



Évaluation des principaux risques climatiques actuels sur les cultures maraîchères afin d'identifier les besoins d'adaptation et les technologies potentielles

Rapport final présenté
à l'Association des producteurs maraîchers du Québec
Mars 2016

Responsable du mandat : Jean-François Forest, agr., M.Sc., Forest Lavoie Conseil

Recherche, analyse et rédaction : Jean-François Forest, agr., M.Sc., Forest Lavoie Conseil

Révision linguistique : Ève Sylvestre

L'APMQ et Forest Lavoie Conseil tiennent à remercier les producteurs et les intervenants qui ont accepté de participer à cette étude en offrant leur temps et leur expérience afin de contribuer à la réalisation de ce mandat. Ils tiennent également à remercier les membres du comité de pilotage pour leur support et leurs commentaires durant la réalisation de l'étude.

La réalisation de cette étude a été rendue possible grâce à l'appui financier du MAPAQ dans cadre du programme d'appui financier aux regroupements et associations de producteurs désignés.

1. Introduction et contexte de l'étude
 - a. Contexte
 - b. Objectifs
2. Les principaux risques climatiques et les effets sur les cultures maraîchères et de petits fruits
 - a. Introduction
 - b. L'impact des changements climatiques sur l'agriculture canadienne
 - c. L'impact des changements climatiques sur l'agriculture du Québec
 - d. Les impacts récents sur les cultures maraîchères
 - e. Les effets des causes climatiques sur les cultures maraîchères, de fraises et de framboises
 - f. L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés
3. Les méthodes, les bonnes pratiques et les outils de protection adoptés ou disponibles pour atténuer les risques climatiques
 - a. Introduction
 - b. Excès de pluie et pluies abondantes
 - c. Périodes de sécheresse
 - d. Gels hâtifs ou tardifs
 - e. Vents violents
 - f. La grêle
 - g. L'excès de chaleur
 - h. Constats et conclusion de la section

4. Revue des stratégies, méthodes, outils et programmes utilisés au Québec ou ailleurs dans le monde pour atténuer les risques climatiques
 - a. Introduction
 - b. Un exemple de plan implanté ailleurs
 - c. Une revue des technologies
 - d. Une revue des programmes d'assurance récolte
 - e. Constats et conclusion de la section
 5. Les recommandations
- Les annexes



Section 1 – Introduction et contexte de l'étude

• • •

- Microrafales, pluies abondantes, passage de l'ouragan Irène, période de sécheresse, variations de température, etc. sont quelques épisodes climatiques qui ont marqué le secteur maraîcher québécois au cours des dernières années. Ces épisodes et conditions météorologiques peuvent être liés aux changements climatiques qui pourraient se manifester au Québec par l'augmentation des températures estivales et hivernales, une plus grande variabilité des conditions climatiques (durant une saison et entre les années), une augmentation des événements de pluie intense, etc.
- Certains auteurs soulèvent notamment les conséquences au niveau de l'augmentation du nombre d'insectes nuisibles dans les cultures au Québec, de même que leur arrivée plus hâtive et le nombre de générations plus élevé durant une saison de production. De plus, les blessures causées par le gel, la grêle, ou le stress hydrique des plantes les rendraient plus vulnérables, par exemple aux insectes et aux maladies.
- Pour maintenir leur compétitivité, les producteurs maraîchers québécois doivent minimiser les risques directs (intempéries, gel, etc.) et indirects (ennemis de culture, désordres physiologiques des plantes, plus grande prépondérance au stress hydrique, etc.) associés aux épisodes et conditions climatiques actuels.
- Pour ce faire, l'identification des principaux risques actuels des cultures maraîchères au Québec en regard des événements et conditions climatiques des dernières années constitue un préalable important. Également, il faut évaluer la performance des outils de gestion des risques disponibles actuellement (ex.: assurance récolte, technologies, etc.) afin de déterminer s'ils sont adéquats pour minimiser les impacts financiers sur les entreprises en lien avec les risques climatiques.
- En outre, il importe de mettre en lumière les besoins d'adaptation du secteur maraîcher en regard des risques climatiques afin d'identifier les technologies qui pourraient permettre aux producteurs de mieux se prémunir contre ces risques.
- En début 2013, le secteur maraîcher québécois s'est doté de priorités et d'un plan d'action en recherche et innovation. L'adaptation aux changements climatiques est apparue comme l'un des enjeux prioritaires auquel le secteur devait faire face.
- Par ailleurs, les producteurs maraîchers québécois sont peu nombreux à adhérer au programme d'assurance récolte québécois. Face à ce contexte, la Table filière des productions maraîchères souhaite identifier les technologies de protection des cultures existantes qui pourraient présenter un potentiel pour l'adaptation des entreprises maraîchères québécoises aux événements climatiques.

Objectif général

- Le présent projet vise à identifier les principaux risques actuels en regard des événements climatiques des dernières années (cinq à dix dernières années), à documenter, lorsque les données sont disponibles, leurs effets et incidences sur les cultures (pertes de récoltes, baisses de rendement, incidences d'insectes ou de maladies, pertes économiques, etc.), à évaluer l'adéquation des outils de gestion des risques disponibles actuellement au Québec, à décrire les besoins d'adaptation et présenter les technologies potentielles en regard des risques identifiés.
- Le but final consiste donc à établir les besoins d'adaptation des producteurs maraîchers pour se prémunir contre les risques actuels associés aux événements climatiques contemporains et à identifier diverses technologies de protection ayant un rapport bénéfices-coûts positif.

Objectifs spécifiques

- Identifier les principaux risques actuels des cultures maraîchères au Québec en regard des événements et conditions climatiques des dernières années
- Documenter leurs effets et incidences sur les cultures
- Évaluer l'adéquation des outils de gestion des risques disponibles actuellement au Québec pour répondre aux risques identifiés
- Décrire les besoins d'adaptation et répertorier les technologies pouvant y répondre
- Caractériser et analyser les bénéfices-coûts qualitatifs des différentes technologies répertoriées

Pour ce faire, ce rapport est constitué de quatre autres sections : la section 2 fait état des principaux risques climatiques et les effets sur les cultures maraîchères et de petits fruits; la section 3 présente le résultat des entrevues avec les producteurs et les intervenants et répertorie les méthodes, les bonnes pratiques et les outils de protection adoptés ou disponibles pour atténuer les risques climatiques et identifie les besoins d'adaptation; la section 4 fait une revue des plans, méthodes, outils et programmes utilisés au Québec ou ailleurs dans le monde pour atténuer les risques climatiques; finalement, la section 5 présente les recommandations.

En annexe, on trouve la liste des producteurs et des intervenants interrogés, un tableau des ennemis émergents des cultures répertoriés durant le processus des entrevues et une liste de références additionnelles sur les changements climatiques et leurs impacts en agriculture.



Section 2 – Les principaux risques climatiques et les effets sur les cultures maraîchères et de petits fruits

...

Cette section vise à identifier les principaux risques climatiques qui ont des effets sur les cultures maraîchères, de fraises et de framboises.

- Tout d'abord, nous avons passé en revue quelques études et rapports qui dressent de façon générale les impacts des changements climatiques pour l'agriculture canadienne dans un premier temps, et ensuite pour l'agriculture québécoise. Le but n'était pas de faire une revue exhaustive des effets qu'auront les changements climatiques sur l'agriculture au cours du prochain siècle, mais plutôt d'en comprendre les implications et les tendances. Par ailleurs, une liste des études consultées, mais non exhaustives, a été constituée comme référence et est présentée en annexe du rapport.
- Ensuite, nous avons identifié les principaux risques climatiques qui ont eu des impacts sur le développement des cultures maraîchères, de fraises et de framboises durant la dernière décennie au Québec.
- Pour mettre en contexte les effets des épisodes climatiques récents sur le secteur maraîcher, nous avons souligné certains événements survenus en 2011 et dont a fait état Normand Legault, alors vice-président de la Fédération des producteurs maraîchers du Québec, lors d'une conférence du Colloque en Agroclimatologie.
- Puis nous avons révisé les analyses réalisées par une équipe formée de chercheurs universitaires pilotés par le professeur Bryant de l'Université de Montréal. Ce groupe de chercheurs a mené une étude sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme en 2007. L'étude dresse une liste des différentes causes climatiques des dommages aux cultures pour la période 1982-2001 ainsi que la modulation de la fréquence relative des causes climatiques entraînant des pertes pour différents groupes de cultures, soit le maïs-grain, le foin, les légumes, les pommes de terre et le soya. Il est noté que la fréquence relative des causes climatiques entraînant des pertes est variable d'une culture à l'autre. Pour la majorité des cultures, l'excès d'eau, le déficit hydrique ou la sécheresse et la grêle obtenaient les fréquences les plus élevées de causes des dommages durant cette période.
- Nous avons par la suite réalisé une analyse à partir des données de la Financière agricole du Québec (FADQ) afin d'évaluer la répartition des causes des pertes des cultures maraîchères ayant conduit à des indemnités durant la période 2004 à 2010. L'analyse montre que durant cette période plus de 75 % des indemnités versées sont directement associées à des causes climatiques et que le risque climatique qui est la source du plus de dommages aux cultures maraîchères est l'excès de pluie. Pour cette période, il a été possible de noter l'importance relative des pertes par groupe de cultures et de mesurer l'importance des pertes monétaires.
- La dernière étape visait à estimer les principaux risques climatiques pour les dernières cinq années. Il n'a pas été possible d'obtenir de l'information précise de la Financière agricole du Québec à cet effet étant donné les changements apportés aux programmes d'assurance récolte pour les cultures maraîchères en 2012. Toutefois, la FADQ nous a fourni les principales causes de pertes au champ pour les cinq dernières années pour chaque sous-groupe de culture et pour les fraises et les framboises. Une demande similaire a été faite au bureau régional de la FADQ à St-Jean-sur-Richelieu pour la plus importante région maraîchère au Québec.

- Nous avons voulu connaître la perception des producteurs maraîchers, de fraises et de framboises quant aux changements survenus récemment au niveau des évènements climatiques et sur l'importance des dommages sur leurs cultures. Ils devaient identifier les causes des dommages et noter l'importance relative des pertes encourues. L'exercice réalisé avec les producteurs a été ensuite validé lors d'entrevues avec des conseillers agricoles.
- Un survol des effets des causes climatiques sur les cultures a été réalisé.
- Finalement, nous avons dressé une évaluation de l'évolution des tendances récentes au niveau des évènements climatiques et des perspectives climatiques à long terme relativement aux principaux risques météorologiques identifiés pour les cultures maraîchères, de fraises et de framboises. Cette analyse a mis en évidence que tous les risques climatiques identifiés, et pour lesquels il est possible avec les modèles climatiques d'anticiper les changements, demeureront préoccupants durant les prochaines décennies. Cette analyse a été réalisée avec l'appui d'Ouranos.

Dans un rapport sur les impacts et les adaptations liés aux changements climatiques réalisé par Ressources naturelles Canada en 2004*, on liste déjà les impacts possibles des changements climatiques sur l'agriculture canadienne.

- Les changements projetés sont les suivants :
 - Températures plus chaudes
 - Conditions plus sèches ou plus humides
 - Augmentation de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes
- Des impacts positifs sont identifiés pour l'agriculture :
 - Augmentation de la productivité en raison de températures plus chaudes
 - Possibilité d'introduire de nouvelles cultures
 - Prolongation de la saison de croissance
 - Augmentation de la productivité découlant de l'augmentation du CO₂ atmosphérique
 - Accélération des taux de maturation des cultures
 - Diminution du stress hydrique
- Plusieurs impacts négatifs sont aussi précisés :
 - Augmentation des infections d'insectes
 - Dommages aux cultures causés par la chaleur extrême
 - Problèmes de planification découlant du manque de fiabilité des prévisions
 - Augmentation de l'érosion
 - Accroissement de la croissance des mauvaises herbes et des flambées de cas de maladies
 - Baisse d'efficacité des traitements de pesticides
 - Augmentation du stress hydrique et des sécheresses

Ces impacts sont prévus à l'échelle canadienne et auront des effets différents d'une région à l'autre étant donné l'étendue et la diversité de l'agriculture canadienne.

* Ressources naturelles Canada. 2004. Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspectives canadienne. 190 pages. Voir sommaire page xii.

Dans sa plus récente mise à jour des connaissances sur les changements climatiques, Ouranos* fait état des impacts possibles de ces changements sur l'agriculture québécoise. Il est noté que certains risques seront accentués et qu'à ce jour, il est incertain de prédire si le bilan sera globalement positif ou négatif sur l'agriculture du Québec.

Voici les aspects qui sont mentionnés:

- Des saisons de croissance plus longues et plus chaudes augmenteraient, à moyen terme, le potentiel de rendement de certaines cultures et permettraient l'introduction de nouvelles variétés ou de nouvelles cultures, y compris dans des régions plus nordiques où le climat est pour l'instant inapproprié.
- Le risque d'établissement de nouveaux ennemis des cultures (insectes ravageurs, mauvaises herbes et maladies) serait amplifié, de même que la pression exercée par certains ennemis déjà présents au Québec.
- L'accentuation attendue de la fréquence et l'intensité des conditions climatiques extrêmes seraient dommageables pour les cultures, les élevages ou encore pour la qualité de l'eau de surface (transfert d'éléments nutritifs et de pesticides).
- Les scénarios de changements climatiques pour le Québec à l'horizon 2050 indiquent que l'allongement de la saison de croissance se poursuivra avec une augmentation de l'accumulation de chaleur.
- Les risques de stress thermique et hydrique pourraient augmenter. L'extrême sud du Québec pourrait être concerné par cette situation.
- En plus d'une augmentation des températures moyennes, on observera une augmentation significative du nombre de jours où la température sera supérieure à 30 °C en été dans l'ensemble du Québec agricole, mais de façon plus marquée dans le sud de la province.
- Les modifications des conditions climatiques en dehors de la saison de croissance auront aussi des répercussions importantes, notamment pour les plantes pérennes. Les risques de mortalité hivernale des plantes fourragères pérennes devraient augmenter.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. 415 p. Voir partie 2, section 2.1.2 Agriculture page 15 et suivantes

- Les excès d'eau peuvent être dévastateurs en raison de leur impact direct sur les cultures, sur le ruissellement de surface et sur l'érosion des sols qui favorisent le transfert d'éléments nutritifs et de pesticides vers les eaux de surface. Les changements climatiques pourraient accentuer le risque de contamination des eaux de surface dans la mesure où ils augmenteraient la fréquence et l'intensité des pluies orageuses, particulièrement dans le sud du Québec.
 - À cet égard, il est noté que la vulnérabilité des sols au ruissellement et à l'érosion hydrique varie en fonction d'autres facteurs comme la topographie, les pratiques de conservation des sols mises en place par les producteurs, mais aussi du type et de la qualité des sols et de l'occupation du territoire agricole.
 - On mentionne aussi que les deux derniers facteurs seront également influencés par les modifications du climat. Par exemple, la teneur en matière organique des sols est sensible à la température, à la disponibilité en eau du sol et à la quantité de matière organique provenant des cultures.
- L'impact de l'augmentation de CO₂ atmosphérique aurait un effet globalement positif sur les rendements des cultures concernant la stimulation de la photosynthèse ou encore l'amélioration de l'utilisation de l'azote et de l'eau par la plante.
 - Cet effet serait variable selon l'espèce et plusieurs autres variables.
- Les ennemis des cultures sont aussi très sensibles aux variations du climat, et certains seront influencés par la teneur en CO₂ atmosphérique.
 - Les changements climatiques auront certainement des répercussions directes sur le développement des ennemis des cultures, leur répartition et donc sur la pression qu'ils exerceront sur les cultures.
 - Le réchauffement du climat favorisera l'expansion vers le nord de l'aire de répartition de certains ennemis des cultures déjà présents au Québec.
 - Les changements climatiques amplifieront également le risque d'établissement de nouvelles espèces potentiellement envahissantes au Québec.
- Le développement, la survie et l'activité des insectes pollinisateurs pourront également être affectés par les changements climatiques alors même qu'ils sont un facteur déterminant des rendements de certaines cultures.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. 415 p. Voir partie 2, section 2.1.2 Agriculture page 15 et suivantes

Les impacts économiques :

- À ce stade, les impacts économiques seraient difficiles à mesurer et les estimations des effets seraient probablement divergentes. Cela pourrait s'expliquer par la rapidité avec laquelle les producteurs s'adapteront aux changements climatiques et les effets de ceux-ci sur l'agriculture (positifs et négatifs) tant au niveau local que global (compétitivité des filières locales versus la réaction des marchés internationaux).

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

Récemment, les problématiques des aléas climatiques ont eu des impacts sérieux sur les cultures horticoles. Une présentation de Normand Legault, alors vice-président de la Fédération des producteurs maraîchers du Québec, en faisait état dans une conférence du Colloque en Agroclimatologie en 2012. Il était question de la saison 2011*.

- Il y fait état d'une succession d'évènements climatiques difficiles :
 - Printemps très froid et pluvieux causant des retards dans les semis et plantations et donc des pertes au niveau des primeurs.
 - Un été caractérisé par des inondations localisées, une canicule de 14 jours consécutifs et des épisodes d'orages et de grêle.
 - Une fin d'été et un début d'automne difficiles avec le passage de deux ouragans Irène et Lee caractérisés par beaucoup d'eau et de vent et une pluviométrie excessive en septembre avec plus de 200 mm d'eau.
 - Les impacts ont été qualifiés de néfastes : maladies bactériennes, fongiques et virales; arrêts des récoltes dans certaines productions et récoltes périlleuses pour d'autres comme le maïs sucré et donc des ruptures pour l'approvisionnement des marchés.
 - Il note également des effets négatifs sur les sols, notamment sur la compaction et des bris de structures des sols.
- Des statistiques et les résultats d'une enquête auprès de producteurs maraîchers viennent qualifier les effets des évènements climatiques sur les fermes:
 - Une augmentation de la période de production de 14 jours depuis les dix dernières années et donc un impact important sur les recettes du secteur.
 - Une hausse des indemnités versées par le programme d'assurance récolte.
 - 80 % des pertes monétaires des entreprises en 2011 sont directement liées aux évènements climatiques.
 - 70 % des entreprises ont eu des difficultés à approvisionner leurs marchés.
 - Plusieurs entrevoient des difficultés pour l'année suivante, donc perspectives difficiles, tout en mentionnant qu'une seconde année catastrophique pourrait avoir des impacts importants sur la capacité concurrentielle du secteur.
 - On y mentionne que pour les producteurs maraîchers, les changements climatiques sont l'un des plus importants défis pour le développement du secteur.

* Legault, N. 2012 . Problématique des cultures horticoles face aux aléas climatiques de la saison 2011. Colloque en agroclimatologie du CRAAQ. 2012

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

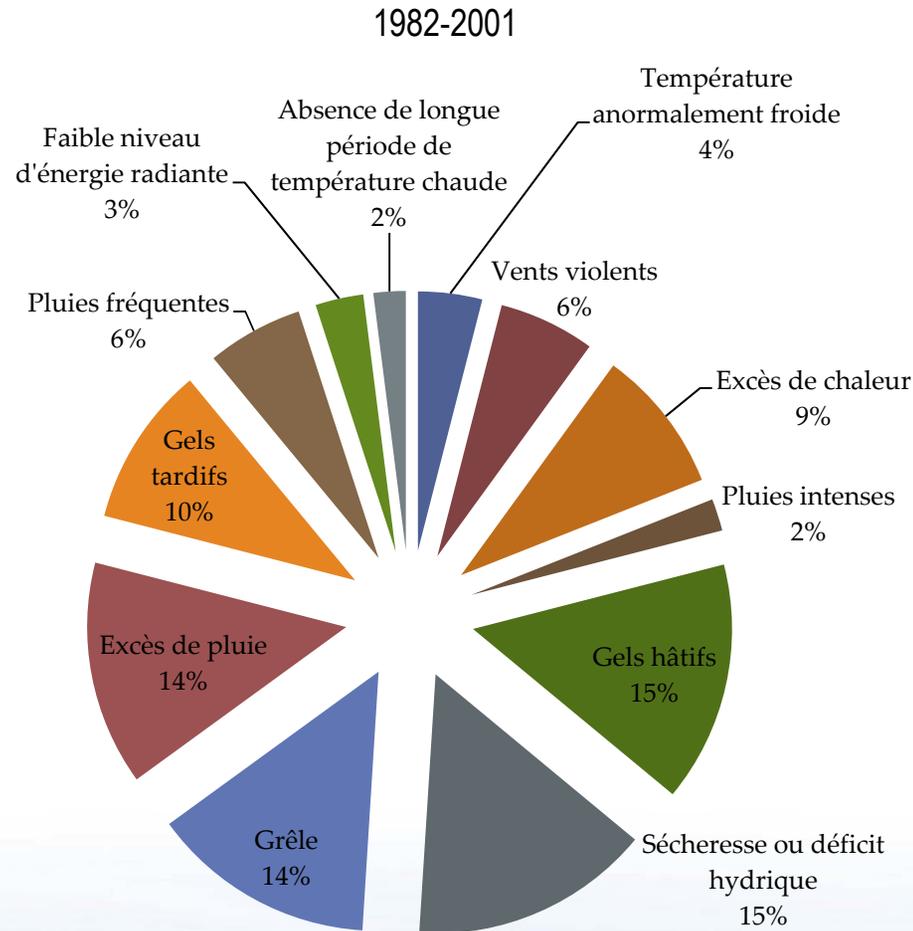
- Déjà des pistes de solution sont évoquées :
 - Amélioration au champ : nivellement des terres, entretien des fossés, doublage des drains, implantation de haies brise-vent, augmentation de la capacité des sols.
 - Amélioration des conditions de culture : rotations de cultures, choix des cultivars, essais de nouveaux cultivars, l'importance d'une régie phytosanitaire, la difficulté de produire certains légumes et donc des choix de production difficiles.
- En conclusion, il est noté que :
 - Les conditions climatiques affectent et affecteront directement la rentabilité des entreprises maraîchères.
 - Les entreprises devront prévoir de nombreuses mesures d'adaptation pour gérer les risques climatiques.
 - Il mentionne qu'il est à prévoir que des entreprises abandonneront la production en raison des conditions imprévisibles nécessitant une gestion des risques trop importante.

- Une équipe formée de chercheurs universitaires pilotés par le professeur Bryant de l'Université de Montréal a mené une étude sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme en 2007*.
- Dans ce cadre, ils ont réalisé une analyse approfondie des informations des pertes agricoles et une analyse des causes climatiques issues des rapports fournis par la Financière agricole du Québec. Les informations fournies ont permis d'étudier les effets climatiques sur différentes cultures (maïs, orge, foin et légumes) et dans trois régions du Québec, le sud-ouest du Québec, le Centre-du-Québec et le Saguenay-Lac-Saint-Jean.
- Les analyses des réclamations agricoles pour indemnisation au Québec suite à des conditions climatiques dommageables démontrent selon les constatations des chercheurs:
 - Des variations temporelles significatives des conditions climatiques affectant l'agriculture et reflétées dans les réclamations des agriculteurs sous le programme d'assurance récolte.
 - Des variations interrégionales significatives dans l'incidence de la variabilité climatique, tant entre les différentes régions agricoles du Québec qu'entre les trois régions d'étude ciblées.
 - Des variations intrarégionales significatives des conditions sont mises en évidence par les analyses de réclamation pour indemnisation des agriculteurs.
- À cet égard, l'analyse des données fournies par la Financière agricole a permis d'identifier les différentes causes climatiques associées aux réclamations des producteurs sur l'horizon 1982 à 2001.
 - Pour ce faire, ils ont utilisé les rapports mensuels de l'État de la culture au Québec publié par la FADQ pour répertorier les différentes causes des dommages.
 - Celles-ci sont présentées à la figure 1. Parmi les principales causes des dommages, on note le déficit hydrique et la sécheresse (15%), le gel hâtif (15 %), l'excès de pluie (14 %) et la grêle (14 %). Le gel tardif et l'excès de chaleur arrivent en quatrième et cinquième position. Il est intéressant de noter que les dommages associés à la pluie, soit l'excès de pluie, les pluies fréquentes et les pluies intenses totalisent ensemble 22 % des causes climatiques ayant des impacts sur les dommages aux cultures durant cette période.

* Bryant, C., B. Singh, P. Thomassin et L. Baker. 2007. Vulnérabilités et adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme: leçons tirées de la gestion du risque et de l'adaptation à la variabilité climatique par les agriculteurs. Rapport présenté à Ressources Naturelles Canada et Ouranos inc.

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

Figure 1 – Importance de la fréquence relative des différentes causes climatiques menant à des déclarations de pertes par les producteurs de grandes cultures, maraîchers et de pommes de terre



Source : Bryant, C et al.. 2007.

