

Études de cas pour évaluer l'impact des changements climatiques en phytoprotection



Auteurs : Annie-Ève Gagnon, *Ph.D., biologiste-entomologiste, chargée de projet, Ouranos*
Michèle Roy, *Ph.D., biologiste-entomologiste, Laboratoire de diagnostic en phytoprotection, MAPAQ*

Description

Évaluation de la pression de cinq ennemis des cultures selon une projection climatique pour l'horizon 2050 et la détermination des analogues spatiaux.

Introduction

D'aussi loin que l'on se souvienne, l'homme a toujours jonglé avec les aléas du climat pour cultiver ses terres. Les changements climatiques (CC) observés ces dernières années progressent à une telle vitesse qu'ils risquent de modifier considérablement le portrait agricole de nos régions (GIEC, 2007). Alors que de nouvelles opportunités pourraient s'offrir à nous avec un réchauffement climatique en élevant les rendements agricoles ou en ajoutant de nouvelles cultures, d'autres inconvénients pourraient contrebalancer ces avantages. Parmi les menaces pouvant compromettre la pérennité de notre agriculture, notons l'augmentation des dommages causés par les ennemis des cultures (Rosenzweig, 2000). La biologie de ces organismes nuisibles étant très sensible aux variations du climat, les CC anticipés d'ici 2050 affecteront potentiellement la dynamique des populations ainsi que le statut de ravageur de certaines espèces (Porter, 1991).

Organismes poïkilothermes, les insectes dépendent directement des conditions climatiques extérieures en régulant la vitesse de leur métabolisme (Andrewartha et Birch, 1954). Le réchauffement climatique aura donc un effet sur leur vitesse de développement en modifiant le voltinisme (le nombre de générations par année) (Altermatt, 2010), l'abondance de leurs populations (Estay, 2009), leur survie hivernale (Zhou, 1995) et leur aire de répartition (Porter, 1991). Une altération indirecte de la biologie d'un ravageur peut également survenir par la modification physiologique ou morphologique d'une plante cultivée en réponse aux CC. La diminution de la concentration des composés de défense, l'augmentation du ratio C:N et les modifications au niveau de la structure de la feuille sont autant de paramètres pouvant affecter le pouvoir de résistance des cultures face à leurs ravageurs.

Bien que les agents pathogènes dépendent également de la température, leur succès reproducteur ainsi que leur vitesse de développement sont extrêmement liés à l'humidité. L'impact des CC est plus difficile à prévoir avec ces organismes puisque l'incertitude liée aux prévisions du régime des pluies dans un futur rapproché est plus grande que pour les moyennes de température.

Néanmoins, plusieurs études démontrent que les CC auraient un effet positif sur certaines espèces en augmentant leur pouvoir d'établissement, leur taux de croissance et la durée de l'épidémie (Boland, 2004; Fuhrer, 2003; Patterson, 1999). Les extrêmes climatiques ont aussi un rôle à jouer dans le pouvoir d'infection d'un agent pathogène en favorisant son entrée, par exemple, par une blessure à la plante causée par la grêle, une sécheresse ou un gel. La résistance de la plante cultivée peut ainsi être compromise par ces blessures ou par des changements physiologiques ou morphologiques de la plante, tel que mentionné plus haut (Rillig, 2007).

Les risques associés aux mauvaises herbes reposent davantage sur l'augmentation des échanges commerciaux provoquant l'introduction de nouvelles espèces que sur les CC à proprement parler. Bien que l'augmentation de la température ou le changement des autres facteurs climatiques permettent un meilleur succès d'établissement de ces espèces, elles sont principalement limitées par une bonne gestion des cultures que par une limitation thermique. Néanmoins, certaines espèces seront avantagées par les CC en renforçant leur production de graines (Edwards et Newton, 2007), en augmentant leur survie hivernale (Wolfe, 2008) ou en augmentant leur pouvoir compétitif (Ziska et Runion, 2007).

Objectifs

Afin d'aider les producteurs agricoles à s'adapter efficacement à cette nouvelle situation, une méthode d'analyse de risques en phytoprotection a été mise en place pour offrir aux décideurs des outils leur permettant d'évaluer les mesures à mettre en place pour protéger le rendement des cultures tout en réduisant les risques des pesticides pour la santé et l'environnement. Les études de cas visent à déterminer l'impact des CC sur cinq ennemis des cultures : le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*), la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), la punaise terne (*Lygus lineolaris*), la fusariose de l'épi (*Fusarium graminearum*) et l'herbe à poux (*Ambrosia artemisiifolia*). Le projet vise également à évaluer les risques et les vulnérabilités en phytoprotection ainsi que de proposer des mesures d'adaptation en vue des CC.

