

REVUE DE LITTÉRATURE

**Capacité d'adaptation des producteurs laitiers québécois aux changements  
climatiques**

Par : Daniel Proulx, M. Sc.

Diane Parent, agr., Ph. D., U. Laval

Hélène Côté, M. Sc., Ouranos

Édith Charbonneau, agr., Ph. D., U. Laval

À :

Ouranos inc.

21 juin 2013

*Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres.*



Cette revue de littérature était une partie d'un projet de recherche plus global intitulé : Première évaluation de l'impact potentiel des changements climatiques sur la durabilité technico-économique et agroenvironnementale des fermes laitières au Québec.

*Les coûts relatifs aux travaux de recherche ont été assumés par Ouranos grâce au Fonds vert dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.*

## Résumé

Le document qui suit présente une synthèse de l'information concernant la capacité d'adaptation des producteurs laitiers québécois face aux changements climatiques. Cette synthèse débute par un portrait sommaire de l'industrie laitière au Québec, qui occupe une forte place économique dans l'agroalimentaire de la province. Puis, pour mieux comprendre les besoins en adaptation, les principaux impacts des changements climatiques pour l'horizon 2050 sont abordés du point de vue du sol et des cultures, de la ferme laitière et des répercussions économiques. Par ailleurs, la littérature démontre que les producteurs sont plus aptes à s'adapter lorsqu'ils perçoivent directement les changements climatiques ; leur niveau de perception influencera donc leur niveau d'adaptation. Par contre, d'autres contraintes non-climatiques peuvent être perçues comme plus importantes pour la survie de l'entreprise par les producteurs et moduleront la réponse de ces derniers. L'adaptation aux changements climatiques demeure un processus complexe dans lequel plusieurs mécanismes peuvent intervenir. Des technologies et des méthodes de travail sont développées dans les différents coins du monde pour permettre aux producteurs de s'adapter aux changements climatiques. Même à l'intérieur de la province, il est possible de constater qu'il existe des différences entre les impacts attendus, la gestion et l'adaptation des producteurs face aux changements climatiques. En effet, les producteurs du Saguenay et du Centre-du-Québec ne subiront pas les mêmes problèmes et ne réagiront pas de façon identique face aux changements. Cette capacité d'adaptation sera fonction, entre autres, de la santé des producteurs en général ainsi que de l'aide que le gouvernement pourra offrir pour amorcer les changements dans les entreprises agricoles. De plus, la personnalité et le caractère propres à chaque producteur, feront en sorte qu'ils auront chacun leur façon de faire face à ces changements climatiques. Les individus ont donc un rôle clé dans l'adaptation du secteur. Les aptitudes de gestionnaire des propriétaires des fermes influenceront grandement la capacité de faire face aux risques des entreprises. De manière générale, l'industrie laitière au Québec est bien structurée et la force économique du secteur permet d'envisager une bonne capacité de réagir aux changements climatiques. Cependant, peu d'informations sont encore disponibles sur la capacité d'adaptation aux changements climatiques spécifique à ce secteur d'activité.

## Table des matières

1. Introduction.....	1
2. Portrait de la production laitière québécoise .....	2
3. Impact potentiel des changements climatiques au Québec .....	3
3.1 Impacts potentiels sur les sols, les cultures, l'eau et l'énergie .....	4
3.2 Impacts potentiels sur le troupeau laitier .....	7
3.3 Impacts économiques .....	9
4. Importances accordés aux changements climatiques en agricultures.....	11
5. Capacité d'adaptation en agriculture.....	17
5.1 Capacité des producteurs agricoles face aux changements de situation.....	17
5.1.1 Impact de l'ampleur du changement et de la vulnérabilité .....	19
5.1.2 Impact de l'individu.....	21
5.1.3 Impact du type de gestion d'entreprise.....	23
5.1.4 Options et stratégies d'adaptation.....	28
5.2 Capacité potentielle d'adaptation aux changements climatiques des producteurs laitiers québécois .....	30
5.2.1 Impact de l'individu.....	30
5.2.2 Impact du type de gestion d'entreprise.....	33
6. Conclusion .....	36
7. Références .....	38