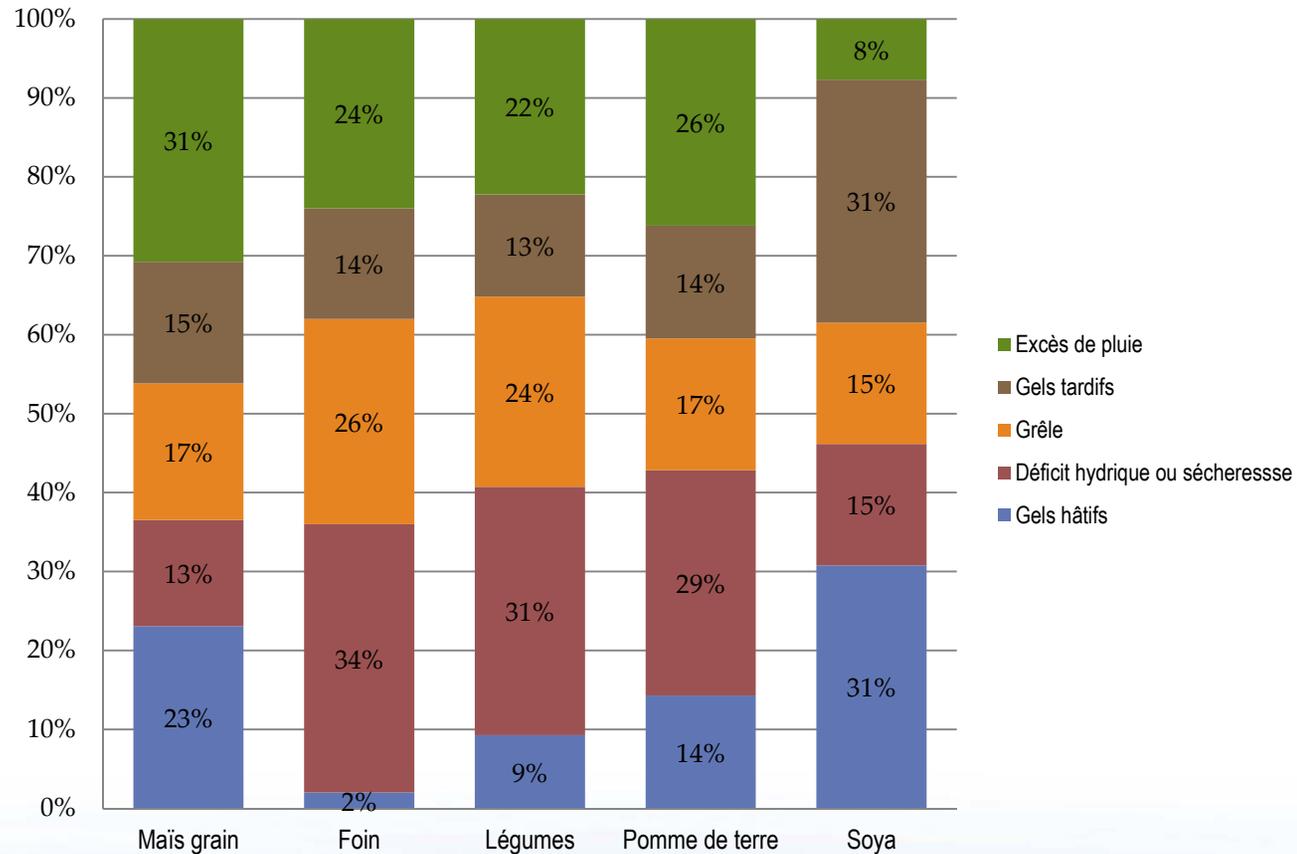
Les impacts récents sur les cultures maraîchères

- La figure 2 présente une analyse de la fréquence relative des causes climatiques entraînant des pertes et des réclamations à l'assurance récolte pour une sélection de culture durant la même période, soit 1982-2001.
 - Il est intéressant de noter que la modulation de la fréquence relative des causes climatiques entraînant des pertes est variable d'une culture à l'autre.
 - Pour la majorité des cultures, l'excès d'eau, le déficit hydrique ou la sécheresse et la grêle obtenaient les fréquences de causes des dommages les plus élevées durant cette période.
 - Pour les cultures maraîchères, les fortes fréquences entraînant des pertes et des réclamations étaient associées au déficit hydrique et à la sécheresse, suivaient la grêle, l'excès de pluie et les gels.

* Bryant, C., B. Singh, P. Thomassin et L. Baker. 2007. Vulnérabilités et adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme: leçons tirées de la gestion du risque et de l'adaptation à la variabilité climatique par les agriculteurs. Rapport présenté à Ressources Naturelles Canada et Ouranos inc.

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

Figure 2 - Fréquence relative des causes climatiques entraînant des pertes et réclamations à l'assurance récolte par type de cultures -- 1982-2001



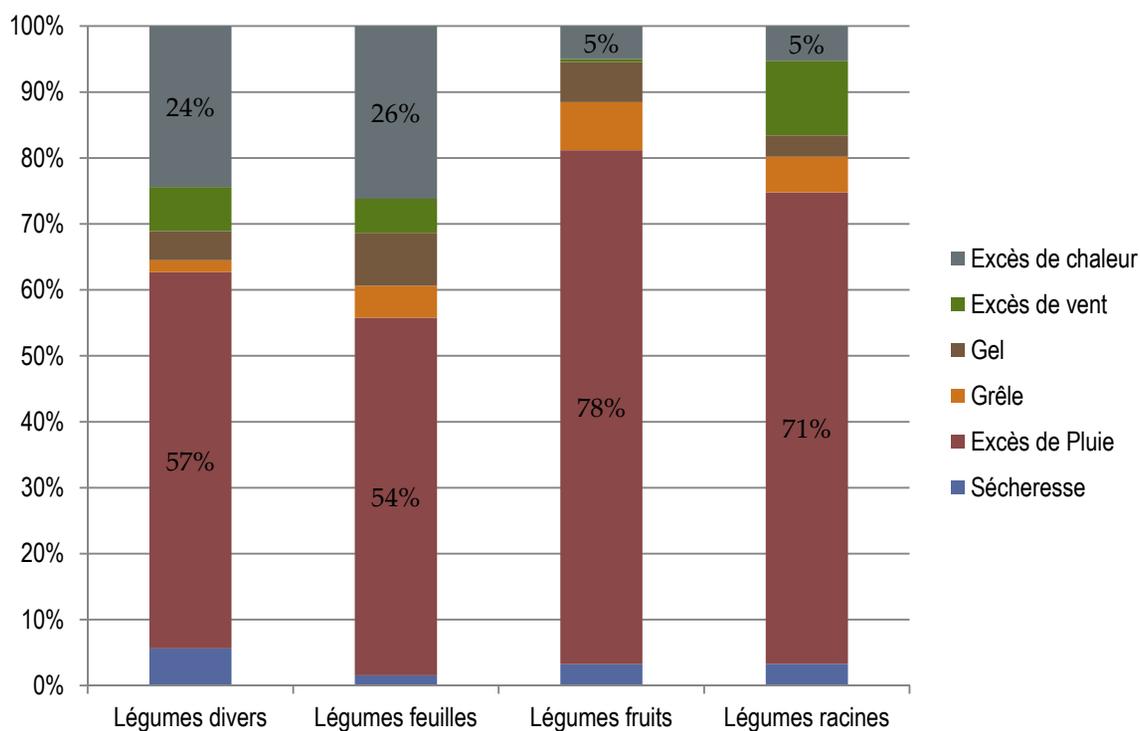
Source : Bryant, C et al.. 2007. Données de la Financières agricoles du Québec

- Une analyse réalisée à partir des données de la Financière agricole du Québec a permis d'évaluer la répartition des causes des pertes aux cultures maraîchères ayant conduit à des indemnités durant la période 2004 à 2010*. Il est question ici d'indemnités et non de fréquence. Il est ainsi possible que la fréquence soit élevée, mais que les dommages soient faibles.
 - L'analyse montre que durant cette période, plus de 75 % des indemnités versées sont directement associées à des causes climatiques.
 - Les maladies des cultures sont la seconde cause des pertes en importance avec moins de 20 % de la valeur des indemnités versées.
 - Le premier risque climatique, source du plus de dommages aux cultures, est l'excès de pluie. Ce seul risque a été responsable d'environ 60 % des indemnités versées pour l'ensemble des risques directement associés aux événements climatiques et d'un peu moins de 50 % des indemnités versées pour l'ensemble des causes des pertes durant la période ciblée.
 - Les autres risques directement associés aux événements climatiques sont :
 - L'excès de chaleur qui est responsable de moins de 15 % des indemnités totales versées
 - L'excès de vent et le gel comptant chacun pour environ 5 % des indemnités totales versées
 - La grêle suit ensuite avec près de 4 % des indemnités totales versées
 - Le dernier en importance est la sécheresse avec un peu plus de 2 % des indemnités totales versées
 - Au total, les producteurs maraîchers assurés à l'assurance récolte ont reçu durant la période 2004 à 2010 un peu moins de 50 millions de dollars en indemnités versées pour des dommages directement associés à des risques climatiques. Les pertes globales incluant la franchise que les producteurs assurés doivent assumer dépasseraient donc les 60 millions de dollars pour cette période.
- La figure 3 présente la répartition relative des indemnités versées selon les sous-groupes de cultures maraîchères en fonction de chaque cause climatique.

* Financière agricole du Québec. 2011. Document de travail - Importance relative des causes de pertes ayant conduit à des indemnités pour la période 2004-2010 - Toutes régions confondues – Analyse et compilation, Forest Lavoie Conseil.

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

Figure 3 - Importance relative des indemnités versées en fonction de chaque cause climatique pour chaque sous-groupe de culture maraîchère
2004 - 2010



Source : Données de la Financières agricoles du Québec, 2011. Compilation et analyse, Forest Lavoie Conseil.

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

- La dernière étape visait à estimer les principaux risques climatiques pour les dernières cinq années. Il n'a pas été possible d'obtenir de l'information précise de la Financière agricole à cet effet étant donné les changements apportés aux programmes d'assurance récolte pour les cultures maraîchères en 2012. Toutefois, la FADQ nous a fourni les principales causes des pertes au champ pour les cinq dernières années pour chaque sous-groupe de culture et pour les fraises et les framboises.
- Les principales causes des pertes (historique des cinq dernières années) pour:
 - Légumes racines : excès de pluie, grêle, sécheresse, excès de vent
 - Légumes feuillus : excès de pluie, excès de chaleur, grêle, maladies
 - Légumes fruits : excès de pluie, grêle, maladies, sécheresse
 - Légumes divers : excès de pluie, excès de chaleur, sécheresse, gel tardif et gel hâtif
 - Fraises-framboises : excès de pluie, gel hivernal, gel tardif et hâtif, maladies

* Financière agricole du Québec, 2015. Communication personnelle

Description des groupes de légumes :

Légumes racines : betterave, carotte, carotte de terre noire, céleri-rave, échalote française, navet, oignon, oignon de terre noire, oignon vert, panais, poireau, radis et rutabaga

Légumes feuillus : brocoli, céleri, chou, chou de Bruxelles, chou chinois, chou-fleur, chou vert, épinard, laitue, laitue de terre noire et mesclun

Légumes fruits : aubergine, citrouille, concombre, cornichon, courge, melon, piment, tomate et zucchini

Légumes divers : gourmane, haricot frais et maïs sucré

Les impacts récents sur les cultures maraîchères

- De plus, le centre de services de Saint-Jean-sur-Richelieu* a produit une évaluation similaire pour les productions maraîchères. Les principales causes des dommages évaluées de 2010 à 2014 sont:
 - Légumes racines : excès de pluie, excès de vent, grêle (un an sur cinq)
 - Légumes feuillus : excès de pluie, excès de chaleur, grêle (un an sur cinq)
 - Légumes fruits : grêle (deux ans), maladies et l'excès de pluie
 - Légumes divers : excès de pluie, excès de vent, grêle, excès de chaleur
- Le constat général durant cette période est que sur trois des cinq années, l'excès de pluie a dominé et les deux autres années (2011 et 2012) ont subi des phénomènes violents avec l'ouragan Irène et la microrafale.
- Les conseillers de ce centre de services ont noté les observations suivantes :
 - Les pluies sont plus fortes et parfois ou même souvent, elles sont accompagnées de vents forts.
 - Lorsque l'été est chaud, il y a plus de variations de température et les épisodes de grêle sont plus nombreux.
 - Il semble que de plus en plus souvent, les printemps sont plus pluvieux et que les températures estivales se déplacent en août et septembre.

*Briigitte Lafrance, coordonnatrice cultures maraîchères, Centre de services de Saint-Jean-sur-Richelieu, communication personnelle.

- Un total de quinze producteurs maraîchers, de fraises et de framboises ont été consultés pour connaître les risques climatiques associés aux changements météorologiques qui ont causé le plus de dommages à leurs cultures et qui présentent les plus grands risques. Ces risques ont été listés selon le nombre de fois qu'ils ont été mentionnés par les producteurs. Ces risques climatiques sont :
 - Excès de pluie ou pluie intense (15 producteurs sur 15)
 - Périodes de sécheresse (10/15)
 - Gels hâtifs ou tardifs (9/15)
 - Vents violents – érosion et assèchement des sols (7/15)
 - Grêle – (plus d'épisodes) (5/15)
 - Fortes variabilités (instabilités) météorologiques (4/15)
 - Épisodes plus longs de chaleur excessive (4/15)
- Les producteurs interrogés provenaient de quatre régions : Montérégie, Laurentides, Outaouais et Québec.
- Les producteurs interrogés produisent surtout de manière conventionnelle et quatre producteurs sont certifiés biologiques.
- Des cultures variées de légumes et de petits fruits sont produites sur l'une ou l'autre des entreprises appartenant aux producteurs interrogés.
- Les entrevues avec les producteurs confirment les résultats présentés précédemment quant aux risques climatiques importants à l'exception des fortes variabilités météorologiques. Cette dernière forme de risque fait état de la difficulté de prévoir les événements climatiques qui affecteront une saison de culture et amplifie l'incertitude météorologique à court terme.
- Aussi, lors des entrevues avec les conseillers agricoles, ceux-ci ont validé cette liste de risques climatiques.
- Les six risques climatiques qui seront étudiés dans les prochaines sections sont donc :
 - Excès de pluie ou pluie intense
 - Périodes de sécheresse
 - Gels hâtifs ou tardifs
 - Vents violents – érosion et assèchement des sols
 - Grêle – (plus d'épisodes)
 - Épisodes plus longs de chaleur excessive

Les effets des causes climatiques sur les cultures maraîchères, de fraises et de framboises

Nous présentons une synthèse des effets des causes climatiques sur les cultures maraîchères, de fraises et de framboises:

- Excès de pluie ou pluie intense
 - En entraînant des accumulations d'eau dans le sol, les précipitations excessives peuvent notamment nuire à l'absorption des nutriments par les végétaux, entraîner des carences nutritionnelles et affecter le développement des plants et de leur système racinaire. Elles peuvent nuire au rendement des cultures, à la qualité des récoltes et à la vigueur des plants. Les précipitations excessives peuvent accroître l'incidence de pourriture racinaire ou favoriser le développement de maladies. De plus, les pluies intenses peuvent entraîner le lessivage de nutriments, l'érosion et la compaction des sols.
- Périodes de sécheresse
 - Les températures élevées et surtout, le manque d'eau en période de sécheresse peuvent affecter considérablement la croissance des plants, diminuer la taille et la qualité des fruits, entraîner des carences nutritionnelles et causer des retards de croissance ou des troubles physiologiques. À certains stades de développement, les sécheresses peuvent causer des dommages particulièrement importants, tels que l'avortement des fleurs à la floraison, la réduction du taux d'établissement au semis ou à la plantation.
- Gels hâtifs ou tardifs
 - Les gels printaniers peuvent causer d'importants dommages aux plants, dont la nature varie en fonction du stade phénologique et de l'espèce végétale. En période de floraison, un gel peut entraîner l'avortement des fleurs ou encore causer des déformations aux fruits ou atteindre leur coloration. Sur des plantes en croissance végétative, un gel peut entraîner la mort de certains tissus, causer des retards de croissance, diminuer les rendements et affecter la qualité visuelle et donc commerciale de certains produits. Les risques sont particulièrement importants pour les primeurs et les cultures hâtives telles que l'asperge.
 - Dans les cultures maraîchères annuelles, les gels tardifs sont principalement responsables des pertes de rendement et de qualité. Dans certains cas, ils réduiraient l'aptitude à la conservation de certains fruits ou légumes.
- Vents violents – érosion et assèchement des sols
 - En plus des effets négatifs sur le sol (érosion et assèchement), les vents violents peuvent entraîner des bris sur les plants, des meurtrissures aux fruits et légumes et ils peuvent occasionner le déracinement des végétaux ou la fragilisation du système racinaire. Si l'eau n'est pas disponible en quantité suffisante, les vents peuvent contribuer au dessèchement des plants, ce qui affectera leur croissance. Soumis à des vents de grande vitesse, les particules de sols en érosion causent des abrasions aux plantes. Ces conditions peuvent aussi favoriser la dissémination des maladies. Durant la floraison, les vents violents peuvent aussi nuire à la pollinisation.

- Grêle
 - Les dommages causés par la grêle dépendent notamment de son intensité, de la taille des grêlons et du stade de croissance des plants. La grêle peut causer d'importantes blessures ou meurtrissures aux fruits et légumes, aux feuilles ou aux plants, ce qui peut entraîner un retard de croissance, réduire les rendements, causer des maladies ou affecter la qualité des récoltes.
- Épisodes plus longs de chaleur excessive
 - Lors d'épisodes de chaleur excessive, l'activité d'évapotranspiration est accrue alors que la photosynthèse et l'accumulation des glucides et des sucres des fruits en réserve sont réduites. La plante subit un important stress et les risques d'assèchement sont accrus. Durant ces épisodes, la maturation des fruits/légumes peut être inégale et la qualité des récoltes peut être réduite. Les chaleurs excessives peuvent affecter la pollinisation ou l'efficacité des traitements de phytoprotection (application de pesticides ou action d'insectes bénéfiques). De plus, la radiation solaire intense peut causer des brûlures sur la peau des fruits ou sur le feuillage.
- Impacts généraux des conditions climatiques
 - Soulignons que, de façon générale, les stress climatiques décrits précédemment réduisent la vigueur des plantes. Elles peuvent ainsi devenir moins compétitives et plus vulnérables à certains ennemis des cultures (mauvaises, herbes, insectes, maladies). De plus, certaines conditions climatiques mentionnées plus haut (sécheresse, chaleur, humidité du sol, etc.) constituent des conditions propices au développement de certains ennemis des cultures ou encore peuvent affecter négativement l'efficacité de certains traitements phytosanitaires.

Documents consultés :

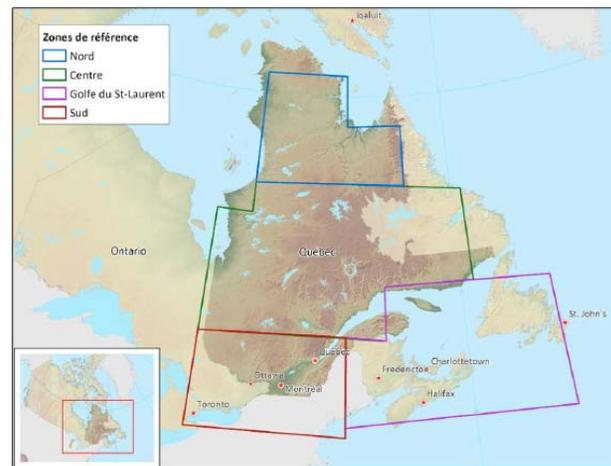
- OMAFRA. En ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-dry.htm#intro^>
- OMAFRA. En ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-hot.htm>
- OMAFRA. En ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/96-156.htm>
- CRAAQ. 2012. Indices agrométéorologiques pour l'aide à la décision dans un contexte de climat variable et en évolution

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Cette sous-section dresse une évaluation de l'évolution des tendances climatiques relativement aux principaux risques météorologiques identifiés pour les cultures maraîchères, de fraises et de framboises.

- Les sources d'informations sont de deux ordres, la récente édition* (2015) de la Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec publiée par Ouranos et l'Atlas agroclimatique du Québec**.
- Lorsque l'information est disponible, les changements dans les tendances des dernières années seront mentionnés pour le sud du Québec.
- Pour la Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec publiée par Ouranos, le *sud du Québec correspond à la zone située au sud du 50^e parallèle, soit une grande partie du Québec agricole (voir figure 4)*. De même, on documentera les projections anticipées par les scénarios climatiques.
- Le contenu des fiches présentes aux pages suivantes a été validé par Hélène Côté et Anne Blondlot d'Ouranos.

Figure 4 - Les quatre régions de référence utilisées dans ce document synthèse d'Ouranos



Source : Ouranos. 2015. Vers l'adaptation

*Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. 415 p.

**<http://www.agrometeo.org/index.php/atlas>

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Les excès de pluie ou les pluies intenses:

Observations durant le passé récent

La revue des indicateurs des tendances historiques de la période 1950 à 2010 montre une concentration plus grande de précipitations à l'intérieur des jours les plus pluvieux (les tendances ne sont pas toujours significatives). Cela tend à supporter l'hypothèse, comme l'indiquent les indicateurs présentés ci-dessous, que le Québec et surtout l'extrême sud du Québec a été plus exposé à des événements de pluies intenses.

- Une citation du document d'Ouranos caractérise assez bien l'incidence des épisodes extrêmes de pluie abondante.
 - *“ Depuis quelques années, bien des gens ont l'impression que le Québec est plus exposé qu'avant aux événements extrêmes de précipitations. Cette impression est fondée, du moins pour l'extrême sud du Québec, sur les analyses réalisées par Donat et al. (2013).* »*
- Les indicateurs **:
 - Pour le sud du Québec, le nombre de jours de pluie abondante (le nombre de jours, dont l'accumulation quotidienne, excède 10 mm) montre une tendance non significative à la hausse.
 - La quantité de précipitations provenant des jours les plus pluvieux (la quantité de précipitations provenant des jours dont les accumulations quotidiennes dépassent le 95e percentile de la distribution locale des précipitations) possède une tendance significative à la hausse.
 - La contribution des jours les plus pluvieux à l'accumulation totale annuelle (le ratio de la quantité de précipitations des jours les plus pluvieux sur l'accumulation annuelle totale) montre une tendance non significative à la hausse pour l'extrême sud du Québec.
 - L'intensité des épisodes de longue durée de précipitations (à partir de cinq jours consécutifs les plus pluvieux) montre une tendance à la hausse significative pour l'extrême sud du Québec durant les mois de septembre, octobre et novembre.
 - Pour l'extrême sud du Québec, les quantités de précipitations des jours les plus pluvieux présentent une tendance à la hausse pour la période 1950-2010.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. Page 22

**Idem Voir tableau 1-5 page 21.

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Les excès de pluie ou les pluies intenses:

Les projections climatiques futures

- Les modèles climatiques montrent des hausses significatives pour tous les indices de précipitations abondantes et extrêmes*.
 - Les quantités de précipitations produites lors des jours les plus pluvieux connaîtront d'impressionnantes hausses de 20 à 70 % pour la période 2081-2100 dans le sud selon les modèles et les scénarios de GES utilisés par rapport à la période 1981-2000.
 - La contribution des jours les plus pluvieux à l'accumulation totale annuelle augmentera de 4 à 10 % pour la même période selon les modèles et les scénarios de GES utilisés.
 - Le nombre de jours de pluie abondante de plus de 10 mm augmentera de 0.5 à 6 jours selon les modèles et les scénarios de GES utilisés.
 - L'intensité des épisodes de longue durée qui est déterminée à partir des cinq jours consécutifs les plus pluvieux s'accroîtra de 10 à 25 % à la fin du siècle selon les modèles et les scénarios de GES utilisés.
- Bien que des plusieurs études suggèrent une hausse de la fréquence de précipitations convectives comme des orages à l'approche de 2100, le nombre limité de modèles et de projections utilisés ne permet pas de confirmer cette tendance**.

Conclusion :

En fonction des tendances passées et des projections futures, le Québec agricole devra se préoccuper des épisodes d'excès de pluie qui seront plus intenses. Ce risque deviendra de plus en plus important au fil des années avec les changements climatiques.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. Voir tableau 1-6 page 25.

** Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. Voir tableau 1-6 page 25.

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

L'excès de chaleur:

Observations durant le passé récent

- Les résultats d'une étude conduite par Donat et al. indiquent un accroissement significatif dans le nombre de nuits et de jours chauds et la durée des vagues de chaleur durant la période de référence 1950-2010*.
- La figure 5, à la page suivante, indique la moyenne du nombre de jours sur une base annuelle où la température maximale quotidienne est supérieure à 30 °C pour la période 1979-2008.

Les projections climatiques futures

Les figures 6 et 7 illustrent l'occurrence du nombre additionnel de jours supérieurs à 30 °C en 2041-2070 comparativement à 1971-2000, selon les scénarios de changement supérieur et inférieur. On note une tendance à la hausse pour l'ensemble des régions du sud du Québec. Le nombre de jours où les températures dépasseraient 30 °C pourrait atteindre 21 jours de plus que la normale 1971-2000 dans l'extrême sud du Québec, pour le scénario de changement supérieur. Durant la période 1971-2000, ils totalisaient en moyenne 10 jours pour l'extrême sud du Québec.