Une étude exploratoire a été réalisée en 2009 dans la région de la Montérégie avec la pyrale du maïs, principal ravageur de la culture du maïs sucré. Depuis son introduction au Québec en 1926, les dommages causés par cet insecte dans cette culture n'ont cessé de s'intensifier. Les CC pourraient favoriser les populations de la pyrale, stimuler la pression exercée par ce ravageur et rendre difficile sa gestion (Diffenbaugh, 2008). Nous présentons ici les résultats préliminaires de cette étude.

Méthodologie

L'approche des analogues spatiaux consiste à repérer les régions où le climat actuel a des similitudes avec le climat futur projeté du Québec (horizon 2041-2070). Cette méthodologie représente un outil intéressant pour la communication des scénarios climatiques dans les projets d'impacts et d'adaptation (Kopf, 2008). Il est ainsi possible d'établir des parallèles entre les risques, les vulnérabilités et les méthodes d'adaptation de ces régions et ceux du Québec dans un futur

rapproché. Le développement de cette nouvelle méthode permettra d'énoncer des recommandations pertinentes pour l'élaboration d'une stratégie d'adaptation aux CC en phytoprotection.

Résultats de l'étude exploratoire

D'après le scénario climatique élaboré par Ouranos, le climat du sud de la Montérégie, à l'horizon 2041-2070, ressemblera grandement à celui des États de l'Indiana, de l'Ohio et de la Pennsylvanie (Figure 1) actuellement. Dans ces régions de production de maïs sucré, la pyrale du maïs représente un ravageur clé pouvant produire jusqu'à trois générations par année. Les méthodes de lutte contre ce ravageur reposent actuellement sur l'utilisation d'insecticides à intervalles réguliers (traitements aux 4 à 6 jours) ainsi que le choix de cultivars *Bt* résistants aux larves de Lépidoptères. Une plus grande pression de la pyrale du maïs pourrait engendrer une augmentation de l'utilisation d'insecticides dans la culture du maïs sucré au Québec et il sera donc essentiel de revoir les méthodes de lutte disponibles contre ce ravageur.