## **1. Introduction**

La production laitière occupe une place importante en agro-alimentaire au Québec. Elle obtient d'ailleurs près du tiers des recettes monétaires agricoles de la province. Malgré le dynamisme de ses producteurs et la force économique du secteur, le nombre de fermes laitières au Québec est en décroissance. Cette réalité démontre le besoin d'un questionnement quant à la durabilité des fermes. Cette dernière regroupe en général trois grandes catégories soit, les durabilités technico-économique, environnementale et sociale. Pour être durable, une ferme doit présenter des composantes de durabilité dans chacune de ces catégories. Le changement des conditions climatiques et l'absence d'adaptation pour faire face à cette nouvelle réalité pourraient amplifier des problématiques de durabilité sur les fermes.

Dans un contexte où les changements climatiques apparaissent incontournables, il incombe aux producteurs laitiers de pouvoir s'y préparer adéquatement. Toutefois, l'impact potentiel des changements climatiques sur ce type de fermes est encore peu documenté. Il apparaît donc essentiel d'approfondir ces connaissances de manière à mieux outiller les producteurs pour faire face à ces changements inévitables. C'est dans ce contexte qu'un projet portant sur une première évaluation des répercussions potentielles des changements climatiques sur les durabilités technico-économique et environnementale des fermes laitières du Québec a été réalisé. L'aspect social de la problématique étant peu touché dans le cadre de ce projet, une revue de la littérature existante sur le sujet y a été incluse. L'objectif étant de mettre les bases pour le développement d'une étude plus structurée.

Ainsi, le présent document a pour objectif de rapporter l'information déjà connue à propos de la perception des producteurs laitiers quant aux changements climatiques ainsi que des facteurs influençant leur capacité à s'y adapter. Une synthèse de l'information disponible sur les répercussions potentielles des changements climatiques au Québec est d'abord présentée. Ensuite, la perception qu'ont les producteurs laitiers face aux changements climatiques est abordée. Les facteurs influençant la capacité d'adaptation des producteurs sont ensuite traités. Finalement, des liens sont établis pour servir de base à une réflexion sur la capacité potentielle d'adaptation des producteurs laitiers québécois face aux changements climatiques. L'information recueillie permettra non seulement de structurer un éventuel projet sur la question, mais en plus, elle fournit des connaissances pertinentes sur les contraintes à l'adaptation des producteurs laitiers faisant face aux changements climatiques.

## **2. Portrait de la production laitière québécoise**

Historiquement, la production laitière a occupé une place centrale dans l'agriculture au Québec. Encore aujourd'hui, l'industrie laitière est considérée comme un maillon fort de l'agroalimentaire de la province. En fait, la production laitière constitue la production agricole la plus importante avec 29 % des recettes monétaires agricoles totales (Fédération des producteurs de lait du Québec (FPLQ), 2010). En 2011, le Québec comptait 49,3 % des 12 746 exploitations agricoles laitières canadiennes (CCIL, 2013) générant dans la province en 2009 plus de 38 667 emplois directs et indirects (ÉcoRessources, 2011).

