

Colloque en
Agroclimatologie



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
Commission agrométéorologie

Outils disponibles et changements climatiques

Le mercredi 9 mars 2011
Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

**Cette activité est réalisée grâce à l'appui financier d'Ouranos
en partenariat avec Ressources naturelles Canada**



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Un calendrier électronique regroupant l'ensemble des activités du secteur agricole et agroalimentaire québécois

14 services en ligne comprenant des répertoires et plusieurs outils d'information

15 évènements de vulgarisation rejoignant 5 000 participants chaque année

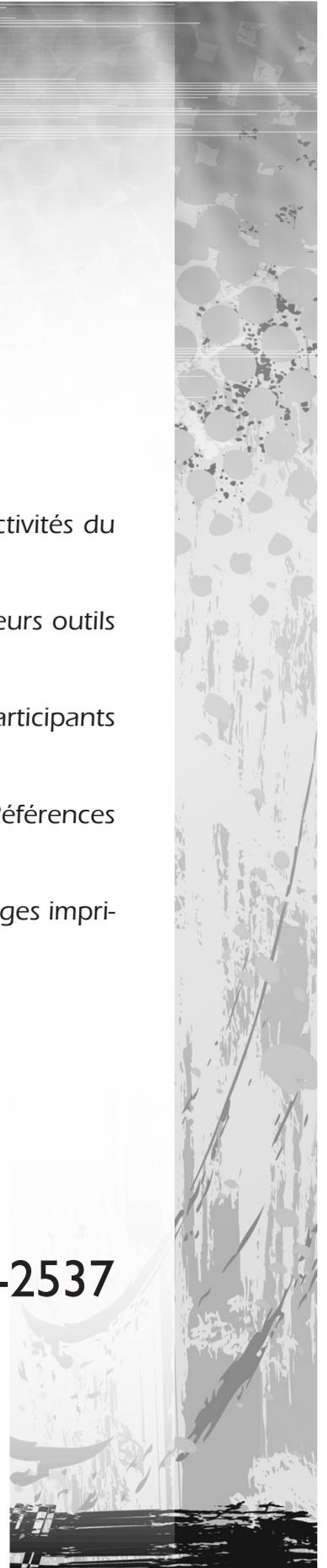
250 feuillets technico-économiques regroupés dans les Références économiques

Un catalogue de 230 publications comprenant des ouvrages imprimés et électroniques, des DVD et des CD-ROM

32 banques d'informations spécialisées sur Agri-Réseau

www.craaq.qc.ca

| 888 535-2537



Avertissements

Il est interdit de reproduire, traduire ou adapter cet ouvrage, en totalité ou en partie, pour diffusion sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, incluant la photocopie et la numérisation, sans l'autorisation écrite préalable du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

Les contenus publiés dans ce document n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs respectifs.

La publicité insérée dans ce document concrétise l'appui du milieu à l'évènement. Sa présence ne signifie pas que le CRAAQ en approuve le contenu ou cautionne les entreprises et organismes concernés.

Pour information et commentaires :

Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
Édifice Delta 1
2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Québec (Québec) G1V 2M2
Téléphone : 418 523-5411
Télécopieur : 418 644-5944
Courriel : client@craaq.qc.ca

© Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec, 2011

Publication PAGR0107

ISBN 978-2-7649-0252-3

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2011

Bibliothèque et Archives Canada, 2011



Ce document a été imprimé sur du papier contenant 100 %
de fibres recyclées postconsommation, certifié Éco-Logo
et Procédé sans chlore et fabriqué à partir d'énergie biogaz.



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Le CRAAQ remercie ses...

...membres partenaires

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec

**Un partenaire
de premier plan !**

La Coop
fédérée

**La Financière
agricole**

Québec

 Agriculture et
Agroalimentaire Canada Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

UPA
*L'Union des
producteurs
agricoles*

...membres associés

Agrinova

Association des médecins vétérinaires praticiens
du Québec (AMVPQ)

Banque Nationale du Canada

Bureau de normalisation du Québec (BNQ)

Cain Lamarre Casgrain Wells

Centre de développement du porc du Québec
(CDPQ)

Centre d'études sur les coûts de production en
agriculture (CECPA)

Centre d'insémination artificielle du Québec
(CIAQ)

Centre francophone d'informatisation des
organisations (CEFRIO)

Citadelle, Coopérative de producteurs de sirop
d'érable

Conseil canadien de la gestion d'entreprise
agricole (CCGEA)

Conseil pour le développement de l'agriculture
du Québec (CDAQ)

Conseil québécois de l'horticulture (CQH)

Faculté des sciences de l'agriculture et de
l'alimentation (FSAA) de l'Université Laval

Fédération de la relève agricole du Québec
(FRAQ)

Fédération des groupes conseils agricoles du Québec
(FGCAQ)

Fédération des producteurs de cultures commerciales
du Québec (FPCCQ)

Fédération des producteurs de lait du Québec (FPLQ)

Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ)

Financement agricole Canada

Groupe Promutuel

Institut de recherche et de développement en
agroenvironnement (IRDA)

Ministère du Développement économique, de l'Innovation
et de l'Exportation (MDEIE)

Mouvement Desjardins

Ordre des agronomes du Québec (OAQ)

Ordre des technologues professionnels du Québec (OTPO)

RBC Banque Royale

Syndicat des producteurs de lapins du Québec (SPLQ)

Transformation Alimentaire Québec (TRANSAQ)

Valacta

www.craaq.qc.ca

| 888 535-2537

*Un partenaire
de premier plan !*



mapaq.gouv.qc.ca

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

PROGRAMME

8 h	<i>Le café accueil est offert gracieusement par</i> La Financière agricole Québec	
8 h 50	Mot du président	7
	<i>Gaétan Bourgeois</i>	
9 h	La surveillance du climat au service du secteur agricole	10
	<i>Éric Larrivé</i>	
9 h 30	L'information météorologique	12
	<i>René Héroux</i>	
10 h	Indices agroclimatiques pour faciliter la prise de décision en agriculture	13
	<i>Dominique Plouffe</i>	
10 h 30	Pause	
11 h	Tendances historiques de plusieurs indices agroclimatiques pour les régions agricoles du Québec	18
	<i>Alain Mailhot et Patrice Mullier</i>	
11 h 40	Effets des changements climatiques sur la pomiculture au Québec : impacts sur la phénologie du pommier et ses principaux ravageurs	20
	<i>Gérald Chouinard</i>	
12 h 10	Dîner	
13 h 55	Apprivoiser la science des changements climatiques	26
	<i>Dominique Paquin</i>	
14 h 25	Les scénarios de changements climatiques attendus et leurs principaux impacts pour le secteur agricole	28
	<i>Line Bourdages et Anne Blondlot</i>	
14 h 55	Impacts des changements environnementaux sur les tributaires du Saint-Laurent	30
	<i>André G. Roy</i>	
15 h 25	Études de cas pour évaluer l'impact des changements climatiques en phytoprotection	33
	<i>Annie-Ève Gagnon et Michèle Roy</i>	
15 h 55	Changements climatiques et adaptation : rôle et objectifs du MAPAQ	37
	<i>Myriam Renault</i>	
16 h 10	Fin de la journée	

Comité organisateur

Gaétan Bourgeois, Ph.D., chercheur en bioclimatologie et modélisation, AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu

Anne Blondlot, agronome, Impacts et Adaptation, Ouranos, Montréal

Pierre Filion, technicien, Ville Mercier

Patrice Mullier, Beaumont

Dominique Plouffe, B.Sc., assistante de recherche, AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu

Myriam Renaud, agronome, analyste en changements climatiques, MAPAQ, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, Québec

COORDINATION

Denise Bachand, M.Sc., agronome, chargée de projets, CRAAQ, Québec

Coordination du CRAAQ

Karine Beaupré, responsable de la logistique

Marie-Claude Bouchard, agente de secrétariat

Dany Dion, agente d'administration

Jocelyne Drolet, agente de secrétariat

Hélène Grondines, agronome, directrice de la gestion des projets, des processus et des opérations

Danielle Jacques, agronome, chargée de projets à l'édition

Manon Paradis, responsable des communications

Sylvie Robitaille, technicienne en infographie

Isabelle Tanguay, préposée aux renseignements

Agathe Turgeon, agente d'administration

Mot du président

Le secteur agricole doit composer quotidiennement avec une variabilité importante du climat et plusieurs scénarios de changements climatiques prédisent une accentuation de cette variabilité. L'intégration d'informations climatiques dans la planification des activités d'une entreprise agricole permet de mieux gérer les risques, de saisir les opportunités qui se présentent et d'améliorer la gestion agroenvironnementale.

Grâce à l'implication de plusieurs institutions au Québec, les données climatiques, les prévisions météorologiques et les scénarios de changements climatiques sont maintenant plus accessibles. De plus, plusieurs indices et outils agroclimatiques ont été développés et adaptés afin de mieux intégrer les impacts du climat sur la productivité agricole et la protection des cultures.

Dans un contexte de climat variable et en évolution, il est primordial d'assurer la disponibilité et la mise à jour régulière d'informations agroclimatiques représentatives de l'écosystème agricole québécois, afin d'améliorer la résilience et la compétitivité de notre secteur agricole face aux enjeux climatiques et économiques actuels et futurs.



Gaétan Bourgeois, Ph.D., président de la Commission
agrométéorologie du CRAAQ



*« Outils disponibles et
changements climatiques »*

Le mercredi 9 mars 2011

Résumés des conférences

La surveillance du climat au service du secteur agricole



Auteur : Éric Larrivée, *M.Sc., coordonnateur – surveillance du climat*
SIMAT-DSÉE-MDDEP

Le programme de surveillance du climat du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a comme objectif la production en temps opportun de données climatologiques afin de soutenir des activités ayant trait à la sécurité des populations, au développement durable et à la connaissance à long terme du climat.