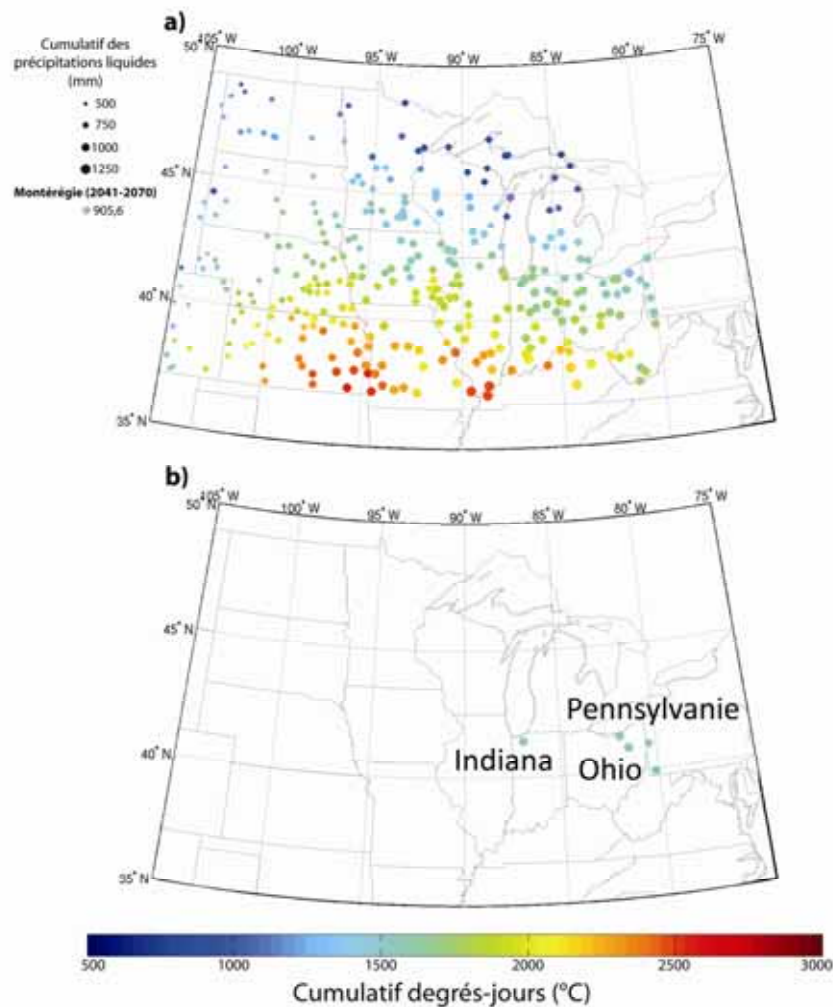


Figure 1. a) Précipitations liquides totales (taille du point) et cumulatif de degrés-jours en base 10 (couleur du point) dans le nord-est américain pour la période 1971-2000; b) Stations météorologiques du Nord-est américain analogues au climat de la Montérégie à l'horizon 2041-2070 (valeur indiquée dans la légende de la fig. 1a).

Conclusion

L'enjeu de notre initiative consiste à identifier les principaux ennemis des cultures déjà présents qui pourraient augmenter leur pression sur les principales productions agricoles à la faveur des CC et auxquels il faudra porter une attention particulière. Quels sont les risques phytosanitaires, les vulnérabilités du secteur agricole et les options d'adaptation par rapport à ces ennemis des cultures? Les analogues spatiaux permettront de visualiser l'ampleur de la problématique de l'ennemi ciblé dans la région analogue. Cette méthodologie, bien qu'ayant ses limites, produit des résultats relativement intuitifs et faciles à transmettre à une communauté non scientifique. Le but visé est de fournir de l'information utile à la prise de décision à la ferme dans un contexte de lutte antiparasitaire intégrée favorisant une agriculture plus durable et porteuse de bénéfices pour la société tout en assurant une rentabilité des entreprises agricoles.




Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Études de cas pour évaluer l'impact des changements climatiques en phytoprotection

Annie-Ève Gagnon
Michèle Roy

Collaboration
Agroclimatologie

9 mars 2011, Drummondville



Impact des CC en phytoprotection

Impact direct

Ravageurs

- Phénologie
- Dynamique des populations
- Distribution géographique
- Espèces envahissantes
- Interactions interspécifiques