Conclusion :

En fonction des tendances passées et des projections, le Québec agricole

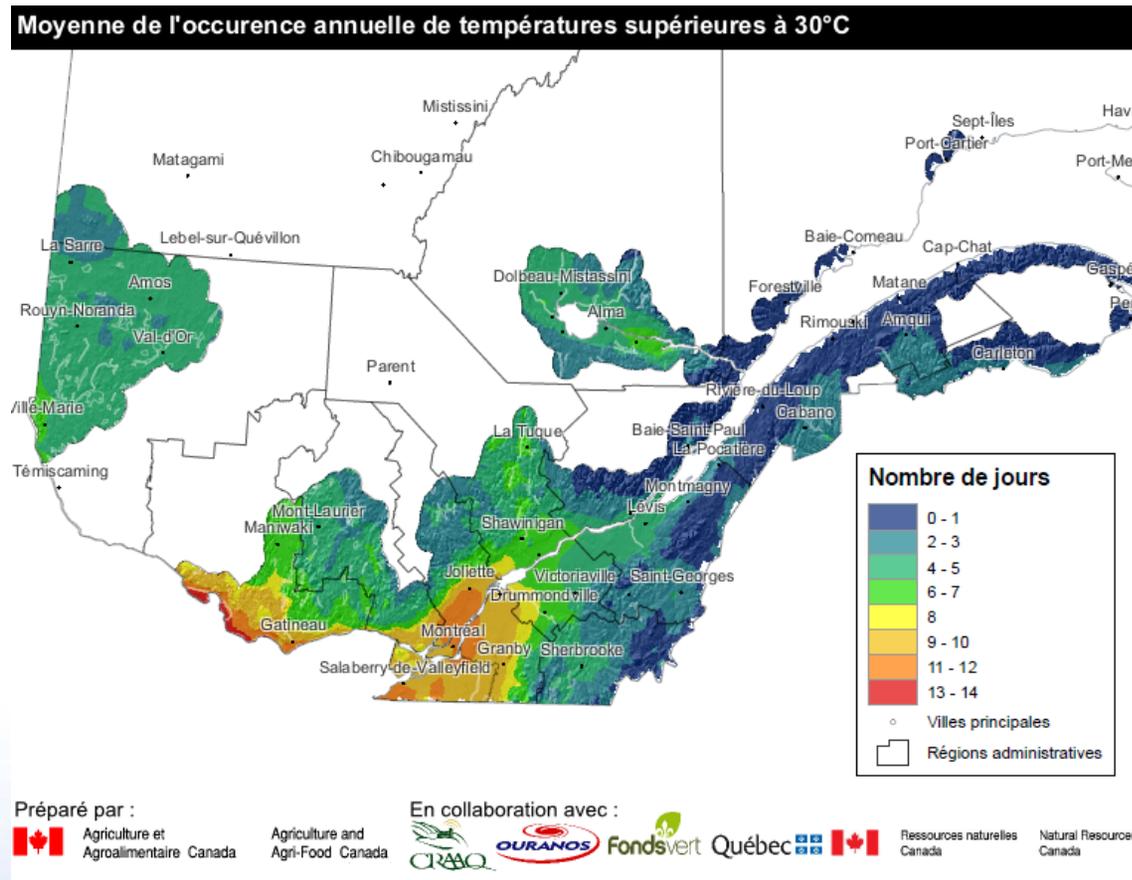
* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec.
Voir page 9

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

L'excès de chaleur

Observations 1979 -2008

Figure 5 - Nombre de jours, sur une base annuelle, où la température maximale quotidienne est supérieure à 30° C
Moyenne pour la période 1979 -2008



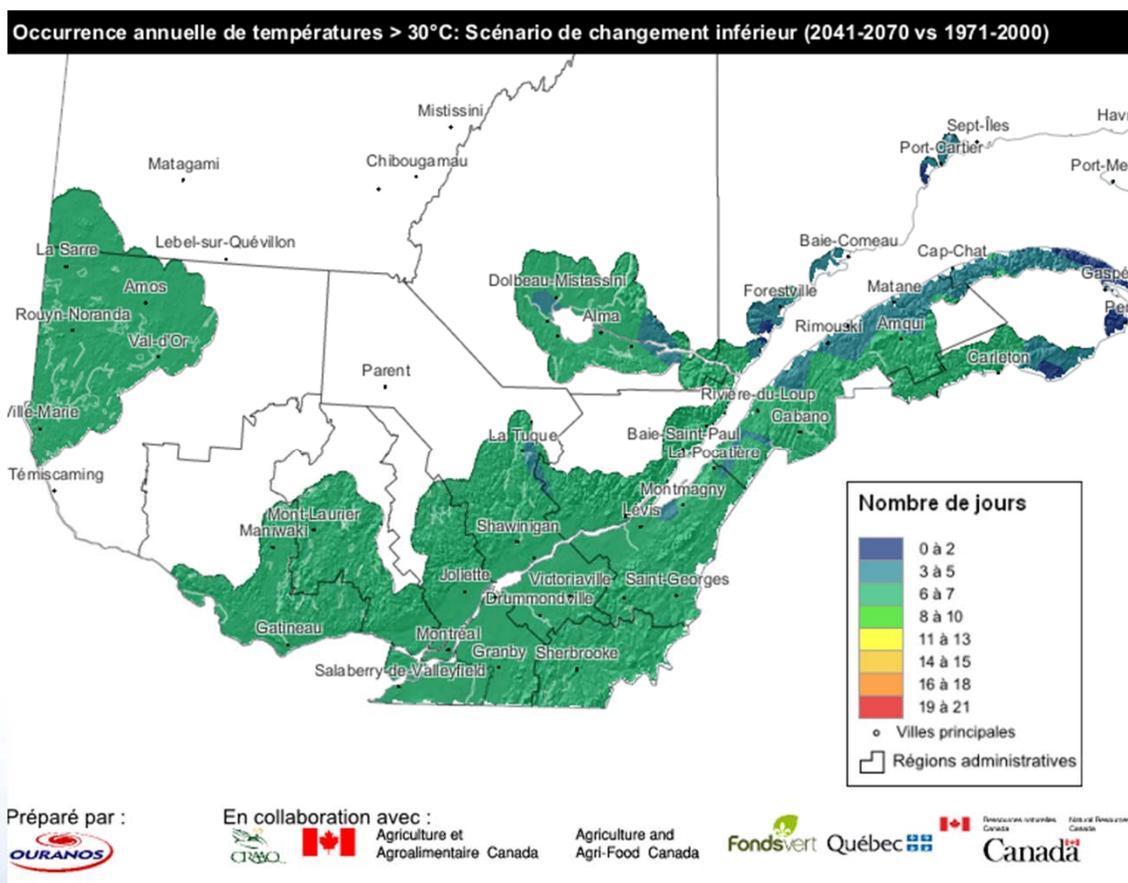
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/atlas/category/temperatures_extremes/therm

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

L'excès de chaleur

Les projections pour la période 2041-2070

Figure 6 - Nombre de jours supplémentaires, sur une base annuelle, où la température maximale quotidienne sera supérieure à 30°C - Différence entre les périodes 2041-2070 et 1971-2000 pour un scénario de changement inférieur

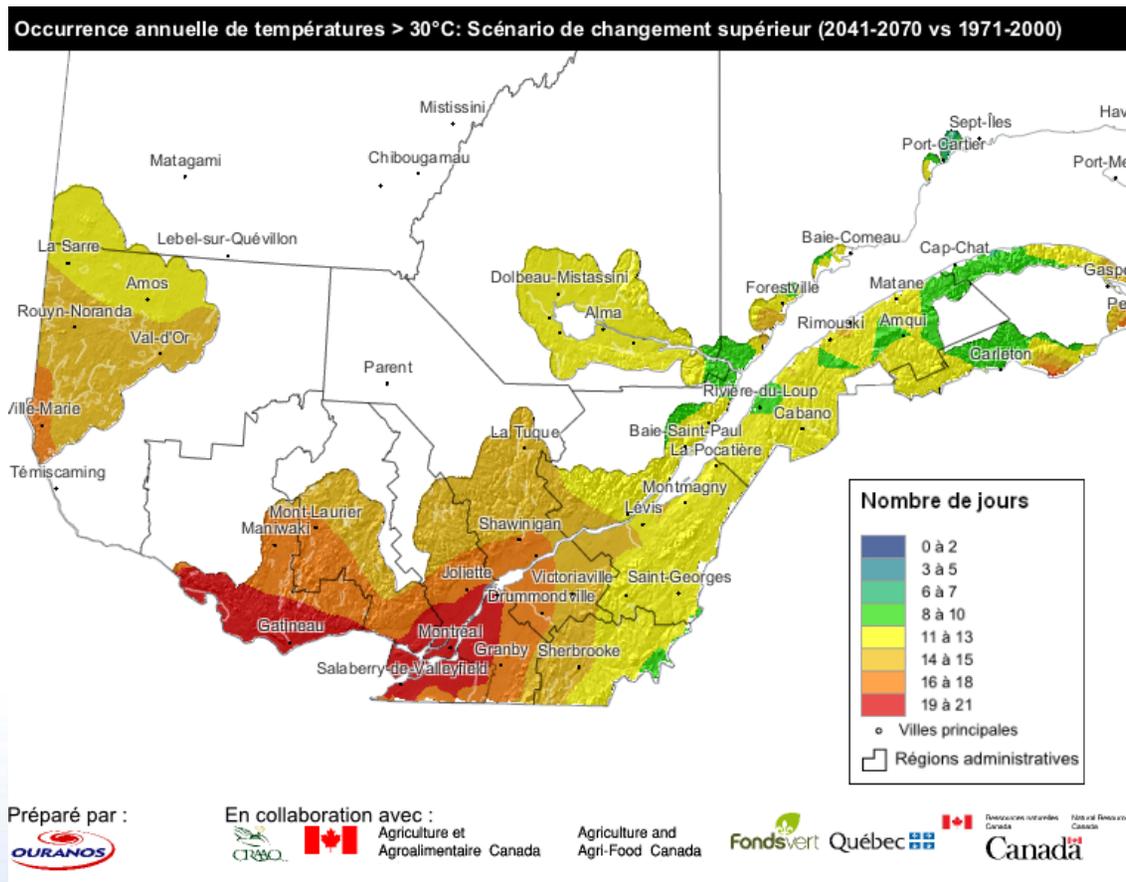


L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

L'excès de chaleur

Les projections pour la période 2041-2070

Figure 7 - Nombre de jours supplémentaires, sur une base annuelle, où la température maximale quotidienne sera supérieure à 30°C - Différence entre les périodes 2041-2070 et 1971-2000 pour un scénario de changement supérieur



L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Observations durant le passé récent :

- On note un rallongement de la saison de croissance de quelques jours à environ 2 semaines, selon l'endroit au Québec. La saison de croissance correspond à la période où la température se maintient en moyenne au-dessus de 5.5 °C. Ce phénomène est influencé principalement par des printemps plus hâtifs. Par opposition, la longueur de la saison de gel diminue avec les derniers gels plus hâtifs au printemps et plus tardifs à l'automne*.
- La figure 8, à la page suivante, montre la date moyenne du début de la saison de croissance ($T_{moy} \geq 5,5 \text{ °C}$) pour la période 1979-2008. Pour l'extrême sud du Québec, cette date varie autour du 20 avril.
- La figure 9 montre qu'il est probable, 2 années sur 10, d'avoir un dernier gel printanier ($T_{min} \leq 0 \text{ °C}$) après la date indiquée (probabilité de 20 %). Cette date varie entre le 4 et le 11 mai pour l'extrême sud du Québec durant la période 1979-2008.
- La figure 10 montre qu'il est probable, 8 années sur 10, d'avoir un dernier gel printanier ($T_{min} \leq 0 \text{ °C}$) après la date indiquée (probabilité de 80 %). Cette date varie entre le 19 avril et le 25 avril pour l'extrême sud du Québec durant la période 1979-2008.

Le gel tardif

Observations durant le passé récent :

- La figure 11 montre qu'il est probable, 2 années sur 10, d'avoir un premier gel automnal ($T_{min} \leq 0 \text{ °C}$) après la date indiquée (probabilité de 20 %). Cette date varie entre le 5 et le 15 octobre pour l'extrême sud du Québec durant la période 1979-2008.
- La figure 12 montre qu'il est probable, 8 années sur 10, d'avoir un premier gel automnal ($T_{min} \leq 0 \text{ °C}$) après la date indiquée (probabilité de 80 %). Cette date varie entre le 25 septembre et le 2 octobre pour l'extrême sud du Québec durant la période 1979-2008.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. Voir page 14 , tableau 1-3.

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Les gels hâtifs et tardifs

Les projections climatiques futures pour la période 2041-2070

- Les projections prévoient un rallongement de la saison de croissance de 10 à 30 jours additionnels par rapport au passé récent selon le scénario d'émission sur l'ensemble du territoire québécois*. Les figures 13 et 14 font état d'un rallongement de la saison de croissance de 11 à 32 jours pour l'extrême sud du Québec en 2041-2070 par rapport à la période 1971 – 2000 pour selon des scénarios de changements supérieur et inférieur..
- Les figures 15 et 16 montrent la différence, en nombre de jours, entre les périodes 2041-2070 et 1971-2000 pour ce qui est de la date moyenne du dernier gel printanier ($T_{min} \leq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) selon les scénarios de changement inférieur et supérieur. On note que pour l'extrême sud du Québec, le dernier gel printanier serait devancé de 6 à 13 jours alors que la normale du dernier gel pour cette même région durant la période 1971 – 2000 variait entre le 25 avril et le 9 mai.
- Les figures 17 et 18 montrent la différence, en nombre de jours, entre les périodes 2041-2070 et 1971-2000 pour ce qui est de la date moyenne du premier gel automnal ($T_{min} \leq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) selon les scénarios de changement inférieur et supérieur. On note que, pour l'extrême sud du Québec, le premier gel serait retardé de 5 à 16 jours alors que la normale du premier gel automnal pour cette même région durant la période 1971 — 2000 variait entre le 27 septembre et le 6 octobre.

Conclusion :

- Avec les changements climatiques, la saison sans gel s'étire ce qui, par conséquent, permet l'allongement de la saison de croissance. Ainsi, le dernier gel printanier sera plus hâtif, alors que le dernier gel automnal sera plus tardif . À cet égard, les scénarios inférieurs montrent des gains inférieurs à ceux des scénarios supérieurs, donc une saison de croissance de 11 à 13 jours supplémentaires à la normale de la période 1971 – 2000, comparativement à des gains potentiels de 29 à 32 jours avec les scénarios supérieurs pour l'extrême sud du Québec.
- Puisque l'on tentera vraisemblablement de profiter de l'allongement de la saison au printemps, le risque de gel printanier demeurera présent, mais ne se manifestera plus au même moment dans l'année. Conséquemment, il faudra encore se préoccuper de ce risque dans les prochaines années, même avec les changements climatiques.

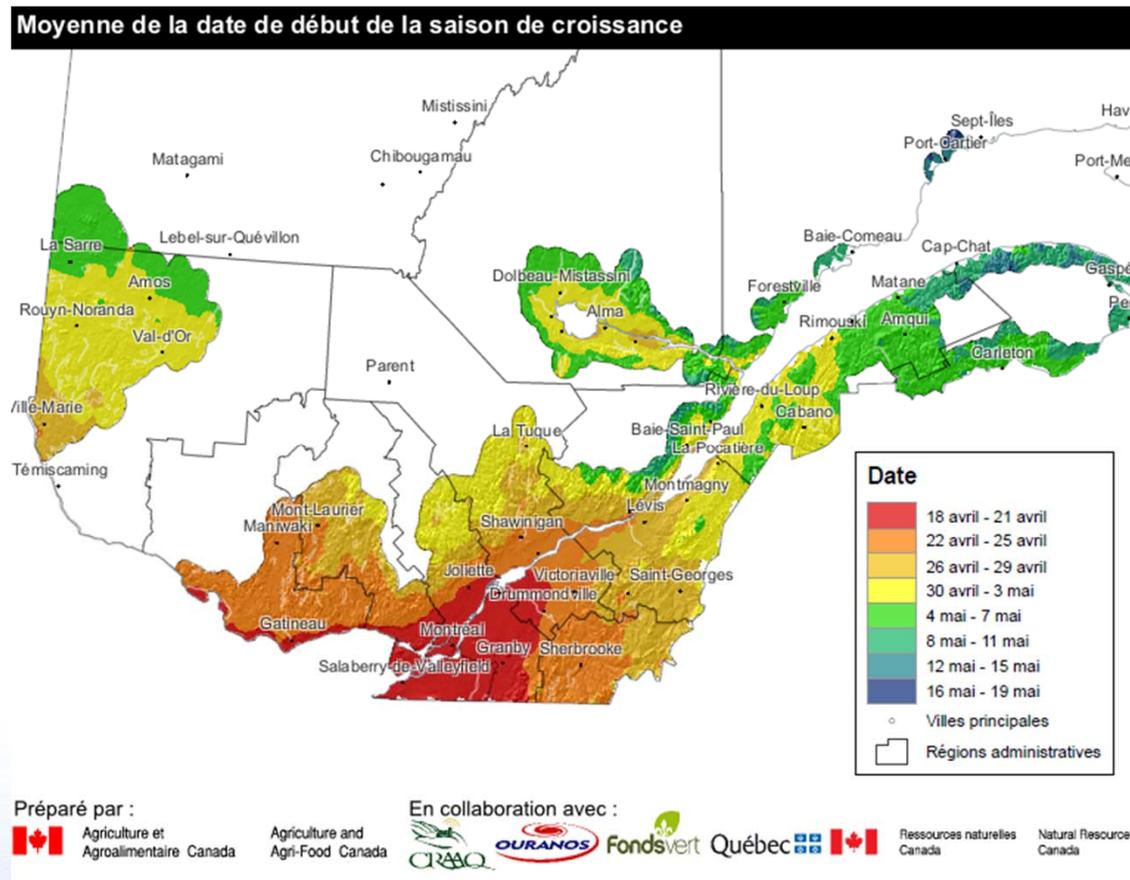
* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. Montréal, Québec. Voir page 14 , tableau 1-3.

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Observations 1979-2008

Figure 8 – Moyenne de la date de début de la saison de croissance pour la période 1979 -2008



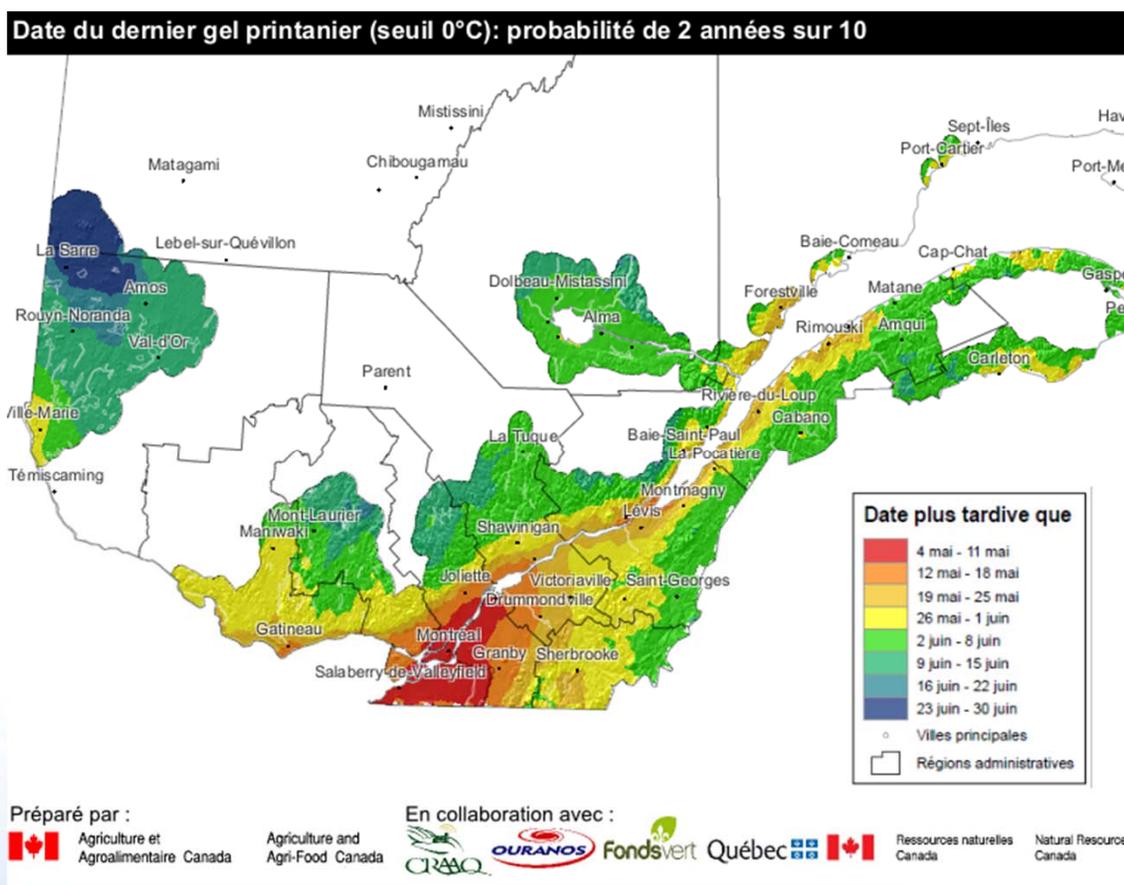
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/probabilite_de_8_annees_sur_1016/M0/1979-

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Observations 1979-2008

Figure 9 – Date du dernier gel printanier (seuil 0 °C) avec une probabilité de 2 années sur 10 pour la période 1979-2008



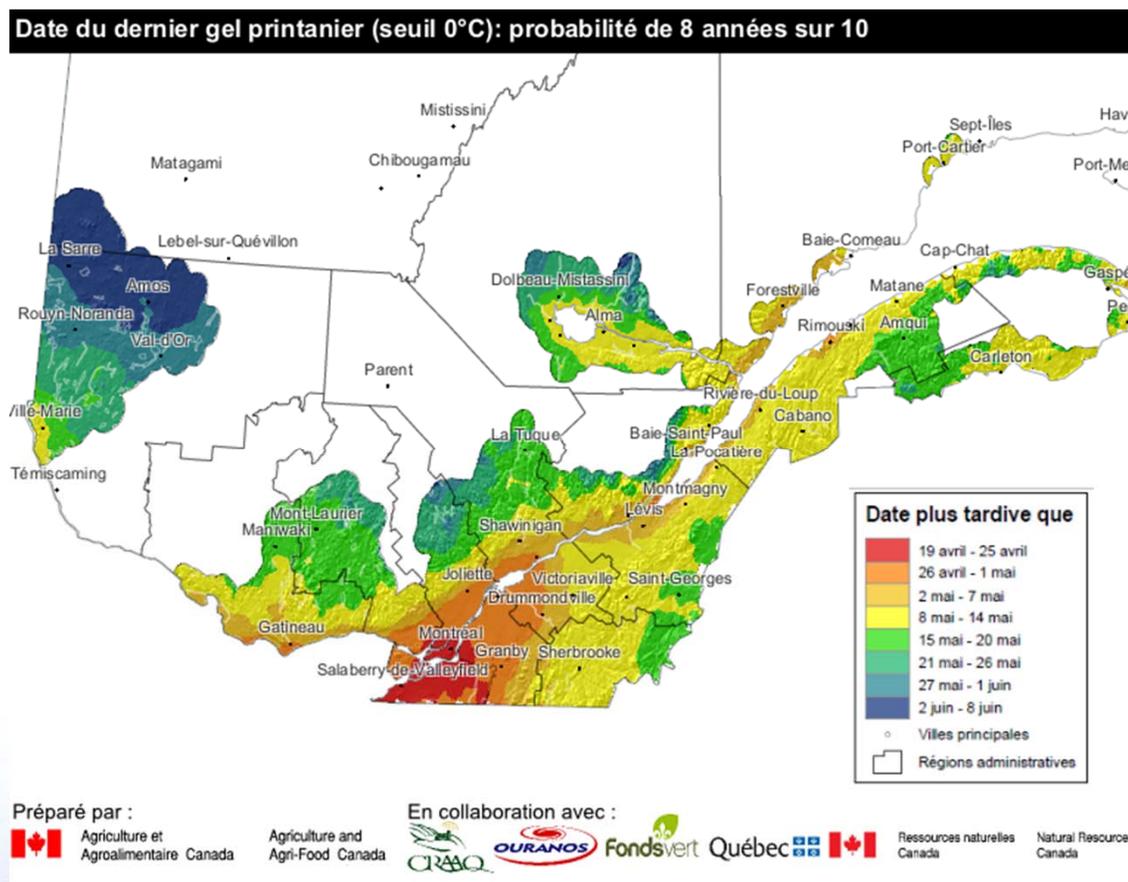
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/probabilite_de_2_annees_sur_1016/M0/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Observations 1979-2008

Figure 10 – Date du dernier gel printanier (seuil 0 °C) avec une probabilité de 8 années sur 10 pour la période 1979-2008