À cet effet, la surveillance du climat s'appuie sur un vaste réseau de stations où sont mesurés différents paramètres. Ses 351 stations climatologiques fournissent des données sur la température et les précipitations, alors que d'autres paramètres, tels que le vent et l'humidité, sont mesurés à certaines d'entre elles. Des données dérivées des mesures directes, comme les statistiques et normales mensuelles ainsi que les degrés-jours de croissance ou de gel, sont également produites. Des données sont disponibles à certaines stations depuis 1870.

À 289 de ces stations, un observateur relève tous les jours de l'année, matin et soir, des données des divers instruments de mesure de température et des précipitations et effectue des observations sur plusieurs phénomènes d'importance climatologique. Les résultats sont saisis sur un consigneur de données et sont transmis automatiquement au système central de traitement. En support à l'observateur, des mesures horaires automatisées de température et de pluie sont également disponibles à la grande majorité de ces stations. Aux 60 stations automatisées, un système d'acquisition collecte automatiquement les données recueillies à chaque heure par les divers instruments de mesure et les transmet au système central de traitement. Le MDDEP opère également un réseau de 102 stations nivométriques, permettant la mesure de la neige au sol et de son équivalent en eau, généralement en milieu forestier.

Toutes ces données transmises en temps réel ou quasi réel, sont soumises à un processus d'inspection, validées, puis sécurisées à l'intérieur d'une base de données. Les données sont soumises à divers algorithmes de validation automatique afin d'associer à chaque donnée un statut de qualité selon des critères préétablis, qui sera par la suite validé par les techniciens spécialisés du Ministère. Au moment de la validation, les données ayant un statut de qualité douteux sont systématiquement inspectées. Pour ce faire, le technicien du Ministère utilise des outils graphiques et géomatiques automatisés qui lui permettent de comparer les données de plusieurs stations voisines simultanément pour finalement les accepter telles quelles, les modifier ou les détruire. Les données manquantes pour une station peuvent également être estimées à partir des données de stations voisines ou parfois même à partir de données d'autres instruments.

L'installation, l'entretien et l'exploitation du réseau climatologique respectent des normes fondées sur des standards canadiens et internationaux. Ainsi, les stations climatologiques et leurs équipements font l'objet d'un entretien ou d'un étalonnage réguliers par l'équipe de techniciens spécialisés du Ministère. Le personnel du Ministère voit également à la formation des observateurs en climatologie et des opérateurs du réseau nivométrique.

Plusieurs organisations publiques et privées utilisent ces données, qui sont également disponibles au public via le service Info-Climat moyennant certains coûts. Les données sont offertes sous plusieurs formats, d'un simple fichier de données à leur cartographie. Des sommaires de données quotidiennes, biquotidiennes, horaires, nivométriques, statistiques ou de certaines données indirectes comme les degrés-jours peuvent être commandés. Sur le site Internet du Ministère, des cartes de cumul de précipitations de neige sont présentement offertes alors que notre offre de service de ce côté est en évolution.

Les données du MDDEP servent toutefois déjà aux intervenants du milieu agricole de plusieurs autres façons.

Dans le cadre d'un important partenariat avec le MDDEP, La Financière agricole du Québec (FADQ) a accès aux données de ce réseau, dont découlent plusieurs publications diffusées périodiquement. À titre d'exemple, les rapports de « L'état des cultures au Québec », publiés par la FADQ, relatent les faits climatiques importants et leur impact réel ou potentiel sur les cultures. Ils résument également la situation du développement des cultures, des récoltes et des rendements selon les conditions climatiques qui ont prévalu. Les données climatiques collectées aux stations servent à faire fonctionner des modèles d'estimation des pertes en termes de quantité et de qualité pour la protection d'assurance collective de la culture du foin. Elles pourraient également servir dans l'avenir à d'autres modèles d'estimation des pertes agricoles.

Le MDDEP collabore également à l'initiative du projet pilote Agrométéo, qui offre un outil en ligne d'aide à la décision pour les conseillers agricoles en matière de gestion de l'eau, d'exploitation agricole et d'intervention phytosanitaire. Des indices agroclimatiques sont disponibles sur le site www.agrometeo.org pour une clientèle agricole restreinte, sous forme de tableaux ou de cartes : cumuls de précipitations, cumuls de degrés-jours, unités thermiques maïs, évapotranspiration, etc.

Finalement, le journal La Terre de chez nous publie un sommaire hebdomadaire à partir des données du MDDEP.

Auteur : René Héroux, *B.Sc. Météorologie, météorologiste*
Environnement Canada, Services météorologiques

De son premier à son dernier soupir, l'homme subit l'action des conditions météorologiques. Ce climat, il peut l'aimer, le détester, mais, révolté ou résigné, force lui est d'en tenir compte. Il neige, il pleut, il fait froid ou chaud, le ciel est clair ou nuageux; chaque matin l'homme retrouve le Temps en regardant par sa fenêtre. L'air frais, le ciel bleu d'une belle journée d'automne le revigorent et, la tête haute, il se rend avec optimisme à son travail. L'accablante chaleur d'une journée d'été l'irrite, l'épuise avant même qu'il n'ait franchement attaqué sa tâche quotidienne. En d'autres mots, le Temps influe sur notre condition physique, notre humeur ou notre comportement. Il faut en tenir compte, se plier à sa loi, bref, vivre en fonction du Temps qu'il fait.

Les conditions météo sont tributaires de quatre principaux facteurs. Le soleil, source de vie et de lumière, détermine l'état de l'atmosphère grâce à son rayonnement énergétique. La terre, du fait de sa géométrie propre, influe sur les diverses caractéristiques des climats qu'elle connaît et du Temps en tel ou tel point du globe. En troisième lieu, notre atmosphère constitue une enveloppe gazeuse, modulant littéralement le flux des radiations solaires. Enfin, le Temps est fonction des particularités géographiques et géophysiques locales : montagnes, vallées, océans, déserts modifient largement les effets de l'atmosphère, cette masse gazeuse entraînée dans un mouvement constant de rotation autour du globe.

La prévision du Temps a toujours eu de l'importance pour les personnes appelées à travailler au grand air. Aussi, il n'est pas surprenant de constater l'essor qu'a connu la prévision numérique du temps depuis la Seconde Guerre mondiale. Un modèle de prévision numérique est un logiciel qui simule l'évolution de l'atmosphère. Les données nécessaires à l'exécution du modèle sont de diverses sources : imagerie satellite, radar météorologique, observations de surface et d'altitude, etc. C'est en combinant la modélisation numérique avec l'expertise du prévisionniste que l'on produit la plupart des prévisions météorologiques.

De nos jours, l'information météorologique est facilement accessible : radio, télévision, journaux, radiométéo et internet étant les principales sources. En été, saison de prédilection pour le milieu agricole, cette information revêt un caractère bien particulier. Les phénomènes orageux peuvent entraîner des conséquences fâcheuses sur les récoltes ou les équipements. Il importe donc d'être à l'affût de l'évolution des conditions météo et, lorsque nécessaire, prendre les mesures requises pour assurer sa propre sécurité et celle de ses biens.

Indices agroclimatiques pour faciliter la prise de décision en agriculture



Auteure : Dominique Plouffe, *B.Sc., assistante de recherche AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu*

Collaborateurs : Gaétan Bourgeois, *Ph.D., chercheur, AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu*
René Audet, *M.Sc., agrométéorologue, AAC, Québec*
Marie-Pier Lepage, *B.Sc.*

L'utilisation des indices agroclimatiques comme outils de travail dans le secteur agricole est relativement récente. Par exemple, l'emploi des unités thermiques maïs remonte aux années 1960. Plus récemment, l'évolution de la technologie, le perfectionnement des instruments de mesure et d'acquisition des données météorologiques et l'arrivée d'ordinateurs plus puissants ont contribué à l'utilisation de plus en plus courante de ces indices. Les principaux indices utilisés au Québec dans le domaine agricole sont relatifs à la température, soit les indices et les cumuls thermiques, ou relatifs à l'eau. Aussi, il existe plusieurs indices se rapportant spécifiquement à la saison hivernale.

Les indices thermiques

Dates du dernier gel printanier et du premier gel automnal

La date du dernier gel printanier correspond au dernier jour où la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à une température de gel donnée, dépendante directement de la culture. Cet indice permet d'évaluer les risques associés aux cultures exposées à une date de gelée tardive. Plusieurs facteurs influencent l'effet qu'aura le gel sur une culture, dont le nombre d'heures d'exposition, le stade phénologique, la température du gel, etc. Ainsi, les dommages causés aux arbres fruitiers seront moindres si le gel survient avant la floraison et s'il ne dure que quelques heures. Par exemple, au stade de débourrement avancé, les bourgeons pourront supporter une température de - 5 °C avant que leur survie ne soit mise en péril, alors qu'au stade bouton rose ils seront sensibles à une température de - 2,2 °C. Le premier gel automnal, quant à lui, est associé au premier jour où la température minimale quotidienne enregistrée est inférieure ou égale à une température de gel donnée. La connaissance des probabilités de gel est essentielle pour la planification des semis et également pour évaluer le potentiel d'une culture dans une région. Dans un contexte de climat en constante évolution, il sera important d'évaluer ces dates de gel à long terme pour mieux gérer la production ou anticiper certains risques associés à ces changements.

Longueur de la saison de croissance

La longueur de la saison de croissance est la période où les conditions climatiques d'une région permettent la croissance d'une culture. Elle est généralement associée à la période où la température se maintient au-dessus de 5 °C. La saison sans gel, quant à elle, est calculée entre le

dernier gel printanier et le premier gel automnal. Étant donné que cet indicateur est directement lié à la croissance et au développement des cultures, il constitue un outil particulièrement important dans la planification et la gestion de la production agricole. Selon certaines études, un allongement de la saison serait possible dans le futur, ce qui pourrait entraîner un bon potentiel de rendement chez les cultures fourragères pérennes, telle la luzerne, où plusieurs récoltes sont parfois possibles durant l'année. De même, dans l'objectif d'améliorer la production, des cultivars, variétés et hybrides plus tardifs pourraient être employés dans certaines régions initialement non adaptées pour ceux-ci.