Température

Changement de saison
Oxygène
CO₂
Régulation biochimique



Vents

O₃
Gels printaniers

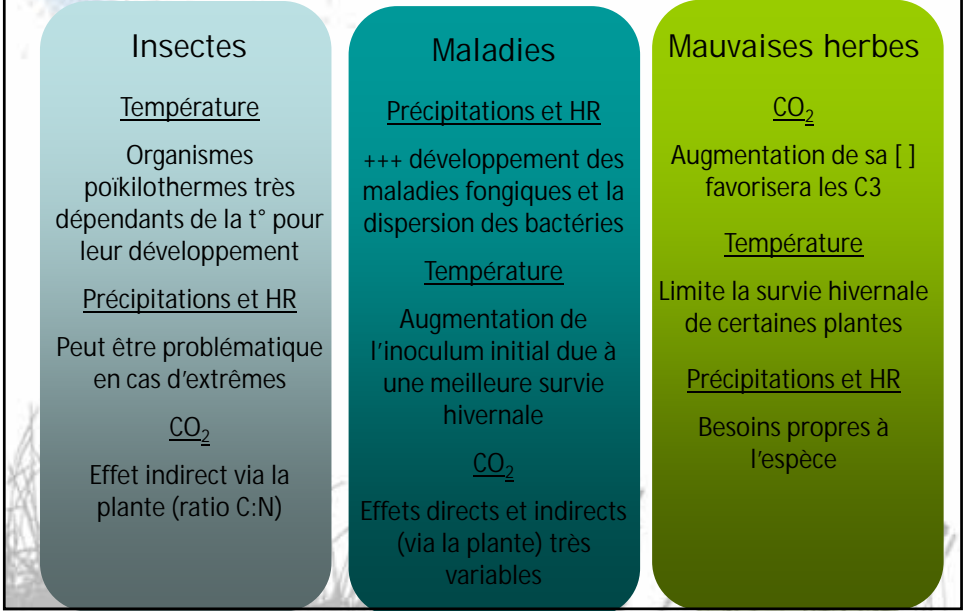
Humidité relative

Orée
Événements météorologiques

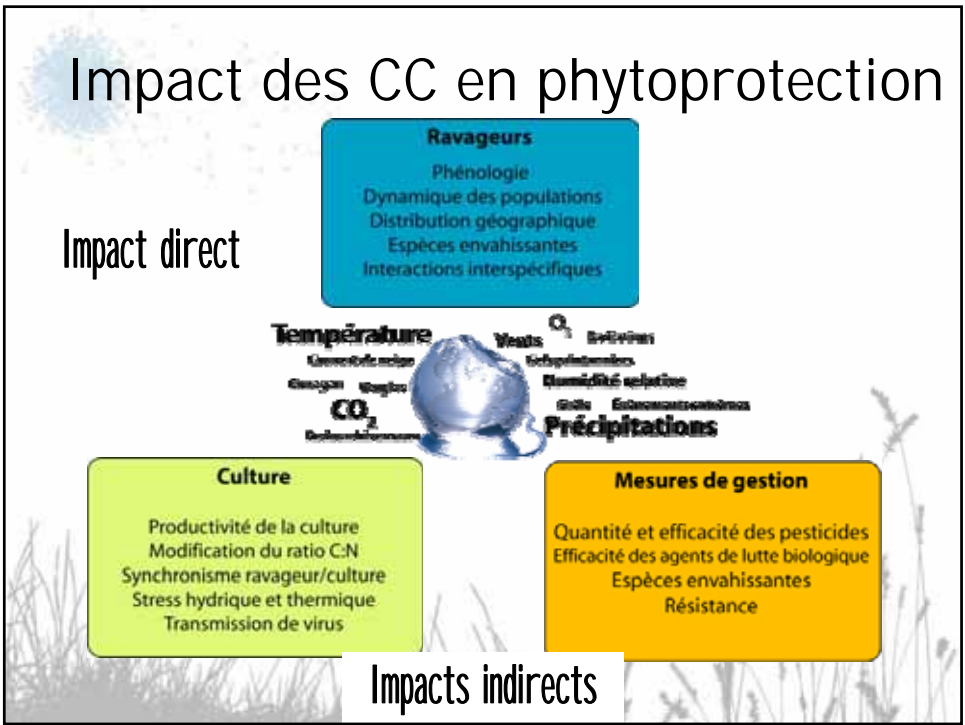
Précipitations

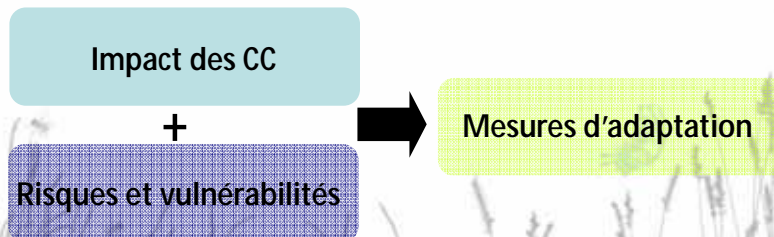
Impact des CC en phytoprotection



Impact des CC en phytoprotection



« 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 »



Objectifs

- Développer une **méthode** pour évaluer les risques phytosanitaires en lien avec les changements climatiques (CC) **Analogues spatiaux**
- Analyser les **vulnérabilités** des secteurs agricoles étudiés
- Identifier et documenter des options d'**adaptation**
- **Informé et sensibiliser** les décideurs en phytoprotection
- Émergence d'un **noyau d'expertise** en matière de CC dans le domaine de la phytoprotection



Projet

Financement

ICAR-Québec et PACC-26

Collaborateurs

- Michèle Roy (MAPAQ), superviseure
- Annie-Ève Gagnon (Ouranos), chargée de projet
- Line Bourdages (Ouranos), scénarios climatiques
- Gaétan Bourgeois (AAC), modélisation bioclimatique
- Anne Blondlot (Ouranos), support et coordination
- Audrey Roy (MAPAQ), support et coordination
- Jean-Philippe Légaré (MAPAQ), support et coordination
- Djiby Bocar Sall (MAPAQ), agroéconomiste

Choix des espèces

- Consultation de divers experts et intervenants en phytoprotection
- Liste de 195 espèces potentielles
- Détermination des espèces pour les études de cas, en fonction de divers critères :

Biologie de l'ennemi

Survie hivernale
Dommages causés
Capacité de dispersion
Nombre de générations
Spécialiste vs généraliste
Vecteur de virus ou de maladie

Culture

Superficie totale
Nombre de fermes
Valeur de la production
Coût de la production
Production biologique
Importance au Québec

Moyens de lutte

Matières actives homologuées
Toxicité des intrants
Coût des intrants
Résistance aux pesticides
Disponibilité des méthodes alternatives