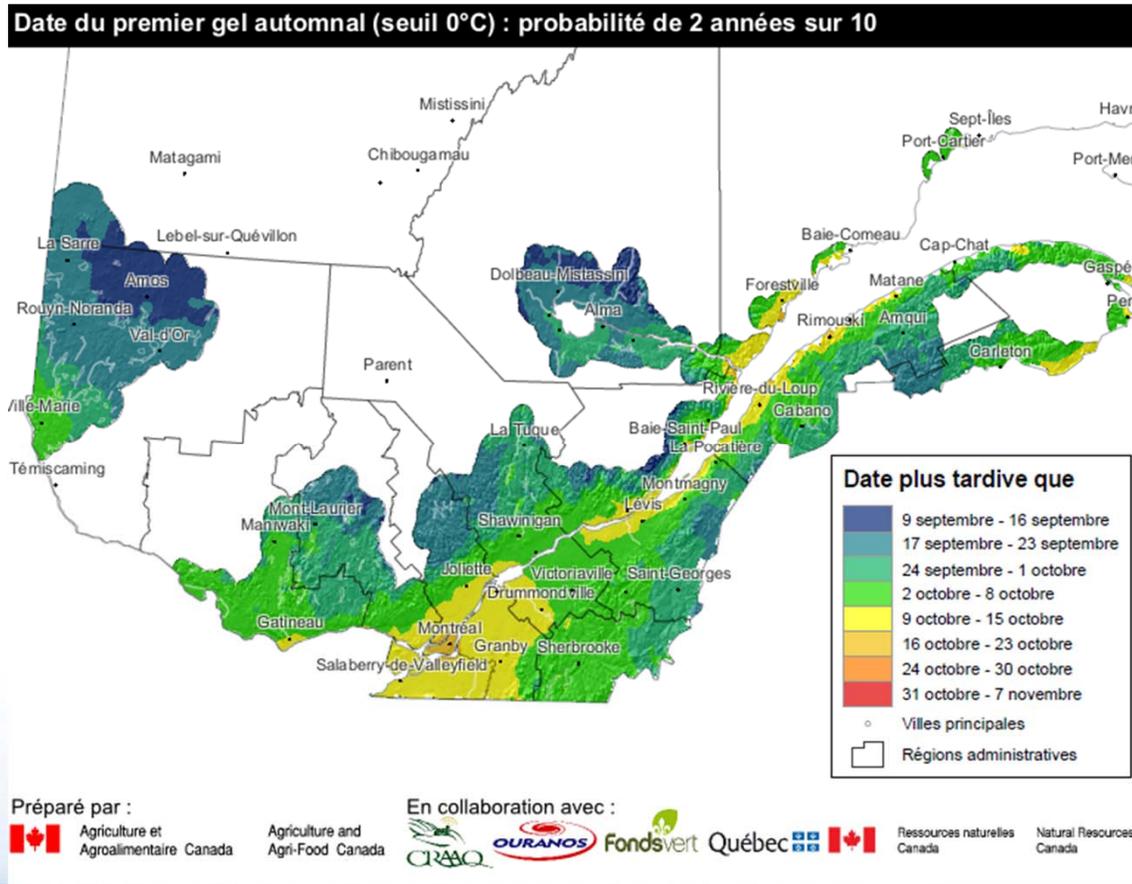


L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel tardif

Observations 1979-2008

Figure 11 – Date du premier gel automnal (seuil 0°C) avec une probabilité de 2 années sur 10 pour la période 1979-2008

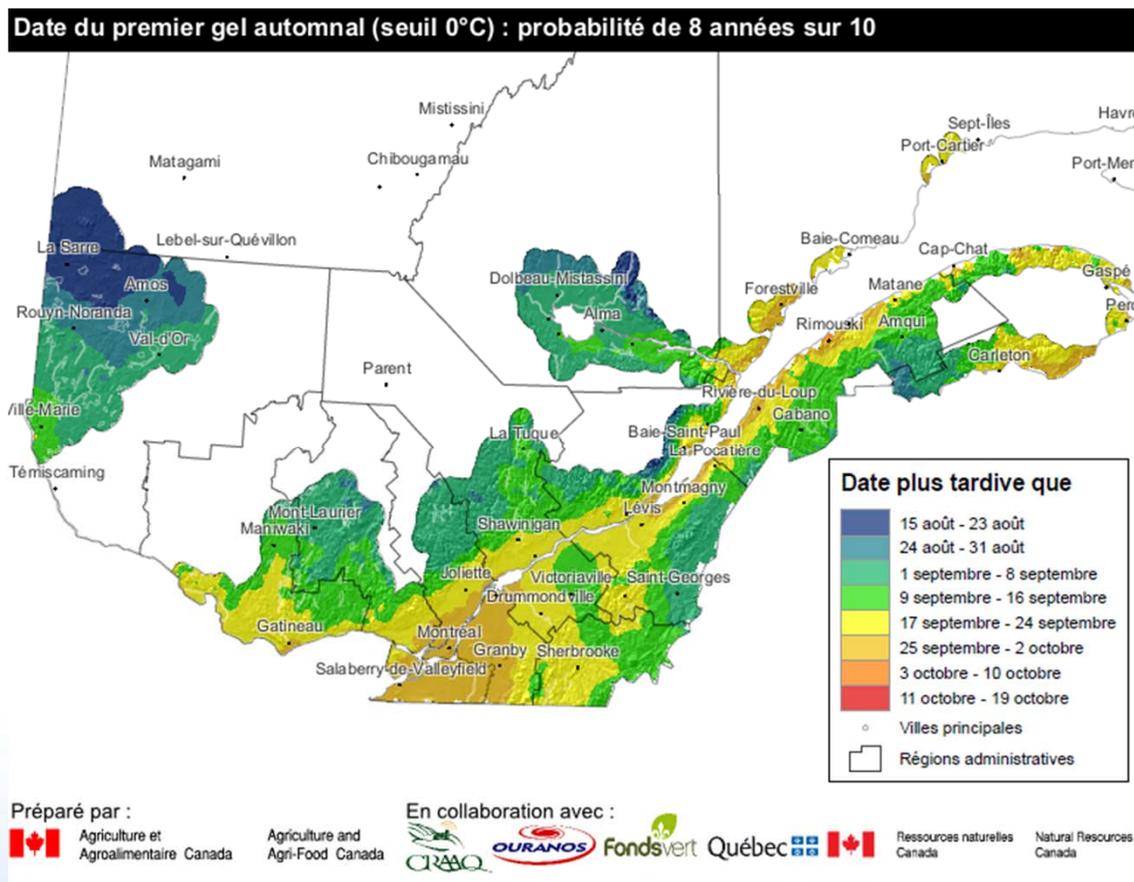


L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel tardif

Observations 1979-2008

Figure 12 – Date du premier gel automnal (seuil 0°C) avec une probabilité de 8 années sur 10 pour la période 1979-2008

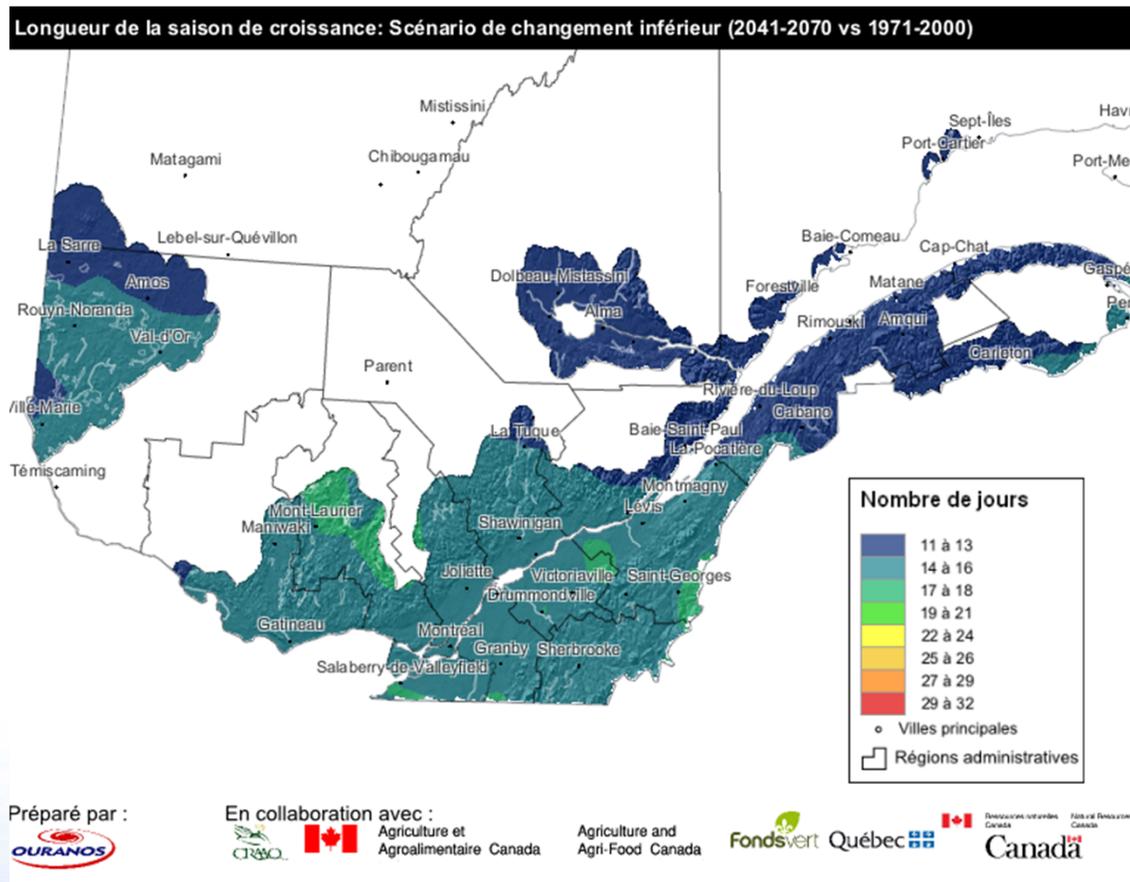


Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/probabilite_de_8_annees_sur_1015/M0/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Longueur de la saison de croissance
Projections pour la période 2041-2070

Figure 13 – Changement de la longueur de la saison de croissance
Scénario de changement inférieur - période-2014-2070 vs 1971-2000

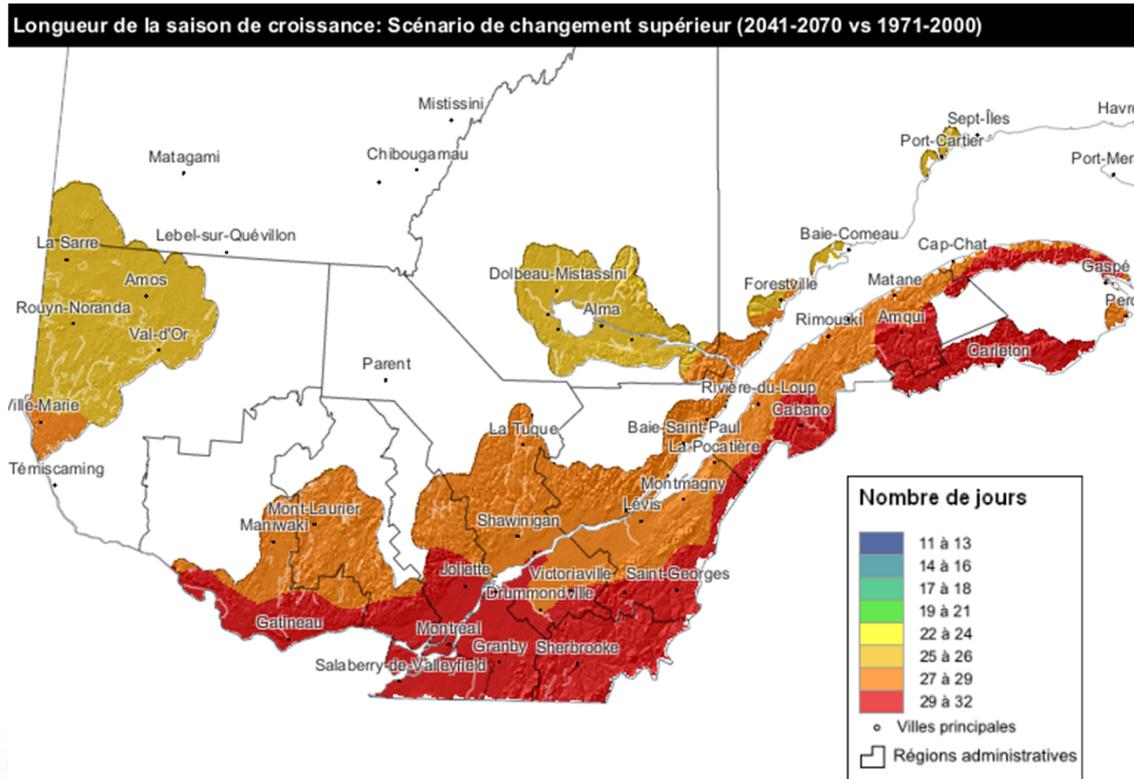


Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_inferieur24/saiscrois/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Longueur de la saison de croissance
 Projections pour la période 2041-2070

Figure 14 – Changement de la longueur de la saison de croissance
 Scénario de changement supérieur-- période 2014-2070 vs 1971-2000



Préparé par : En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada

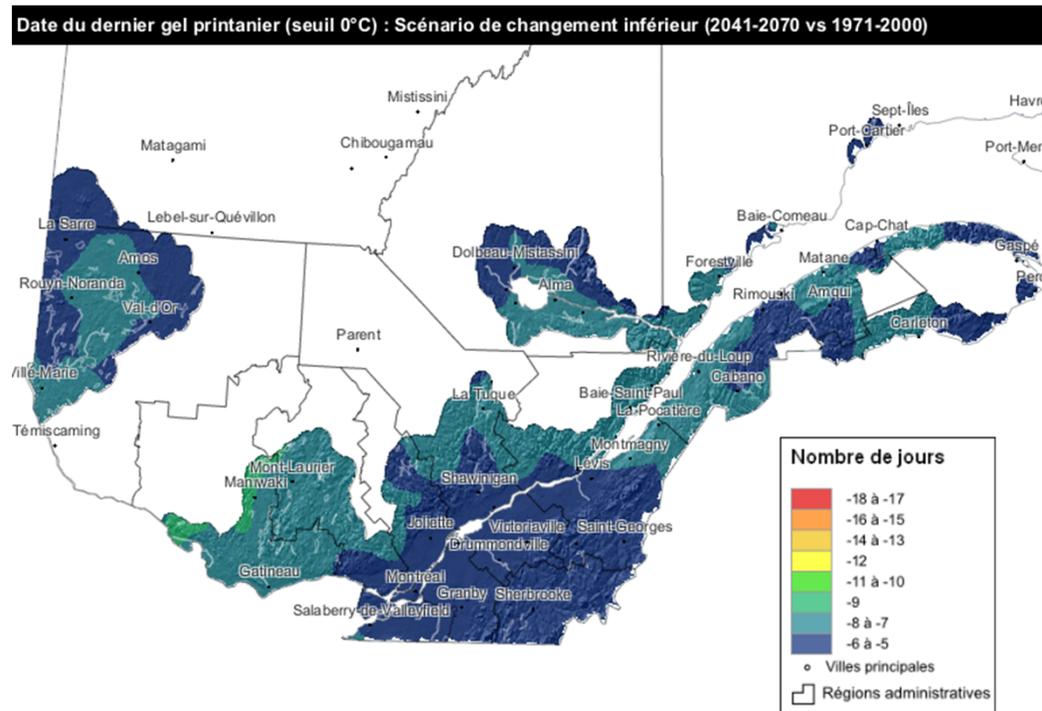
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_superieur24/saiscrois/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Projections pour la période 2041-2070

Figure 15 – Changement de la date du dernier gel printanier (seuil 0 °C)
Scénario de changement inférieur - période 2014-2070 vs 1971-2000



Préparé par :


En collaboration avec :
  Agriculture et Agroalimentaire Canada

Agriculture and Agri-Food Canada

 Fondsvert Québec

   **Canada**

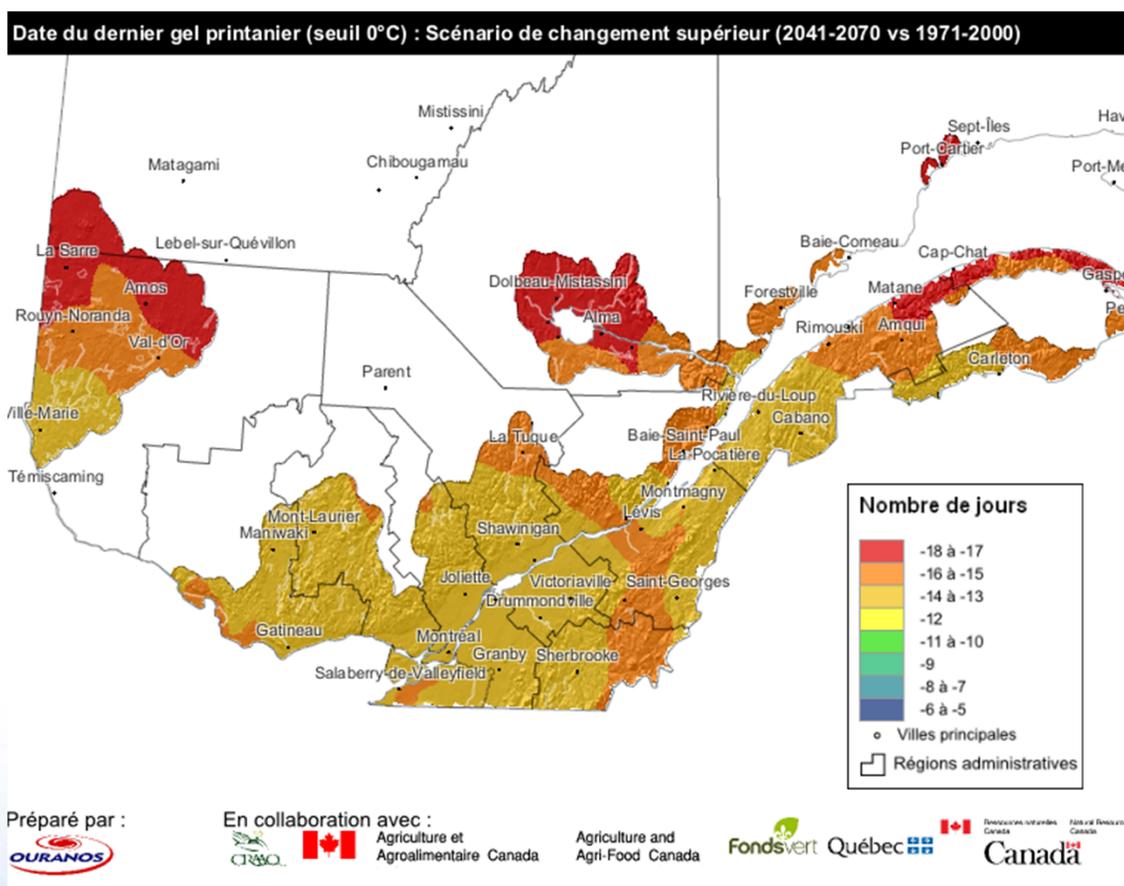
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_inferieur7/M0/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel hâtif

Projections pour la période 2041-2070

Figure 16 – Changement de la date du dernier gel printanier (seuil 0 °C)
Scénario de changement supérieur - période 2014-2070 vs 1971-2000



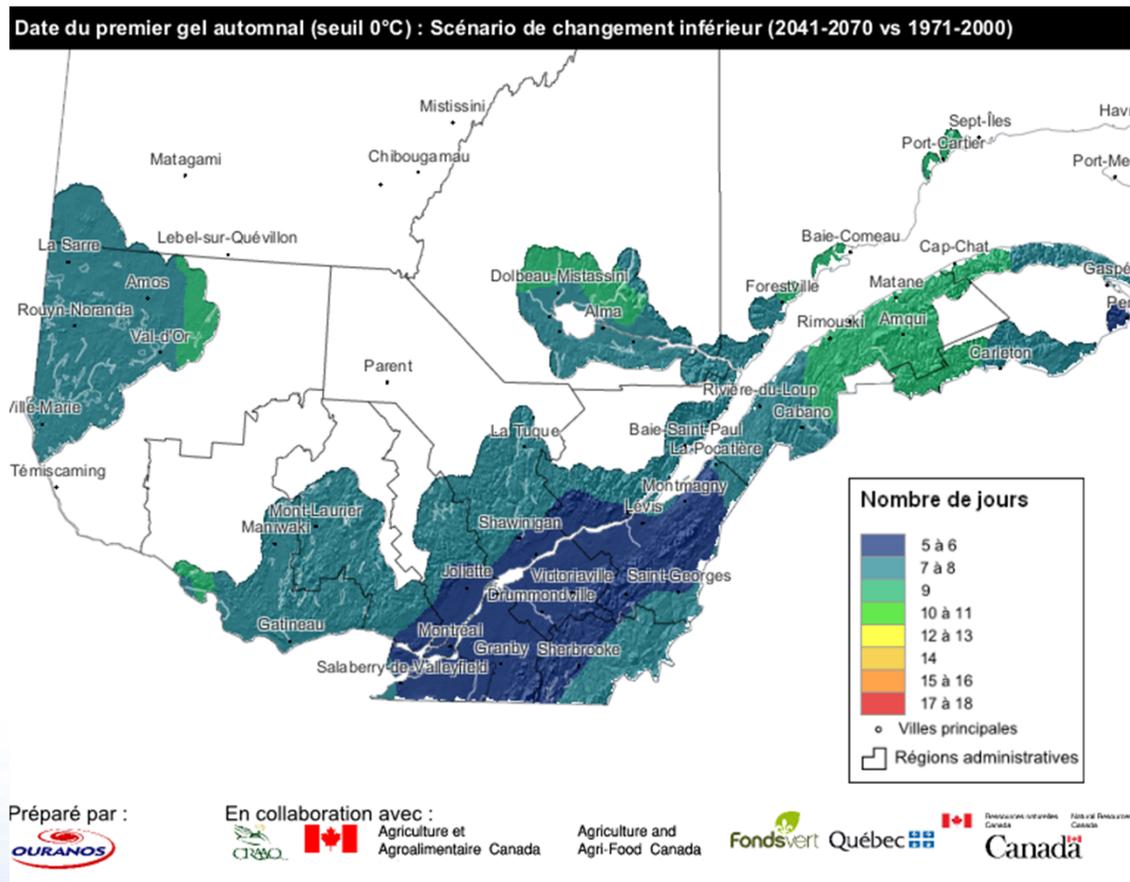
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_superieur7/M0/1979-2008/fals e

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel tardif

Projections pour la période 2041-2070

Figure 17 – Changements de la date du premier gel automnal (seuil 0 °C)
Scénario de changement inférieur - périodes 2014-2070 vs 1971-2000



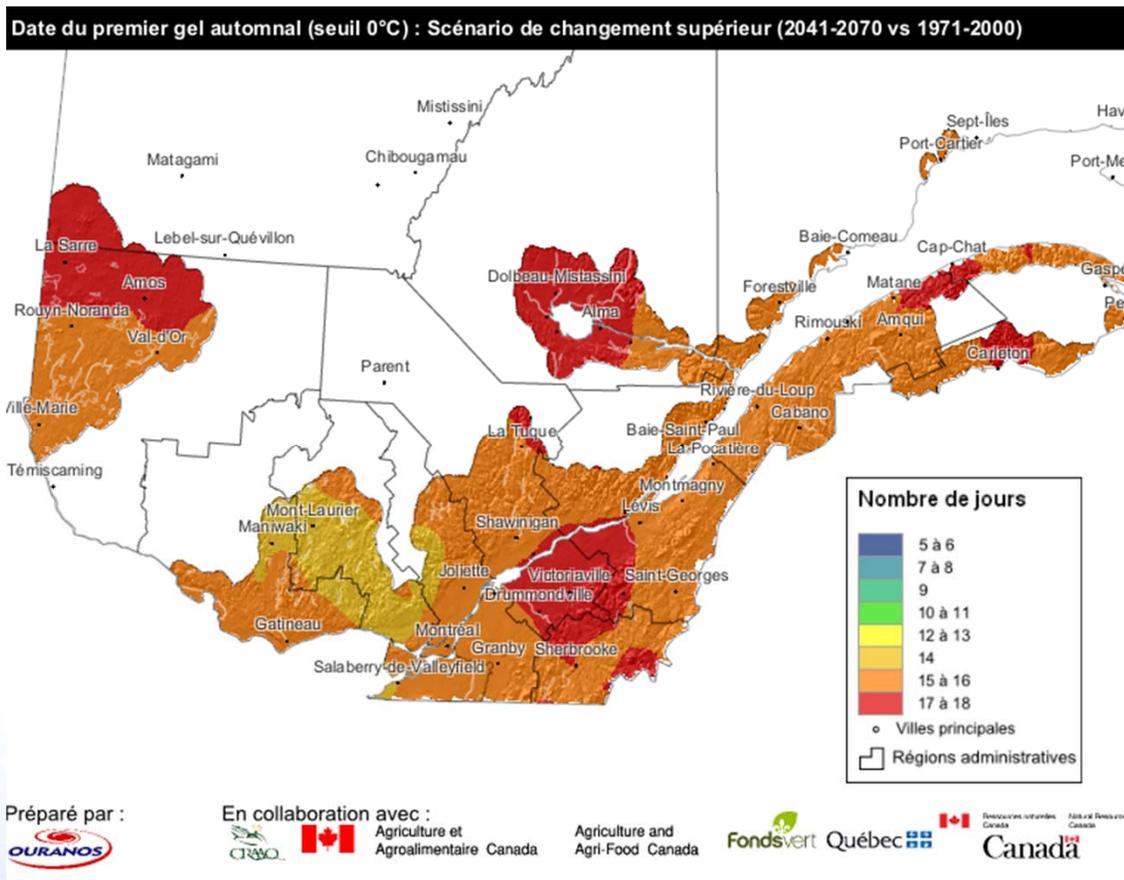
Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_inferieur5/M0/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le gel tardif

Projections pour la période 2041-2070

Figure 18 – Changement de la date du premier gel automnal (seuil 0 °C)
Scénario de changement-supérieur - périodes 2014-2070 vs 1971-2000



Source : Atlas agroclimatique du Québec, http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/scenario_superieur5/M0/1979-2008/false

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

La sécheresse

Observations durant le passé récent :

- Dans le document de synthèse des connaissances préparé par Ouranos*, il est noté en regard des sécheresses agricoles qu'il y a un désaccord dans les études scientifiques sur les tendances observées au Québec pour des raisons probablement associées aux méthodologies et aux données.
- Ce risque sera abordé sur les perspectives à l'égard du stress hydrique et de l'étiage des cours d'eau.

