



CONGRÈS 2016 | 15-16 SEPTEMBRE



Annie-Ève Gagnon PhD, biologiste-entomologiste
CÉROM
Bloc A

**La gestion des ennemis des cultures dans un
contexte de changements climatiques**

Plan de la présentation

1. Impact des changements climatiques (CC) sur les insectes, agents pathogènes et mauvaises herbes, et les méthodes de lutte;
2. Exemple de l'impact des CC sur la pyrale du maïs au Québec;
3. Mesures d'adaptation, autres considérations et projets en cours.



Impact des CC en phytoprotection

Impacts directs

Ravageurs

Phénologie
Dynamique des populations
Distribution géographique
Espèces envahissantes
Interactions interspécifiques

Température

Couvert de neige
Ouragan
CO₂
Redoux hivernaux



Vents

Gels printaniers

Humidité relative

Grêle Évènements extrêmes

Précipitations

Impacts indirects

Culture

Productivité de la culture
Modification du ratio C:N
Synchronisme ravageur/culture
Stress hydrique et thermique
Transmission de virus

Mesures de gestion

Quantité et efficacité des pesticides
Efficacité des agents de lutte biologique
Espèces envahissantes
Résistance

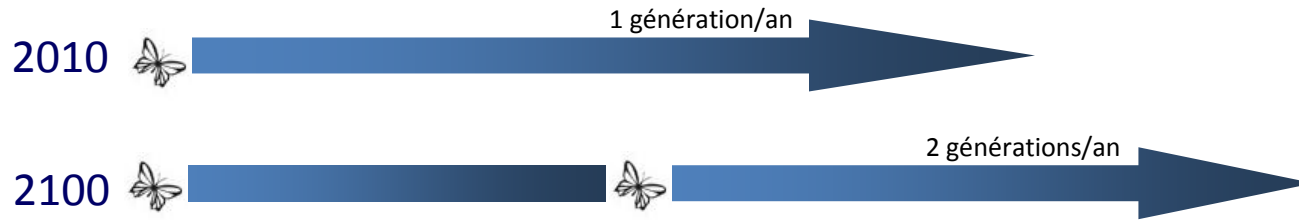
Insectes ravageurs



- Organismes poïkilothermes = la température corporelle des insectes varie en fonction de la température extérieure.
- Par temps chauds, le métabolisme des insectes est plus rapide et donc, leur temps de développement est plus court.
- D'autres paramètres bioclimatiques ont des impacts sur la biologie des insectes, tel que le CO₂, les précipitations et le vent.

Phénologie: voltinisme

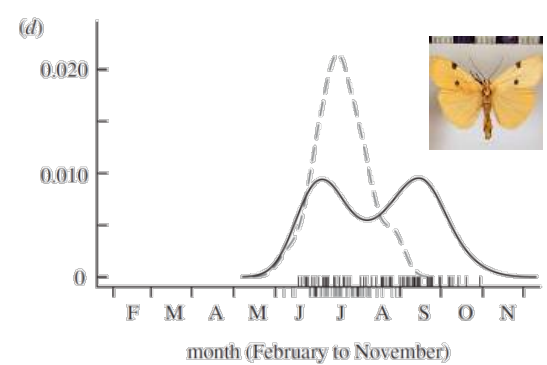
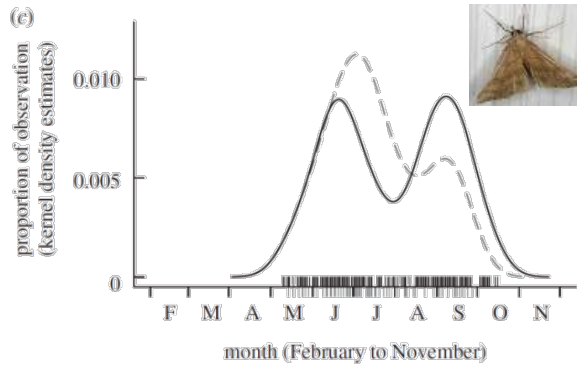
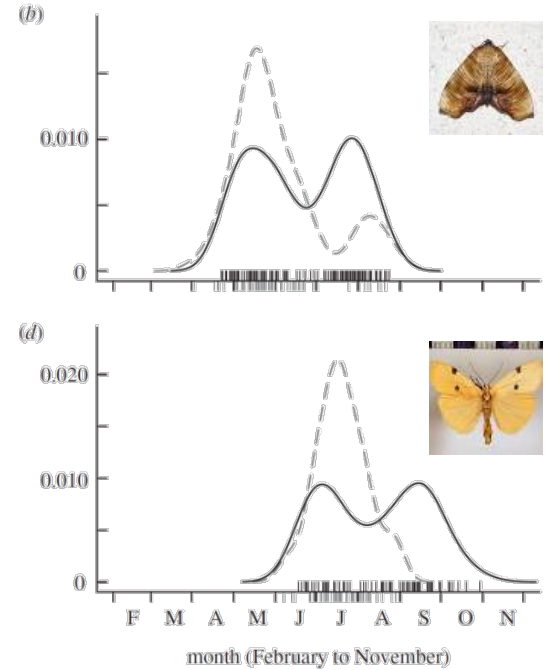
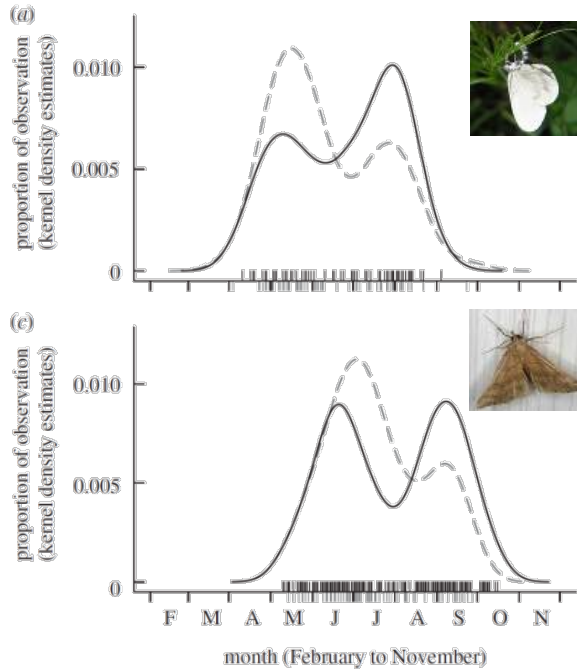
L'extension de la saison de croissance provoque une augmentation au niveau du voltinisme (nombre de générations/année)