Choix des espèces



Doryphore de la pomme de terre



Pyrale du maïs



Punaise terne



Fusariose de l'épi



Petite herbe à poux

Doryphore de la pomme de terre

- Corrélation entre l'**abondance** des populations et la **température**
- Les insecticides et certaines mesures culturales réussissent généralement à maintenir cet insecte sous contrôle, mais il suffirait de très peu de changements dans l'environnement pour déstabiliser le système et encourir d'énormes pertes économiques



Augmentation du **nombre de générations** par année (1 à 2 complètes) et arrivée plus hâtive

Pyrale du maïs

- Ravageur clé du maïs sucré, nécessitant plusieurs interventions
- 2 races : univoltine et bivoltine (varient par leur réaction à la température et à la photopériode)

Augmentation du **nombre de générations** par année, expansion de **l'aire de répartition** de l'espèce vers le nord et **arrivée plus hâtive**



Distribution des races univoltine et bivoltine de la pyrale du maïs



Punaise terre

- Cause des dommages dans les cultures de la pomme, des légumes et des petits fruits en se nourrissant directement sur les bourgeons, les boutons floraux, les fruits et les tissus en croissance
- 3 à 5 générations par année
- Espèce sensible à la température, s'active dès 0 °C

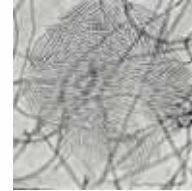


L'augmentation **des températures** pourrait favoriser un développement plus rapide de cette espèce et augmenter le **nombre de générations** produites au cours d'une saison

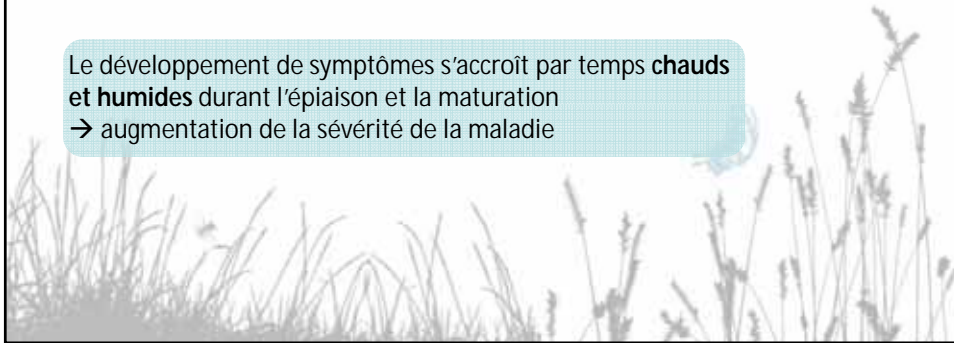


Fusariose de l'épi

- Causée principalement par *F. graminearum* (blé et orge)
- Production d'une mycotoxine appelée désoxynivalenol (DON) qui est indésirable dans le grain destiné aux animaux ou à l'homme
- Peu de cultivars canadiens sont résistants à cette maladie



Le développement de symptômes s'accroît par temps **chauds et humides** durant l'épiaison et la maturation
→ augmentation de la sévérité de la maladie

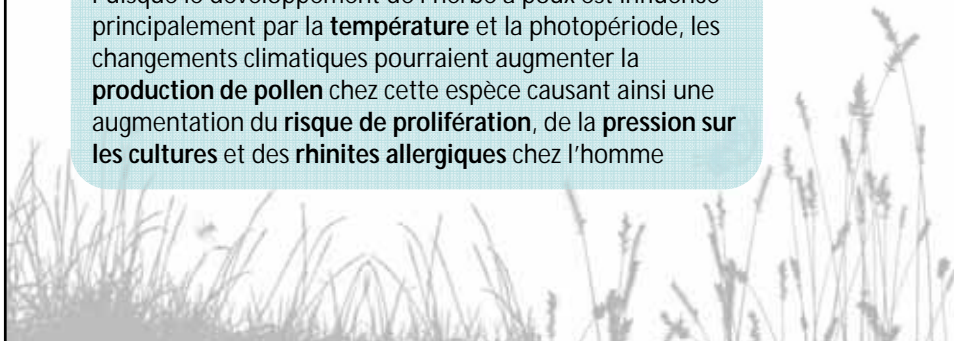


Petite herbe à poux

- **Importance économique en agriculture** en diminuant le rendement de plusieurs cultures (grandes cultures)
- Une menace au niveau de la **santé de l'homme** en causant la rhinite allergique

