin diminue avec la distance à partir de plantes. Si nous augmentons significativement la densité de pommes de terre et que les racines de pommes de terre couvrent l'ensemble du terrain cultivé, l'éclosion des œufs sera maximisée et la technique de piégeage sera donc aussi optimisée sur l'ensemble de la surface. Nos résultats semblent donner raison à cette approche, sauf que le développement du système racinaire doit se faire dans tout le profil de sol afin d'atteindre les kystes.

3. Le piégeage avec une plante immune, la morelle de Balbis (*Solanum sisymbriifolium*)

La morelle de Balbis est présentement promue comme une culture piège fort prometteuse pour le contrôle des nématodes à kyste de la pomme de terre en Europe et ailleurs dans le monde. Cette plante, via ses exsudats racinaires, stimule l'éclosion des nématodes à kystes de la pomme de terre, mais elle est également une plante immune, ce qui signifie qu'elle ne permet pas aux nématodes à kystes de la pomme de terre de s'y établir et de compléter son cycle. Aucun nouveau kyste n'est produit dans le sol et l'éclosion des larves des kystes a été stimulée. Avec la pomme de terre résistante, quelques nouveaux kystes seront produits sur les racines, soit moins de 1 % de la quantité produite sur une pomme de terre sensible. L'hypothèse de départ était que la morelle de Balbis permettrait un niveau de contrôle supérieur aux variétés résistantes de pommes de terre. Toutefois, nous devons conclure que la morelle de Balbis ne constitue pas une alternative viable pour la gestion du nématode doré au Québec. En plus de son niveau de contrôle plus ou moins égal à une variété de pommes de terre résistante, cette plante ne s'établit pas facilement dans nos sols frais et humides au printemps. De multiples tentatives d'effectuer un semis de cette plante ont échoué sur les 2 sites expérimentaux, puisque sa longue période de germination laissait tout le temps voulu aux graminées annuelles d'envahir cette culture jusqu'à étouffer complètement les jeunes plants émergés. Lors de nos essais en champs, nous avons donc toujours procédé annuellement à la transplantation de jeunes plantules démarrés en serre. Pour toutes ces raisons, nous concluons que la morelle de Balbis ne constitue pas une alternative efficace et viable économiquement pour la gestion du nématode doré au Québec.

4. Les engrais verts et les amendements de sol

Sur le site de Saint-Amable, nous avons évalué l'efficacité de la moutarde brune (comme engrais vert) et des amendements de sol (fumier de poulet, fumier de porc, urée) sur la viabilité du nématode doré. Même si ces méthodes culturales peuvent avoir un effet direct ou indirect sur les populations de nématodes phytoparasites dans le sol, nos résultats de 5 années sur le terrain démontrent que ceux-ci n'ont pas un impact significatif sur les populations du nématode doré avec une efficacité très similaire à une culture non hôte.