Les projections climatiques futures

Le stress hydrique**

- La probabilité de stress hydrique pourrait augmenter dans le futur durant la période estivale dans la zone agricole du Québec à la suite d'une augmentation de l'évapotranspiration occasionnée par les températures plus élevées (+1.6 °C à + 4.5°C en 2041-2070 et + 1.9 °C à + 7.2 °C en 2071-2100 par rapport à 1971-2000 dans le sud du Québec) alors que les modèles climatiques ne prévoient pas de changement significatif des précipitations durant l'été. Voir Figure 19.
- Les dommages causés par un stress hydrique dépendent également du stade de développement des cultures au moment où ce phénomène survient. Or le développement phénologique des cultures sera également modifié à la suite des changements climatiques (augmentation des cumuls de chaleur, allongement de la saison de croissance).

Les effets sur l'étiage des rivières et cours d'eau***

- Les impacts des changements climatiques sur le régime hydraulique des cours d'eau montrent, selon l'Atlas hydraulique du Québec méridional, que les débits d'étiage seront plus sévères et plus longs durant les saisons estivales et automnales à l'horizon 2050. Ces projections indiquent des complications pour les entreprises qui s'approvisionnent en eau à partir des cours d'eau pour l'irrigation.

Les nappes d'eau souterraine****

- La connaissance de l'impact des changements climatiques sur la recharge et l'évolution des nappes d'eau souterraines demeurent très peu développées pour porter des conclusions.

Conclusion : Il semble pour les raisons évoquées que la sécheresse demeurera un risque climatique pour les prochaines années.

* Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec - partie 1. Édition 2015. Montréal, Québec. Voir page 54

** Idem voir page 19

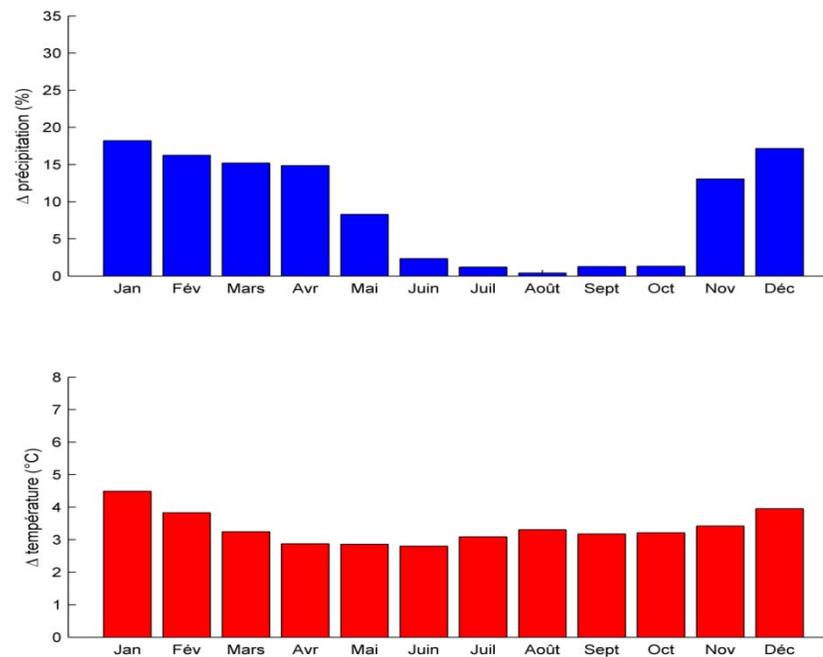
*** Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec - partie 2. Édition 2015. Montréal, Québec.

Voir pages 134 et 135.

**** Idem voir page 138

La sécheresse et le stress hydrique

Figure 19 : Changements attendus pour la période 2071-2100 par rapport à la période 1971-2000 dans le sud du Québec (médiane de 140 simulations)



Source : Logan T., Ouranos, communication personnelle

L'analyse des tendances observées et de l'évolution future d'indicateurs agroclimatiques en lien avec les principaux risques climatiques identifiés

Le vent et la grêle

- L'état des connaissances actuel ne permet pas de tirer des conclusions sur ces deux éléments de risques météorologiques*.

Conclusion:

- L'analyse des tendances météorologiques indique, lorsque l'état des connaissances et les modèles climatiques permettent d'anticiper les changements, que les risques climatiques étudiés demeureront préoccupants durant les prochaines décennies.
- Les deux seuls risques sur lesquels il n'est pas possible de se prononcer avec les connaissances actuelles sont le vent et la grêle.

* Anne Blondlot et Hélène Côté, Ouranos. Communications personnelles.



Section 3 – Les méthodes, les bonnes pratiques et les outils de protection adoptés ou disponibles pour atténuer les risques climatiques

...

- Des entrevues avec des producteurs, des conseillers, des chercheurs et des fournisseurs de technologies et d'équipements ont été réalisées durant l'automne 2015. Au total, 41 producteurs et intervenants ont été consultés.
- Tout d'abord, nous avons contacté des producteurs:
 - Quinze producteurs ont été interrogés.
 - Les producteurs interrogés proviennent de quatre régions : Montérégie, Laurentides, Outaouais et Québec.
 - Ils produisent majoritairement de manière conventionnelle et quatre producteurs sont certifiés biologiques.
 - Des cultures variées de légumes et de petits fruits sont produites sur l'une ou l'autre des entreprises appartenant aux producteurs interrogés.
- L'entrevue avec les producteurs visait à :
 - Noter les changements au niveau des risques climatiques actuels qui sont la source des dommages sur les entreprises.
 - Documenter les méthodes utilisées ou qui pourraient être adoptées pour atténuer les pertes associées à ces risques.
 - Identifier les ennemis des cultures émergents associés ou non aux changements climatiques (voir en annexe).
 - Identifier de nouvelles méthodes ou technologies susceptibles d'améliorer la gestion des risques sur l'entreprise.
- Ensuite, 26 entrevues ont été réalisées avec des intervenants:
 - Nous avons rencontré neuf conseillers de clubs d'encadrement technique ou privés, quatre agronomes rattachés à des bureaux régionaux du MAPAQ, deux représentants de la FADQ, cinq chercheurs et six représentants d'entreprises de fournisseurs de technologies.
- Les entrevues avec les intervenants avaient pour objectifs de :
 - Valider les risques climatiques.
 - Bonifier les méthodes, techniques et outils pour atténuer les pertes associées à ces risques.
 - Valider les ennemis émergents des cultures.
 - Préciser les mesures d'adaptation nécessaires.

- Cette section présente les méthodes et outils qui devraient être mis en œuvre en priorité pour atténuer les risques climatiques. Nous présentons ici les résultats des entrevues sous forme de tableau.
- Nous avons discuté avec ceux qui subissent ou observent les effets des modifications du climat, soit des producteurs et plusieurs conseillers et experts du domaine, qui ont une connaissance approfondie des problématiques et des méthodes permettant d'atténuer ces effets. Dans ce cadre, nous nous limiterons à présenter la synthèse de ce qui nous a été rapporté.
- Un premier constat se dessine clairement suite à l'analyse de ce qui nous a été rapporté lors de ces échanges avec les producteurs et intervenants. Les solutions reposent avant tout dans l'observation des changements et de leurs impacts sur les cultures et sur l'adoption de méthodes agronomiques adaptées. Plusieurs de ces méthodes sont bien connues, certaines semblent avoir été négligées ou délaissées pour répondre aux impératifs économiques. Pour d'autres, elles pourraient être empruntées à l'agriculture biologique.
- Les risques abordés et priorisés par les producteurs et les analyses sont les suivants :
 - Excès de pluie ou pluie intense
 - Périodes de sécheresse
 - Gels hâtifs ou tardifs
 - Vents violents – érosion et assèchement des sols
 - Grêle – (plus d'épisodes)
 - Épisodes plus longs de chaleur excessive
- Chaque risque est abordé distinctement sous forme de tableau. On y indique les méthodes et les outils de protection proposés.
- Ensuite, les besoins d'adaptation à mettre en œuvre pour protéger les cultures sont abordés selon les résultats des entrevues.

Méthodes ou outils de protection proposés

La structure et la santé des sols sont considérées comme des prémisses essentielles à la protection des cultures contre ce risque climatique, à cet égard les éléments suivants doivent être considérés:

- Réaliser des travaux de nivellement des sols pour limiter les baissières et faciliter l'écoulement (pentes optimales selon le terrain)
- Assurer un drainage de surface performant (rigoles et nettoyage des fossés - parfois la responsabilité des municipalités), bandes riveraines (limiter l'érosion), etc.
- S'assurer du bon fonctionnement du drainage sous-terrain (structure du sol, sol non-compacté, espacement des drains optimal, etc.)
- Réaliser des profils de sols pour diagnostiquer les problèmes de structure et de compaction
- Faire des travaux de sous-solage au besoin (voir Guide du CETAB+, Comprendre et réussir le sous-solage)
- Utiliser des engrais verts pour améliorer la structure des sols, réduire la compaction et l'érosion des sols (voir Rapport du CETAB+, Évaluation du système racinaire de quatre mélanges d'engrais verts pour réduire la compaction)
- Maintenir un bon taux de matières organiques dans les sols (fumier ou cultures avec masse volumique ou sorgho en rotation a un effet de décompaction et apporte de la matière organique)
- Réaliser un diagnostic de la santé des sols (maladies, vie microbienne, matières organiques, etc.)

Méthodes ou outils de protection proposés

- Faire de la culture sur buttes
- Favoriser l'implantation de rotation des cultures pour des raisons de santé des sols et de contrôle des ennemis des cultures
- Favoriser le travail minimum du sol et l'utilisation des planches permanentes
- Planter des cultures intercalaires et des voies engazonnées pour réduire l'érosion entre les planches ou les buttes – assurer une couverture constante des sols même en hiver
- Planifier le choix des cultures et des travaux des sols en fonction des risques d'érosion et de compaction
- Utiliser des cultures abritées – comme les grands tunnels, mini-tunnels, les parapluies, mini-tunnels Flex, filets de protection pour les cultures sensibles comme les bébés laitues
- Tester et choisir des cultivars et variétés adaptés
- Utiliser les services de stations météo, Agrométéo Québec et de modèles de prédiction pour les traitements insecticides et fongicides
- Contrôle du trafic dans les champs dans des endroits spécifiques pour limiter la compaction
- Limiter les cultures en sol humide qui ont subi de la compaction – le choix du site de production en fonction de la culture est important

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures:

- Mettre en place une stratégie de sensibilisation pour les producteurs sur les effets des pluies intenses sur leurs sols et sur les cultures. Les bonnes pratiques et les connaissances sur les sols ont été délaissées.
- Relancer la caravane des sols pour cibler le secteur maraîcher et offrir un appui aux conseillers des clubs d'encadrement en leur proposant un accompagnement, une offre-conseil et des outils de diagnostic pour implanter les bonnes pratiques.
- S'assurer d'avoir une offre-conseil qui cible les problématiques des sols, de structure, de drainage, de compaction, etc., et appuyer les clubs d'encadrement technique afin qu'ils puissent développer et offrir des services et conseils aux producteurs.
- Impliquer davantage les ingénieurs et les spécialistes des sols dans la recherche de solutions sur les fermes de manière à implanter des solutions durables.
- Élaborer une stratégie adaptée pour améliorer la santé et la structure des sols et les conditions de drainage de ceux-ci. Pour certains spécialistes, si les problèmes de drainage sont réglés, 80 % des problèmes liés à l'excès d'eau sont résolus et cela peut faire une différence importante au niveau des rendements.
- Développer et offrir des formations orientées sur les problématiques des sols et la gestion des eaux.
- Poursuivre les recherches sur la mise en valeur (atouts et faiblesses) et la rentabilité des cultures abritées pour divers modèles de production (grands tunnels, mini-tunnels, etc.). En plus d'offrir une protection, elles permettent d'assurer des récoltes de qualité. Des producteurs mentionnent un retour sur l'investissement intéressant (inférieur à cinq ans) et une façon de produire adaptée pour les légumes-fruits, les framboises et les fraises.
- Réaliser des diagnostics des risques pour les entreprises quant à l'excès de pluie afin qu'elles puissent prendre des décisions éclairées et économiques sur les mesures à mettre en œuvre pour minimiser ces risques.
- Élaborer des stratégies pour implanter des rotations de cultures qui peuvent être complexes à établir dans un contexte de rareté (valeur) des terres agricoles.
- Réfléchir sur la stratégie de gestion des risques menant aux choix des cultivars et des variétés résistantes, qui en raison des incertitudes climatiques peuvent être bien adaptés à une situation, mais pas aux autres.

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures (suite)

- Recherche et développement des connaissances pour être en mesure de mieux contrôler ce risque :
 - Rechercher des solutions pour contrôler l'évacuation de l'excès d'eau lors de fortes pluies afin de minimiser les impacts environnementaux. Des travaux effectués par l'équipe du chercheur François Chrétien, Agriculture et Agroalimentaire Canada à la station de recherche de Ste-Foy, sur la conception d'étangs épurateurs et régulateurs d'eau offrent probablement des pistes de solutions. On a noté qu'en Floride, l'utilisation de bassins de rétention d'eau est fréquente pour capter les eaux de pluie. L'implantation de bandes filtrantes est un autre facteur de contrôle de la contamination des cours d'eau.
 - Élaborer une démarche pour envisager la réutilisation de l'eau de pluie pour l'irrigation. On note certaines difficultés liées à la contamination de l'eau, toutefois François Chrétien, chercheur à AAC, (communication personnelle) croit que ce pourrait être possible, mais des études devraient être réalisées.
 - Améliorer les connaissances sur les comportements des cultures par rapport à l'excès d'eau.
 - Connaître les effets du relargage des pesticides dans le sol sur la santé des cultures.
 - Étudier les effets des excès d'eau sur le lessivage des matières fertilisantes et le rendement des cultures.
 - Améliorer les connaissances sur la compaction des sols et le rabattement de la nappe en terre noire.
 - Démontrer les avantages économiques d'implanter des stratégies durables d'amélioration des sols (fertilisation adaptée, améliorer la structure des sols et rétablir des rotations, comprendre l'impact de la santé, optimiser le drainage).

Méthodes ou outils de protection proposés

- Planter des systèmes d'irrigation adaptés aux cultures
 - Irrigation goutte-à-goutte, plasticulture et fertigation – optimisation de l'utilisation des systèmes – combinaison de systèmes
 - Irrigation par aspersion
 - Combinaison de systèmes d'irrigation pour palier aux besoins des cultures, de main-d'œuvre et de couverture des surfaces
- S'assurer d'une excellente structure des sols (bien drainés et non compactés) avec un bon niveau de matières organiques
 - Avoir des sols en santé avec un bon niveau de matières organiques cela diminue les effets de la sécheresse
 - Engrais verts pour un apport en matières organiques
 - Chaulage
 - Les cultures biologiques sont en général plus tolérantes et maintiennent des rendements à cause de la santé des sols
- Réaliser des bilans hydriques et connaître précisément la quantité d'eau reçue par les cultures sur la ferme
 - L'utilisation d'outils comme la modélisation des stades de croissance, les tensiomètres, les sondes TDR, les stations météorologiques, les pluviomètres et le site Agrométéo peuvent accroître l'utilisation optimale de l'irrigation
 - Connaître l'évapotranspiration sur la ferme et les quantités d'eau qu'ont reçu les cultures
- Réaliser un binage du sol pour décompacter et briser la croûte à la surface du sol près des plants
- Évaluer la disponibilité et l'accès à l'eau sur tous les sites en culture sur l'entreprise, ex. l'accès à l'eau d'un cours d'eau peut être limité par un faible étiage
- Planter des brise-vent naturels ou artificiels pour limiter l'évapotranspiration lors de forts vents. Certaines cultures peuvent être plantées pour jouer ce rôle comme le seigle, pour les fraises et les solanacées, ex. en Espagne, on utilise la Lobularia en bordure des champs et sert également de réservoir aux prédateurs
- L'utilisation de brise-vent artificiels qui peuvent être montés ou descendus

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures

- Des constats et certaines problématiques identifiés :
 - L'accès à l'eau peut être limité sur plusieurs fermes et des producteurs pompent l'eau des cours d'eau ou des bassins de surface. Cela pourra entraîner des risques accrus avec un niveau d'étiage bas et la recharge des bassins pourra être limitée par de faibles précipitations. La recharge par de l'eau de pluie peut-être aussi problématique étant donné les risques de contamination.
 - L'équipement d'irrigation permet souvent de couvrir une surface limitée des superficies en cultures, ce qui peut constituer un élément de risque lors de longues périodes de sécheresse et entraîner des carences hydriques. À titre d'exemple, les cultures de chou-fleur disposent en moyenne de 50 % de potentiel de couverture et le chou est irrigué partiellement dans la région des Laurentides.
 - Les méthodes d'irrigation sont parfois peu optimales.
 - Les outils comme les tensiomètres, les autres sondes, les méthodes de bilan hydrique sont connus, mais ils ne sont pas toujours bien utilisés sur les entreprises. À ce titre, le site du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (OMAFRA) (<http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/11-038.htm>) montre dans une fiche technique un ensemble d'instruments de surveillance de l'humidité du sol (de 100 \$ à 3 000 \$). Le choix de l'outil doit être adapté aux besoins de la ferme.
 - Il y a une méconnaissance des méthodes et technologies d'irrigation – il faut mettre en œuvre une stratégie de vulgarisation pour accroître la compréhension des outils et offrir un accompagnement aux producteurs. Les outils sont là, mais il faut les utiliser de façon optimale.
 - Les outils comme les stations météorologiques ou les tensiomètres génèrent des données qui doivent être gérées et interprétées, cela nécessite du temps et des connaissances. Pour certaines entreprises, cela peut requérir l'embauche de professionnels spécialisés.
 - L'IRDA a conduit une étude auprès des entreprises à l'été 2015 et le constat général est qu'il y a beaucoup d'amélioration à apporter dans les méthodes et la gestion de l'irrigation pour optimiser l'utilisation de l'eau et les rendements. Il faut raffiner l'analyse des besoins en fonction de la caractérisation des sols, des cultures implantées, des superficies cultivées et de la situation au niveau de l'approvisionnement en eau.
 - À cet égard, l'IRDA voudrait réaliser une étude afin de définir une structure d'appui-conseil en irrigation pour supporter les entreprises agricoles. Le financement n'est actuellement pas disponible.

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures (suite)

Besoins d'adaptation :

- Implanter une caravane de l'irrigation à l'image de celle des sols pour appuyer les producteurs et les conseillers.
- Organiser du mentorat en irrigation et sur la compréhension du bilan hydrique.
- Effectuer, comme pour l'excès de pluie, un diagnostic des risques pour les entreprises basé sur des décisions économiques en regard de la sécheresse afin qu'elles puissent prendre des décisions éclairées sur les mesures à mettre en œuvre pour minimiser les risques de dommages aux cultures.
 - Commencer par des diagnostics de l'accès à l'eau sur les entreprises.
 - Réaliser des analyses basées sur des décisions économiques en fonction des besoins et des réserves en eau.
 - Implanter des solutions adaptées aux besoins des producteurs, qui tiennent des coûts et des bénéfices
- Les programmes gouvernementaux devraient être bonifiés pour travailler sur les problématiques du sol et de l'eau et sur l'apport de services-conseils aux entreprises.
- On doit considérer que, dans un avenir proche, les risques s'accroîtront quant aux limites des réserves d'eau dans certains endroits et que des conflits d'usage se dessineront entre les utilisateurs. Il faut se préparer à ce type de problématique.
- Le OMAFRA a développé une fiche technique sur les pratiques de conservation et d'économie de l'eau d'irrigation, celle-ci pourra être consultée à l'adresse : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-014.htm>.
- Une revue des méthodes et technologies d'irrigation est présentée à la section 4, bien qu'à ce stade les besoins prioritaires à mettre en œuvre ne soient pas technologiques.

Méthodes ou outils de protection proposés

- Utiliser des bâches (peuvent causer des problèmes à cause du manque de temps) – apprendre à utiliser les grandes bâches – choisir le bon type de bâches
- Cultiver les cultures hâtives ou tardives dans de grands tunnels et tunnels chenilles – légumes fruits et framboises
- Se servir de l'irrigation par aspersion avec station météo pour intervenir au bon moment:
 - Utiliser des méthodes d'alarme (thermomètre ou station météo) au point de rosée de 0 °C à – 2 °C
 - Comprendre la dynamique des températures en fonction du point de rosée – mode d'opération
 - Complexe à gérer, sol humide libère de la chaleur
- Utiliser des ballons thermiques dans les mini-tunnels – tube d'eau dans les tunnels. Des expériences ont été réalisées par la professeur K. Stewart de l'Université McGill
- Avoir recours à des hélicoptères pour brasser l'air chaud et le diriger vers le sol pour atténuer les effets ou à des machines à vent comme celles utilisées dans les vergers. L'utilisation de ces technologies est coûteuse en production maraîchère (voir section 5)
- Faire usage de systèmes mobiles de transfert d'air avec des brûleurs
- Choisir les terrains bénéficiant d'une période sans gel suffisamment longue (on évite les creux de terrain ou les fonds de vallon dans lesquels l'air froid s'amasse et stagne)

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures

- L'utilisation de bâches : coût tout de même important et le temps peut être un facteur limitant.
 - Améliorer les techniques de travail avec les bâches.
 - Faire le bon choix de la bâche en fonction des risques et des cultures.
 - Utiliser les arceaux avec bâches pour le gel dépendamment de la culture.
 - Améliorer la combinaison bâches et irrigation.
 - Des équipements sont aussi disponibles pour installer les bâches au champ. (voir : <http://www.duboisag.com/fr/hiwer-derouleuse-enrouleuse-de-couverture-flottante.html>).
 - Des toiles de type Hibertrex Pro peuvent protéger les végétaux en zone de rusticité. Elles peuvent être soulevées et accrochées aux poteaux de palissage pour un maximum de luminosité. En cas de risque de gel nocturne, il suffit de la décrocher et de la remettre en place sur les plantes. (voir : <http://www.duboisag.com/fr/toile-hibertex-pro-avec-fils-de-polyamide.html>)
- Systématiser les moyens et faire des tests techniques et économiques comme pour les ventilateurs ou autres technologies.
- Évaluer les risques d'affaires : la vulnérabilité au gel d'une culture peut devenir un risque d'affaires pour accéder aux marchés de primeurs, le gel hâtif est alors problématique.
- Améliorer les connaissances concernant la rentabilité potentielle des technologies de protection contre le gel, comme les bâches, les grands tunnels ou les tunnels Flex par exemple, pour étendre la saison de production et limiter les risques liés au gel. L'intensification de la production que permettent ces outils pourrait accroître la rentabilité.
- Améliorer la compréhension des producteurs quant au phénomène point de rosée et niveau d'humidité.
- Optimiser les pratiques agronomiques qui peuvent diminuer l'effet du gel même si l'impact est minime (par exemple : humidité du sol, ne pas travailler le sol lorsque des risques de gel s'annoncent, les paillis étalés au sol peuvent augmenter les risques, etc.).
- Sensibiliser et être conscient des limites technologiques associées à ce risque.
- Redoux hivernaux, certaines plantes sont sensibles – ail, fraise et framboise – paille.
 - Travailler à raffiner l'utilisation de bâches, paille pour l'hiver selon les régions.
 - Utiliser des clôtures à neige ou des brise-vent pour ramasser la neige près des plants
- Une revue des méthodes et technologies de protection contre le gel est présentée à la section 4 étant donné l'impact potentiel des technologies.

Méthodes ou outils de protection proposés

- Protéger et planter des haies brise-vent naturelles (bien que beaucoup ont disparu) – les besoins sont vraiment importants
 - Il faut des projets de plantes adaptées aux terres noires
 - Il faut tester des plantes brise-vent comme le sorgho et d'autres céréales (le seigle) ou des saules miniatures
 - Tester l'implantation de brise-vent à faible développement, mais par bandes plus fréquentes et répétitives dans le champ
- Planter des brise-vent en filet
 - Il faut évaluer les types de structure, par exemple hauteur avec l'effet recherché
- Utiliser des mini-tunnels et des bâches pour limiter les dommages lors de grands vents
- Pratiquer le binage du sol surtout dans les sols lourds comme l'argile pour limiter les bris des tiges et faire sortir l'humidité emprisonnée dans le sol
- Irriguer les cultures pour limiter l'assèchement des sols
- Planter des cultures intercalaires pour limiter l'érosion et l'assèchement des sols
- Faire usage de plantes de couverture (des engrais verts) à l'automne et au printemps au moment des semis pour limiter l'érosion
- Maintenir un niveau optimal de matière organique dans le sol afin d'avoir une bonne structure et limiter les effets des vents
- Utiliser des grands tunnels pour protéger les cultures des forts vents
 - Toutefois, le choix de l'emplacement, le type de structure, la protection des grands tunnels par des brise-vent sont des aspects à considérer
- Laisser des résidus en surface pour limiter l'érosion dans les sols

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures

Constats :

- Les vents violents constitueraient un risque moins préoccupant, mais très présent.
- Par contre, la combinaison vent et eau peut apporter des dommages importants aux cultures.

Besoins d'adaptation :

- Explorer davantage les types de brise-vent possibles.
 - Créer un répertoire, analyse des avantages et inconvénients – brise-vent, cultures alternatives, agroforesterie.
 - Il faudrait remettre à jour la littérature sur les bénéfices et inconvénients des brise-vent et en démontrer l'intérêt pour les producteurs.
 - Identifier les espèces à croissance rapide.
 - Définir la résistance des brise-vent en fonction des types de vents.
 - Implanter des projets pilotes en cultures maraîchères.
 - Établir l'adéquation brise-vent et type de cultures.
 - Consulter le reportage de la TCN sur les brise-vent et les chercheurs impliqués (<http://www.laterre.ca/utiliterre/vegetal/30-ans-de-haies-brise-vent-succes-ou-echec.php>)
- Étudier ou valoriser les effets des méthodes qui améliorent la structure et la santé des sols sur l'érosion.