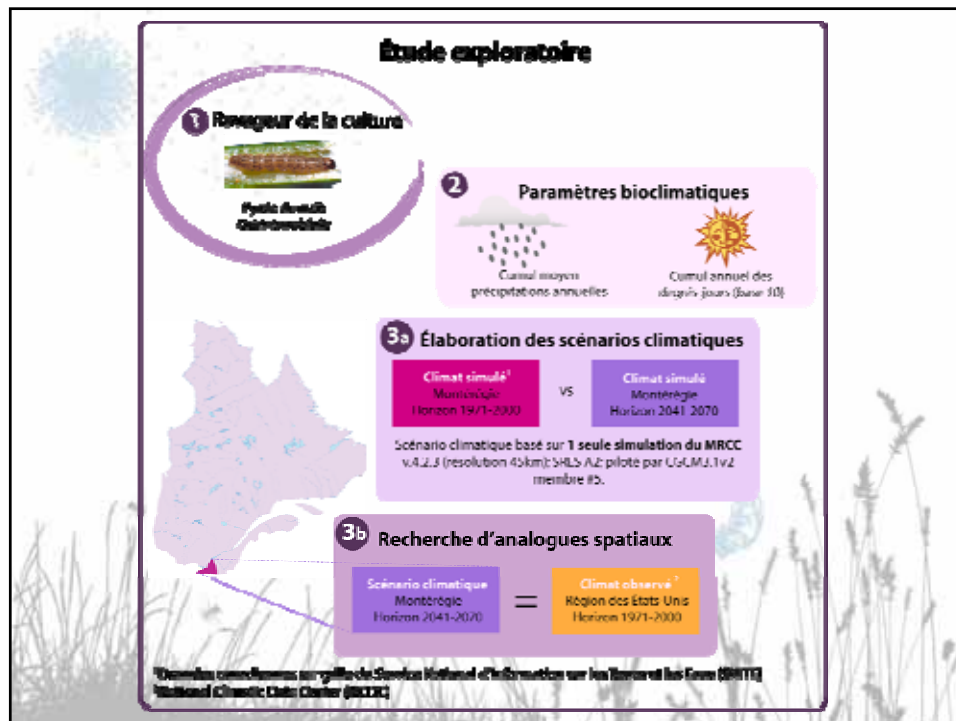


Puisque le développement de l'herbe à poux est influencé principalement par la **température** et la photopériode, les changements climatiques pourraient augmenter la **production de pollen** chez cette espèce causant ainsi une augmentation du **risque de prolifération**, de la **pression sur les cultures** et des **rhinites allergiques** chez l'homme



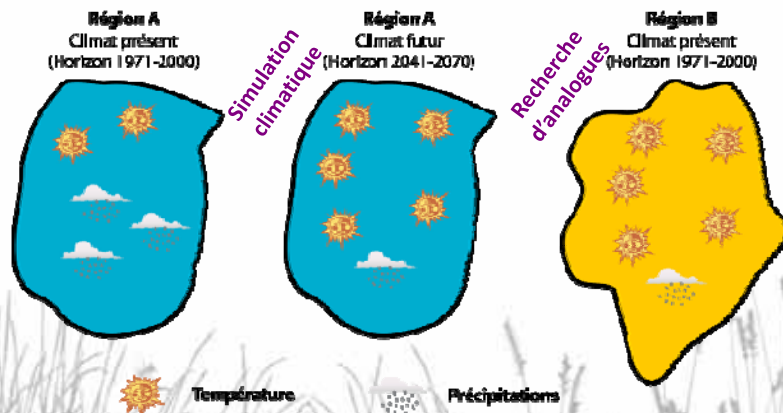
Indicateurs bioclimatiques

	Espèces	Cultures	Régions ciblées	Indicateurs bioclimatiques
Insectes		Pomme de terre	Capitale-Nationale Lanaudière	Degrés-jours en base 10 Précipitations Fréquence de gel
		Mais sucré	Montréal Capitale-Nationale	Degrés-jours en base 10 Précipitations Humidité relative
		Plusieurs cultures (petits fruits, pomme, et autres)	Montréal Centre-du-Québec	Degrés-jours en base 0 Précipitations Fréquence de gel
Agent pathogène		Blé et orge	Montréal-Est Bas Saint-Laurent	Degrés-jours Précipitations Humidité relative
Mauvaise herbe		Grandes cultures	Montréal Saguenay-Lac-Saint-Jean	Degrés-jours Humidité relative Précipitations



Analogues spatiaux

Principe → Trouver dans la climatologie du passé récent un lieu dont le climat est analogue à celui de la zone d'intérêt à l'horizon 2041-2070