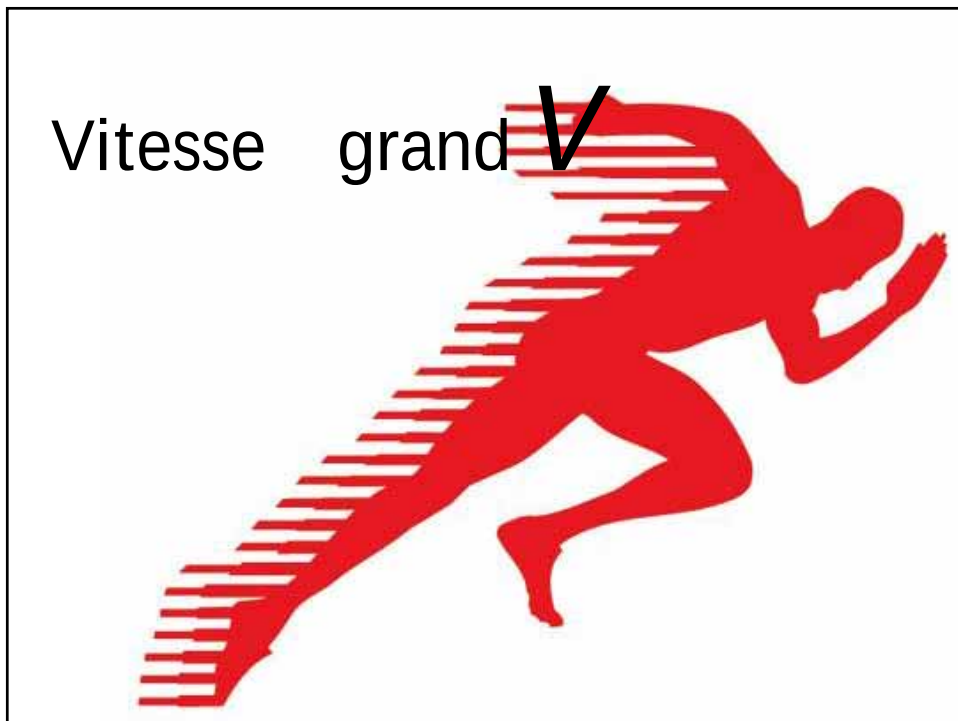


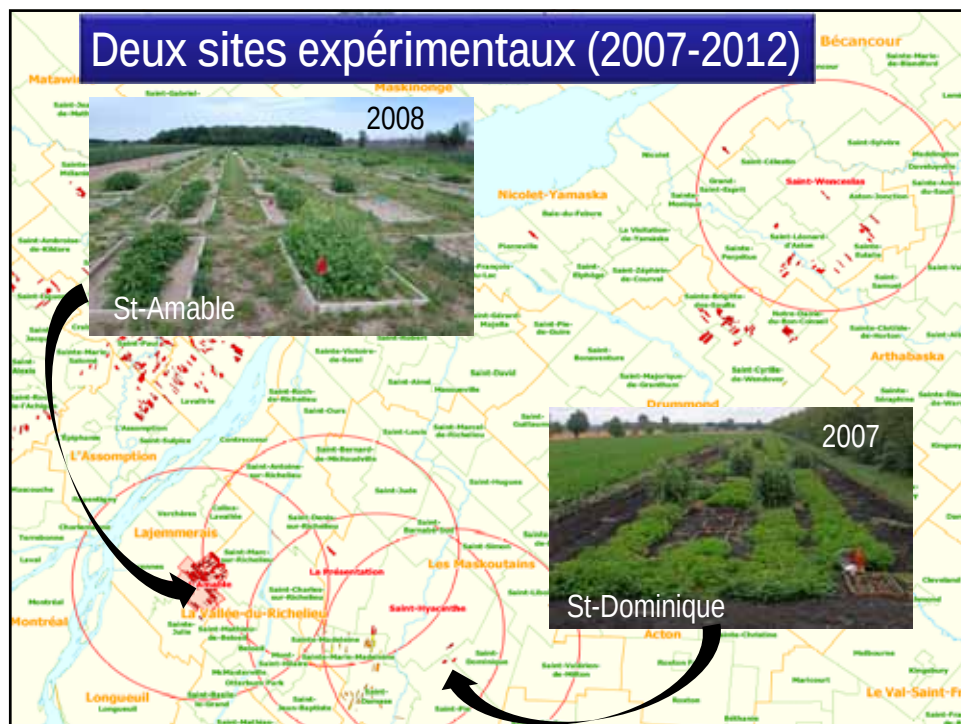
6 années de recherche en 15 minutes !!

C'est Suicidaire



Vitesse grand **V**





Trois objectifs de recherche

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* sous les conditions climatiques du Québec.

Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Project III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.

Trois objectifs de recherche

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* sous les conditions climatiques du Québec.

Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Project III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* et *G. pallida* sous les conditions climatiques du Québec.