Méthodes ou outils de protection proposés

- Utiliser des grands tunnels, mini-tunnels ou tunnel Flex
- Faire usage de filets anti-grêle, beaucoup utilisés en Europe dans les vergers et la viticulture
- S'assurer à un programme d'assurance récolte
- Utiliser des bâches appropriées, il faut par ailleurs pouvoir prévoir le moment du risque
- Diversifier les risques par la disposition des parcelles dans des endroits où le risque n'est pas le même
- Utiliser des canons à ultra-son
- Expérimenter des structures ou filets à installation rapide et réaliser des tests de résistance

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures

Constats :

- La grêle est un risque difficile à prévoir et demande une réaction très rapide lorsqu'elle survient.
- L'assurance récolte constitue une méthode de protection efficace.

Besoins d'adaptation :

- Évaluer la performance technique et économique de différentes technologies qui présentent un potentiel de réduction des risques, comme les types de filets sur différentes cultures.
- Une revue des méthodes et technologies de protection contre la grêle est présentée à la section 4 étant donné l'impact potentiel des technologies.
- Adapter le programme d'assurance récolte pour les cultures échelonnées

Méthodes ou outils de protection adoptés

- Irriguer par aspersion pour diminuer la température ou refroidir les plantes par micro-aspersion
- Utiliser des méthodes de bassinage (brumisation)
 - Peut être intéressant dans les grands tunnels pour protéger les prédateurs (ils sont souvent plus sensibles à la chaleur)
- Mettre en place des ombrières pour protéger les cultures
 - Les filets peuvent indirectement apporter de l'ombrage durant les période où il y a trop de lumière
- Protéger les plantes des causes de désordre physiologique dû à des carences en calcium
- Utiliser et tester des cultivars résistants
- Tester des biostimulants comme des extraits d'algues - permettraient d'accroître la résistance à la chaleur et au stress hydrique
- Se préoccuper des effets possibles de la chaleur sur l'efficacité des pesticides – doit adapter les méthodes culturales
 - Doit développer une plus grande utilisation des méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs
- Planifier la production en considérant les périodes d'excès de chaleur prévues ou possibles. Choix des cultivars-variétés-espèces, localisation de certaines productions (ex.: crucifères), calendrier de production, etc.
- Implanter des haies brise-vent efficaces pour lutter contre l'effet combiné du vent durant les période d'excès de chaleur, garder les sols humides, protéger les insectes prédateurs. etc.

Besoins d'adaptation les plus prioritaires à mettre en œuvre pour protéger les cultures

Constats :

- Avec de plus longues périodes de canicule et de sécheresse, les besoins en eau vont augmenter rapidement et il pourrait y avoir des pénuries. Il faudra donc revoir et améliorer la gestion de la ressource eau, revoir aussi les systèmes de gestion de l'eau ainsi que les pratiques agricoles dans lesquelles il y a une mauvaise gestion de l'eau.
- Il devra y avoir de l'amélioration génétique à faire afin d'avoir des plants résistants aux canicules et sécheresses.
- On devra améliorer les pratiques agricoles de conservation des sols et accroître la matière organique pour améliorer la structure des sols. (donc limiter les pertes d'eau par évaporation, plus d'infiltration, moins de compaction...)
- Il est difficile de convaincre les producteurs de planter des brise-vent parce que sous notre climat humide les gains par rapport à la superficie perdue (planté en brise-vent) sont souvent considérés comme minimes.
- Le Consortium Prisme a testé la brumisation (atomiseur) dans la laitue pour lutter contre le «Tip burn». Cette technique est efficace pour abaisser les températures et réduire les désordres physiologiques. Par contre, cela exige des investissements et des équipements toujours en place (système d'irrigation par aspersion avec des petits jets atomiseurs, des senseurs de température, etc.) et de l'eau. Actuellement, le dispositif pose des difficultés d'implantation pour les cultures de grandes surfaces.

Besoins d'adaptation:

- Tester les effets et la rentabilité des biostimulants dont les effets pourraient accroître la résistance des cultures aux excès de chaleur.
- Améliorer les connaissances concernant la rentabilité des grands tunnels, des tunnels Flex, etc. combinés à des méthodes de brumisation pour réduire les effets d'excès de chaleur sur les cultures
- Explorer davantage les types de brise-vent possibles pour lutter contre les vents violents et réduire les effets d'assèchement des plants.
- Réfléchir sur la stratégie de gestion des risques menant aux choix des cultivars et des variétés résistantes, qui en raison des incertitudes climatiques peuvent être bien adaptés à une situation, mais pas aux autres.

- Chaque risque a été abordé distinctement sous forme de tableau et des méthodes et des outils de protection ont été répertoriés lors des entrevues avec les producteurs et intervenants. Ensuite, les besoins d'adaptation à mettre en œuvre pour protéger les cultures ont été abordés selon les résultats des entrevues.
- On remarque parmi les solutions proposées, l'accent qui est mis sur les bonnes pratiques agronomiques et sur la bonne gestion des ressources sol et eau pour atténuer l'effet des risques climatiques et limiter les dommages aux cultures. Les effets des risques associés à l'excès de pluie, à la sécheresse, à l'excès de chaleur et aux vents violents peuvent être limités par l'usage de ces bonnes pratiques. On notera à la section suivante que la stratégie mise en œuvre par l'État de New York mise également sur les bonnes pratiques agricoles.
- Il faudra toutefois mettre en place des stratégies pour informer et sensibiliser les producteurs sur les effets de ces risques climatiques pour leur entreprise et sur les méthodes disponibles pour en limiter les impacts. À cet égard, on propose de relancer la caravane des sols pour mieux cibler le secteur maraîcher et d'en implanter une seconde qui ciblerait l'irrigation.
- On note l'importance de poursuivre les études sur la mise en valeur des avantages et les analyses des bénéfices et des coûts de méthodes et bonnes pratiques par exemple la matière organique du sol, les cultures abritées ou les haies des brise-vent naturelles ou artificielles qui pourraient aussi répondre à plusieurs des risques identifiés. Ce type d'études devrait être systématiquement réalisé pour conforter les producteurs dans leur choix.
- Plusieurs travaux de recherche et de développement sont aussi proposés pour parfaire les connaissances et les conditions d'utilisation, en plus de démontrer les avantages et inconvénients des solutions ou technologies avancées et de documenter les implications économiques sur les entreprises.
- Des solutions technologiques sont disponibles. L'utilisation optimale de celles-ci constitue un facteur critique de succès (ex. les technologies d'irrigation) et leur performance peut être variable selon les conditions des sols, d'humidité, de température, de cultures, etc. Ici encore, les implications économiques constituent une variable importante de l'équation tant dans une dimension de court terme et moyen terme.
- À quelques reprises, il a été proposé de réaliser des diagnostics de risques climatiques pour les entreprises qui seraient basés sur une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces de leur environnement de production et d'affaires afin qu'elles puissent prendre des décisions éclairées sur les mesures à mettre en œuvre pour minimiser les risques de dommages aux cultures.
- Des besoins d'adaptation technologique ont été identifiés pour le gel et la grêle. Une revue de technologies à cet égard sera réalisée à la section suivante à laquelle s'ajoutera une revue des technologies de cultures abritées et de certaines technologies associées à l'irrigation des cultures.
- L'assurance récolte constitue un outil important de gestion des risques météorologiques en production végétale, ainsi les programmes de trois juridictions seront présentés à la section 4.



Section 4 – Revue des stratégies, méthodes, outils et programmes utilisés au Québec ou ailleurs dans le monde pour atténuer les risques climatiques

...

- Cette cinquième section répertorie les stratégies, méthodes, outils et programmes utilisés au Québec ou ailleurs dans le monde pour atténuer certains des risques climatiques qui ont été identifiés comme prioritaires.
- Chaque moyen est présenté sous forme de fiche synthèse d'une à trois pages.
- L'approche utilisée vise à présenter une brève description, à décrire les avantages et inconvénients et à documenter les coûts et les bénéfices lorsque les données sont disponibles dans la littérature ou lors des discussions pendant les entrevues.
- En aucun cas, nous ne nous prononcerons sur la performance effective ou économique d'une technologie pour atténuer les risques climatiques, car il est difficile d'établir des comparaisons et la performance peut s'avérer variable en raison des besoins de la ferme, des risques, des cultures, etc. Nous mentionnerons cependant sur la nécessité de réaliser de telles analyses dans le contexte des productions maraîchères dans le contexte québécois.
- Parfois, les technologies présentées ne sont pas nécessairement adaptées aux cultures maraîchères et de petits fruits, en raison des coûts notamment, comme les éoliennes pour protéger du gel les cultures. Nous trouvons toutefois pertinent de présenter l'information pour apporter un éclairage sur l'efficacité potentielle et les coûts.
- Nous présentons tout d'abord les recommandations du plan de l'État de New York sur les changements climatiques, dont l'agriculture fait l'objet d'un chapitre. On y décrit, entre autres, les mesures d'adaptation pour les fermes en production végétale. On notera que plusieurs des mesures d'adaptation recommandées s'appuient sur de bonnes pratiques agricoles comme cela a souvent été proposé lors de la section précédente. Fait intéressant, l'Université Cornell, au moyen du Cornell Climate Change, présente des ressources et une série de vidéos illustrant des études de cas de producteurs qui mettent en branle des stratégies d'adaptation sur leur ferme.
- Ensuite, nous faisons une revue des technologies de cultures abritées, des technologies pour protéger les cultures contre le gel hâtif ou tardif, des technologies pour protéger les cultures contre la sécheresse, des technologies pour protéger les cultures contre la grêle et des programmes d'assurance récolte en France, aux États-Unis et en Ontario.

Le cas de l'État de New York

- Essentiellement, les ressources consultées (au nord comme au sud) identifient les risques climatiques semblables (températures élevées ou extrêmes, périodes de pluies abondantes ou sécheresse, etc.). Globalement, les solutions proposées mettent toujours en valeur les bonnes pratiques ou la gestion des cultures et des ressources (eau-sol). Les solutions ou technologies à retenir dépendraient davantage des ressources disponibles à la ferme et des risques encourus ainsi que des cultures ciblées.
- Les différents États américains étudiés sont: New York, Michigan, Floride et New Jersey. C'est l'état de New York qui se distingue le plus avec:
 - L'implication de l'université de Cornell, avec quelques outils d'aide à la planification pour les producteurs (ex.: centre climatique, analyse pour les producteurs de raisins, etc.) (<http://climatechange.cornell.edu/tools-resources/agriculture-resources/>)
 - Un institut sur les changements climatiques (<http://climateinstitute.cals.cornell.edu/>)
 - Un plan régional sur les changements climatiques, dont l'agriculture fait l'objet d'un chapitre. On y présente, entre autres, les mesures d'adaptation pour les fermes en production végétale (<http://www.nyserda.ny.gov/climaid>). Voici certaines des recommandations qui y sont proposées à l'échelle des entreprises:
 - Adapter, diversifier et modifier les dates de semis et de récolte; cela peut permettre de diminuer les risques d'exposition aux risques météorologiques comme les températures extrêmes (froides ou chaudes), les excès de pluies ou les sécheresses. Il sera très difficile de planifier les périodes optimales de semis en vue de maximiser les profits. Étant donné les incertitudes climatiques, la planification des semis et des récoltes devient un défi important pour les entreprises pour maximiser la productivité de leur entreprise et assurer la mise en marché des produits dans un contexte de compétition avec l'offre de produits d'autres régions et des prix incertains.
 - Diversifier les cultivars, les variétés et les cultures; la diversification sur la ferme peut permettre d'atténuer les risques climatiques et offrir des opportunités pour de nouvelles cultures et de nouveaux marchés.
 - Intensifier le contrôle des insectes, maladies et mauvaises herbes au moyen de méthodes chimiques et non chimiques. En se basant sur les méthodes de contrôle des ennemis des cultures dans les États plus au sud, il y a des indications que le nombre d'applications pour contrôler les ennemis augmente graduellement en se déplaçant vers le sud des États-Unis. Cela semble indiquer que les changements climatiques auront des impacts sur la quantité de pesticides utilisée dans l'État de New York.
 - Toutefois, les productions biologiques disposent de systèmes qui pourraient être mieux adaptés, diversifiés et résilients pour limiter les dommages. Aussi, les producteurs qui implantent des méthodes de lutte intégrée seraient bien outillés pour suivre l'occurrence des ennemis et faire les traitements appropriés.

Le cas de l'État de New York

- Protéger les cultures contre le gel; plusieurs stratégies ont été testées pour limiter les effets du gel printanier. Ces stratégies sont : la sélection du site de production, l'utilisation de ventilateurs («wind machine»), d'hélicoptères, de brûleurs et d'irrigation.
- Investir dans l'irrigation, les systèmes de drainage, les nouveaux équipements pour les semis ou la récolte adaptés aux nouvelles variétés ou cultures et dans les technologies qui permettent une prise de décision adéquate au moment opportun.
- Pour limiter les dommages contre les excès de pluie : accroître la matière organique du sol pour améliorer le drainage, déplacer la production sur des terres très bien drainées, installer des drains, utiliser des cultivars résistants, modifier les dates de semis ou de plantation pour éviter les périodes d'excès d'eau, accroître la surveillance des maladies.
- Au niveau des institutions, des agences et des politiques, il est proposé de :
 - Accroître la recherche appliquée et les innovations, comme le développement de nouvelles variétés, des outils d'aide à la décision, des technologies adaptées pour l'irrigation et dans la recherche sur la lutte contre les ravageurs.
 - Développer des systèmes d'information et d'appui-conseil aux entreprises, comme des données climatiques en temps réel pour l'irrigation et les méthodes de lutte intégrée. Il est mentionné que 50 stations météorologiques de plus seraient nécessaires pour couvrir adéquatement l'État de New York.
 - Offrir des services-conseils adaptés, par exemple le design d'un système de drainage performant.
 - Améliorer les mesures de protection des risques climatiques sur les entreprises. Les programmes d'assurance récolte ne seraient pas adaptés pour les pertes associées aux désastres climatiques.
 - Offrir de l'assistance financière, comme des programmes de prêts à faibles coûts pour adapter l'entreprise aux risques climatiques.
 - Réaliser des investissements majeurs pour de nouveaux barrages ou réservoirs et des systèmes de drainage adaptés à l'échelle locale ou régionale
 - Adapter les politiques et la réglementation pour créer un environnement favorable à l'investissement, stimuler la production d'énergie renouvelable à l'échelle locale et accroître la flexibilité pour réagir, lors d'infestations de nouveaux ravageurs par exemple.

Le cas de l'État de New York

- L'Université Cornell, au moyen du Cornell Climate Change, présente des ressources et une série de vidéos illustrant des études de cas de producteurs qui mettent en branle des stratégies d'adaptation sur leur ferme. <http://climatechange.cornell.edu/tools-resources/agriculture-resources/>
 - À titre d'exemple, la ferme Fishkill à Hopewell Junction produit des pommes, des fruits et légumes en production biologique.
 - Pour s'adapter aux risques climatiques, elle a implanté plusieurs techniques comme des variétés adaptées, une multitude de dates de semis (toutes les deux semaines) et de cultures pour diversifier les risques, l'amélioration constante des sols et des techniques de drainage, l'accroissement des superficies irriguées, et la production en grand tunnel pour mieux réguler l'effet des variations de température, limiter les effets des fortes pluies et étendre la période de production.
 - La ferme compte sur les appuis de l'Université pour le développement des cultivars d'avenir. Il est noté que l'un des aspects critiques de l'adaptation des entreprises consistera à adapter l'approche de gestion qui devra être à la fois tactique et stratégique.

Les technologies suivantes seront révisées :

- Les technologies pour cultures abritées :
 - Les systèmes de mini-tunnel rétractable – tunnel Flex, système de grands tunnels et Filets d'exclusion anti-insectes.
- Les technologies pour protéger contre le gel hâtif ou tardif
 - Les éoliennes pour protéger du froid les cultures horticoles, radiateurs à l'huile ou au propane, l'hélicoptère, l'irrigation par aspersion et des méthodes moins conventionnelles.
- Une technologie pour protéger contre la sécheresse :
 - Les systèmes de goutte-à-goutte enterré.
- Les technologies pour protéger contre la grêle :
 - Les canons anti-grêles, les filets paragrêles, les fusées paragrêles à iodure d'argent et les générateurs de gouttelettes de solution acétonique d'iodure d'argent ou générateur de vortex.

Les technologies pour cultures abritées

Système de mini-tunnel rétractable – Tunnel Flex :

- C'est une technologie nouvellement disponible au Québec; un système de mini-tunnel avec arceaux de métal avec un film transparent thermique (qui bloque les rayons infrarouges) perforé sur les côtés avec des élastiques "bungee" qui permettent de maintenir la structure et de remonter ou descendre les côtés selon le climat ou la température désirée.

Figure 20 - Système de mini-tunnel rétractable TunnelFlex



Source : Dubois Agrinovation - <http://www.duboisag.com/fr/systeme-de-mini-tunnel-retractable-tunnel-flex-ensemble-50-bioplus.html>

Les technologies pour cultures abritées

Système de mini-tunnel rétractable – Tunnel Flex :

- Avantages :
 - Simple et facile à installer.
 - Se déplace au besoin dans d'autres champs.
 - S'adapte à plusieurs cultures telles que les fraises, légumes fruits, etc.
 - Les côtés peuvent être remontés pour une meilleure aération ou obtenir le microclimat désiré.
 - Permet une extension de saison.
 - Diminuerait les risques associés au vent, à l'excès de pluie et à la grêle.
 - A permis d'accroître les rendements en poivron de couleur dans un essai réalisé en Montérégie Ouest mais n'a pas permis de diminuer l'incidence des maladies bactériennes 1 année sur 2. (un rapport final disponible en juin*)
 - Comme avec les mini-tunnels traditionnels, on peut y associer un paillis plastique et un système d'irrigation goutte-à-goutte.
 - Peut aussi être utilisé aussi avec le filet pour combattre la Drosophile à ailes tachetées.
 - La protection associée au film plastique utilisé assurerait une meilleure résistance des plants à la chaleur.
 - Le coût d'achat est inférieur aux grands tunnels d'environ 3 fois.
 - Le coût à l'échelle d'un hectare est légèrement supérieur à 35 000 \$.

Document et personnes consultés:

- Site internet de Dubois Agrinovation - <http://www.duboisag.com/fr>
- Éric Ménard, Christian Houle, Ginette Guinois et Frédéric Breton, Dubois Agrinovation, communications personnelles
- *Nadia Surdek, Pleine Terre SENC et Christine Villeneuve, MAPAQ , communications personnelles

Les technologies pour cultures abritées

Système de mini-tunnel rétractable – Tunnel Flex :

- Inconvénients :
 - Relativement nouveau, donc rentabilité à étudier et autres avantages ou inconvénients à démontrer.
 - Nécessite beaucoup de main-d'œuvre pour gérer les plastiques (ouvrir et fermer) et nécessite une planification des ouvertures et fermetures de façon hebdomadaire selon les prévisions météorologiques afin de réduire la main-d'œuvre.
 - Plus difficile de gérer les récoltes, les tunnels sont présents et les aides récolteuses ne sont pas adaptées. Les cueilleurs ne peuvent pas enjamber les tunnels, il faut prévoir des passages sans tunnels.
 - Pulvérisations en pesticides sont plus difficiles à réaliser, car il est plus difficile d'atteindre toute la surface foliaire. Les résidus de pesticides sur le plastique peuvent être contraignants pour les travailleurs.
 - Technologie plus adaptée à de petites entreprises diversifiées.
 - Selon les cultures, un tuteurage peut être nécessaire.
 - L'irrigation doit être adaptée.
 - La gestion des mauvaises herbes dans les entre rangs doit être adaptée.
 - Peut nécessiter des variétés adaptées (chaleur, pollinisation, etc.)
 - Le plastique peut se fait malmener sur des sites venteux. Sa pose doit être étanche afin d'éviter les cuvettes suite aux coup d'eau
 - Obligation de disposer des plastiques.

Document et personnes consultés:

- Site internet de Dubois Agrinovation - <http://www.duboisag.com/fr>
- Éric Ménard, Christian Houle, Ginette Guinois et Frédéric Breton, Dubois Agrinovation, communications personnelles
- Nadia Surdek, Pleine Terre SENC et Christine Villeneuve, MAPAQ , communications personnelles

Les technologies pour cultures abritées

Systèmes de grands tunnels :

- Les grands tunnels ont fait leur apparition depuis plusieurs années au Québec. Plusieurs modèles de tunnels sont disponibles et différents fournisseurs offrent ces modèles (multi-chapelles, individuel, chenille, abris parapluie) . Malgré les avantages qu'ils peuvent offrir et le déploiement de ces technologies dans d'autres zones géographiques (Europe, Ontario, États-Unis), l'utilisation de grands tunnels en production maraîchère et de petits fruits demeure encore marginale, sauf en mode de production biologique. Avec les changements climatiques, les cultures abritées peuvent offrir des opportunités pour améliorer la gestion des risques, toutefois pour accroître leur utilisation par les producteurs, il faudra comprendre les facteurs qui font en sorte de limiter leur adoption sur les fermes. Il faut aussi noter qu'au Québec, l'usage des structures se fait en fonction de notre climat et des chutes de neige ce qui module les périodes d'utilisation des différentes structures.
- Avantages :
 - Peuvent prolonger la saison de croissance de quelques semaines, mais ne permet pas de faire des cultures durant tout l'hiver.
 - Les tunnels et serres froides supportent la neige ce qui permet d'allonger la période de production en semant ou plantant par exemple des légumes de climat frais dès le mois de mars et en récoltant jusqu'en décembre.
 - Peuvent améliorer la qualité de la récolte de certaines cultures légumières (ex.: le roussissement et le fendillement des tomates seraient moins fréquents lorsque les fruits sont protégés de la pluie).
 - Peuvent accroître les rendements.
 - Le USDA à travers son service de Natural Resources Conservation (NRCS) promeut les grands tunnels comme une pratique de conservation de l'environnement et offre un support financier aux producteurs de différents États.
 - Offrent une protection contre les maladies pour certaines cultures (réduction de l'humidité).
 - Protègent les cultures contre certains ravageurs.
 - Limitent les pertes par lessivage ou de dénitrification des éléments nutritifs.
 - Permettent de travailler dans la culture malgré les journées très pluvieuses.
 - Offrent une protection contre les extrêmes climatiques (excès de pluie, grêle, vent). À noter que l'orientation, la localisation et l'utilisation de brise-vent peuvent être des facteurs importants.
 - Accroissent la productivité par heure travaillée.
 - Les producteurs sondés dans le cadre de cette étude et qui utilisent les grands tunnels notent un retour sur l'investissement intéressant et un accroissement de la rentabilité des cultures sous tunnel (légumes-fruit, framboises et fraises).

Les technologies pour cultures abritées

Systèmes de grands tunnels

- Avantages :
 - La combinaison tunnels et culture de framboises hors-sol permettrait un accroissement des rendements et la qualité des fruits récoltés serait comparable à celle demandée par les grands distributeurs.
 - Une expérience menée au Michigan en 2014 combinant la culture de framboise hors-sol dans un tunnel chiffre les profits à 15 000 \$ par acre dès la seconde année (on ne présente toutefois pas le détail de l'analyse). Cette méthode de production exige une intensification de la main-d'œuvre et une adaptation des méthodes de régie et de gestion des cultures. (voir <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/allontario/ao0314a2.htm>)
- Inconvénients :
 - Peuvent être trop chauds en été malgré la possibilité d'aération lors des périodes de canicule.
 - Offrent peu de protection contre le gel (-2 °C) et peuvent nécessiter des protections contre le gel si on prolonge la saison (bâches ou mini-tunnels à l'intérieur).
 - Peuvent accroître les problèmes potentiels avec certains ravageurs des cultures qui aiment les conditions chaudes prolongées, comme les pucerons et les tétranyques.
 - Coût : entre 0,60 \$ par pi² à 2,25 \$ par pi² selon le modèle et le fournisseur.
 - Nécessitent l'enlèvement des plastiques à l'automne et leur remise au printemps (résistance à l'hiver limitée).
 - Risques de dommages si neige importante en octobre et en mai.
 - Demandent une nouvelle approche de régie des cultures et de gestion de la mise en marché (cédule des cultures, choix des cultivars, fertilisation et irrigation, phytoprotection, etc.).
 - Le prix de vente des structures limite les producteurs potentiels en fonction du prix de vente de leurs légumes (mise en marché de proximité ou via les grandes surfaces) et par extension des surfaces cultivées.
 - Cause des problèmes de rotation des cultures pour les grands tunnels multichapelles, les serres et tunnels fixes ce qui n'est pas le cas des tunnels chenilles. Le problème des rotations devient plus limitant pour les producteurs qui cultivent de grandes surfaces avec peu de variétés de légumes.
 - Les aides-récolteurs ne sont pas adaptées à ces structures.