Les cumuls thermiques

1. Degrés-jours de croissance

Les degrés-jours de croissance sont utilisés pour l'évaluation du développement des végétaux et des insectes dont la croissance dépend de la température et de l'accumulation d'une quantité de chaleur quotidienne. Le calcul des degrés-jours est basé sur le principe physiologique que la croissance et le développement cesseront en dessous d'un seuil désigné comme température de base, évalué de façon expérimentale et qui diffère selon les espèces et, dans certains cas, selon le stade spécifique de développement. Il existe plusieurs façons de calculer les degrés-jours de croissance (méthodes standard, triangulaire, sinusoïdale), mais la plus simple et la plus couramment utilisée est la méthode standard qui déduit une température de base de la température moyenne observée quotidiennement. Les méthodes triangulaire et sinusoïdale sont toutefois plus précises au début et à la fin de la saison de croissance, lorsque la température de base est supérieure à la température minimum de l'air et inférieure la température maximum mesurée pour une journée donnée. Les degrés-jours de croissance sont à la base de nombreux modèles prévisionnels utilisés dans des programmes de lutte intégrée. L'utilisation de ces modèles permet, entre autres, de cibler le moment le plus propice à l'application des produits phytosanitaires contre les ravageurs des cultures. Aussi, les cumuls thermiques combinés avec les dates de gel représentent un outil avantageux et facilement accessible lors de la planification des semis et des récoltes.

2. Unités thermiques maïs

Les unités thermiques maïs (UTM) se décrivent comme le lien entre le taux de développement de la culture du maïs et la température de l'air. Elles correspondent à la quantité minimale de chaleur requise à la culture pour atteindre sa maturité, variant d'un hybride à l'autre. En général, la production de maïs-grain nécessite entre 2 300 et 2 500 UTM, ou davantage selon les hybrides. Il existe des cartes exprimant la valeur potentielle d'UTM que chaque région est susceptible d'accumuler au cours d'une saison, permettant aux producteurs de sélectionner les hybrides et les cultivars qui conviennent à leur région. Bien que cet indice soit d'une grande utilité lors de la planification de la production, il doit être employé avec certaines précautions : tout comme pour les degrés-jours, le calcul des UTM ne prend pas en considération certains facteurs influençant le développement des végétaux comme la photopériode, l'humidité du sol, le drainage et le type de sol.

3. Degrés-jours de froid (endurcissement automnal)

L'arrivée de l'automne entraîne une diminution progressive de la température et de la longueur des jours, déclenchant le processus d'endurcissement au froid des végétaux. Durant cette période, les plantes subissent plusieurs changements importants en vue d'assurer leur survie à l'hiver. Les degrés-jours de froid correspondent ainsi à une accumulation d'unités de froid sous une température de base donnée. L'utilisation des degrés-jours de froid permet d'évaluer les risques associés aux dommages que pourraient subir les végétaux en périodes de froid. Un changement dans les températures et la photopériode durant l'automne peut avoir un effet important sur l'endurcissement des végétaux. Ainsi, des températures automnales plus chaudes retardent le processus d'endurcissement des plantes, ce qui les rend plus sensibles aux premières gelées. Enfin, des périodes de dégel hivernal entraînent une perte d'endurcissement et une vulnérabilité aux températures froides qui surviennent par la suite au cours de l'hiver.

Les Indices hydriques

Cumul des précipitations

L'apport d'eau fourni par les précipitations est un des indices utilisés en gestion de l'irrigation en agriculture. Le cumul des précipitations sous forme de pluie est employé soit sur une base annuelle, mensuelle ou sur une période précise correspondant à la saison de croissance. Les quantités de pluie accumulées peuvent ainsi être calculées pour un territoire sélectionné, à une échelle de temps variable. Notons qu'une faible quantité de pluie durant une longue période peut correspondre à la même quantité d'eau qu'une précipitation de forte intensité sur une plus courte période.

Évapotranspiration

L'évapotranspiration consiste en la perte d'eau du sol et du couvert végétal par évaporation et par transpiration des végétaux lors de leur processus vital. En utilisant plusieurs paramètres météorologiques, dont la température, la radiation solaire, la vitesse du vent ou la pression de vapeur, diverses équations ont été développées pour calculer l'évapotranspiration. Cet indice est très utile en période de déficit hydrique pour évaluer la quantité d'eau nécessaire pour irriguer une culture.

Bilan hydrique

Le bilan hydrique est basé sur la disponibilité de l'eau contenue dans le sol, les pertes causées par l'évaporation et le lessivage, et les apports par les précipitations, l'irrigation et la remontée capillaire. Le bilan hydrique peut servir à calculer la productivité des végétaux ou la faisabilité d'une culture donnée dans une région donnée.

Indices d'assèchement du foin

Pour les producteurs de cultures fourragères, l'indice d'assèchement du foin constitue un outil utile pour planifier les récoltes. La photopériode, le taux d'humidité, la température et la vitesse du vent sont utilisés pour prédire la capacité de l'air ambiant à évaporer l'eau contenue dans le sol et la végétation en une journée.

Indices de sécheresse

La sécheresse peut causer des dommages considérables aux cultures en saison de croissance. L'humidité du sol diminue alors à un point tel que les plantes ne sont plus capables d'en extraire l'eau, provoquant ainsi leur flétrissement. Les différents indices couramment utilisés au Québec et ailleurs au Canada comme outil de gestion des productions ou d'assurance récolte servent à quantifier et à surveiller la sécheresse ou encore à prédire le rendement des récoltes. L'indice de sécheresse peut être obtenu à partir d'une série de données sur la température de l'air, les précipitations quotidiennes et le contenu en eau du sol. Depuis décembre 2009, plusieurs experts de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ont adopté l'utilisation d'un indice de sécheresse météorologique universel. Basé sur la probabilité de précipitation, cet outil numérique se réfère à des relevés effectués sur de longues périodes de temps.

Les indices associés à la caractérisation de la saison hivernale

Indices liés à l'endurcissement

La préparation des cultures à la période hivernale est d'abord entamée par le processus d'endurcissement automnal. Si cette phase n'est pas suffisamment complétée, la culture risque de subir des dommages dus aux températures froides. L'humidité du sol et la couverture de neige influencent la survie des plantes à l'hiver. Certaines cultures sont bien adaptées à la saison hivernale, tel le blé d'hiver dont l'accumulation d'une quantité de froid est nécessaire pour compléter son développement (vernalisation), alors que d'autres sont plus sensibles aux gels hivernaux. On utilisera les indices associés à la caractérisation de la saison hivernale afin de bien choisir la culture ou le cultivar qui survivra aux températures froides d'une région donnée.

Indices liés à l'intensité et la durée des gels

La résistance aux températures froides des cultures pérennes adaptées à l'hiver varie d'un cultivar à l'autre. Généralement, ces cultures peuvent supporter les conditions rigoureuses jusqu'à une température létale qui est propre à chacune et qui varie dans le temps pendant la saison hivernale. Des dommages aux tissus peuvent survenir au-dessus de cette limite létale, mais sans pour autant causer la mort de la plante. L'intensité d'un gel peut renseigner sur les dommages qui peuvent résulter des périodes de grands froids. La durée de ces gels est un indice important à considérer dans l'évaluation des dégâts occasionnés sur les cultures. Aussi, une température constante de froid extrême durant plusieurs jours n'aura pas le même impact sur le plant qu'une exposition durant un court laps de temps.

Conclusion

Dans un contexte de climat variable et en constante évolution, la connaissance des indices agroclimatiques est primordiale dans le but de prévoir les impacts potentiels de ces changements sur l'agriculture. Les intervenants et les producteurs agricoles seront ainsi en mesure de s'adapter aux avantages et aux inconvénients qu'apporteront ces changements. Les travaux de recherche visant l'amélioration de la performance des indices constituent d'ailleurs un aspect très important dans ce domaine scientifique.

Le contenu de cette présentation se retrouvera dans un feuillet technique à venir, publié par le CRAAQ : *Indices agrométéorologiques pour l'aide à la décision dans un contexte de climat variable et en évolution*.

Références

- Bélanger, G. et A. Bootsma. 2002. *Impact des changements climatiques sur l'agriculture au Québec*. 65^e Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec, Changements climatiques : comprendre pour mieux agir, 20 p.
- Bélanger, G. et A. Bertrand. 2005. *L'agriculture et le climat futur : opportunités et défis*. FrancVert. Vol. 2, N° 3. [Page consultée le 6 février 2011].
<http://www.francvert.org/pages/23dossierlagricultureetleclimatfutur.asp>
- Bootsma, A., D. Anderson et S. Gameda. 2004. *Potential impacts of climate change on agroclimatic indices in southern regions of Ontario and Quebec*. Technical Bulletin. ECORC Contribution No. 03-284. 14 p.
- CRAAQ. 2002. *Réévaluation des unités thermiques disponibles au Québec pour le Maïs et le Soya*. [Rédaction : H. Laurence] Bulletin technique. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 20 p.
- GIEC. 2009. Communiqué de presse N° 872.
- Hufty, A. 2001. *Introduction à la climatologie*. Les Presses de l'Université Laval. De Boeck Université. 542 p.
- Lease, N., A. Pichette et D. Chaumont. 2009. *Projet d'étude sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur de la pomme au Québec*. Direction de l'agroenvironnement et du développement durable. Ouranos et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 58 p.
- Quiring, S.M. et T.N. Papakryiakou. 2003. *An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies*. Agricultural and Forest Meteorology 118: 49-62.
- Rochette, R., G. Bélanger, Y. Castonguay, A. Bootsma, et D. Mongrain. 2004. *Climate change and winter damage to fruit trees in eastern Canada*. Canadian Journal of Plant Science 84: 1113-1125.
- Savoie, P., G. Allard, G. Beauregard, A. Brunelle, G. Lefebvre, R. Michaud, F. Pelletier, M. Perron, A. Piette et P. Therrien. 2002. *Guide sur la production du foin du commerce*. Conseil québécois des plantes fourragères, 36 p.