Phénologie: voltinisme

4 espèces de lépidoptères montrant un changement prononcé en faveur de la seconde génération après 1980 (—) comparé à avant 1980 (— —).

↗ 1.2° C



(Altermatt 2010)

Distribution géographique

L'augmentation des températures permettra l'expansion de l'aire de répartition de l'espèce en lui procurant un environnement optimal.

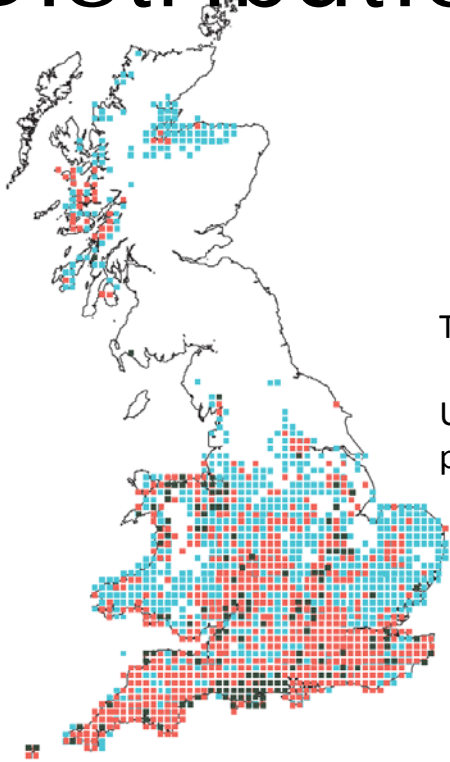
Migration vers les pôles



Migration en altitude



Distribution géographique



Tircis (*Pararge aegeria*)

Une cellule coloriée indique plus d'une population en:
1915–1939 (**noir**)
1940–1969 (**rouge**)
1970–1997 (**bleu**)