Activités

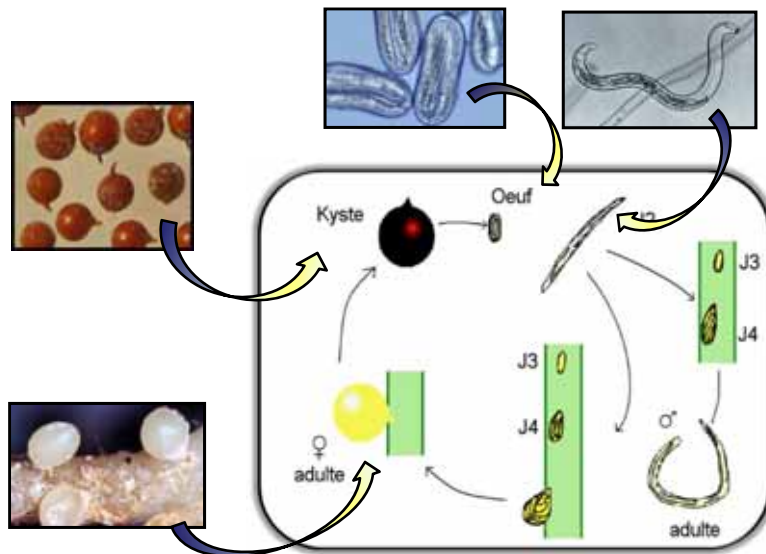
1. Évaluer la virulence des populations de *G. rostochiensis* et *G. pallida* au Canada
2. Déterminer la biologie de *G. rostochiensis* sous l'environnement du Québec
3. Caractérisation des populations québécoises du nématode doré (*Globodera rostochiensis*) (Annie-Christine Boucher)

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* et *G. pallida* sous les conditions climatiques du Québec.

Activités

1. Évaluer la virulence des populations de *G. rostochiensis* et *G. pallida* au Canada
2. Déterminer la biologie de *G. rostochiensis* sous l'environnement du Québec
3. Caractérisation des populations québécoises du nématode doré (*Globodera rostochiensis*)

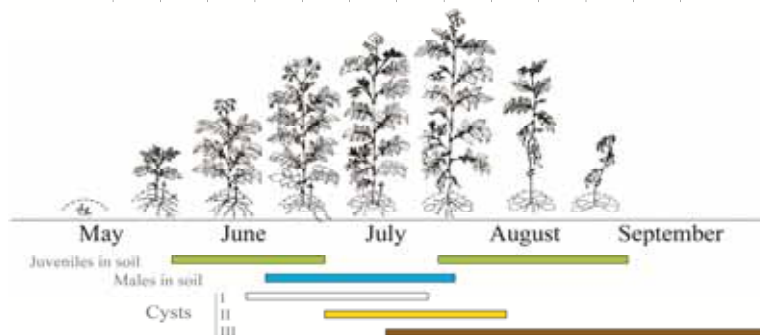
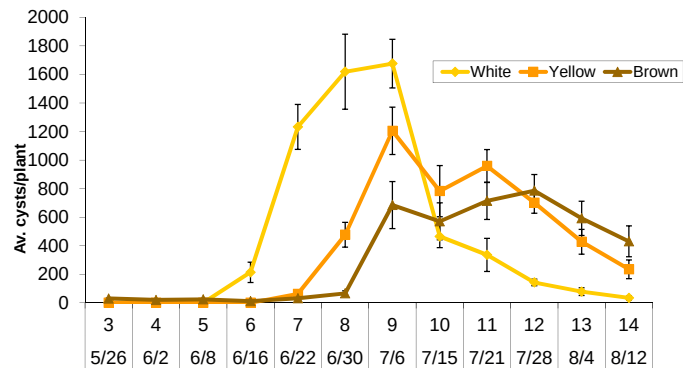
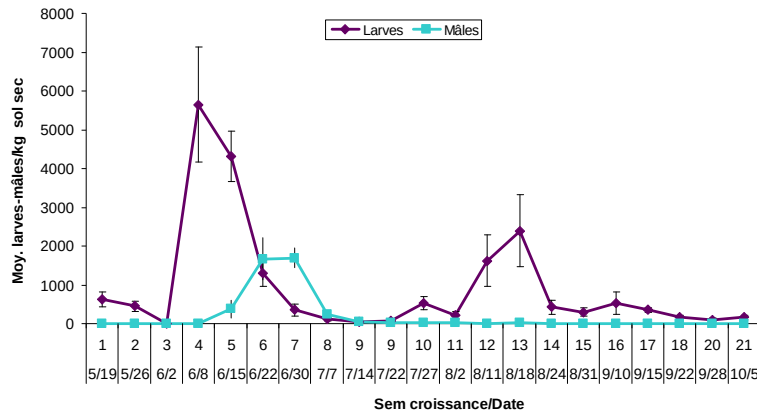
Cycle de vie



* (Brodie, B.B. 1998)

L₂ et ♂ de *G. rostochiensis* dans le sol

St-Amable



Trois objectifs de recherche

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* sous les conditions climatiques du Québec.

Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Project III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.

Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Activités

1. Évaluer les effets de la rotation des cultures et des plantes non-hôtes pour réduire à un niveau indétectable les populations de *G. rostochiensis* dans les zones réglementées au Québec.
2. Évaluer l'utilisation de la technique de culture piège et de la morelle de Balbis (*Solanum sisymbriifolium*) pour réprimer *G. rostochiensis*.
3. Déterminer l'efficacité d'agents de lutte biologique pour réduire les populations de *G. rostochiensis* et *G. pallida*.

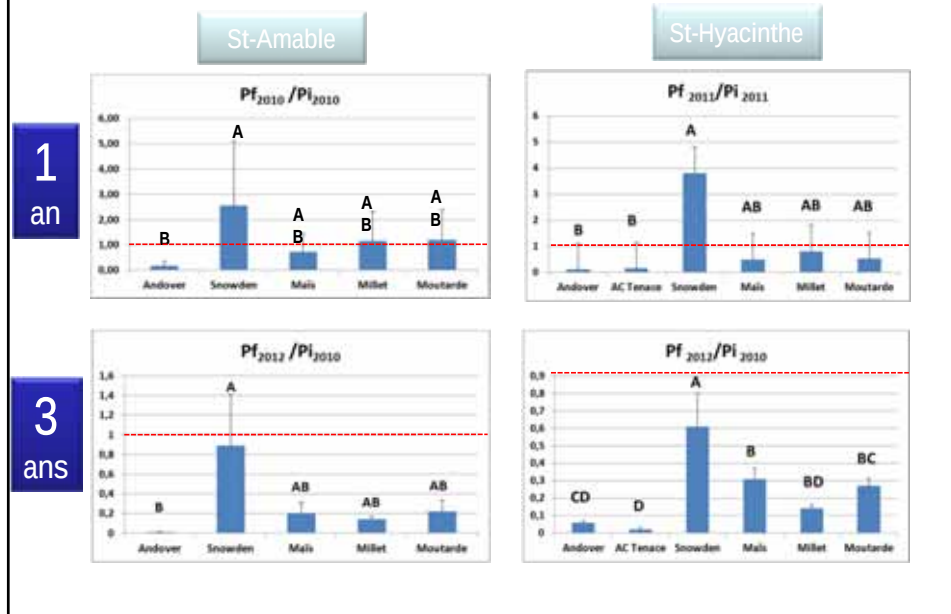
Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Activités

1. Évaluer les effets de la rotation des cultures et des plantes non-hôtes pour réduire à un niveau indétectable les populations de *G. rostochiensis* dans les zones réglementées au Québec.
2. Évaluer l'utilisation de la technique de culture piège et de la morelle de Balbis (*Solanum sisymbriifolium*) pour réprimer *G. rostochiensis*.
3. Déterminer l'efficacité d'agents de lutte biologique pour réduire les populations de *G. rostochiensis* et *G. pallida*.



Effet de la rotation sur P_f / P_i de *G. rostochiensis*



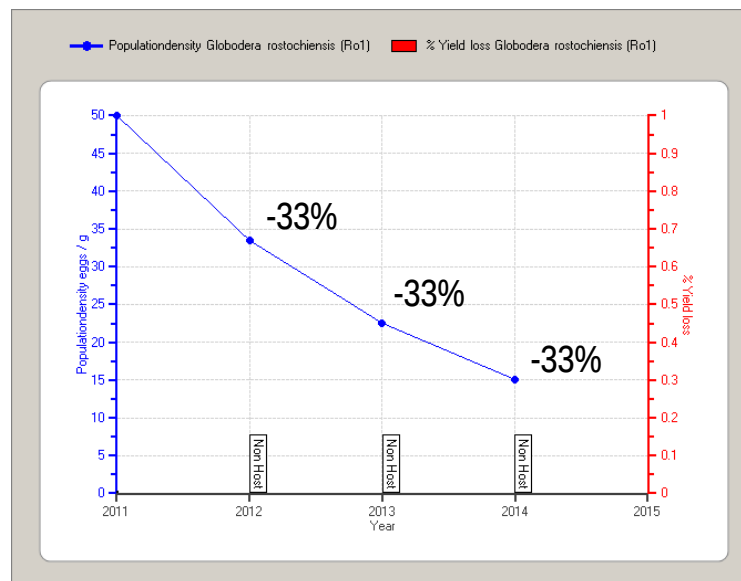
Variétés résistantes et cultures non-hôtes