Tendances historiques de plusieurs indices agroclimatiques pour les régions agricoles du Québec



Auteur : Alain Mailhot, *Ph.D., professeur, Institut national de la recherche scientifique (INRS) Centre Eau Terre et Environnement, Québec*

Dans le cadre du projet *Atlas agroclimatique du Québec*, une analyse des tendances de 54 indices agroclimatiques sur la base des données journalières de températures et de précipitations à 74 stations du Québec méridional a été réalisée. Les 54 indices considérés appartiennent à quatre groupes : 1) risque de gel et stress thermique (18 indices, dont les indices liés aux dates de premier et de dernier gel); 2) saison de croissance (3 indices : début, fin et durée de la période croissance); 3) cumuls thermiques (9 indices dont le cumul des unités thermiques de maïs); 4) indices hydriques (24 indices, dont les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (ETP) totale et mensuelle d'avril à octobre inclusivement).

Les séries de valeurs annuelles de chaque indice à chaque station ont été construites à partir des séries météorologiques disponibles aux stations. Un total de 48 séries homogénéisées de températures journalières minimales et maximales, couvrant la période 1960 à 2003 et provenant du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et d'Ouranos, ont été utilisées. De plus, sept séries de données homogénéisées de températures journalières minimales et maximales, et couvrant une plus longue période, ainsi que 46 séries de précipitations mensuelles homogénéisées ont été extraites du site d'Environnement Canada. De ces 74 stations, 27 présentent des séries de températures et de précipitations, 28 ne présentent que des séries de températures et 19 ne présentent que des séries de précipitations. Les séries de précipitations sont généralement plus longues que les séries de températures. Toutefois, seules les années où des données de températures et de précipitations sont simultanément disponibles ont été traitées.

Les tests de Mann-Kendal et de Sen ont été utilisés pour les analyses de tendances. Le test de Mann-Kendall permet de détecter la présence d'une tendance significative dans les séries des indices et permet également de déterminer le signe de cette tendance (à la hausse ou à la baisse). Le test de Sen, pour sa part, détermine s'il y a tendance et, le cas échéant, estime la valeur de la pente de la droite de régression représentant le mieux cette tendance. Il convient de noter que les résultats de ces deux tests concordent dans la très grande majorité des cas.

Les résultats de l'analyse de tendance ont montré que 23 des 54 indices sous étude présentent des tendances significatives sur plus de huit stations à l'échelle du Québec méridional. De ce nombre, six indices montrent de tendances significatives à la hausse à plus de 35 % des stations. Ces indices sont les cumuls de degrés-jours (3 indices), le cumul des UTM, l'évapotranspiration potentielle du mois d'août ainsi que les précipitations totales de la période d'avril à octobre.

Impacts des changements climatiques sur culture du pommier au Québec

Gérald Chouinard, agr. Ph. D.
Sylvie Bellerose, B.Sc.
Steve Lamothe, M. Sc.

Institut de recherche et de développement en
agroenvironnement, Saint-Hyacinthe



Gaétan Bourgeois, Ph. D.

Agriculture et Agroalimentaire Canada,
Saint-Jean-sur-Richelieu



Introduction

- Le climat change-t-il?
 - Le climat a-t-il changé?
 - Le climat va-t-il changer?
- Comment mesurer les changements?
 - Réseau de surveillance
 - Mesures répétées
 - Archivage des informations
 - Analyses périodiques



Pomme: des particularités

- Durée de vie moyenne des vergers: 20-25 ans, certains plus de 50 ans
- Réseau de surveillance depuis 50 ans
- Québec – limite nordique pour la culture de la pomme
- Beaucoup d'espèces « aiment » la pomme: pesticides obligatoires même en bio
- Une pomme par jour éloigne le médecin (pourvu que l'on vise bien)



Développement du pommier

• Paramètres étudiés:

- Date et durée du débourrement
- Date et durée de la floraison
- Durée du développement jusqu'à la floraison
- Durée du développement jusqu'à la nouaison



Ravageurs étudiés

Nom commun	Ravageurs	Nb de générations	piège utilisé
Mouche de la pomme MOU	<i>Dasynotus pomonella</i>	1	Phérocen 10 Sphère rouge
Carpocapse de la pomme CARPO	<i>Cydia pomonella</i>	1 à 2	Phérocen 10
Minouze marbrée MB	<i>Phylloxera vitifoliae</i>	2 à 3	Multipher 2
Tort. à bandes obliques TBO	<i>Choristoneura rosaceana</i>	2	Phérocen 10
Tort. à bandes rouges TBR	<i>Agrylusia velutana</i>	1 à 3	Phérocen 10 Multipher 3

Données utilisées:

Vergers						Données météo
Farnham	-	-	-	-	-	1960-1989 1960-1989
Frelighsburg*	1979-2003	1989-2003	1977-2003	1977-2003	1977-2003	1977-2004 1977-2004
Hemmingford	1977-2006	1989-2006	1977-2006	1977-2006	1977-2006	- 1977-2005
Oka	1977-2006	1989-2006	1977-2006	1977-2006	1977-2006	1977-2006 1977-2005
St-Paul d'Abbotsford	1988-2006	1989-2006	1991-2006	1988-2006	1988-2005	1979-2006 1979-2005
Ste-Famille (D.O.)	1986-2006	1989-2006	1991-2003	1986-2006	1989-2006	1990-2006 1990-2005

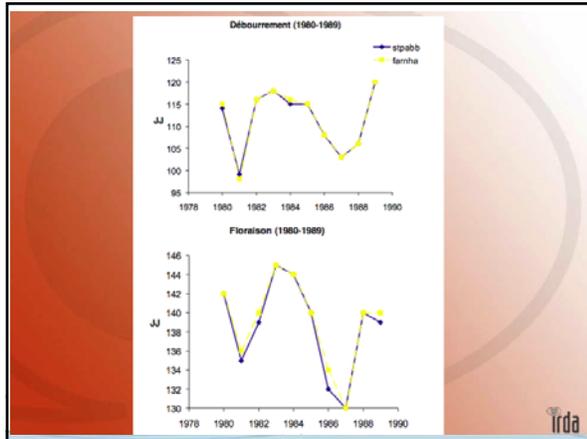
* Verger sans insecticide d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Frelighsburg



Méthodes

- Données provenant du même cv. (McIntosh) et des mêmes parcelles pour toute la période, ou sur des périodes fusionnées après vérification statistique
- Régressions linéaires simples utilisées pour identifier les tendances (pentes) significatives en fonction des années.
- Impossible de contrôler tous les facteurs (ex. influence des autres cultivars ou de certains traitements)

irda



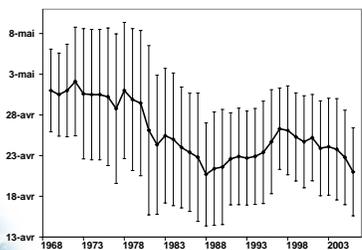
irda

Résultats



irda

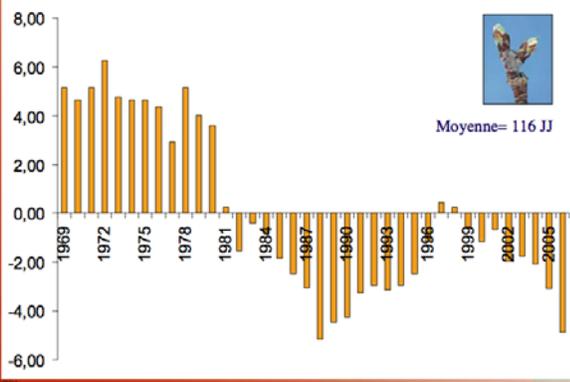
Dates de débourrement 1968-2005*



*selon la méthode des moyennes mobiles (Lamothe *et al.* 2007)

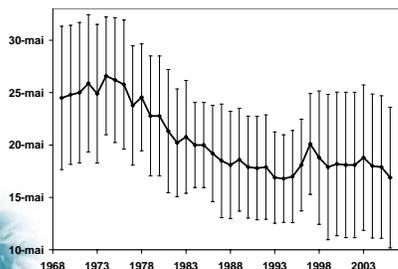


Comparaison des dates de débourrement par rapport à la date moyenne de toutes des années, Farnham - Saint-Paul d'Abbotsford (1960-2006)



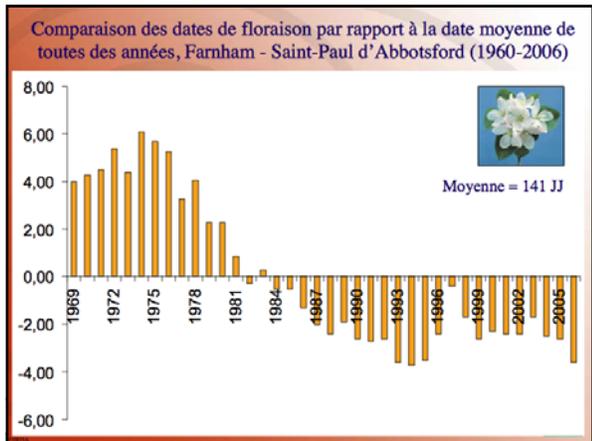
Moyenne= 116 JJ

Dates de floraison 1968-2005*



*selon la méthode des moyennes mobiles (Lamothe *et al.* 2007)





Activité des insectes ravageurs

Localité	Années	Organisme étudié	Date ou durée (jrs)	Ordonnée à l'origine	pente	R ²	p
Oka	30 ans	MOU	1e capture	3929,64	-1,86	0,33	0,0407
		TBO	pic de captures (1e génè.)	1148,45	-0,49	0,17	0,0282
Saint-Paul d'Abbotsford	25 ans	CARPO	1e capture	3696,94	-1,77	0,32	0,0119
Farnham /St-Paul combinés	46 ans	pommier	débourrement	644,4	-0,27	0,24	0,0385
		pommier	floraison	543,92	-0,20	0,20	0,0385

Régressions linéaires simples significatives pour la date d'apparition des paramètres des ravageurs du pommier et du développement du pommier en fonction des années. De Lamothe *et al.* 2007.