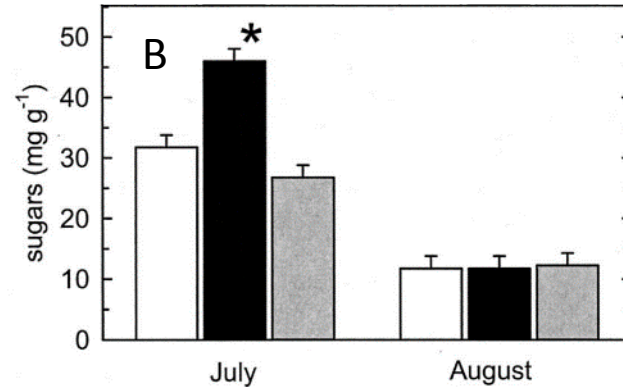
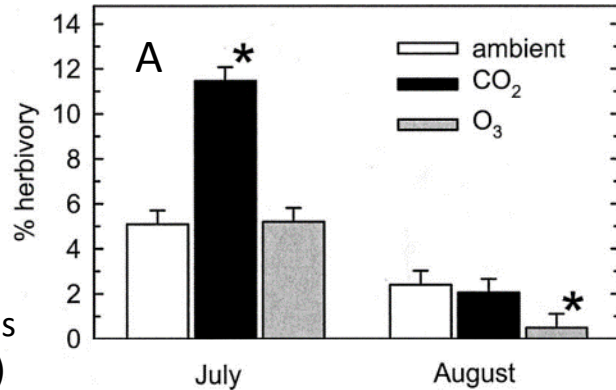
Sur 35 espèces étudiées:
65 % extension de l'aire de distribution vers le nord
34 % aucun changement de distribution
2 % réduction des populations du sud

(Parmesan et al. 1999)

Modification de la plante



Scarabée japonais
(*Popilla japonica*)



Réponse du soya et des herbivores à une concentration ↑ en CO₂ (550 ppm)

(A) Pourcentage de la surface foliaire consommée

(B) Concentration en sucre dans les feuilles (phagostimulant)

(adapté de Hamilton et al. 2005)

Agents pathogènes

- Certaines espèces pourraient être favorisées ou défavorisées par l'augmentation des températures et la diminution des précipitations.
- L'augmentation de la température hivernale permettrait une meilleure survie hivernale de l'inoculum de nombreuses maladies.
- Augmentation de la quantité d'inoculum avec l'accroissement de la saison de croissance.

(Coakley et al. 1999; Patterson et al.1999; Fuhrer 2003)

Table 1. Anticipated effects of climate change on selected diseases of prevalent crop and forest species in Ontario.

Crop and disease	Pathogen (group) ^a	Effect of climate change ^b				Net effect on disease ^e	
		Primary inoculum or disease establishment	Rate of disease progress	Potential duration of epidemic ^c	Reasons for effects ^d		
FIELD CROPS							
Corn (<i>Zea mays</i> L.)	MAÏS					-	
Anthraxnose						++	
Common smut						--	
Eyespot		Charbon commun					+
Fusarium ear rot							+
Grey leaf spot	Fusarium sp.					-	
Northern leaf blight						+	
Stewart's disease	Cercosporiose du maïs						
Soybean (<i>Glycine max</i>)	SOYA						
Brown stem rot		Maladie de Stewart					-
Downy mildew							-
Pod and stem blight							-
Stem canker							-
Powdery mildew							-
Root rot		Maladies racinaires Phytophthora et Rhizoctonia					+
Root rot							+
Sudden death		Nematode à kyste du soya					-
White mold							-
Cyst nematode						++	

(Boland et al. 2004)

Agents pathogènes

- Augmentation des événements extrêmes = transport de spores sur de longues distances lors de tempêtes.
- L'augmentation du CO₂ favoriserait le développement de la biomasse et de la densité de la canopée = augmentation du taux d'humidité dans la culture et plus grand pouvoir de dispersion.



Rouille asiatique du soya
(*Phakopsora pachyrhizi*)

(Patterson et al.1999 , Chakraborty et Datta al. 2003)

Impact sur les outils de gestion

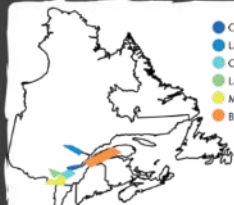
- Perte d'efficacité des pesticides:
 - Pyréthroïdes 10x moins toxiques à 35°C vs 24°C pour contrôler *Ostrinia nubilalis* (Musser et Shelton 2005)
 - Perte d'efficacité du glyphosate dû à la hausse du CO₂ (Ziska et al. 1999)
 - Réduction de l'expression de la protéine Bt dans le coton transgénique dû à la hausse du CO₂ (Coviella et al. 2000)
- Synchronisme entre les ennemis naturels et les ravageurs (Brodeur et al. 2014)
- Augmentation des événements extrêmes (fortes pluies) pouvant limiter l'accès au champ pour appliquer un pesticide.
- Augmentation des cas de résistance dû à l'augmentation du nombre de génération/an + accroissement du nombre d'application d'insecticides

Projet Ouranos [2010-2012]

« Études de cas pour faciliter une gestion efficace des ennemis des cultures dans le contexte de l'augmentation des risques phytosanitaires liés aux changements climatiques »