Kopf *et al.*, 2008, Hallegatte *et al.*, 2010, Hayhoe *et al.*, 2010)

Analogues spatiaux

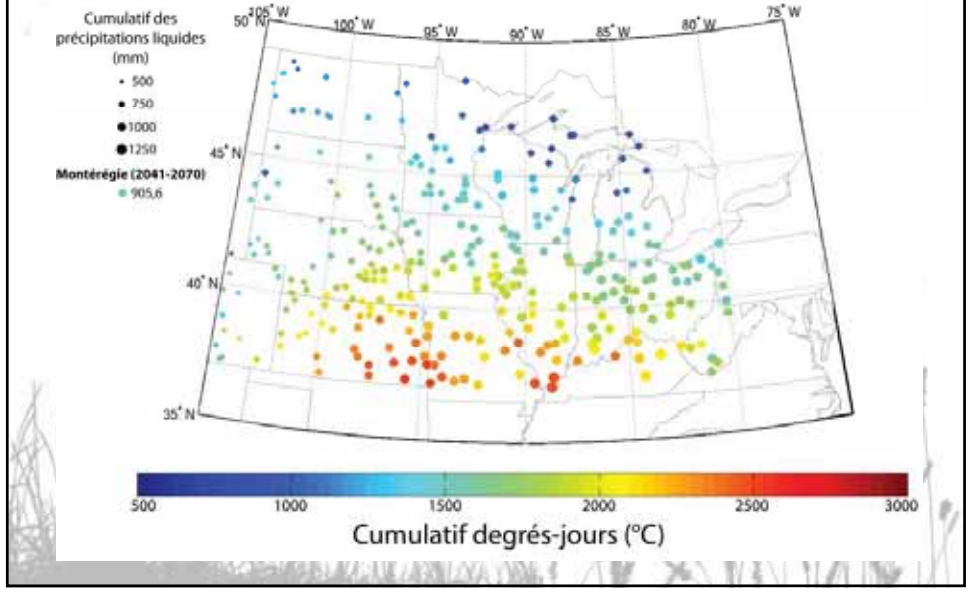
Avantages

- Résultats intuitifs
- Permet d'observer les mesures d'**adaptation** des régions analogues

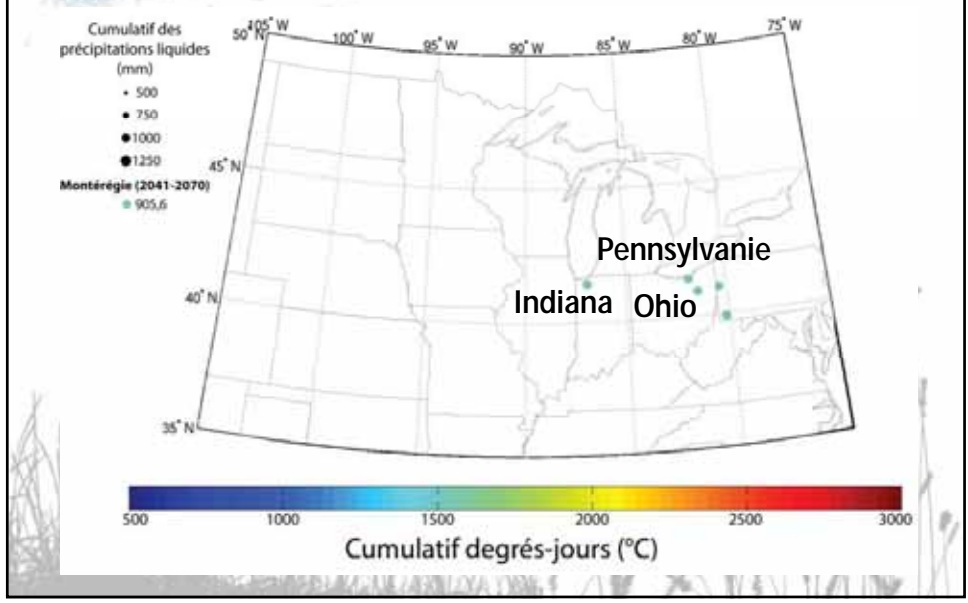
Inconvénients

- Simplification excessive
- Ne tient pas compte de la hausse de la [CO₂]
- Conditions géographiques et climatiques mal représentées