	NH	R
St-Amable	-45%	-80%
St-Hyacinthe	-29%	-65%
Moyenne	-37%	-72%



- Développé par Thomas Been et Corrie Schomaker aux Pays-Bas
- NemaDecide® est un système expert pour la prise de décision dans la lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de la terre

Modélisation selon NemaDecide® Non-hôte





2^{ième} semis de morelle de Balbis
(*S. sisymbriifolium*)



Amendements de sol

Fumier de poulet
Fumier de porc



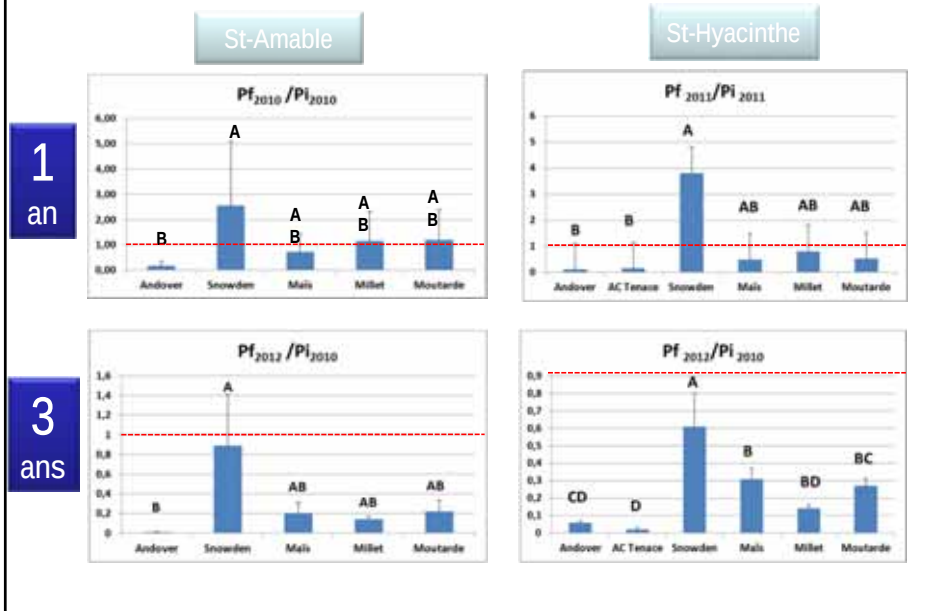
Urée



Enfouissement de moutarde



Effet de la rotation sur P_f / P_i de *G. rostochiensis*



Trois objectifs de recherche

Objectif I. Biologie, dynamique des populations et écologie de *G. rostochiensis* sous les conditions climatiques du Québec.

Objectif II. Développement de méthodes alternatives de lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre.

Project III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.

Objectif III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* et *G. pallida* comme méthode de contrôle

Activités

1. Évaluer la résistance des cultivars/clones de pomme de terre en provenance du programme d'amélioration du CRLB.
2. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.
3. Déterminer le contournement de la résistance aux nématodes à kyste en évaluant les risques reliés à l'apparition de nouveaux pathotypes et/ou de nouvelles espèces de nématodes à kystes
4. Étudier la tolérance des variétés de pommes de terre.
5. Améliorer la performance des marqueurs moléculaires pour la sélection de la résistance. (François Belzile, Université Laval)
6. Identifier des protéines éliciteurs de nématode pour l'exploitation de matériel génétique pour des sources de résistance. (Peter Moffett, Université de Sherbrooke)

Objectif III. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* et *G. pallida* comme méthode de contrôle