Les technologies pour cultures abritées

Systèmes de grands tunnels

- Constats :
 - Il manque d'analyses économiques permettant d'illustrer la rentabilité.
 - Le CETAB+ a réalisé une étude comparative de différentes structures pour la production de tomates en régie biologique et les besoins en main-d'œuvre (serres froides, tunnels chenille, grands tunnels et champ).
 - L'estimation du temps de la main-d'œuvre pour les travaux culturaux est de 50 % supérieur pour les grands tunnels, lorsque comparé à celui nécessaire pour les travaux au champ (0,6 h/m² (tunnel) vs 0,4 h/m² (champ). Les coûts de main-d'œuvre comptent pour environ 70 % des frais variables totaux.
 - L'estimation des coûts variables montre des frais de 62,5% plus élevés pour les grands tunnels lorsque comparés au champ, mais il y aurait une marge sur les coûts variables supérieure de 191 % selon le rendement potentiel obtenu.
 - Une analyse de production en grand tunnel dans la MRC de La Vallée-de-la-Gatineau a été réalisée dans le cadre d'un projet conjoint de la direction régionale du MAPAQ et du Centre local de développement de La Vallée-de-la-Gatineau.
 - Quatre cultures ont fait partie des essais, soit la tomate, le concombre, le haricot et le piment.
 - Les résultats montrent que tous les cultivars de tomates et de concombres ont révélé un rendement supérieur et un meilleur classement par rapport aux témoins sous les conditions du champ.
 - Ils témoignent aussi de l'efficacité des grands tunnels tant au niveau de la quantité que de la qualité et le goût des fruits pour ces deux cultures.
 - La saison de culture de la tomate a été prolongée de cinq semaines au total (deux au printemps et trois en fin de saison) et entre trois et quatre semaines pour le concombre.
 - Les auteurs estiment que pour optimiser leur rentabilité et garantir l'obtention d'un retour sur l'investissement, les grands tunnels doivent être en production le plus longtemps possible et leur espace doit être réservé à des productions à forte valeur commerciale.
 - Des budgets sont présentés pour les cultures de tomates et de concombres sous grands tunnels.

Les technologies pour cultures abritées:

Systèmes de grands tunnels

Documents et personnes consultés:

- <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/programs/financial/eqip/?cid=stelprdb1046250>
- <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/allontario/ao0314a2.htm>
- <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/allontario/ao0314a2.htm>
- http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/Season_Extension.htm
- Baez, C., F. Biron, M. Clément, M. Harnois et É. Shea. 2012. Bilan des essais de nouvelles cultures et introduction de nouvelles techniques de production sur le territoire de la Municipalité régionale de comté de La Vallée-de-la-Gatineau. Rapport du projet conjoint de la direction régionale l'Outaouais du MAPAQ et du Centre local de développement Vallée-de-la-Gatineau.
- Carrier, A. 2011. Grands tunnels : un outil à apprivoiser. MAPAQ.
- Le Mat, A. et A. Weill. 2015. Produire sous différentes structures : quelle rentabilité? Colloque Bio pour tous, mars 2015.
- Villeneuve, C. 2012, Produire en grand tunnel multichapelle ou en serre froide individuelle, quelle structure choisir? Les Journées horticoles.
- Christine Villeneuve, MAPAQ , communication personnelle
- Louis Charbonneau. Plastitech, communication personnelle.
- Louis Gauthier, Les Fraises de l'île d'Orléans, communication personnelle.
- Michel Jetté, producteur, communication personnelle.
- Johanne Leboeuf, La terre ferme, communication personnelle.
- Éric Ménard, Christian Houle, Ginette Guinois et Frédéric Breton, Dubois Agrinovation, communications personnelles.
- Michel Massuard, Le vallon des Sources, communication personnelle.
- Jocelyn Trottier, producteur, communication personnelle.

Les technologies pour cultures abritées

Filets d'exclusion anti-insectes :

- Ces filets protègent les cultures contre plusieurs insectes ravageurs. Il y a différents types de filets anti-insectes. Dubois Agrinnovation commercialise sept modèles différents dans la catégorie ProtecNet pour répondre à différents besoins comme la culture en champ, les ouvertures de serre ou de grands tunnels, pour les arbres fruitiers et les petits fruits. D'autres entreprises commercialisent aussi ces types de filets.
- Avantages :
 - Selon le choix du filet utilisé, cette technologie permettrait de protéger les cultures contre différents insectes, comme : altise, cécidomyie, chrysomèle, cicadelle, drosophile à ailes tachetées, légionnaire, mouche de la carotte, mouche blanche ou aleurode, mouche du chou, mouche des légumineuses, mouche de l'oignon, nymphe, phytopte, puceron, punaise marbrée, punaise terne, punaise de la courge, pyrale du maïs, teigne du poireau, tenthrède, tétranyque à deux points, thrips
 - Une étude réalisée par l'IRDA fait état de l'évaluation des filets d'exclusion contre la drosophile à ailes tachetées en bleuëtière au Québec.
 - L'expérience réalisée en 2013 et 2014 a montré qu'aucun adulte de drosophile à ailes tachetées n'a été capturé dans les pièges ou n'a émergé des fruits sous les filets.
 - Par contre, de nombreux adultes provenant de larves ont infesté les fruits dans les parcelles témoins non protégées par des filets.
 - Le calibre des fruits produits sous les filets était significativement plus grand que celui des parcelles témoins.
 - Le rendement des plants, la teneur en sucre des fruits et les dommages à la récolte par les autres ravageurs n'ont pas été affectés par la présence des filets. On note que les bleuëts récoltés dans les parcelles sous filet d'exclusion comporteraient moins de dégâts dus aux autres insectes et aux bris mécaniques comparativement aux parcelles témoins.
 - Certains filets seraient efficaces pour protéger les cultures contre la grêle (avec l'utilisation d'arceaux) et les pluies abondantes. D'autres filets protègent les cultures des oiseaux ou des chevreuils.
 - En Europe, on utiliserait des filets de protection pour 70 % des productions horticoles conventionnelles.
 - On implante aussi des ruches comme insectes pollinisateurs à l'intérieur des filets en Europe.
 - Selon le type de filet choisi, la durée de vie est d'une à deux saisons jusqu'à 7 ans.

Les technologies pour cultures abritées

Filet d'exclusion anti-insectes :

- Inconvénients :
 - Une meilleure protection peut être obtenue avec l'utilisation d'arceaux, mais cela pourrait nuire au désherbage mécanique et accroître les frais d'installation (main-d'œuvre).
 - La grosseur des mailles pourrait avoir une incidence sur la circulation de l'air et l'incidence de maladies fongiques
 - Malgré les bienfaits démontrés, il faudrait davantage d'analyses économiques pour appuyer la rentabilité de cette technologie.
 - Certaines analyses de coût ont été réalisées (voir l'analyse du CRAM dans les grands tunnels et de Christine Villeneuve).
 - Une analyse technico-économique dans la culture de concombre biologique indique entre autres qu'il est difficile de conclure sur la rentabilité économique de l'utilisation unique de filets dont le coût estimé est de 3,46 \$ par m². L'utilisation triple (trois semis) du filet permettrait de réduire les coûts d'autant plus si cela permet la réduction des traitements.
 - La nécessité d'enlever les filets pour que les insectes pollinisateurs puissent assurer la mise à fruit diminue l'efficacité des filets. Cela pourrait être lié au fait que l'ensemble de la parcelle n'était pas complètement protégé par des filets. Cela aurait favorisé une migration des insectes des plants non protégés vers les plants nouvellement découverts.
 - On note toutefois que les filets sont un outil additionnel de lutte pour les producteurs biologiques.
 - Une analyse économique réalisée pour protéger la culture du chou-fleur de la cécidomyie montre que l'utilisation des filets est un moindre mal qui garde la production rentable ou à peine rentable comparativement aux traitements de pesticides.

Documents et personnes consultés:

- Barry, J., P. Ferland, G. Bessette, R. Trépanier et P. Lafontaine. 2013. Essai de filets anti-insectes afin d'évaluer leur aspect pratique et économique concernant , entre autres, la lutte contre la cécidomyie du chou-fleur.
- Daviau, B, et I. Couture, 2013. Évaluation technico-économique des filets anti-insectes pour protéger les cucurbitacées contre la chrysomèle rayées du concombre durant toute la saison. Rapport final.
- Firlej, A. F. Vanoosthuysse et D. Cormier. 2015. Évaluation de filets d'exclusion contre la drosophile à ailes tachetées en bleuetière au Québec.. IRDA
- Lamothe, S. et C. Provost. 2014. Efficacité et impact de différents filets sur les insectes et les conditions climatiques dans le poivron sous grands tunnels. Présentation CRAM.
- Villeneuve, C. 2014. Les filets anti-insectes ou comment garder les insectes à distance de vos légumes. MAPAQ.
- Site internet de Dubois Agrinovation - <http://www.duboisag.com/fr>
- Éric Ménard, Christian Houle, Ginette Guinois et Frédéric Breton, Dubois Agrinovation, communications personnelles.

Les technologies pour protéger contre le gel hâtif ou tardif :

L'évaluation des technologies de protection contre le gel - basée sur une étude réalisée aux États-Unis en 2008.

Éoliennes pour protéger du froid les cultures horticoles («wind machine»):

- Production testée : vigne
- Méthode de protection préférée en Caroline du Nord
- Efficacité jusqu'à -2.2 °C et inefficace si température est inférieure à -2.2 °C
- S'abstenir de faire fonctionner les éoliennes si les vents dépassent de beaucoup 7 km/h , car il est alors peu probable qu'il y ait une forte inversion de température ou qu'il y ait une couche d'air plus doux en altitude.
- Retour sur investissement positif lorsque la probabilité de gel est 1 année sur 5 sur le site considéré
- Coûts d'opération inférieurs aux radiateurs à l'huile ou au propane
- Surface couverte de 2,8 à 4 hectares selon la topographie
- Coûts d'opération supérieurs au système d'irrigation à aspersion – coûts estimés en 2005 à $7\ 000\ \$$ par hectare (surface couverte de 4 hectares)
- Relativement bruyantes
- Protection limitée lors de conditions relativement venteuses
- Nécessité d'utiliser d'autres méthodes de protection si les risques de gel sont inférieurs à -2.2 °C
- L'Ontario compterait près de 500 éoliennes principalement installées dans des vergers ou des vignobles.
- Un projet de quatre ans a été conduit dans cette province dans le but d'établir des pratiques de gestion optimale.

Radiateurs à l'huile ou au propane:

- Efficacité jusqu'à des températures inférieures à -2.2 °C
- Peuvent être combinés à une éolienne et accroître l'efficacité de cette dernière
- Relativement coûteux à opérer et est une source de pollution de l'air (diesel)

Les technologies pour protéger contre le gel hâtif ou tardif :

L'évaluation des technologies de protection contre le gel - basée sur une étude réalisée aux États-Unis en 2008.

Hélicoptère:

- Coûts d'opération supérieurs à ceux d'une éolienne (2 000 à 4 000 \$ par heure en 2006)
- Un hélicoptère avec de larges palmes peut protéger plus de 20 hectares
- Flexibilité d'ajuster la hauteur de vol
- Efficacité jusqu'à -2.2 °C et inefficace si température est inférieure à -2.2 °C

Irrigation par aspersion (sprinklers):

- Très efficace jusqu'à -2.2 °C et efficace si température est inférieure à -2.2 °C
- Nécessite l'équipement d'irrigation, l'installation et l'accès à l'eau en quantité suffisante
- Procure la meilleure protection
- Peut contribuer à une sur irrigation, un lessivage des sols et des fertilisants et accroître les risques de maladies

Les méthodes moins conventionnelles :

- Applications chimiques de films de particules hydrophobiques
- Applications foliaires de nutriments qui modifient le point de congélation des plantes
- Aspersion d'eau par atomiseur à haute pression (foggers) procurerait une bonne protection par temps calme (sans vent)

Les bâches adaptées pour la protection des gels

Parmi les recommandations pour prévenir les risques de gels hâtifs ou tardifs, l'article de Poling (2008) note l'importance du choix du site de production comme facteur important d'atténuation des risques.

Documents consultés:

- Poling, E. B. 2008. Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods. HortScience Vol. 43(6) October 2008.
- Une fiche de l'OMAFRA présente une note complète sur les éoliennes à l'adresse : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/10-046.htm>

Les technologies pour protéger contre la sécheresse

Système de goutte-à-goutte enterré:

- Combiné avec le non-travail du sol ou les planches permanentes
- Technologie qui connaît une très forte expansion aux États-Unis dans les grandes cultures (12 000 à 15 000 ha par an) depuis 15 ans
- La technologie commence à s'implanter en France, toujours en grandes cultures (maïs, soya, céréales, etc.).
- Selon Dubois Agrinovation, cette technologie pourrait être bien adaptée aux productions horticoles et offrirait une meilleure couverture de l'irrigation dans le sol.
- Les avantages associés à cette technologie :
 - Apports d'eau directement au système racinaire
 - Élimination des pertes par évaporation et dérive (indépendance par rapport au vent)
 - Bonne efficacité de l'eau apportée
 - Meilleure humidification du sol pour le goutte-à-goutte enterré que le goutte-à-goutte de surface
 - Moins de tassement du sol comparé aux systèmes par aspersion
 - Économies d'eau
 - Économies et optimisation d'intrants avec la fertigation et l'apport d'engrais directement au système racinaire
 - Économies de main d'œuvre : absence de pose et de retrait à chaque année par rapport à un système de goutte-à-goutte de surface
 - Durabilité du système, les installations n'ont pas besoin d'être changées annuellement
 - Peu d'expériences sur la durée de vie du matériel en France, cependant les systèmes installés en Israël et aux États-Unis il y a plus de 15 ans sont encore en activité

Document et personnes consultés:

- Gabriel, H. 2014. Le goutte-à-goutte de surface et enterré sur culture de maïs. La Chambre d'agriculture de Tarn en France.
- Éric Ménard, Christian Houle, Ginette Guinois et Frédéric Breton, Dubois Agrinovation, communications personnelles.
- Djamel Esselami, Consortium Prisme, communication personnelle.

Les technologies pour protéger contre la sécheresse

Système de goutte-à-goutte enterré:

- Les inconvénients :
 - Risques de colmatage qui imposent un bon système de filtration
 - Surveillance des performances contraignantes en cours de saison
 - Nécessité de pratiquer un travail superficiel du sol (moins de 30 cm)
 - Nécessité de recourir à l'aspersion en cas de sécheresse après le semis
 - Exige des rotations de cultures irriguées
 - Soucis de prévenir le compactage du sol pour ne pas écraser les conduits
 - Ne supporte pas les pentes à plus de 3%
- Autres facteurs :
 - Il faut prévoir l'installation en fonction de l'enracinement de la culture majoritairement irriguée.
 - L'eau issue des gaines subit des remontées capillaires d'environ 20-25 cm.
 - En général, les gaines sont installées entre 30 et 45 cm de profondeur, ce qui permet d'éviter que les remontées capillaires n'arrivent jusqu'à la surface.

Les technologies pour protéger contre la sécheresse:

Système de goutte-à-goutte enterré

- L'évaluation comparative des investissements et des charges pour différents systèmes d'irrigation.
- Les coûts sont basés sur l'irrigation d'une parcelle de maïs de 30 ha, irriguée avec un volume de 3000 m³ d'eau par hectare en année sèche en sols de brousses moyennes (terre faite de sable fin prédominant avec limon et argile).

Tableau 1 – Comparaison des charges et des investissements associés à différentes technologies d'irrigation

Type de matériel	Goutte-à-goutte enterré	Goutte-à-goutte de surface			Aspersion	
	avec lignes de goutteurs plats	Goutteurs cylindriques récupérables de surface	Goutteurs plats récupérables de surface	Gaine annuelle souple d'irrigation de surface	Enrouleur	Pivot
Investissement valeur à neuf (en €/ha)	4 000	3 850	1 830	1 530	1 350	1 550
Charges fixes (en €/ha/an)	659	692	571	767	167	220
Charges opérationnelles (en €/ha/an)	37	37	37	37	61	74
Charges de main-d'œuvre (en €/ha/an)	14	147	189	133	92	5
Total des charges (en €/ha/an)	710	866	830	937	320	299

Notes: Les coûts sont basés sur l'irrigation d'une parcelle de maïs de 30 ha, irriguée avec un volume de 3000 m³ d'eau par hectare en année sèche en sols de brousses moyennes (terre faite de sable fin prédominant avec limon et argile). Il faut compter entre 1 000 à 1 500 €/ha pour l'installation du système de goutte-à-goutte enterré.

Source : Perspectives Agricoles n°400, Mai 2013, citée par Gabriel, H. 2014.

Les technologies pour protéger contre la grêle

Canons anti-grêle :

- Ne constituent pas une nouveauté
- Les canons peuvent être activés au moyen du téléphone lorsqu'il y a risque de grêle
- Déclenchent des ondes sonores dans les couches supérieures de l'air
- Les canons doivent être démarrés longtemps avant les épisodes de grêle
- Les canons sont coûteux et doivent être installés avant le risque probable des intempéries
- Cela demande une surveillance constante de la météo
- Le bruit est irritant et dérangement pour le voisinage
- Peuvent exiger une bonne quantité d'acétylène
- L'effet et la performance seraient difficilement évaluables

Filet paragrêle :

- Méthode de protection utilisée dans plusieurs pays d'Europe
- Méthode de protection efficace dans des endroits où les phénomènes sont récurrents
- Les coûts d'installation et de mise en place peuvent en restreindre l'utilisation à des cultures très rentables

Les technologies pour protéger contre la grêle

Fusée paragrêle à iodure d'argent:

- Le principe est de pulvériser de l'iodure d'argent dans les nuages d'orage afin de lesensemencer et de tenter de prévenir la formation de gros grêlons.
- Les fusées sont utilisées en France depuis les années 1970.
- Le côté aléatoire de la pratique fait qu'elle est finalement peu utilisée et ses effets sont contestables.
- Tout comme pour les générateurs de vortex (voir ci-dessous), elle soulève des questionnements sur la santé et l'environnement de l'utilisation d'iodure d'argent.

Générateur de gouttelettes de solution acétonique d'iodure d'argent ou générateur de vortex:

- Serait mise en place dans le sud-ouest de la France et d'autres régions.
- Les résultats auraient montré la supériorité des générateurs sur les fusées paragrêles.
- Le but consisterait àensemencer les nuages de nombreuses particules d'iodure d'argent pour que les grêlons soient au final de plus petite taille.
- Les générateurs sont actifs avant le passage du nuage et le restent pendant quatre heures.
- Dans le sud de la France, on comptait en installer un réseau tout au long d'un couloir d'orage.
- La méthode a été développée et promue par l'ANELFA ou Association National d'étude et de lutte contre les fléaux atmosphériques.
- Certaines études montreraient qu'en réalité ce type de dispositif pour réduire la taille des grêlons n'a pas d'effet très significatif.

Documents consultés:

- <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-hail.htm>
- <http://www.onapples.com/meet-grower.php?id=13991nrm6ybv>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Fus%C3%A9e_anti-gr%C3%AAle
- <http://www.miroir-mag.fr/62206-comment-bien-protoger-ses-vignes-de-la-grele/>
- <http://www.sudouest.fr/2011/05/07/un-plan-de-protection-contre-la-grele-391876-4720.php>
- <http://www.anelfa.asso.fr/Principe.html>
- <http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/20140630.OBS2223/generateur-de-vortex-comment-fonctionne-l-arme-anti-grelons.html>

Dans cette section nous aborderons les programmes d'assurance récolte offerts dans trois juridictions, soit : la France, les États-Unis et l'Ontario.

Situation en France

L'assurance récolte:

- L'État français soutient le développement des assurances récolte multirisques climatiques depuis 2005 et le budget totalisait 77,2 M€ en 2013.
- Le soutien de l'État à l'assurance récolte consiste en une prise en charge partielle des primes d'assurance. Cette prise en charge a varié de 25 à 40 % entre 2005 à 2009. Elle a ensuite crû jusqu'à 75 % avec le financement de la Politique agricole commune .
- L'État peut par contre intervenir pour couvrir les déficits de fonds.
- Le risque de grêle est considéré comme assurable pour l'ensemble des productions (sauf les prairies). Les grandes cultures et la viticulture sont considérées comme assurables pour l'ensemble des risques climatiques. Par ailleurs, ces deux catégories de cultures et la grêle ne sont pas admissibles au régime des calamités agricoles. Les autres cultures et risques peuvent être couverts par les calamités agricoles
- La protection des cultures contre les risques climatiques assurables relève du secteur privé.
- Garantie grêle et tempête sur les récoltes :
 - L'agriculteur est indemnisé contre la perte de quantité et de qualité de sa récolte s'il a souscrit à une protection de pertes de rendement et de qualité.
- Garanties multirisques climatiques sur récoltes:
 - Les contrats d'assurance récolte multirisques, qui sont optionnels, prévoient l'indemnisation des pertes de quantité et de qualité des récoltes (selon les contrats) causées par des phénomènes climatiques reconnus : sécheresse, excès de température et coups de chaleur, températures basses, grêle, excès d'eau et pluies violentes, poids de la neige ou du givre, vent, manque de rayonnement solaire.
 - Les pertes de qualité sont en général exclues des contrats d'assurance. Si elles sont couvertes, cela doit être explicite dans le contrat, et de façon très ciblée et pour certaines espèces seulement.
 - Cette garantie doit couvrir l'ensemble d'une même nature de culture.
 - Les agriculteurs bénéficient d'une prise en charge (maximum 65 %) de la prime d'assurance récolte.

Situation en France

Les calamités agricoles (suite):

- Le ministre de l'Agriculture peut intervenir au terme du dispositif des calamités agricoles selon la nature du sinistre. Celui-ci doit être un événement exceptionnel d'origine climatique non assurable.
- Les producteurs peuvent être indemnisés si les pertes associées au sinistre dépassent les 30 % de pertes de la production endommagée et si le total des pertes représente plus de 13 % de la production totale de l'entreprise.
- Le calcul des dommages individuels et de l'indemnisation est réalisé sur des bases forfaitaires et collectives et doit donc avoir affecté une collectivité.
- Pour être admissibles à une indemnisation des calamités agricoles, les producteurs doivent posséder une assurance multirisque (incendie, bâtiment) couvrant la ferme.
- Les indemnités versées sont financées en partie par les agriculteurs au moyen d'une taxe de 11% sur les primes d'assurance générale de la ferme. Lors de sinistre important, l'État français intervient par une dotation complémentaire.
- Le niveau d'indemnisation est parfois jugé insuffisant, car ne couvrant pas suffisamment les pertes subies par les producteurs. Par ailleurs, l'approche collective ne permet pas toujours de prendre en compte la situation individuelle des agriculteurs – semblable aux programmes d'assurance récolte de type collectif.

Documents consultés:

- <http://agriculture.gouv.fr/assurance-recolte-calamites-agricoles-0>
- <http://agriculture.gouv.fr/la-gestion-des-risques-climatiques-en-agriculture>
- <http://agriculture.gouv.fr/la-mobilisation-du-fonds-national-de-gestion-des-risques-agricoles>
- <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F22259>

Situation aux États-Unis

Contexte:

- Aux États-Unis, les productions maraîchères et de petits fruits font partie d'un groupe de cultures nommé cultures de spécialité (« specialty crops») et sont souvent mis en opposition à l'imposant groupe des cultures commerciales («commodity crops»). Le premier englobe l'ensemble des fruits, légumes, noix, fleurs, plants de pépinières et les autres productions horticoles. Le second compte les céréales, les légumineuses et le coton.
- On remarque que malgré le nombre de programmes qui ciblent les producteurs de cultures de spécialité, les dépenses fédérales allouées à ce groupe demeurent une petite fraction des dépenses de programmes consacrées aux cultures commerciales.
- À ce titre, les cultures de spécialité obtenaient 27 % des ventes attribuées à l'ensemble des cultures en 2012, mais occupaient seulement 3% des surfaces cultivées aux États-Unis.
- L'accessibilité aux programmes fédéraux est différente pour ces deux catégories de cultures. À titre d'exemple, les producteurs de cultures de spécialité ne sont pas éligibles au programme fédéral qui offre un support de prix et revenu aux producteurs de cultures commerciales.
- Les producteurs de cultures de spécialité ont par ailleurs accès à l'assurance récolte et une assistance en cas de catastrophe et à plusieurs programmes spécifiques à ce groupe de cultures ou génériques à l'ensemble des cultures.

Assurance récolte:

- Aux États-Unis, l'Agence de la gestion des risques du Département de l'agriculture administre le programme fédéral d'assurance récolte. Des compagnies d'assurance privées vendent les produits d'assurance récolte et offrent les services aux fermes.
- Le Département américain de l'agriculture prend en charge la réassurance des risques et dédommage partiellement ou totalement les pertes encourues des compagnies d'assurance.
- Environ 32 % des surfaces en cultures de légumes étaient assurées à l'assurance récolte en 2011, comparées à 85 % des hectares de grandes cultures et 73 % de surfaces de fruits et de noix.
- Parmi les cultures de légumes assurables, le niveau de couverture des surfaces cultivées est variable : plus de 90% pour les tomates, environ 60 % des hectares pour l'oignon et le maïs sucré et moins de 30 % pour le chou, les piments et les poivrons.
- Peu de légumes et de petits fruits sont couverts par l'assurance récolte parmi les cultures assurées, on y trouve : chou, piment, poivron, concombre, pois vert, oignon, maïs sucré et tomate, pour les légumes; et bleuets, canneberges et fraises pour les petits fruits.
- Une raison expliquerait la non-couverture de nombreux fruits et légumes, à savoir que les producteurs ont la prétention que l'assurance récolte pourrait avoir des effets indésirables sur les marchés du fait qu'en diminuant le risque, les surfaces cultivées augmenteraient.