Dans les pays les plus industrialisés comme le Canada, l'agriculture se pratique dans un cadre sécurisé et peut compter sur un réseau bien développé qui comprend la recherche, les secteurs financiers et de soutien ainsi que le niveau gouvernemental. En plus, depuis une quarantaine d'années, les producteurs laitiers québécois évoluent dans un cadre très structuré et sécurisé qui comprend des organisations à l'échelle locale, régionale et nationale. En effet, depuis le début des années 1970, la production et la mise en marché du lait de vache et des produits laitiers, tant au Québec qu'au Canada, sont réglementées afin de répondre aux besoins du marché intérieur, tout en limitant les surplus (Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, 2008). L'implantation du système de gestion de l'offre est venue corriger un problème de surabondance de produits laitiers qui occasionnait des baisses marquées des prix payés aux producteurs. Dans le cadre de la gestion de l'offre, la quantité de lait produite est contingentée, les importations sont contrôlées afin de protéger le marché intérieur des perturbations du marché international et une politique de prix couvre les coûts de production. Le système de gestion de l'offre et de mise en marché permet également d'optimiser le transport du lait vers les usines les mieux adaptées, ce qui améliore la capacité d'adaptation de la filière production par rapport aux demandes du secteur de la transformation et des consommateurs (Écoressources, 2011). La stabilité des revenus de la production laitière permet aux producteurs de planifier à plus long terme le capital, la main-d'œuvre ainsi que la réalisation d'investissements dans la production et les infrastructures.

Considérant d'une part que le Québec constitue l'un des principaux fournisseurs de produits laitiers au Canada et que d'autre part ce marché a fortement évolué au cours des 30 dernières années, on constate que l'industrie québécoise a été en mesure de s'adapter à cette évolution (MAPAQ, 2009). Le secteur laitier québécois et canadien n'est toutefois pas à l'abri des aléas du climat et de l'économie. Malgré la force économique du secteur, le nombre de fermes laitières au Québec est en constante diminution depuis 25 ans, étant

passé de 17 571 à 6452 entreprises durant cette période (FPLQ, 2010). Soucieux de cette problématique, les membres de la FPLQ ont initié une large réflexion sur l'avenir du secteur laitier québécois en 2007. Ils ont alors exprimé leur volonté ferme qu'à l'avenir "le secteur laitier québécois sera centré sur des fermes présentes dans toutes les régions du Québec et dont le nombre aura cessé de décroître... et pourra vanter les mérites du lait « écologique » québécois dont la production se fera selon des méthodes de production... ..respectueuses de l'environnement" (FPLQ, 2007). Des mesures ont été prises suite à cette réflexion pour orienter le secteur en ce sens. C'est également dans ce contexte que des indicateurs de durabilité ont été développés dans le but de permettre aux producteurs laitiers d'ici de cibler les points à améliorer sur la ferme et ainsi, maximiser les chances de pérennité de leur entreprise. Ces indicateurs sont regroupés dans la Méthode DELTA (Bélanger et al., 2009). La réflexion entreprise par les producteurs et le développement d'indicateurs sur la durabilité des fermes laitières démontrent l'intérêt de ce secteur agricole à assurer la pérennité de ses entreprises. Ces démarches ne prennent toutefois pas en considération les variations potentielles associées aux changements climatiques. Or, on peut présumer que ces changements inévitables auront un impact sur la gestion des fermes laitières. Ainsi, face aux changements climatiques anticipés, la capacité d'adaptation des producteurs agricoles, plus particulièrement des producteurs laitiers, et de leur entreprise pourrait contribuer aux enjeux de pérennité des fermes.

### **3. Impact potentiel des changements climatiques au Québec**

Avant d'entreprendre une revue de littérature sur la capacité d'adaptation des producteurs laitiers face aux changements climatiques, il est essentiel de situer l'ampleur potentielle de ces derniers sur le Québec agricole. Ce document s'arrêtera aux projections jusqu'à l'horizon 2050, autrement dit, la période couvrant les années de 2041 à 2070. Les projections climatiques récentes indiquent qu'à l'horizon 2050, le climat de l'ensemble du territoire québécois se réchauffera de façon plus marquée en hiver qu'en été (Plummer et al., 2006; Christensen et al., 2007). Selon Ouranos (2010), le Québec peut s'attendre à plusieurs changements dans les moyennes saisonnières de température et de précipitations obtenues pour la période 2041-2070 par rapport aux moyennes saisonnières de la période 1961-1990. Ces changements attendus proviennent de modèles climatiques globaux qui tiennent compte des scénarios d'évolution des gaz à effet de serre (GES) A1B, A2 et B1 issus du Special Report on Emissions Scenarios (SRES) (Nakićenovič et Swart, 2000). En général, il est attendu que les changements climatiques seront plus importants au nord de la province qu'au sud (Ouranos, 2010). Le sud de la province, abritant le Québec agricole, sera toutefois également touché (Ouranos, 2010).