Activités

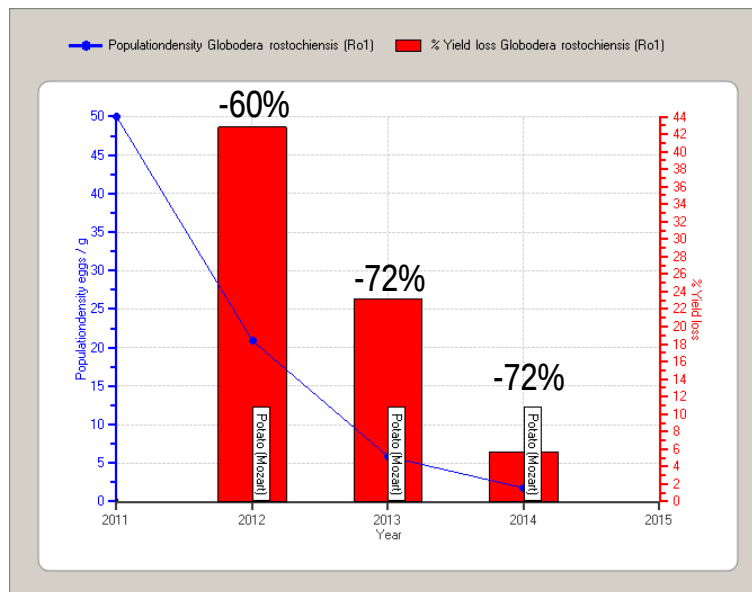
1. Évaluer la résistance des cultivars/clones de pomme de terre en provenance du programme d'amélioration du CRLB.
2. Étude de la résistance de *G. rostochiensis* comme méthode de contrôle.
3. Déterminer le contournement de la résistance aux nématodes à kyste en évaluant les risques reliés à l'apparition de nouveaux pathotypes et/ou de nouvelles espèces de nématodes à kystes
4. Étudier la tolérance des variétés de pommes de terre.
5. Améliorer la performance des marqueurs moléculaires pour la sélection de la résistance. (Dr François Belzile, Université Laval)
6. Identifier des protéines éliciteurs de nématode pour l'exploitation de matériel génétique pour des sources de résistance. (Dr Peter Moffett, Université de Sherbrooke)

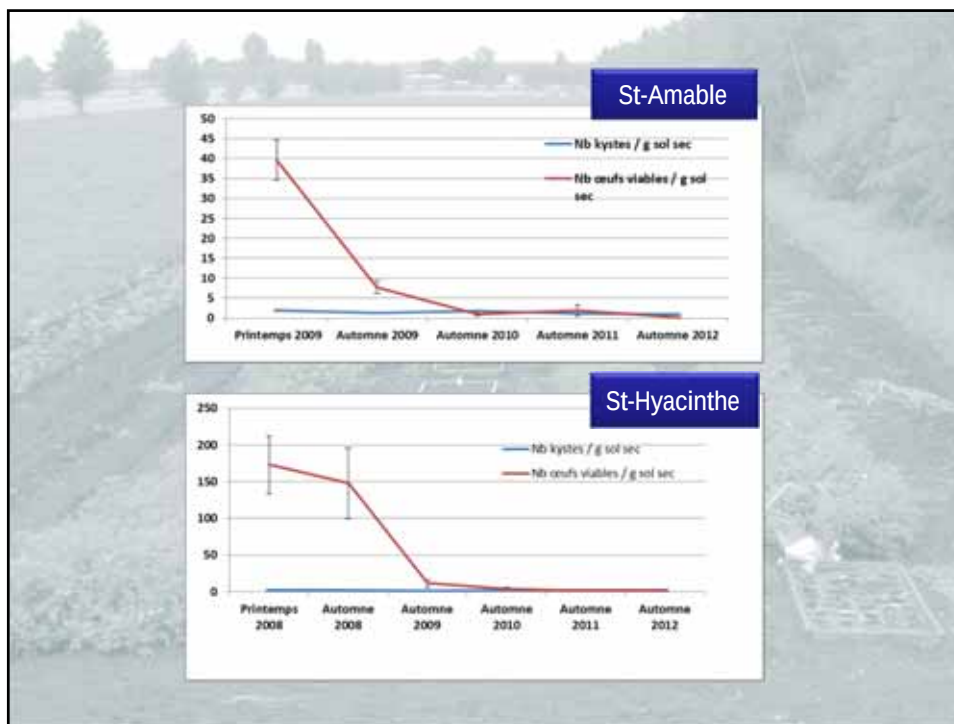
Variétés résistantes et cultures non-hôtes

	NH	R
St-Amable	-45%	-80%
St-Hyacinthe	-29%	-65%
Moyenne	-37%	-72%

Modélisation selon NemaDecide®

Pomme de terre résistante





Pomme de terre de semences au Canada

Données 2010

- Top 50 = 23,800 ha
- Seulement 4 cultivars résistants à Ro1
soit, Reba, Adora, Andover et Eva
- Superficie = 423 ha, soit **1.7%**