Michèle Roy, Annie-Ève Gagnon, Geneviève Arsenault-Labrecque,
Line Bourdages, Gaétan Bourgeois, Anne Blondlot

Études de cas



- Capitale-Nationale
- Lac-St-Jean
- Centre-du-Québec
- Lanaudière
- Montérégie
- Bas-St-Laurent

Espèces

Cultures

Régions

Indicateurs

1



Doryphore de la pomme de terre

Leptinotarsa decemlineata



2



Pyrale du maïs

Ostrinia nubilalis

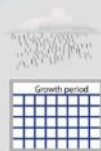


3



Punaise terne

Lygus lineolaris



4



Fusariose de l'épi

Fusarium graminearum



5



Petite herbe à poux

Ambrosia artemisiifolia



Analogues spatiaux

Climat futur dans la région x
(basé sur 3 indicateurs)



2041-2070

Climat actuel dans la région analogue
(basé sur les 3 mêmes indicateurs)



1971-2000

Indicateurs



Température (°C)



Précipitation (somme)



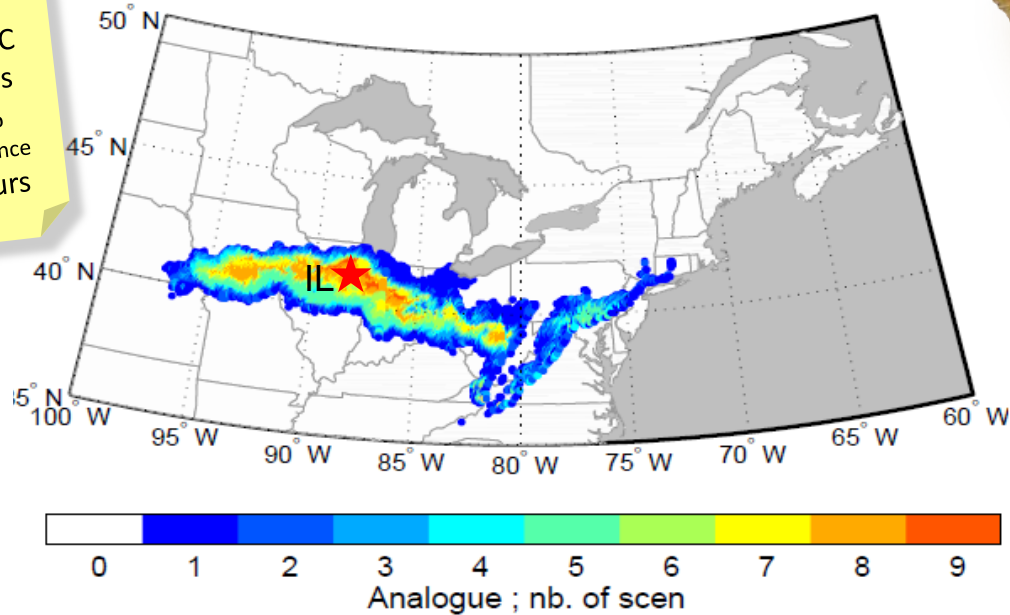
Période de croissance (nb jours)



Humidité relative (moyenne)

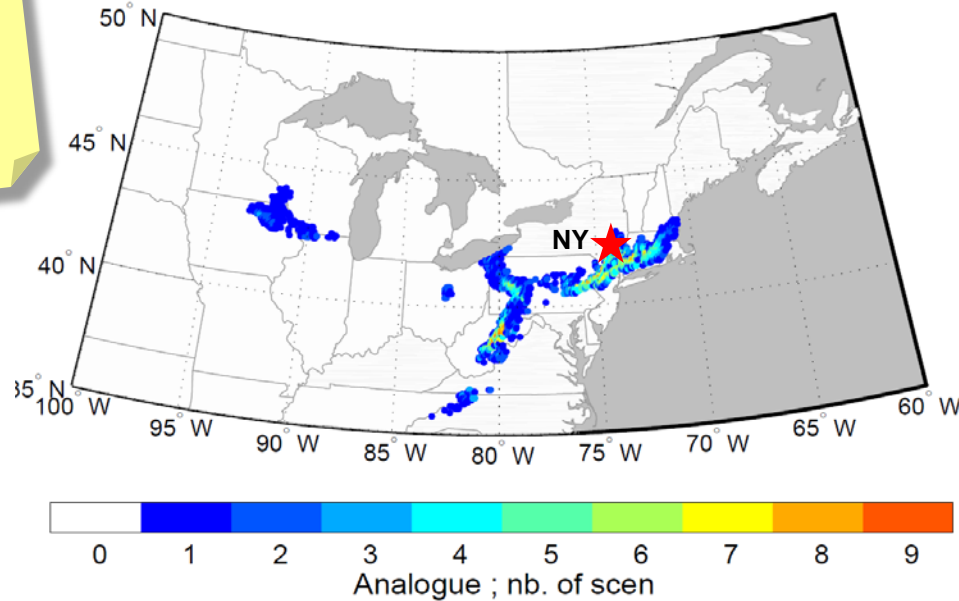
Analogues spatiaux (Montérégie)