Plus spécifiquement, les températures moyennes hivernales augmenteraient de l'ordre de 2,5 à 3,8 °C, dans le sud du Québec. Durant l'été, les augmentations seraient de 1,9 à 3,0 °C. Toujours pour cette région, à l'horizon 2050, les précipitations moyennes hivernales augmenteraient d'environ 8,6 à 18,1 %. Par rapport à 1961-1990, l'accumulation de neige au sud de la province serait moindre en raison de l'augmentation de la température et du raccourcissement de la saison froide. En été, on estime qu'il n'y aura pas de changement significatif dans la quantité des précipitations moyennes au sud de la province. En effet, les projections estivales de précipitations ont un haut degré d'incertitude dû au fait que le Québec agricole se trouve dans une zone de transition entre un régime typique des régions plus au sud dominé par l'évaporation et un régime, plus au nord, où les précipitations augmentent en raison de la plus grande quantité d'eau que pourra contenir une atmosphère plus chaude. Puisque les modèles climatiques ne positionnent pas tous cette transition exactement au même endroit, leurs projections se répartissent entre des augmentations, des diminutions ou peu de changement dans les moyennes estivales de précipitations.

Les changements climatiques anticipés sur le Québec devraient à la fois avoir des impacts positifs et négatifs sur l'agriculture en général et en particulier sur la production laitière québécoise, notamment sur le système de production (eau, sol, plantes, animaux, gestion) et sur les aspects socio-économiques du secteur.

### **3.1 Impacts potentiels sur les sols, les cultures, l'eau et l'énergie**

Le modèle de la ferme laitière québécoise implique la production de culture aux champs. L'ampleur de cette production est telle que la production de plantes fourragères, dont 63 % sont utilisés en production laitière, occupe près de 50 % des superficies cultivées au Québec (Statistique Canada, 2006). Les changements climatiques anticipés à l'horizon 2050 pourraient accentuer des problématiques aux champs. Ainsi, des phénomènes tels que le ruissellement, l'érosion des sols et la lixiviation des nutriments ainsi que la fréquence des cycles de gel et de dégel en hiver pourraient être plus fréquents (Paustian et al., 1998; Bullock et al., 2001; Ouranos, 2010). Ces phénomènes, lorsqu'ils coïncident avec des événements météorologiques extrêmes dont l'intensité et la fréquence sont aussi appelées à changer (ex. grêle, orages violents), pourraient avoir des répercussions majeures sur la qualité (ex. la teneur en carbone) et la productivité des sols agricoles québécois ainsi que sur la qualité de l'eau. La vulnérabilité des sols agricoles à l'érosion par l'eau est tributaire notamment de l'occupation agricole du territoire, de l'intensité mais aussi de la forme des précipitations (ratio pluie/neige) de même qu'à la date et à la durée de la fonte des neiges, car ce moment est propice à l'érosion des sols et à la lixiviation des nutriments (Nearing et al., 2004; Beaudet et al., 2008). Les producteurs



agricoles jouent un rôle important dans la conservation des sols et des ressources en eau, en utilisant des pratiques et en effectuant des choix de gestion appropriés. Les fermes laitières connaissent toutefois un avantage à ce niveau, puisque le besoin en fourrages pour l'alimentation des troupeaux favorise l'utilisation de plantes pérennes dans les rotations (CPVQ, 2000) et de pratiques de culture reconnues pour une meilleure conservation des sols.