- ### Activité des insectes ravageurs
- Arrivée plus hâtive du carpocapse en Montérégie:
 - 14 jours plus tôt sur 20 ans à Abbotsford
 - Activité sexuelle précoce de la tordeuse à bandes obliques au nord de Montréal:
 - Pic de captures 10 jours plus tôt sur 30 ans à Oka
 - Arrivée plus hâtive de la mouche de la pomme au nord de Montréal
 - 25 jours plus tôt sur 15 ans à Oka
-

Conclusions

- Saison de croissance prolongée
- Exposition des bourgeons, fleurs et fruits à plus de conditions extrêmes:
 - Risques accrus de certaines maladies (ex feu bactérien) et de dommages par le gel
- Augmentation de la pression causée par les insectes et acariens nuisibles (plus de générations, nouvelles espèces)
- Difficultés et opportunités pour le futur



irda

Pour en savoir plus

- Lease, et coll. 2009. Projet d'étude sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur de la pomme au Québec. www.ouranos.ca
- Bellerose et coll. 2009. Impact des changements climatiques sur la phénologie de cinq ravageurs du pommier et de leur plante-hôte au cours des dernières décennies. www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier
- Bélanger et coll. 2001. Rapport de recherche sur l'impact des changements climatiques sur les risques de dommages hivernaux aux plantes agricoles pérennes. www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier



irda

Remerciements

- Données biologiques:
 - Marcel Mailloux, Michèle Roy (1960-)
 - Gilles Émond, Michel Letendre et leurs successeurs (1975-)
 - Rodolphe Paradis, Charles Vincent (1975-2007)
- Données météorologiques:
 - Jacques Côté, Gaétan Deaudelin, René Audet...
 - Dominique Plouffe, Monique Audette...
- Soutien et financement actuel:
 - IRDA, MAPAQ, FPPQ, propriétaires des vergers-pilotes



irda

Apprivoiser la science des changements climatiques



Auteure : Dominique Paquin, *M.Sc., spécialiste simulations climatiques*
Ouranos, Montréal

La science des changements climatiques se distingue d'autres domaines scientifiques par le fait qu'elle est impossible à reproduire en laboratoire traditionnel : le sujet de l'expérience est unique et il n'y a qu'une seule Terre sur laquelle une seule réalisation du climat se produit. Afin de pallier à cette caractéristique et de représenter le mieux possible le climat terrestre et les multiples composantes et interactions du système climatique dans son ensemble, les modèles numériques de climat ont été développés. En plus de permettre la répétition de diverses réalisations du climat terrestre, ces modèles permettent de faire des expériences de sensibilité sur certains paramètres climatiques. Malgré la complexité de ces outils, il est important d'en saisir les concepts et fonctionnement afin de permettre une meilleure utilisation et interprétation des études basées sur les données produites par ces modèles.

La présentation vise d'abord à mettre en place certains concepts de base afin d'élaborer un langage commun. Dans ce but, nous commencerons par définir la terminologie et les acronymes du domaine des sciences du climat. Dès le départ, nous pourrons donc échanger sur les distinctions entre scénario d'émission, scénario, simulations et projections climatiques.

La seconde partie de la présentation décortique les différentes composantes d'un modèle de climat. En débutant par la partie atmosphérique d'un modèle, nous verrons les différents processus physiques qui sont représentés numériquement et qui, par la résolution d'équations, permettent de suivre l'évolution d'une simulation du climat terrestre. La structure d'un modèle, les équations de base, les différentes interactions, rétroactions (couplages) seront abordés. Nous accorderons une attention particulière à la représentation de la surface et donnerons en exemple le schéma de surface CLASS (*Canadian LAnd Surface Scheme*) utilisé dans les modèles canadiens, en plus de décrire les différents champs géophysiques pris en considération par le schéma de surface et les modèles. Plus spécifiquement concernant la formulation des modèles globaux (qui couvrent le globe dans son entièreté), nous discuterons de l'évolution historique de la complexité en termes des paramétrages (représentation numérique des phénomènes physiques de sous-échelle) et de l'augmentation de la résolution. Cette résolution spatiale demeure toutefois à ce jour encore trop grossière pour une représentation adéquate des phénomènes régionaux, locaux et en topographie variée.

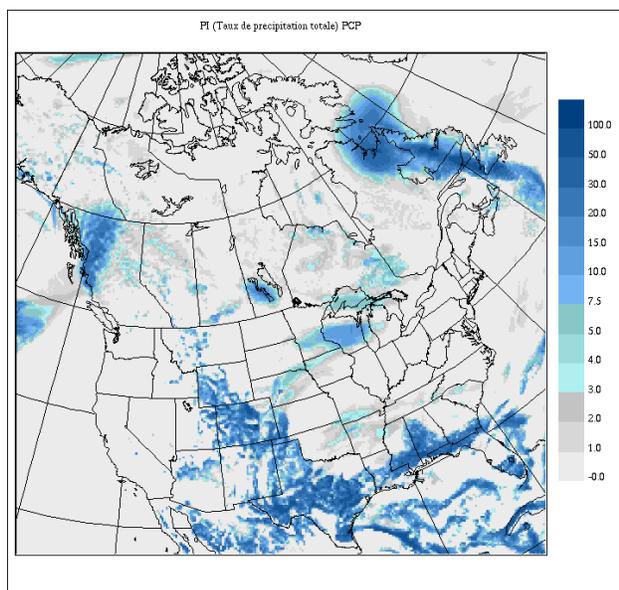
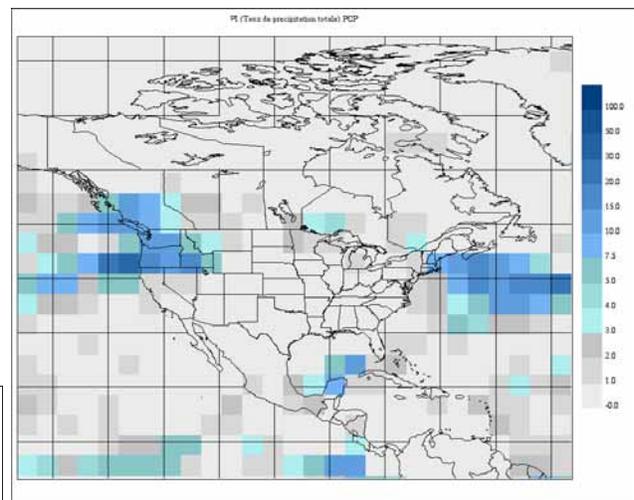
Les modèles régionaux de climat sont par la suite présentés. Ces modèles suivent la structure générale des modèles globaux, mais sont appliqués sur une région, soit une aire limitée et non tout le globe. De par la plus petite surface couverte, pour des ressources informatiques comparables, les modèles régionaux sont en mesure d'atteindre des résolutions spatiales plus fines que les modèles globaux et ainsi offrir une mise à l'échelle dite *dynamique* des modèles globaux. Par contre, ils ont besoin d'informations au pourtour de leur domaine et sont ainsi dépendants de cette source de données pilote, laquelle est un modèle global lorsqu'il est question de projections climatiques.

Une fois la structure générale d'un modèle, tant global que régional, décrite, nous parlerons brièvement de validation et comparerons les résultats de simulations climatiques à des observations avant de passer aux projections de changements climatiques.

Pour simuler le climat futur, certaines hypothèses concernant les futures émissions et concentrations de gaz à effet de serre doivent être posées et seront examinées. Ces hypothèses contribuent à élargir la fourchette d'incertitudes inhérentes aux projections de changements climatiques. Ces incertitudes s'ajoutent à d'autres incertitudes, telles la représentation des phénomènes physiques dans les modèles, la qualité des modèles, la variabilité naturelle et sa représentation par les modèles et la fiabilité du réseau d'observations utilisé pour la validation.

Tout au long de la présentation, des exemples de simulations globales et régionales seront donnés, en utilisant de préférence les modèles globaux et régionaux canadiens. Ainsi, il sera possible de voir des animations de l'évolution temporelles de variables météorologiques à différentes résolutions spatiales, de visualiser les biais obtenus pour des simulations régionales et de constater l'importance des différentes sources d'incertitudes sur des variables, telles la précipitation ou la température à la surface.

Exemple de précipitation accumulée dans une journée provenant d'une simulation du modèle global canadien CGCM3 (zoom au-dessus de l'Amérique du Nord) pour une résolution d'environ 250 km [unités mm/jour].



Exemple de précipitation accumulée dans une journée provenant d'une simulation du modèle régional canadien MRCC4 pour une résolution d'environ 22,5 km [unités mm/jour].

Les scénarios de changements climatiques attendus et leurs principaux impacts pour le secteur agricole



Auteurs : Line Bourdages, *M.Sc., Scénarios climatiques*
Anne Blondlot, *agronome, Impacts et Adaptation*
Ouranos – *Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques*

Cette présentation a pour but de faire le point sur les connaissances concernant les scénarios de changements climatiques à l'horizon 2050 (c.-à-d. 2041-2070), plus particulièrement en ce qui a trait au secteur agricole. Elle permettra également d'introduire les impacts potentiels de ces changements pour le secteur agricole au Québec.