Température
+ 2,3 à 2,7 ° C
Précipitations
- 4,8 à 7,5 %
Saison de croissance
+ 19 à 27 jours



Analogues spatiaux (Capinale-Nationale)

Température
+ 2,2 à 2,5 °C
Précipitations
+ 1,8 à 4,3 %
Saison de croissance
+ 22 à 31 jours



Situation de la pyrale - analogue

Illinois | Montérégie



Ravageur principal du maïs sucré

- Race bivoltine (et multivoltine)

New York | Capitale-Nationale



Ravageur principal du maïs sucré

- Race bivoltine et univoltine

- Diminution des populations de la pyrale sur l'ensemble du territoire américain depuis l'utilisation massive des cultivars Bt de maïs-grain.
- Recrudescence des dommages causés par la pyrale du maïs dans la culture du maïs sucré, mais également dans le poivron, la pomme de terre et le haricot vert.




Outils de lutte - analogue

- Utilisation d'insecticides à intervalles réguliers (traitements aux 4 à 6 jours)
- Les pyréthroides synthétiques sont les plus efficaces et les plus utilisés
- Impact des températures élevées sur les insecticides
- Utilisation des cultivars de maïs sucré Bt
- Peu de lutte biologique

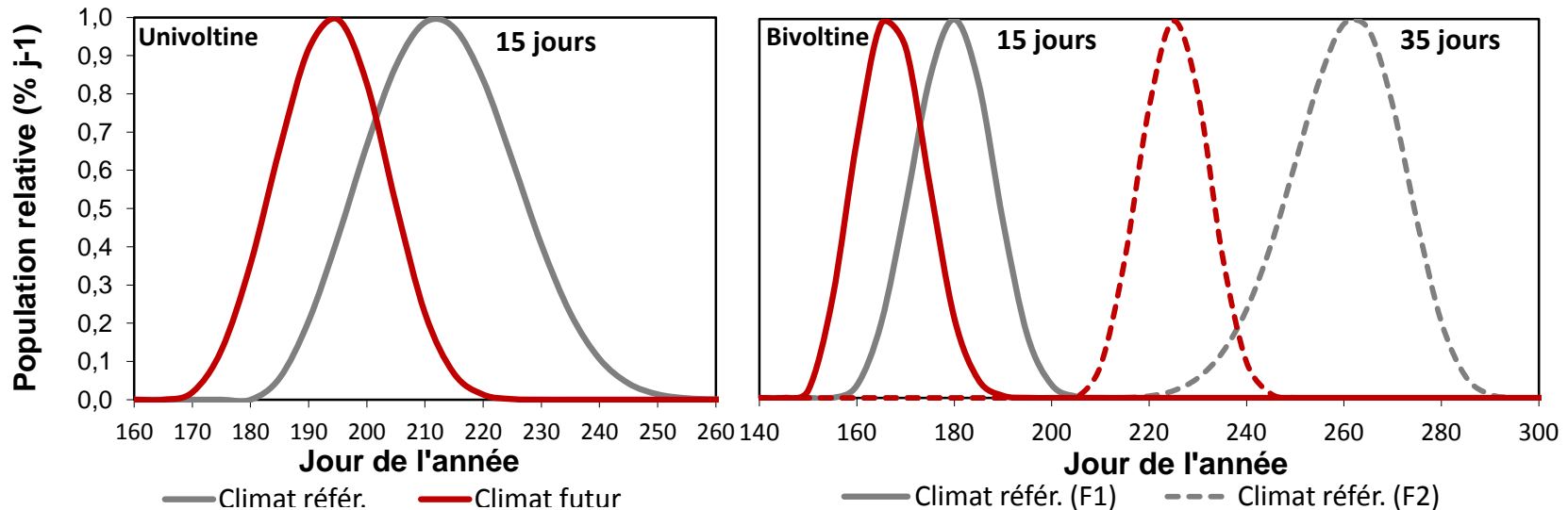


Modèles bioclimatiques



 Agriculture et Agroalimentaire Canada

Validation de l'arrivée plus hâtive de la pyrale selon la phénologie de l'organisme prédite par le modèle bioclimatique CIPRA