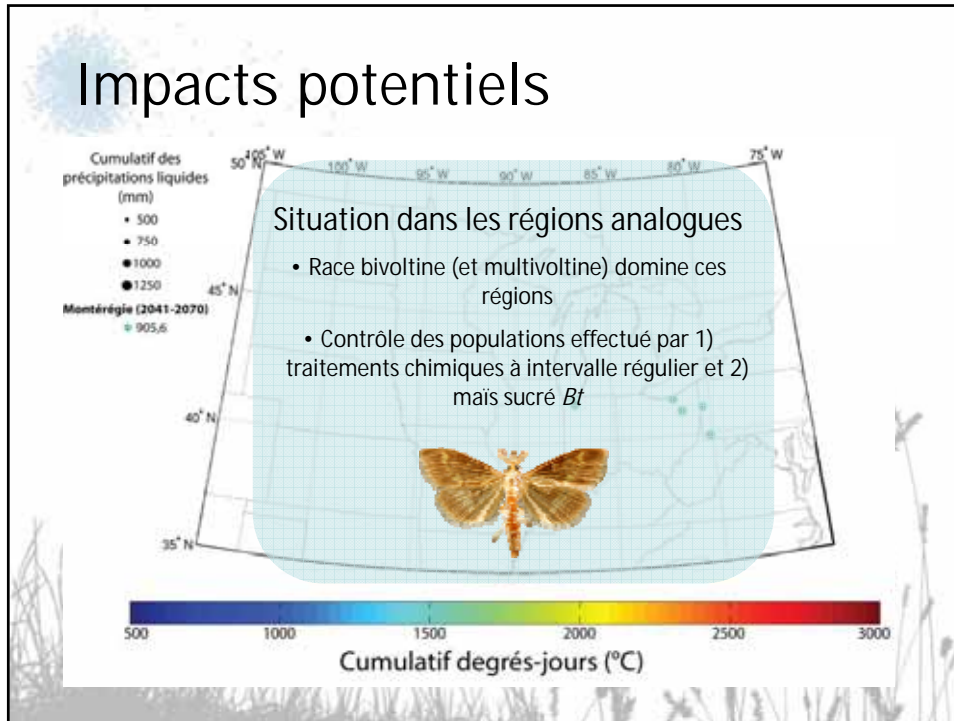
Analogues spatiaux



Analogues spatiaux



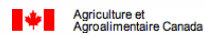
Impacts potentiels



Modèles bioclimatiques

Validation des analogues spatiaux avec la phénologie de l'organisme prédite par le modèle bioclimatique CIPRA

Tableau 1. Comparatif des dates d'obtention des différents stades de développement de la pyrale du maïs en 2009 et à l'horizon 2041-2070 pour la station météorologique de St-Anicet, en Montérégie.



Stades	Degres-jours (base 10)	Date simulée (2009)	Date simulée (horizon 2041-2070)	Différence (jours)
5% chrysalides	231	12 juin	7 juin	5
50% chrysalides	340	24 juin	18 juin	6
95% chrysalides	465	6 juillet	1 juillet	5
5% adultes	374	26 juin	21 juin	5
50% adultes	526	14 juillet	5 juillet	9
95% adultes	688	29 juillet	19 juillet	10
5% œufs	425	1 juillet	26 juin	5
50% œufs	540	16 juillet	6 juillet	10
95% œufs	678	29 juillet	18 juillet	11

Race univoltine

Arrivée plus hâtive et développement plus rapide (5-10 jours de différence)

Analyse des vulnérabilités et des options d'adaptation

- Revue de littérature et consultation auprès de divers experts afin d'évaluer la **sensibilité d'un ennemi** ciblé face à la modification du climat ainsi que les vulnérabilités de la culture
- Évaluation des **capacités d'adaptation** pour lutter contre chaque espèce étudiée et des moyens économiques disponibles pour y parvenir



Information et sensibilisation

- Cibler les besoins en recherche
- Recommandations pertinentes pour assurer une meilleure adaptation du secteur agricole
- Diffusion de l'information obtenue sur l'impact des CC en phytoprotection en procurant une documentation vulgarisée
- **Clientèle visée** : décideurs en phytoprotection, conseillers agricoles et producteurs
- Rédaction d'un rapport de synthèse et d'articles scientifiques

Conclusion

But : fournir de l'information utile à la prise de décision à la ferme dans un contexte de lutte antiparasitaire intégrée favorisant une agriculture plus durable

- ★ Établissement d'une méthodologie facilement reproductible
- ★ Amorce d'une stratégie d'adaptation aux CC pour le secteur de la phytoprotection au Québec
- ★ Émergence d'un noyau d'expertise en matière de CC & phytoprotection