Tout d'abord, une mise en contexte des scénarios climatiques au Québec sera faite avec la présentation des changements saisonniers de température et de précipitations projetés sur l'ensemble de la province. Dans le sud du Québec, les projections généralisées d'augmentation de température, ainsi que les changements attendus dans le cycle annuel de la précipitation auront des répercussions sur les indices climatiques régulièrement utilisés dans le milieu agricole. Par exemple, une augmentation de la température est en lien direct avec une augmentation du cumul de chaleur, de la longueur de la période de croissance, ainsi qu'avec des changements dans les fréquences de température extrêmes, chaudes et froides. Les changements de précipitations, quant à eux, ont des répercussions sur les indices, tels que l'indice de bilan hydrique, le cumul de précipitations pendant la saison de croissance et les événements de pluie intense. À partir des résultats principalement obtenus lors de la préparation de l'atlas agroclimatique du Québec, les changements projetés de ces indices climatiques seront présentés. L'incertitude relative aux projections climatiques sera finalement discutée dans le but de dresser un portrait plus précis des scénarios climatiques.

Les conditions climatiques des prochaines décennies, au Québec, auraient à la fois des effets positifs et négatifs sur le secteur agricole. Par exemple, la productivité de certaines cultures pourrait s'accroître en lien avec un allongement de la saison de croissance et une augmentation du cumul de chaleur. Ceci est particulièrement vrai pour des cultures comme le maïs et le soya qui pourraient s'étendre dans de nouvelles régions où les sols et la topographie sont adéquats. Les rendements des céréales à paille seraient moins favorisés. Le nombre de récoltes par saison de plantes fourragères pourrait augmenter, mais la qualité nutritive des fourrages diminuerait et les risques de mortalité en hiver seraient plus importants. Ces conditions favoriseraient également le développement de cultivars et éventuellement de cultures plus exigeantes en chaleur. Les besoins en chauffage dans les bâtiments d'élevage, tels que les poulaillers et les porcheries, ainsi que dans les serres seraient également réduits. Des conditions hivernales moins rudes pourraient également favoriser un gain de poids hivernal plus important chez les bovins élevés en plein air.

Il subsiste de fortes incertitudes quant à la possibilité de réaliser cette augmentation du potentiel agronomique, car les changements climatiques auraient aussi des effets négatifs. Ces mêmes conditions climatiques futures pourraient accentuer la pression des ennemis des cultures, ce qui pourrait avoir un impact non négligeable sur les rendements et la rentabilité des cultures. Il existe également une probabilité accrue de stress hydrique due à l'augmentation de l'évapotranspiration occasionnée par les températures plus élevées sans augmentation significative des précipitations pendant la saison de croissance. Des changements possibles dans les événements climatiques extrêmes pourraient aussi occasionner des dégâts importants aux cultures ou encore dégrader le bien-être et les performances zootechniques des animaux. On pourrait également assister à une augmentation des risques d'érosion des terres agricoles et des berges et de transfert d'éléments fertilisants ou de pesticides dans l'eau lors d'épisodes de pluies intenses.

Les interactions complexes et parfois imprévisibles entre ces différents facteurs font, qu'à ce jour, on n'a pas de certitude sur l'effet net des changements climatiques sur le secteur agricole. Il dépendra de l'intensité et de la rapidité de ces changements, mais aussi fortement des mesures d'adaptation mises en place par le secteur pour y faire face.

Le climat s'ajoute à d'autres facteurs, tels que l'évolution des marchés domestiques et internationaux, le soutien du gouvernement, la réglementation ou encore l'évolution des technologies, qui font évoluer le secteur agricole. Dans ce contexte, les impacts des changements climatiques sur l'agriculture hors Québec, en provoquant des changements sur les marchés mondiaux, pourraient avoir des effets potentiellement aussi importants que les impacts directs sur la production agricole québécoise.

Impacts des changements environnementaux sur les tributaires du Saint-Laurent



Auteur : André G. Roy, *M.A. et Ph.D. Géographie, professeur titulaire*
Chaire de recherche du Canada en dynamique fluviale, Université de
Montréal, Département de géographie, Montréal

Collaboratrice : Claudine Boyer, *agente de recherche*

Les changements climatiques auront un effet majeur sur la dynamique du fleuve Saint-Laurent et ses tributaires. La majeure partie des scénarios climatiques projettent une diminution de 20 à 40 % du débit moyen du fleuve d'ici la fin du siècle et une baisse de 0,5 à 1,0 mètre du niveau d'eau dans le corridor fluvial. Les tributaires du fleuve auront donc à s'ajuster à ces changements dans leur niveau de base, mais ils verront aussi leur régime hydrologique se modifier substantiellement en réponse aux changements globaux du climat. Les projections indiquent que la fréquence, l'ampleur, la durée et la séquence temporelle des débits seront changées. Les débits hivernaux et printaniers des tributaires seront particulièrement touchés par les modifications du climat. Le but de cet exposé est de rapporter les résultats de deux projets sur les effets cumulés des changements dans le niveau du fleuve et des régimes hydrologiques sur les tributaires du Saint-Laurent.

Notre étude a porté sur cinq tributaires : la Batiscan, le Saint-Maurice et la Yamachiche sur la rive nord et la Saint-François et le Richelieu sur la rive sud. Ces tributaires représentent bien la diversité des environnements fluviaux que l'on retrouve dans la vallée du Saint-Laurent. Dans cet exposé, nous présenterons des résultats sur : 1) les effets des changements climatiques sur le régime hydrologique des tributaires; 2) les simulations des impacts des changements de niveau du fleuve et du régime hydrologique sur le profil en long des tributaires et sur les apports sédimentaires au fleuve; 3) le rôle des processus hivernaux sur la dynamique des cours d'eau; et 4) la stabilité des berges en réponse aux changements climatiques.

1) Effets des changements climatiques sur le régime hydrologique des tributaires

Pour cerner les effets potentiels des changements climatiques sur le régime des débits des tributaires, nous avons utilisé les simulations de trois modèles climatiques globaux (MCG) et de deux scénarios de gaz à effet de serre. Les séries temporelles de températures et de précipitations ont été générées pour trois horizons de 30 ans, à partir de 2010 jusqu'en 2099, à l'aide de la méthode des perturbations. Ces séries ont ensuite été utilisées dans le modèle hydrologique HSAMI afin de générer des débits journaliers pour chacun des horizons. Les débits mensuels moyens simulés pour ces horizons ont été comparés à ceux de la période de référence de 1961-1990. Les résultats montrent clairement que les crues printanières seront plus hâtives, comme sur le Saint-François où l'on estime que la crue sera 16 jours plus tôt à la fin de la période 2010-2039 et 31 jours à la fin du siècle. De plus, les crues hivernales sous couvert de glace ainsi que les crues qui dépassent le seuil de transport de sédiments en charge de fond seront plus fréquentes.

Pour la Saint-François, il y avait en moyenne 7 jours par année où il y a transport en charge de fond entre 1961-1990 alors que l'on prévoit qu'il y aura 16 jours à la fin de la période 2010-2039 (Boyer *et al.*, 2010a).

2) Effets cumulés de la baisse du niveau d'eau du fleuve et des changements dans le régime hydrologique des tributaires

Nous avons investigué la réponse des tributaires aux changements climatiques en simulant les ajustements du profil en long des tributaires, ce qui nous a aussi permis de quantifier le volume des apports sédimentaires au fleuve. Notre approche a reposé sur la modélisation du lit des rivières à l'aide du modèle SEDROUT-1D, modifié pour tenir compte des particularités des tributaires (p. ex. sédiments fins, présence d'îles). Les scénarios hydrologiques issus de la modélisation climatique ont été jumelés à deux scénarios de changements de niveau d'eau du Saint-Laurent : un changement graduel de 0,01 m par année et un changement brusque de 0,5 m en 2040.

Le changement dans les taux de transport de sédiments estimés par la modélisation est illustré pour trois tributaires à la figure 1. Ces résultats montrent des tendances différentes selon les tributaires, ce qui fait ressortir la variabilité de la réponse des tributaires aux changements climatiques. Par exemple, on prévoit que les taux de transport en sédiments augmenteront dans le temps pour le Richelieu, mais qu'ils auront tendance à diminuer pour la Saint-François. De plus, on note, dans le cas de la Saint-François, qu'il n'y a pas de différence entre la situation de référence sans changements climatiques et le résultat des simulations avec changements climatiques. Cette situation diffère nettement de l'effet des changements climatiques prévu pour la Batiscan et le Richelieu où les simulations avec les séries de référence donnent toujours des taux de transport plus faibles. Finalement, l'effet des baisses de niveau du fleuve entraîne aussi une réponse variable dans le temps et entre les tributaires. L'amplitude des changements associés à cet effet est moindre que celle due à la modification des débits sur les tributaires.