Merci à notre support technique

Un travail colossal en laboratoire

- 2500 extractions de sol + 2500 comptages + 2500 évaluations de viabilité = 7,500 analyses / année

45,000 analyses (6 ans)

soit 2.3 personnes année

Support financier

- Programme DPAI d'Agriculture et agroalimentaire Canada
- Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec
- Centre de recherche Les Buissons
- CLD de Lajemmerais
- Programme RPS de l'agence canadienne d'inspection du Canada (ACIA)



Merci à l'équipe de recherche

- Dr Shawkat Ali, post-doc, AAC
- Annie-Christine Boucher, étudiante à la maîtrise de l'université de Sherbrooke
- Catalin Cebuc, CRLB
- Nathalie Dauphinais, AAC
- André Gagnon, Progest 2001
- Daniel Harvey, CRLB
- George Laplante, ACIA
- Dr Benjamin Mimee, AAC
- Philippe Ste-Marie, AAC
- Dr Louis Simard, ACIA
- Défunt Dr Pierre Turcotte, CRLB
- Les nombreux stagiaires COOP de l'Université de Sherbrooke
- Stagiaires français

VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

PROGRAMME DE
RECHERCHE

Gilles Hamel Agr.

PROGRAMME DE RECHERCHE

- RÉSEAU D'ÉVALUATION DE CULTIVARS



VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

PHASE A

INTRODUCTION DE NOUVEAUX HYBRIDES
A PARTIR DU MATÉRIEL « BREEDER »

Université Cornell
Centre de Recherche Les Buissons
Agriculture Canada NB
Europe – plusieurs entreprises

VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

PHASE B

PARCELLES EXPÉRIMENTALES
3 SITES D'ESSAIS
St-Amable
Ste-Croix-de-Lotbinière
Joliette

VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

- PHASE C
- PARCELLES PRÉ-COMMERCIALES
- Site d'essai St-Amable























VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

REVUE DES
DIFFÉRENTES
VARIÉTÉS COMMERCIALES
ET
PRÉ-COMMERCIALES
À L'ESSAI
ET CULTIVÉES AU QUÉBEC

VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

CHAIR JAUNE

Adora

Ambra

Caesar

Fabula

Keuka Gold

Lehigh

ADORA

- Hâtive
- Chair jaune pâle
- Rendement moyen
- Forme variable
- Sensible à la gale commune



AMBRA

- Chair Jaune Moyen
- Gros rendement
- Excellente apparence
- Peau très lisse
- Sensible à la gale commune





CAESAR

- Rendement moyen
- Forme longue
- Difficulté à la levée
- Chair jaune pâle



Fabula

- Chair jaune pâle presque crème
- Gros rendement
- Gros calibre
- Sensible à la gale commune



KEUKA GOLD

- Chair jaune moyen
- Rendement Excellent
- Très ronde et uniforme
- Peau un peu rugueuse
- Besoin d'azote faible
- Résiste à la sécheresse



LEHIGH

- Bon Rendement
- Chair Jaune Moyen
- Peau lisse
- Gale ???







VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

RONDE BLANCHE

Andover
Argos
Atlantic
Eva

Harmony
Lamoka
Marcy
Monticello
Mystere

Reba
Sifra
Valor
Waneta

ANDOVER

- Ancienne variété
- Bien connue
- Première hâtive pour la croustille
- Risque pour la levée
- Sensibilité à la gale





ATLANTIC

- Ancienne Variété
- Cœur creux
- Bon rendement
- Peau rugueuse
- Croustille



ARGOS

- Excellent rendement
- Tardive
- Résiste à la sécheresse
- Exige très peu d'azote





HARMONY

- Bon rendement
- Peau claire et lisse
- Beaucoup de tubercules / plant
- Beaucoup de petites



LAMOKA

- NY139
- Bonne Croustille
- Problème de maturité
- Résistance à la gale



MARCY

- Très gros rendement
- Exige peu d'azote
- Croustille et Table
- Peau brune rugueuse