Situation aux États-Unis

Assurance récolte:

- Le programme d'assurance récolte américain propose différents modes de fonctionnement selon la culture. Nous présenterons trois exemples pour illustrer le fonctionnement, soit l'oignon, le poivron et la fraise.
- Fonctionnement :
 - Un choix au niveau du pourcentage couverture/ déductible.
 - Pour l'oignon cultivé dans l'État de New York et le poivron cultivé en Floride, les options de couverture sont de 50% à 75%.
 - Pour la fraise cultivée en Californie, les options de couverture sont de 50% à 85 %.
 - Une portion de la prime est assumée par le producteur, en moyenne 38 %, la prime augmente toutefois avec le déductible.
 - Pour l'oignon cultivé dans l'État de New York et le poivron cultivé en Floride, la subvention accordée varie selon l'option de couverture. Pour une couverture de 50%, la prime est subventionnée à 67%; et pour une couverture de 75%, la subvention est de 55%.
 - Pour la fraise cultivée en Californie, la subvention est accordée selon l'option de couverture. Pour une couverture de 50%, la prime est subventionnée à 67%; et pour une couverture de 85%, la subvention est de 38%.
 - Ce qui est assuré :
 - Les événements climatiques, la défaillance du système d'irrigation, le feu, les insectes et maladies et la faune. Les tremblements de terre et les éruptions volcaniques s'ajoutent à la protection des fraises.
 - On assure les pertes en fonction du rendement historique pour l'oignon sur la ferme, selon le prix établi par la police. À titre d'exemple, le prix de l'oignon jaune pour 2016 est fixé à 11,90 \$/cwt.
 - Pour le poivron, on assure une valeur à l'acre et la valeur de référence maximale assurable est 8 075 \$ par acre. Ainsi, avec un choix de protection de 65 %, la valeur garantie maximale est de 5 249 \$ par acre.
 - Dans le cas de la fraise, le programme assure la production sur la base du revenu historique de l'entreprise (revenu approuvé par acre) et couvre les baisses de rendement, de prix et de qualité ou une combinaison d'événements. Le revenu est déterminé après la récolte au premier point de vente. Le programme dans la fraise est en phase pilote, ce qui explique probablement le choix d'assurer le revenu historique de l'entreprise.

Situation aux États-Unis

Documents consultés:

- Johnson, R. 2014. Fruits, Vegetables and Other Specialty Crops : Selected Farm Bill and Federal Programs. Congressional Research Service
- <http://www.rma.usda.gov/policies/2015policy.html>
- A Risk Management Agency Fact Sheet. 2015. Actual Revenue History Strawberry California, 2016 Crop year
- A Risk Management Agency Fact Sheet. 2015. Onion New York, 2016 Crop year
- A Risk Management Agency Fact Sheet. 2015. Peppers, Florida, 2016 Crop year
- <http://www.rma.usda.gov/policies/2013/13-0013.pdf>

Situation en Ontario

Assurance récolte:

- Deux types de régimes d'assurance récolte sont disponibles pour les légumes de consommation immédiate
 - Couverture de la production totale
 - Pertes de superficie pour les légumes de consommation immédiate
- Deux options sont offertes pour le régime offrant une couverture de la production totale
 - basée sur le rendement
 - basée sur la valeur en dollars
- Selon la culture, l'un des régimes ou l'une des options s'applique, parfois un légume se voit offrir deux possibilités, production totale et pertes de superficies. Le producteur a alors le choix. À titre d'exemple, les producteurs de laitue ont l'option d'assurer leur récolte en fonction des pertes de superficies ou une couverture de la production totale basée sur la valeur en dollars. Le poivron d'Amérique peut être couvert par un régime basé sur le rendement ou celui basé sur les pertes de superficie. Le concombre quant à lui est seulement couvert pour les pertes de superficie.
- Dans la fraise, le programme d'assurance récolte couvre les pertes de production et les baisses de rendement. Il n'y a pas de programme pour la framboise.
- Fonctionnement de la couverture de la production totale basée sur le rendement :
 - La couverture est basée sur une comparaison du rendement réel obtenu avec la moyenne des rendements des années précédentes (rendement agricole moyen de chaque culture déclaré des dix dernières années de rendement, si non existant un rendement moyen est attribué pour les cinq premières années de production en fonction de différents facteurs, par exemple le type de sol, le drainage, etc.).
 - La production garantie est en fonction du niveau de garantie ou de % de couverture et du rendement agricole moyen. Selon la culture, le niveau de garantie optionnelle peut varier de 65 à 90 %.
 - Le prix d'indemnisation sert à établir la valeur à l'hectare de la culture assurée et le montant des indemnités versées.
 - Il est possible selon le type de pertes de recevoir des indemnités de manque à produire, de réensemencement, de superficie non ensemencée et de récupération (enlèvement des légumes endommagés suite à la grêle par exemple).

Situation en Ontario

Assurance récolte

- Fonctionnement de la couverture de la production totale basée sur la valeur en dollars:
 - Les cultures sont assurées selon la valeur en dollars par acre multipliée par le nombre total d'acresensemencés ou plantés.
 - Les producteurs doivent choisir chaque année de renouvellement une valeur en dollars pour chaque culture assurée sur cette base.
 - Le choix doit se situer entre une valeur minimale et maximale établie pour la culture par Agricorp.
 - Le niveau de garantie est choisi par le producteur pour chaque culture. Selon la culture, le niveau de garantie optionnelle peut varier de 65 à 80 %.
 - Il est possible selon le type de pertes de recevoir des indemnités de manque à produire et de réensemencement.
- Fonctionnement de la couverture d'assurance basée sur les pertes de superficie
 - Ce programme offre :
 - Une couverture distincte pour les plantations multiples de cultures ayant une courte saison de croissance
 - Une option de garantie multirisque (neige, grêle, tornade, pluie excessive, givre, animaux sauvages, grand vent, humidité excessive, chaleur excessive et infestation ou épidémie).
 - Une option de garantie contre un risque unique (grêle ou givre) ou une option de garantie couvrant à la fois les risques de grêle et de givre.
 - Une protection contre les pertes causées par des risques circonscrits — couverture par acre plutôt que pour toute la superficie plantée totale.
 - Dans la majorité des cas, la récupération des récoltes est offerte sans que celle-ci ait une incidence sur l'indemnisation.
 - Quatre niveaux de garantie sont offerts : 60 %, 70 %, 80 % et 85 %.
 - Pour chaque culture, il y a trois options de valeur assurable exprimées en dollars par acre.
 - Trois types d'indemnités sont offerts tout au long de la saison de croissance : l'indemnité spéciale, l'indemnité d'urgence et l'indemnité d'abandon de superficie.

Documents consultés:

- http://www.agricorp.com/fr-ca/Programs/ProductionInsurance/Lettuce_DollarValue/Pages/HowItWorks.aspx
- http://www.agricorp.com/fr-ca/Programs/ProductionInsurance/Lettuce_DollarValue/Pages/Overview.aspx
- <http://www.agricorp.com/fr-ca/Programs/ProductionInsurance/Strawberries/Pages/Overview.aspx>
- Agricorp, Régimes d'assurance pour les légumes de consommation immédiate

Constats et conclusion de la section

- Les recommandations du plan de l'État de New York sur les changements climatiques présentent plusieurs mesures d'adaptation pour les fermes en production végétale. On note que plusieurs de celles-ci s'appuient sur de bonnes pratiques agricoles comme cela a souvent été proposé lors de la section précédente.
- On mise aussi sur la diversification des cultures, des cultivars et des dates de semis et de récolte pour diminuer l'exposition aux risques météorologiques et offrir des opportunités pour de nouvelles cultures et de nouveaux marchés.
- Plusieurs avenues sont aussi avancées au niveau institutionnel et politique pour accompagner les entreprises face aux changements climatiques, comme l'investissement en recherche et innovation, le développement de systèmes d'information, l'offre de services-conseils adaptés, l'amélioration des mesures de protection adaptée des risques climatiques sur les entreprises, l'assistance financière pour aider les entreprises à s'adapter et l'adaptation des politiques. On pourra toujours s'en inspirer.
- Fait intéressant, l'Université Cornell, au moyen du Cornell Climate Change, présente des ressources et une série de vidéos illustrant des études de cas de producteurs qui mettent en branle des stratégies d'adaptation sur leur ferme.
- Une revue de plusieurs technologies a aussi été réalisée. Certaines sont déjà utilisées sur les fermes du Québec, comme les tunnels, mais elles mériteraient probablement des analyses supplémentaires pour explorer leur plein potentiel, notamment au niveau des bénéfices et coûts. D'autres potentiellement intéressantes nécessiteraient d'être analysées dans le contexte des cultures maraîchères, de fraises et framboises au Québec.
- La revue des programmes d'assurance récolte aux États-Unis et en Ontario montre qu'il est possible d'offrir différentes options d'assurance, mais à disponibilité variable selon la culture.



Section 5 – Constats et recommandations

...

Les constats

- La revue de littérature, les analyses de la Financière agricole du Québec et les entrevues réalisées auprès de producteurs et d'intervenants convergent toutes vers les mêmes risques climatiques :
 - Excès de pluie ou pluie intense
 - Périodes de sécheresse
 - Gels hâtifs ou tardifs
 - Vents violents – érosion et assèchement des sols
 - Grêle – (plus d'épisodes)
 - Épisodes plus longs de chaleur excessive
- Par ailleurs, l'analyse des tendances météorologiques indique, lorsque l'état des connaissances et les modèles climatiques permettent d'anticiper les changements, que les risques climatiques étudiés demeureront préoccupants et que certains s'accroîtront (comme l'excès de pluie) durant les prochaines décennies.
- Les deux seuls risques sur lesquels il n'est pas possible de se prononcer avec les connaissances actuelles sont le vent et la grêle.
- Les entrevues avec des producteurs et des intervenants ont permis de répertorier des méthodes et des outils de protection et des besoins d'adaptation à mettre en œuvre pour protéger les cultures.
 - On a remarqué parmi les solutions proposées, l'accent qui est mis sur les bonnes pratiques agronomiques et sur la bonne gestion des ressources sol et eau pour atténuer l'effet des risques climatiques et limiter les dommages aux cultures. L'effet des risques associé à l'excès de pluie, à la sécheresse, à l'excès de chaleur et aux vents violents peut être limité par l'usage de ces bonnes pratiques. On a aussi noté que la stratégie mise en œuvre par l'État de New York mise également sur les bonnes pratiques agricoles.
 - On a mis en évidence l'importance de poursuivre les études, les recherches et le développement pour parfaire les connaissances et les conditions d'utilisation en vue de démontrer les avantages et inconvénients des bonnes pratiques, de méthodes culturales, des solutions et des technologies avancées et de documenter les implications économiques sur les entreprises. Ce type d'études devrait être systématiquement réalisé pour conforter les producteurs dans leur choix.
 - Il a été recommandé de réaliser des diagnostics de risques climatiques pour les entreprises qui seraient basés sur une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces de leur environnement de production et d'affaires afin qu'elles puissent prendre des décisions éclairées sur les mesures à mettre en œuvre pour minimiser les risques de dommages aux cultures.

Les constats (suite)

- Des besoins d'adaptation technologique ont été identifiés entre autres pour le gel et la grêle et une revue de technologies et programmes a été réalisée.
- Les recommandations du plan de l'État de New York sur les changements climatiques avancent plusieurs avenues au niveau institutionnel et politique pour accompagner les entreprises face aux changements climatiques à partir desquelles on pourra toujours s'en inspirer.
- La revue des programmes d'assurance récolte aux États-Unis et en Ontario montre qu'il est possible d'offrir différentes options d'assurance, mais à disponibilité variable selon la culture.

Les recommandations

Plusieurs pistes de solutions ou recommandations ont été apportées lors des entrevues avec les producteurs et intervenants. Elles sont présentées à la section 3 sous la rubrique besoins d'adaptation prioritaires pour chacun des risques climatiques retenus. Elles ne seront donc pas reprises ici une à une. Nous considérons par ailleurs qu'elles doivent être prises en considération dans l'analyse des moyens à mettre en œuvre pour limiter les impacts des risques climatiques sur les entreprises maraîchères, de fraises et de framboises. Dans cette section, nous proposerons des recommandations d'ordre plus général plutôt que liées à des risques spécifiques.

- La première recommandation porte sur la mise en œuvre des diagnostics des risques climatiques pour les entreprises. Cette approche a été d'ailleurs abordée à la section 4 pour deux risques spécifiques. Nous proposons ici de lui donner une portée plus large. À notre avis, la reconnaissance des risques sur l'entreprise par les gestionnaires devrait permettre de mettre en place des mesures d'atténuation lorsqu'elles existent et que les bénéfices surpassent les coûts. Cela permettrait aux producteurs d'implanter des solutions adaptées à leurs besoins et en fonction des priorités leur entreprise.

Une telle approche est proposée par certains courtiers ou compagnies d'assurance. Lors d'un déjeuner conférence organisé par le CTAQ en 2015, M. Walid Khayate, conseiller en contrôle des risques chez Aon, a présenté une approche globale de gestion des risques adaptée aux entreprises de transformation agroalimentaire. Elle consistait à un diagnostic de tous les risques au-delà des risques traditionnels – feu, vol, vandalisme, etc. Elle prenait en compte les risques sanitaires, de marché, informatiques, de grève, de rupture d'approvisionnement, etc. en mettant l'accent sur l'identification des points forts et des lacunes au sein de l'entreprise. Le processus proposait ensuite des mesures d'atténuation et des plans de gestion de crise.

Une telle démarche pourrait être élaborée sur la base d'un projet pilote pour la gestion des risques climatiques en vue de proposer des solutions adaptées aux producteurs.

- Pour convaincre les producteurs d'adopter de bonnes pratiques agricoles et les technologies d'atténuation des risques climatiques qui ont été proposées à la section 3 de ce rapport ou encore abordées à la section 4, il est essentiel d'en connaître les bénéfices et les coûts réels, les avantages et les inconvénients à la ferme et que les méthodes ou technologies aient été testées sur des fermes au Québec. Dans certains cas, il faudra prendre en considération que les coûts d'implantation sont directs et immédiats alors que les bénéfices sont réalisés à moyen ou long terme, comme dans le cas de l'accroissement de la matière organique des sols ou de l'implantation de haies brise-vent.

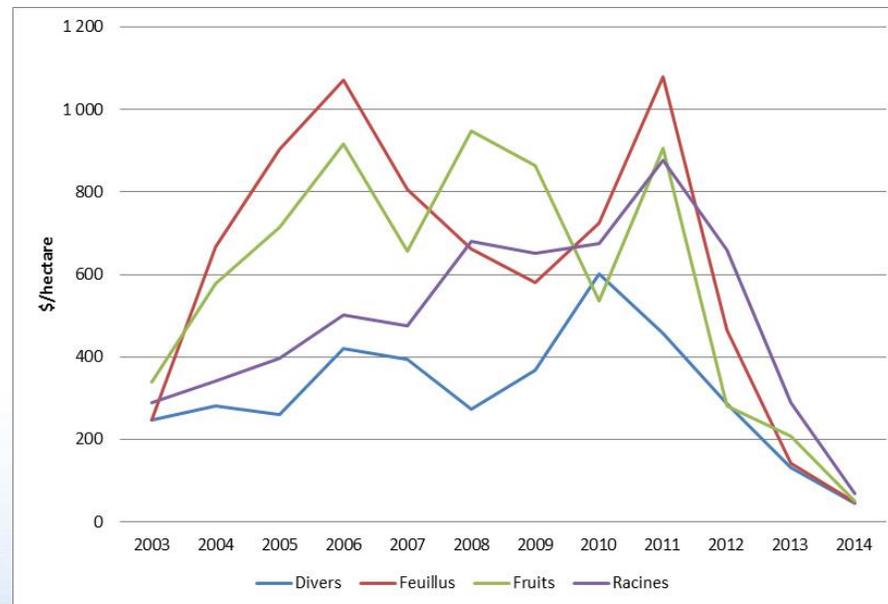
Nous croyons que ce type d'analyse devrait être systématique pour l'élaboration d'un argumentaire basé sur des considérations à la fois agronomiques et économiques.

Dans ce cadre, l'intensification de la production sur des surfaces restreintes, comme présentée dans la note Produire plus sur moins grand! rédigée par André Carrier, conseiller régional en horticulture au MAPAQ ou dans le livre Le jardinier-maraîcher de Jean-Martin Fortier, devrait faire l'objet de telles analyses. Avec les changements climatiques, ce mode de production pourrait être un atout intéressant pour certaines entreprises en permettant de bien contrôler plusieurs paramètres de production.

- Depuis les changements apportés au programme d'assurance récolte des cultures maraîchères en 2012, les indemnités versées à l'hectare selon le groupe de cultures ont chuté drastiquement, comme le montre la figure 14. L'application des programmes d'assurance récolte varie beaucoup d'une juridiction à l'autre, comme nous l'avons exposé à la section 4, et les producteurs maraîchers sont protégés très inégalement. Nous croyons toutefois que ces types de programmes, couplés à la mise en œuvre de mesures d'atténuation éprouvées et de gestion des risques climatiques sur la ferme, sont essentiels pour protéger les entreprises adéquatement, et pour ce faire, ils doivent offrir une protection efficiente. Il s'agit là d'un enjeu de compétitivité important.

Les maraîchers de l'Ontario et des États-Unis disposent de différentes options d'assurance, mais à disponibilité variable selon la culture. Le taux d'adhésion varie selon la culture et est parfois faible. Toutefois, le programme offert aux États-Unis pour la fraise en Californie (Actual Revenue History Strawberry) semble a priori intéressant (voir section 4). Il se compare au programme ACRE (Average Crop Revenue Election) offert depuis 2009 aux producteurs américains de cultures commerciales. L'applicabilité de ce type de programme au Québec devrait être analysée.

Figure 14 - Évolution des indemnités moyennes versées par hectare assuré selon le groupe de cultures maraîchères (2003 - 2014)



Source : Financière agricole du Québec, compilation FLC

- Tout comme le propose le plan de l'État de New York, il faudra que les gouvernements provincial et fédéral mettent en œuvre des programmes et politiques pour appuyer les producteurs dans la mise en œuvre de mesures d'adaptation au niveau de leur ferme.
- L'Université Cornell propose une série de vidéos illustrant entre autres des témoignages de producteurs qui mettent en branle des stratégies d'adaptation sur leur ferme (voir : <http://climatechange.cornell.edu/tools-resources/agriculture-resources/>). Il faudrait considérer ce genre de médium pour sensibiliser et informer les producteurs quant à la nécessité d'adopter des stratégies d'adaptation sur leur ferme.
- Il est actuellement difficile de suivre l'évolution des nouveaux ennemis des cultures. Le Réseau d'avertissement sanitaire ne dispose pas de registre à cet effet et les différents groupes de cultures ne publient pas tous des bilans de saison. Nous recommandons pour suivre l'évolution des ravageurs émergents qu'une base de données soit développée.
- L'OMAFRA met en ligne des fiches techniques sur une foule de sujets dont certaines abordent des problématiques associées aux risques climatiques ou à la protection des cultures. Elles sont faciles à consulter et présentent l'essentiel des informations utiles en format condensé. Ce type de format peut être une bonne idée pour des producteurs occupés. Voir à titre d'exemple les fiches sur la cécidomyie du chou-fleur (voir : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/08-008.htm>).



Les annexes

...

Liste des producteurs et intervenants consultés

Les producteurs agricoles :

- Daniel Malenfant, Directeur général, Vert-nature
- Marian Vinet, Jardin Vinet
- Pascal Guérin, Jardin A, Guérin
- Denis Desgroseillier, Maraîcher Bec Sucré
- Jean Cousineau, Maraîchers PA Cousineau
- Frédéric Duhamel, Jardins Tessa
- Jocelyn Trottier,
- Michel Jetté
- Jocelyn Gibouleau, Production Margiric
- Christian Bédard, Ferme André Bédard
- Johanne Leboeuf, La terre ferme
- Michel Massuard, Le Vallon des Sources
- Martin Turcot, Fermes aux pleines saveurs
- Louis Gauthier, Fraises de l'Île d'Orléans
- Vincent Méthot

Les intervenants :

- Patrice Thibault, Réseau de lutte intégrée Orléans
- Yveline Martin, Bioaction
- Nadia Surdak, PleineTerre
- Isabelle Dubé, Profit-eau-sol
- Linda Roberge, Consortium Prisme
- Djamel Esselami, Consortium Prisme
- Mohamed Boudache, Consortium Prisme
- Anne Weill, CETAB
- Anne Blondot, Ouranos
- Hélène Côté Ouranos
- Christine Villeneuve, MAPAQ
- Lucie Caron, MAPAQ
- Mario Leblanc, MAPAQ
- Bruno Laliberté, Hortau
- Ginette Guinois, Dubois Agrinovation
- Éric Ménard, Dubois Agrinovation
- Christian Houle, Dubois Agrinovation
- Frédéric Breton, Dubois Agrinovation
- Carl Boivin, IRDA
- François Chrétien, AAC
- Luc Brodeur, consultant
- Daniel Vaillancourt, consultant
- Louis Charbonneau, PlastiTech
- Brigitte Lafrance, FADQ
- Anastase Nteziyaremye, FADQ

Liste non-exhaustive des études sur les impacts des changements climatiques sur l'agriculture qui peuvent être consultées :

Audet, R., H. Côté, D. Bachan et A. Mailhot. 2012. Atlas agroclimatique du Québec, Évaluation des opportunités et des risques agroclimatiques dans un climat en évolution. Rapport final. Projet # 550001-XPI. CRAAQ.

Blondlot, A. 2014. Changements climatiques au Québec : principales répercussions sur la production agricole. Congrès de l'ordre des agronomes du Québec, Vaudreuil, Qc 2 et 3 octobre 2014.

Brodeur, J., G. Boivin, G. Bourgeois, C. Cloutier, J. Doyon, P. Grenier et A. Gagnon. 2013. Impact des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. Rapport à Ouranos et au Fonds Vert Québec.

Bourdage, L. et A. Blondlot. 2011, Les scénarios de changements attendus et leurs principaux impacts pour le secteur agricole. Colloque en agroclimatologie, CRAAQ.

Boileau, E. 2015. Écotoxicologie et impacts sanitaires des pesticides en réponse à l'augmentation des ravageurs amenés par les changements climatiques ; Portrait, perspectives et recommandations. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, Université de Sherbrooke.

Cyr, J. 2012. Impacts potentiels des changements climatiques sur les évènements hydrologiques extrêmes : sévérité des étiages et risques de crues. Colloques en agroclimatologie, CRAAQ.

Debailleul, G., L. Tamini, M. Doyon, F. Clerson-Guicherd, L. Jacques, M. Hernandez, M. Olar, J. Louvel,. 2013. Analyse prospective de la position concurrentielle du Québec en matière de production agricole dans un contexte de changements climatiques. Consortium Ouranos, Mars 2013

Gagnon, A., G. Arsenault-Labrecque, G. Bourgeois, L. Bourdages, P. Grenier, M. Roy. 2013. 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. Rapport final projet # 550004-PXI.

Gagnon, A., M. Roy et A. Roy. 2012. Impacts directs et indirects des changements climatiques sur les ennemis des cultures. Document synthèse.

Gagnon, A., M. Roy et A. Roy. 2011. Études de cas pour évaluer l'impact des changements climatiques en phytoprotection.

Lepage, M., L. Bourdages et G. Bourgeois. 2011. Interprétation des scénarios de changements climatiques afin d'améliorer la gestion des risques pour l'agriculture CRAAQ

Michaud, A., C. Gombault, J. Cyr et H. Côté. 2012. Implications des scénarios climatiques futurs sur la gestion des sols et de l'eau à la ferme. CRAAQ.

Milot, N., L. Lepage, A. Choquette, J. Lafitte, V. Larivière, J. Larocque, B. Lefebvre, V. Marquet et A. Veret. 2013. *Adaptation aux changements climatiques et gestion intégrée de l'eau par bassin versant au Québec : une analyse sociopolitique des défis et des opportunités*. Montréal, Réalisé dans le cadre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du Gouvernement du Québec, Institut des sciences de l'environnement - UQÀM, 324 p.

Moiroux, J., G. Bourgeois, G. Boivin et J. Brodeur. 2014. Impact différentiel du réchauffement climatique sur les insectes ravageurs des cultures et leurs ennemis naturels : implications en agriculture. Feuille technique Ouranos Projet 550005-103, Québec, Canada. 12 p.

Warren, F.J. et D.S Lemmen (éd.). 2014 *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 286p.

Les ennemis émergents des cultures répertoriés durant le processus des entrevues

Cultures	Causes	Importance des dommages potentiels (0) - (+) - (++) - (+++)
Crucifères	Cécidomyie du chou-fleur	+++
Poivron, brocoli, maïs sucré, concombre et tomates	Pentatomidae	++
Poivron	Tarsonème	+
Carotte	Charançon – deuxième génération	++
Ail, poireau et oignon	Teigne du poireau - période de ponte des 3 générations plus longue	+
Tous légumes	Altise à tête rouge	++
Framboise et fraise	Drosophile à ailes tachetées, nouveau depuis 3 ans	+++
Fraise	Drosophile	++
Fraise et framboise	Anthraxose du fraisier	++
Fraise	Tarsonème	+++
Framboise	anthracnose du framboisier	+++
Laitue, poivron et autres légumes	Nouvelles chenilles qui arrivent avec les vents	+
Crucifères, framboises et légumes fruits	Scarabée japonais et du rosier	++
Concombre	Chrysomèle rayée	+
	Punaise marbrée	à surveiller