Modèles bioclimatiques



Agriculture et
Agroalimentaire Canada


Validation du développement d'une 3^e génération pour la Montérégie

3 ^e génération	Population	1970-1999		2041-2070	
		Moyenne	25 ^e percentile	75 ^e percentile	
Partielle (larves)	5%	-	Sep-21	Oct-05	
	50%	-	Oct-08	Oct-14	
	95%	-	Oct-14	Oct-22	
Complète (adulte)	5%	-	Oct-30	Nov-02	
	50%	-	-	-	
	95%	-	-	-	

Probabilité nulle de développer une 3^e génération pour la Capitale-Nationale

Modèles bioclimatiques



 Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Diminution de la période d'intervention pour contrôler la pyrale du maïs (nombre de jours entre la ponte et le premier stade larvaire)

	1970-1999	2041-2070		Différence	
	Moyenne	25 ^e centile	75 ^e centile	25 ^e centile	75 ^e centile
5% population	9	7	8	2	1
50% population	9	6	7	3	2
95% population	11	7	7	4	4
Moyenne	9.7	6.7	7.3	3.0	2.3

Implications pour le Québec

- Arrivée plus hâtive de la pyrale
- Augmentation du nombre de générations par année
- Augmentation de la fréquence des pesticides appliqués
- Temps de réaction moins grand pour le contrôle des larves
- Perte d'efficacité des méthodes de lutte conventionnelles

Quelques recommandations

- Dépistage: débiter plus tôt en saison et maintenir un suivi durant l'été afin de bien connaître le développement du ravageur
- Fournir de l'information pour un contrôle chimique plus raisonné
- Connaître l'impact des températures sur les insecticides et les méthodes de lutte biologique utilisées
- Fournir de l'information aux producteurs et aux consommateurs concernant les cultivars Bt afin qu'ils puissent faire un choix éclairé

Mesures d'adaptation

LUTTE PHYTOSANITAIRE

Offrir davantage **d'appui financier et humain aux producteurs et aux conseillers** (service d'extension) pour l'utilisation de lutte antiparasitaire

Mettre en place un **Réseau de détection** de l'arrivée de nouveaux ravageurs

Effectuer un **suivi de la résistance** développée chez les ennemis des cultures

LUTTE INTÉGRÉE

Développer une **gestion des pesticides** adaptée aux nouvelles conditions

Disponibilité **d'outils de lutte intégrée, d'outils d'aide à la décision et de transfert d'informations adaptés** aux nouvelles conditions

Implanter et soutenir les **méthodes de lutte intégrée** en priorisant les moyens les plus efficaces

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Disponibilité de **cultivars adaptés** aux nouvelles conditions climatiques

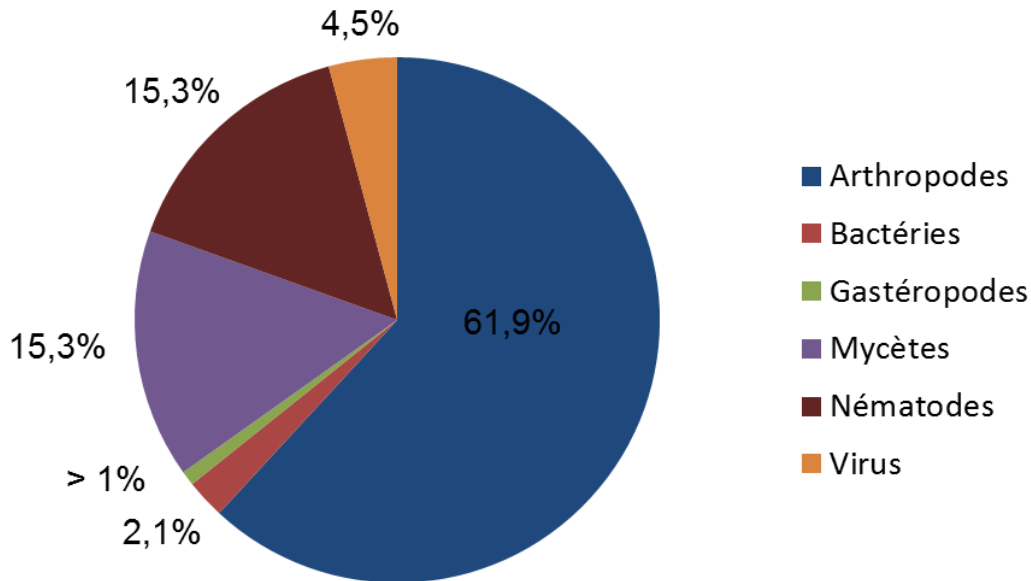
Accroître la recherche pour développer des méthodes de lutte intégrée et approfondir les connaissances sur les ennemis des cultures