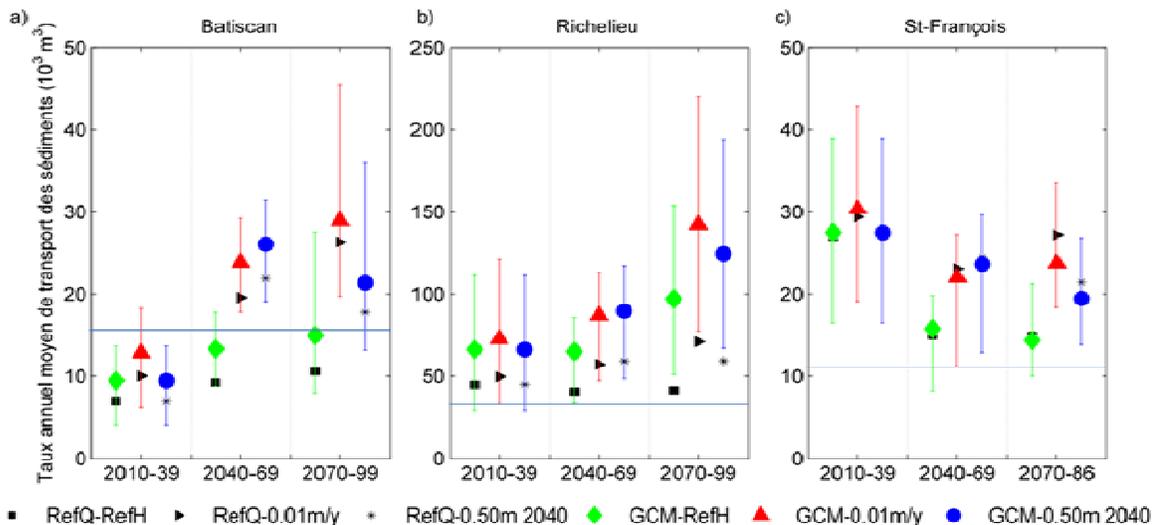


Figure 1. Taux de transport des sédiments en fonction des trois horizons de simulation, des différents scénarios de changements de niveau d'eau du Saint-Laurent et des changements climatiques. A) Batiscan; B) Richelieu et C) Saint-François.

3) Rôle des processus hivernaux

Comme l'a montré l'analyse des changements dans le régime hydrologique des tributaires du Saint-Laurent, les conditions hivernales seront grandement modifiées, notamment par l'augmentation de la fréquence de crues sous couvert de glace. L'effet de telles crues n'est pas encore documenté dans la littérature scientifique. En 2009-2010, nous avons procédé à plusieurs relevés bathymétriques du lit de la Batiscan. Un de ces relevés a eu lieu avant l'installation du couvert de glace, un autre à la suite d'une crue sous couvert de glace et un troisième au printemps à la suite de la débâcle. La comparaison de ces relevés montre clairement qu'une crue hivernale d'amplitude modérée peut avoir un effet érosif marqué sur le lit à l'embouchure de la rivière. Les changements entre la bathymétrie de l'automne et celle du printemps suivant étaient presque entièrement dus à la crue sous couvert de glace. Il s'agit d'une indication claire que les crues hivernales peuvent avoir un effet majeur sur le lit des tributaires du Saint-Laurent et entraîner des conséquences importantes sur les habitats fluviaux et riverains.

4) Érosion des berges et changements climatiques

Les berges des tributaires du Saint-Laurent sont sujettes à l'érosion. Nos levés de terrain sur les tronçons des rivières Batiscan et Saint-François en amont de la confluence avec le Saint-Laurent montrent que de 50 % à 60 % des berges sont affectées par des processus actifs d'érosion. De manière générale, cette érosion est soit fluviale, comme c'est souvent les cas sur la Saint-François, ou par mouvement de masse, comme on le retrouve de manière prédominante sur la Batiscan. L'apport des berges au volume sédimentaire est substantiel, notamment à l'embouchure de la Saint-François où l'on estime ce volume à 6 000 m³ par année pour une boucle de méandre d'une longueur d'un kilomètre. Les effets des changements climatiques sur la stabilité des berges seront majeurs dans la mesure où le régime hydrologique des tributaires sera modifié. Une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des débits de pointe pourrait entraîner des ajustements de la largeur des tributaires et ainsi activer les berges. De plus, la modification du régime de la nappe phréatique en bordure des rives jouera aussi un rôle sur la stabilité des sédiments. Malgré leur importance, notamment en ce qui concerne les infrastructures humaines et les habitats riverains, ces effets sont très peu documentés. En conclusion, cet exposé attire l'attention sur la nécessité d'investiguer ces processus dans un contexte de changements environnementaux afin de pouvoir envisager une gestion adéquate des tributaires.

Références

- Boyer C., D. Chaumont, I. Chartier et A.G. Roy. (2010a). *Impact of climate change on the hydrology of Saint-Lawrence tributaries*. Journal of Hydrology, 384, 1-2, 65-83.
doi:10.1016/j.jhydrol.2010.01.011.
- Boyer, C., P. Verhaar, A.G. Roy, P.M. Biron et J. Morin. (2010b). *Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of Saint-Lawrence tributaries: Potential effects on fluvial ecosystems*. Hydrobiologia, 647 (1) 163-183. DOI10.1007/s10750-009-9927-1.

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.

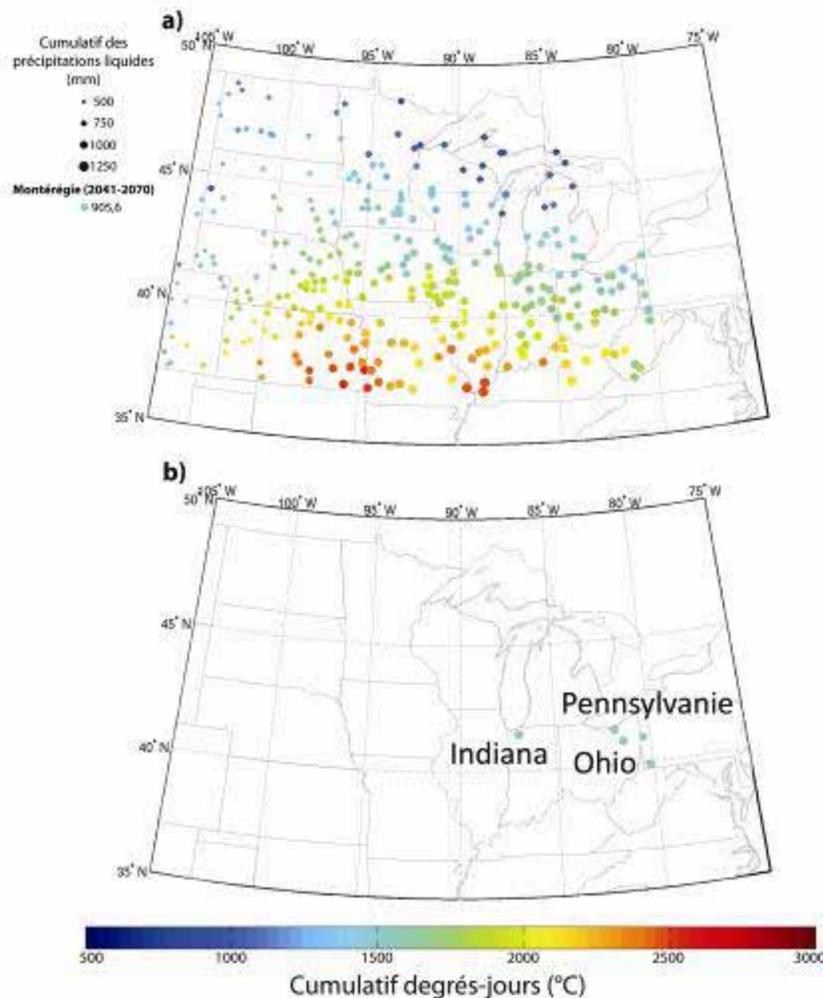


Figure 1. a) Précipitations liquides totales (taille du point) et cumulatif de degrés-jours en base 10 (couleur du point) dans le nord-est américain pour la période 1971-2000; b) Stations météorologiques du Nord-est américain analogues au climat de la Montérégie à l'horizon 2041-2070 (valeur indiquée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



**Changements climatiques et adaptation :
rôle et objectifs du MAPAQ**

Colloque en agroclimatologie 2011
Myriam Renaud, agr.

Direction de l'agroenvironnement et
du développement durable

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Contexte

Plan d'action 2006-2012

- 20 mesures en lutte aux gaz à effet de serre (GES)
- 6 mesures en adaptation aux changements climatiques (CC) :
 - Santé/sécurité
 - Forêt/modes de gestion de l'eau
 - Soutien à la programmation d'Ouranos (mesure 26) : biodiversité et écosystèmes, enjeux municipaux, ressources en eau, agriculture
 - Etc.

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Contexte (suite)

Programme Agriculture d'Ouranos

Objectif : Appuyer le développement de stratégies d'adaptation aux changements climatiques par le secteur agricole québécois.

- Acquisition de nouvelles connaissances spécifiques aux CC
- Développer des créneaux d'expertise
- Mettre à la disposition des intervenants du secteur agricole des outils d'aide à la décision : gérer plus efficacement les risques et opportunités en regard des CC

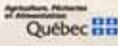
OURANOS

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Contexte (suite)

Programme Agriculture d'Ouranos
Comité de programme : MAPAQ, OURANOS, FADQ, UPA, AAC, IRDA et Université Laval

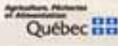
Projets	Collaborateurs / partenaires
Étude de cas pour faciliter une gestion efficace des ennemis des cultures	MAPAQ, AAC, Ouranos, UdeM, IRDA, CEROM, MDDEP, CET, CCAE
Synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels	UdeM, Ulaval, AAC, Ouranos, MAPAQ
Mise à jour de l'atlas agroclimatique du Québec	CRAAQ, AAC, Ouranos, FADQ, MDDEP, SOPFIM, MAPAQ, UPA
Mise à jour des normes et procédures de conception des ouvrages hydroagricoles	IRDA, Ulaval, INRS-ETE, Ouranos, MAPAQ, MDDEP, CEHQ, MTQ, AAC
Sensibilisation et diffusion d'information auprès des conseillers agricoles	CRAAQ, AAC, Ouranos, EC, FADQ, MAPAQ, MDDEP, SOPFIM

Contexte (suite)

Stratégie d'adaptation aux CC

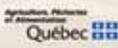
- Est en cours d'élaboration et sera en appui au prochain Plan d'action 2013-2020
- Implique 11 ministères et Hydro-Québec
- A pour champs d'action :
 - La santé, la sécurité, la gestion des risques
 - L'environnement
 - L'économie
 - La protection du territoire
 - Les infrastructures



Contexte (suite)

Nouveau Plan d'action 2013-2020

- Élaboré par 13 sous-comités et par thématique : bâtiments, **agriculture**, **adaptation**, énergie, forêt, etc.
- Regroupera des mesures à la fois en lutte aux GES et en adaptation aux CC

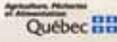


Rôle du MAPAQ

« Favoriser et promouvoir l'adaptation aux changements climatiques pour les secteurs de l'agriculture, des pêches et de l'aquaculture »

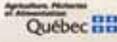
Comment?