MONTICELLO

- Croustille et Table
- Bon rendement
- Peau Blanche
- Belle apparence



MYSTERE

- Nouvelle venue en 2013
- Excellente croustille
- Origine inconnu
- Rendement moyen



REBA

- Très bon rendement
- Gros tubercules
- Yeux profonds
- Peau blanche





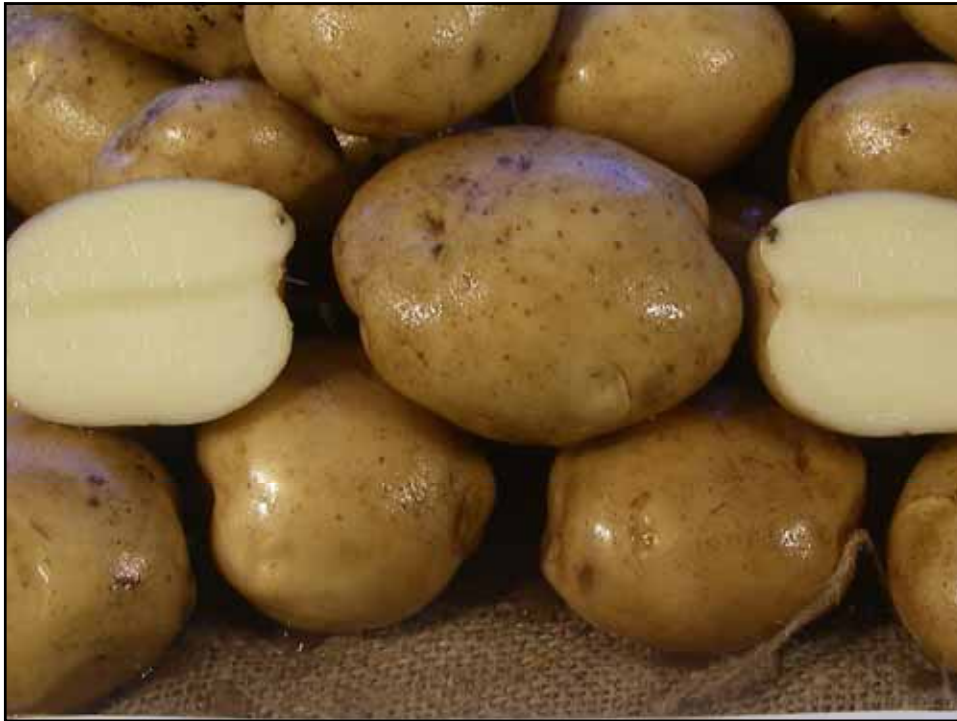
SIFRA

- Très belle table
- Peau clair
- Bon rendement
- Sensible à la gale



VALOR

- Très voisine d'Argos
- Excellent rendement
- Belle table
- Sensible à la gale



WANETA

- Croustille et Table
- NY₁₃₈
- Excellente apparence
- Très gros rendement



VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

ROUGE CHAIR BLANCHE

Red Maria

RED MARIA

- Peau rouge très foncé
- Très ronde et uniforme
- Bon rendement
- Tardive
- Démarre lentement au printemps
- Grosse résistance à la sécheresse
- Besoin d'azote : 70-110 kg/ha
- Sensible à la gale



VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

LONGUE

AC TENACE

AR 2006-4

Amey Russet

AC TENACE

- Longue à peau Russet
- Bon rendement
- Belle apparence
- Sensible à la gale





AR 2006-4

- Nouvelle venue en 2013
- Gros calibre élevé
- Sensible au cœur creux



AMEY Russet

- Russet très foncé
- Rendement moyen
- Très bon goût



VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU NÉMATODE DORÉ

SPÉCIALITÉS

Canberra
Roselys
Red Fantasy
Mozart
Allians
Annabelle
Cécile

CANBERRA

- Très belle apparence
- Peau rose orangé
- Chair jaune
- Bon rendement







REMERCIEMENTS & PARTENAIRES

- RÉSEAU D'ÉVALUATION DE CULTIVARS





REMERCIEMENTS

PARTENAIRES

- CENTRE DE RECHERCHE LES BUISSONS (PCAI)
- FERME G.BERGERON & FILS
- FERME MAXISOL
- FERME ALLARD-OUIMET
- FERME MVG
- FERME RIVEST-BOURGEOIS
- FERME REAL PINSONNEAULT & FILS