Optimisation des **ressources** humaines et financières et des structures pour la concertation en **R&D, transfert et diffusion**

Autres considérations

- Une bonne connaissance de notre système est primordiale.
- La détection précoce est essentielle puisque les coûts et les impacts augmentent de façon exponentielle avec l'établissement du ravageur.
- Système de surveillance phytosanitaire basé sur la détection de nouvelles espèces et non seulement sur la gestion des espèces présentes.
- Lieu d'échange pour les dommages observés et les méthodes de lutte disponibles (informations claires et bien présentées, centralisées et adaptées au Québec).
- Contrecarrer les applications prophylactiques de pesticides.
- Connaissance des espèces problématiques ailleurs dans le monde pour les cultures ciblées afin de se préparer à y faire face.

Projet EEE du soya



Parmi ces espèces:

- 75% ne causent pas de pertes notables.
- 14% peuvent d'engendrer des pertes partielles.
- 11% peuvent causer des pertes importantes.

(Mimee et al. 2013)

Projet EEE du soya [2013-2014]

- 16 feuillets descriptifs des ravageurs potentiels dans la culture du soya

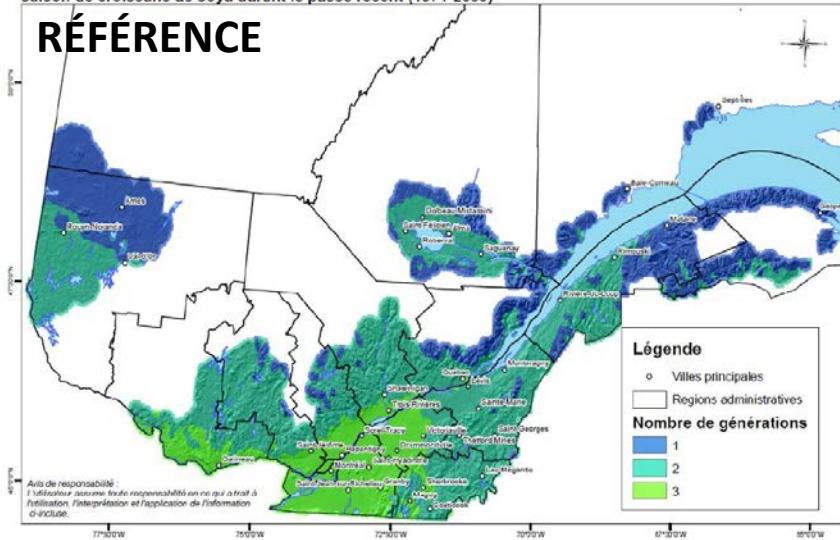


FICHES PAR ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE ..

- Fiche 1 : Punaise marbrée
- Fiche 2 : Punaise verte ou ponctuée
- Fiche 3 : Punaise du kudzu
- Fiche 4 : Nématode à kyste du soya
- Fiche 5 : Nématode réniforme
- Fiche 6 : Bean pod mottle virus
- Fiche 7 : Cercosporose du soya
- Fiche 8 : Rouille asiatique du soya
- Fiche 9 : Ver de l'épi du maïs
- Fiche 10 : Arpenteuse du soya
- Fiche 11 : Noctuelle verdoyante
- Fiche 12 : Chenille du haricot velu
- Fiche 13 : Aleurode du tabac ou du cotonnier
- Fiche 14 : Tordeuse du soya
- Fiche 15 : Riptortus clavatus
- Fiche 16 : Pyrale du haricot

Nématode à kyste du soja

Nombre moyen de générations de nématodes à kyste du soja produites durant une saison de croissance de soja durant le passé récent (1971-2000)



Sources :
Données climatiques quotidiennes moyennes au 10km :
Gouvernement du Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Consortium CURMARS
Données de référence :
Ministère des Ressources naturelles, Canada
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