- En participant à la mise en place du nouveau Plan d'action sur les CC (PACC) en 2013 : les mesures en adaptation seront élaborées en fonction **des axes d'intervention intégrés dans la stratégie**



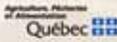
Axes d'interventions en agriculture

- Axes pour lesquels le MAPAQ compte mettre en place des actions (mesures) en adaptation de façon prioritaire
- Les axes sont déterminés en fonction :
 - Des impacts anticipés des CC
 - Des vulnérabilités du secteur agricole
 - Des priorités ministérielles



Axes d'interventions en agriculture

1. Veille scientifique et réseaux de surveillance
2. Recherche et développement
 - Souci de transfert technologique avec implication des intervenants du secteur
3. Formation et sensibilisation
 - Diffusion de l'information



**Axes d'interventions
en agriculture**

4. Réduction de la vulnérabilité dans 4 secteurs prioritaires :

- Préservation des sols arables agricoles et du potentiel agronomique
- Gestion de l'eau (quantité)
- Assurance et protection du revenu (ASREC)
- Phytoprotection et espèces envahissantes

5. Réduction de la pollution diffuse et ponctuelle (qualité)

6. Conservation de la biodiversité des agroécosystèmes

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

**Mesures en adaptation
PACC 2013-2020**

Les mesures en adaptation pour l'agriculture devront :

- Respecter les principes du développement durable
- Se rattacher aux axes d'interventions
- Ne pas contribuer aux émissions de GES
- Offrir plusieurs bénéfices

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Conclusion

- Des consultations sectorielles seront tenues au cours de l'été prochain
- À la suite des dévoilements de la stratégie et du prochain PACC 2013-2020, des actions seront entreprises par le MAPAQ pour favoriser l'adaptation aux CC

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec



*« Outils disponibles et
changements climatiques »*

Le mercredi 9 mars 2011

**Le Comité organisateur
remercie sincèrement les
collaborateurs financiers
suivants...**



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Le **CRAAQ**
remercie ses
collaborateurs
médias



le Bulletin
des agriculteurs

le coopérateur
agricole



www.craaq.qc.ca

| 888 535-2537



Près de
15 000 documents
et hyperliens



Agri-Réseau, c'est
LA bibliothèque virtuelle
agricole et agroalimentaire à
caractère technique et scientifique,
et ce, depuis 10 ans!

Que vous soyez conseiller,
producteur ou transformateur,
on a de l'information pour vous!

Abonnez-vous.
C'est gratuit!

www.agrireseau.qc.ca



Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec 



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

À la recherche de conseils?

Trouvez-les dans l'annuaire le plus complet
de services-conseils au Québec!

www.servicesconseils.qc.ca

Conseillers

Plus de 200 experts vous
offrent leurs services –
un réseau de choix!



Répertoire d'experts

Agriculteurs et transformateurs

Près de 650 entreprises
vous offrent leurs services



Répertoire des services-conseils

Relève

Plus de 200 conseillers et
entreprises vous attendent!



Répertoire pour la relève agricole

NOTES

Outil de recherche par
mot-clé ou selon :

- la production concernée
- le service offert
- la région desservie



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Le répertoire des services-conseils a été réalisé dans le cadre
du programme *Initiative d'appui aux conseillers agricoles*
selon les termes de l'entente Canada-Québec sur
le Renouveau du Cadre stratégique agricole.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec



Association des
jardiniers maraîchers
du Québec

mangezQUEBEC.com

Le portail INCONTOURNABLE pour la promotion
des fruits et légumes du Québec



Le site *mangezQUEBEC.com* propose un contenu renouvelé et dynamique dans un environnement coloré et convivial. Il offre une grande visibilité aux producteurs maraîchers et favorise l'interaction avec les consommateurs.

- *Information complète sur les producteurs maraîchers avec album photo*
- *Localisation géographique sur la carte du Québec*
- *Arrivages en temps réel et liste des points de vente*
- *Échange de trucs pratiques et de recettes savoureuses*



*Les québécois
sont bien
meilleurs!
sur le web*

mangezQUEBEC.com



Références
ÉCONOMIQUES

Un investissement payant!

Investissez aussi peu que 20 \$
dans un budget des *Références économiques*
et bénéficiez du savoir et de l'expertise de
conseillers en gestion, en financement et
en productions végétale et animale.

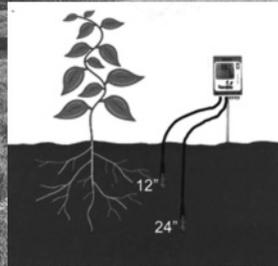
Vingt dollars qui vous mèneront loin!

www.craaq.qc.ca/referenceseconomiques



GENEQ inc.
Instruments scientifiques
www.geneq.com

Instruments environnementaux
d'analyse et de surveillance des sols



Stations et senseurs
météorologiques



SXBlue
GPS



Systèmes GPS
de précision SXBlue

8047, Rue Jarry Est | Montréal (Qc) Canada H1J 1H6 | Tél : 514-354-2511 / 1-800-463-4363 Fax : 514-354-6948 | info@geneq.com

Faites connaître vos évènements!

Offrez-vous une vision d'ensemble de toutes les activités du secteur agricole et agroalimentaire avec le **calendrier du CRAAQ**. Vous pourrez ainsi déterminer une date stratégique pour votre événement, rejoindre plus de gens et augmenter la diffusion des connaissances.

Ce calendrier électronique permet aux organisations agricoles et agroalimentaires d'annoncer leurs évènements sur le WEB.

C'est facile, rapide et rentable!

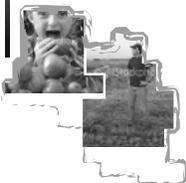
Pour plus d'information, contactez le service à la clientèle au 418 523-5411 ou 1 888-535-2537

Plus de visibilité!

Plus de retombées!

Plus de rentabilité!

Pour une vision
d'ensemble
des activités



Gérez vos activités *agricoles et agroalimentaires*

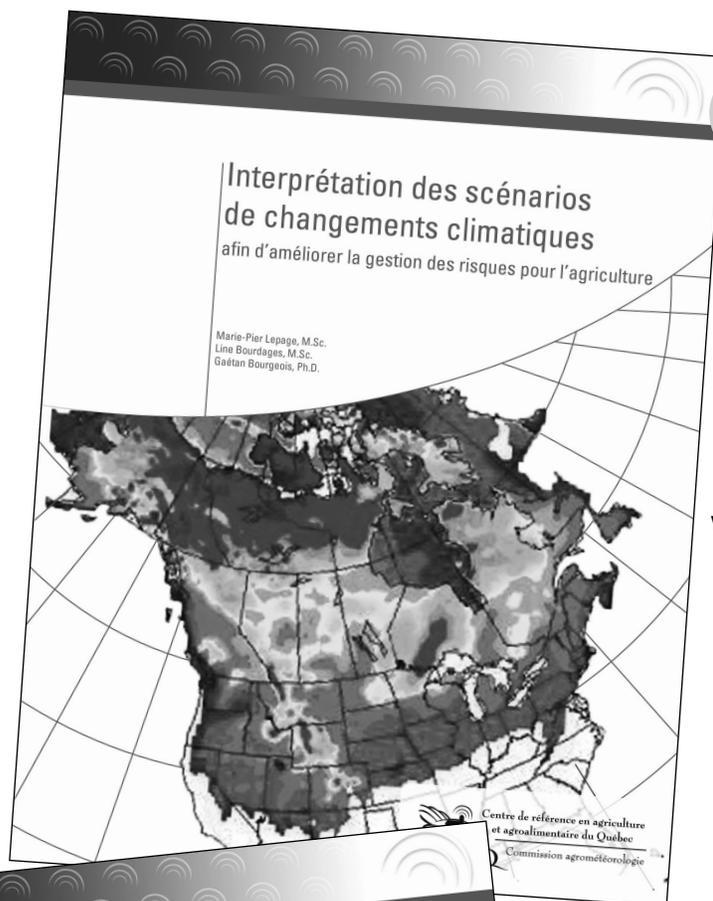
www.craaq.qc.ca/Calendrier

NOUVEAUTÉS EN LIGNE!

**Disponibles
gratuitement**

www.craaq.qc.ca/publications

D'autres feuillets techniques
sur les connaissances et
les outils agroclimatiques
sont en préparation
Surveillez leur parution!



Réalisés à l'initiative de
la Commission agrométéorologie
grâce à l'appui financier d'Ouranos
en partenariat avec Ressources naturelles Canada



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Cliquez et naviguez sur notre
catalogue électronique pour
découvrir d'autres publications



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Service à la clientèle
418 523-5411 ou
1 888 535-2537



L'agriculture est appelée à s'adapter aux **changements climatiques** dont l'effet se fait sentir depuis quelques années. La prédiction de la tendance de ces changements permettra d'orienter les efforts de **recherche** et d'entreprendre les mesures adéquates pour atténuer leurs impacts.

La **journée d'information** sur les changements climatiques est une occasion unique pour mettre en relief l'état des **grandes tendances** et les travaux pour quantifier les changements dans le futur.

Les **producteurs des cultures commerciales** du Québec et la **Fédération** sont heureux de commanditer cette journée et souhaitent des **retombées positives** à tous ses participants !

Bonne journée à toutes et à tous... !!



Fédération des
Producteurs de Cultures Commerciales
du Québec