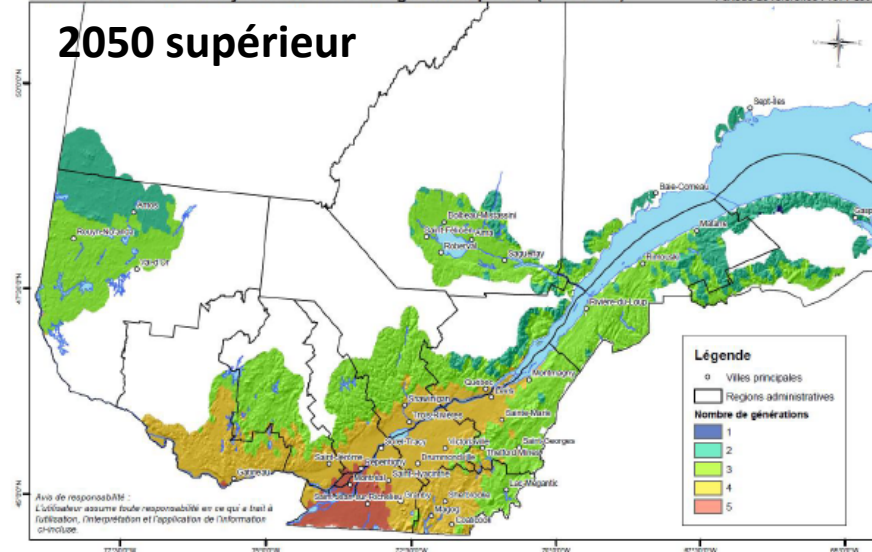
0 25 50 100 150 200
km

Projection : Lambert conique conforme du Québec
Datum : North American Datum (NAD 83)

Les données climatiques utilisées dans l'élaboration de cette carte proviennent du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (gouvernement du Québec) et de l'Environnement Canada.
Production : Arne-Fidélité Gendron S.M.

Nombre moyen de générations de nématodes à kyste du soja produites durant une saison de croissance de soja : Scénario de changement supérieur (2041-2070)

Periode de référence : 1971-2000



Sources :
Données climatiques quotidiennes moyennes au 10km :
Gouvernement du Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Consortium CURMARS
Données de référence :
Ministère des Ressources naturelles, Canada
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

0 25 50 100 150 200
km

Projection : Lambert conique conforme du Québec
Datum : North American Datum (NAD 83)

Les données climatiques utilisées dans l'élaboration de cette carte proviennent du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (gouvernement du Québec) et de l'Environnement Canada.
Production : Arne-Fidélité Gendron S.M.

Projets en cours...

- EEE des grandes cultures (maïs, soya, céréales et canola) [2015-2018](Gagnon et al.)
 - Base de données des ennemis des cultures provenant de tous les continents
 - Modélisation de 5 espèces ciblées
 - **Punaise marbrée**, *Halyomorpha halys*
 - **Noctuelle de la tomate**, *Helicoverpa armigera*
 - **Punaise verte**, *Nezara viridula*
 - **Méligèthe des crucifères**, *Meligethes viridescens*
 - **Rouille asiatique du soya**, *Phakopsora pachyrhizi*

PROJET EN COURS
IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET MESURES D'ADAPTATION CONTRE LES RAVAGEURS PRÉSENTS ET POTENTIELS EN GRANDES CULTURES AU QUÉBEC



OURANOS
VULNÉRABILITÉS, IMPACTS ET ADAPTATION
PROGRAMME: AGRICULTURE, PÊCHES ET
AQUACULTURE COMMERCIALES

DÉBUT ET DURÉE DU PROJET
JUN 2015 • 3 ans

INFORMATION
Anne Blandin
projet@ouranos.ca
514-282-6464
www.ouranos.ca

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE
Annie-Ève Gagnon, CÉROM

- Analyse des approches et des technologies novatrices en termes de surveillance phytosanitaire [2016-2017] (Gagnon et al.)



Conclusion

- Les CC risquent qu'accentuer les problèmes phytosanitaires actuels
- La lutte intégrée demeure une solution à privilégier
- La modernisation du système de surveillance phytosanitaire au Québec est nécessaire
- Un lieu d'échange entre les divers intervenants permettrait un meilleur transfert d'informations



Remerciements

- Djazia Kichou
- Julien Saguez
- Julie-Éléonore Maisonhaute
- Annie Christine Boucher
- Geneviève Labrie
- Sylvie Rioux
- Anne Blondlot
- Line Bourdages
- Patrick Grenier
- Michèle Roy
- Gaétan Bourgeois
- Benjamin Mimee
- Anne-Frédérique Gendron-St-Marseille
- Jacques Brodeur
- Joffrey Moiroux
- Katia Colton-Gagnon
- Salah Zoghlami



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec 



UPA *L'Union des
producteurs
agricoles*

PRIME-
VERT
UN PAS DE PLUS.
POUR VOUS.
POUR VOTRE COLLECTIVITÉ.

PRODUCTEURS DE
GRAINS
DU QUÉBEC

CÉROM
Centre de recherche sur les grains inc.

Fondsvert Québec 