Par ailleurs, les conditions climatiques anticipées au Québec à l'horizon 2050 pourraient accroître le potentiel agronomique de certaines cultures ou permettre l'exploitation de nouvelles espèces. Elles pourraient aussi favoriser l'utilisation d'hybrides et de cultivars plus tardifs. Par exemple, le rendement du maïs vers 2069 pourrait être accru de 54 à 70 % selon la région (Bélanger et Bootsma, 2002) et la hausse des températures permettrait l'introduction de cultures de maïs et de soya dans des régions présentement trop fraîches pour obtenir des rendements satisfaisants de ces cultures. L'augmentation des degrés-jours croissance permettrait d'obtenir une coupe supplémentaire des plantes fourragères pérennes, laissant envisager une hausse des rendements de l'ordre de 2 à 5 T/ha. Nous pourrions observer un décalage temporel dans les stades phénologiques des espèces végétales, tel que pressenti en France (Sérès, 2010). L'augmentation de la température et du CO<sub>2</sub> atmosphérique pourrait entraîner des changements dans la composition taxinomique retrouvée dans les champs, comme par exemple l'invasion de mauvaises herbes. Aussi, cela pourrait causer une diminution de la teneur en protéines des plantes et des grains, ainsi qu'une baisse de la digestibilité de la fibre des fourrages et donc, mener à la réduction de sa valeur nutritive (Bertrand et al., 2008; Antle, 2009). Les changements climatiques anticipés pourraient toutefois réduire le potentiel agronomique pour d'autres cultures, comme le blé, l'orge, l'avoine et le seigle (Ouranos, 2010).

Les conditions climatiques hivernales anticipées à l'horizon 2050 auront des impacts, qui seront pour certains positifs et pour d'autres négatifs. Si on ne s'en tient qu'au nombre de degrés-froid ( $T < -15^{\circ}\text{C}$ ), qui devrait diminuer dans toutes les régions agricoles du Québec, on pourrait s'attendre à une survie accrue des plantes pérennes qui constituent environ 40 % des surfaces cultivées en 2007 (Institut de la statistique du Québec et MAPAQ, 2012). Par contre, des automnes plus chauds (endurcissement incomplet dans certaines régions), des périodes de dégel (risque de perte d'endurcissement), des épisodes pendant lesquels la couverture de neige devient inférieure à 10 cm (risque de gel) ainsi qu'une hausse des pluies durant l'hiver (risque d'anoxie des racines, dommages physiques) augmenteraient les risques de mortalité des plantes fourragères pérennes (Bélanger et al., 2002). Ces risques seraient modulés, dans les prochaines décennies, par des changements dans la variabilité climatique ainsi que dans la fréquence et l'intensité des

divers évènements extrêmes en plus des changements anticipés dans les normales. Cela posera de sérieux défis au secteur agroalimentaire.

Plusieurs autres facteurs, qu'ils soient liés ou non aux changements climatiques, pourront influencer les rendements ainsi que la valeur nutritive de certaines plantes : réchauffement asymétrique des températures minimales et maximales (jour/nuit), teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique, mauvaises herbes, insectes, maladies, ozone, rayonnements UV-B, sélection d'espèces, perfectionnement des technologies (Wolfe, 2012). Par exemple, une augmentation de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> aurait pour effet d'augmenter chez les plantes leur taux de photosynthèse, leur rendement, leur ratio C:N ainsi que leurs composés de défense à base de carbone (Patterson et al., 1999; Hatfield et al., 2008). Toutefois, l'effet de l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique variera selon l'ampleur de celle-ci, le type de plante, le stade de croissance ainsi que la disponibilité en eau et en azote (Fraisie et al., 2009). Les plantes en C3 (plupart des plantes) seraient avantagées par rapport aux plantes en C4, comme le maïs, puisqu'elles sont davantage limitées en CO<sub>2</sub> (Seguin, 2007; Gagnon et al., 2011). L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique pourrait donc non seulement augmenter le rendement de certaines espèces cultivées mais également, favoriser le développement des mauvaises herbes puisque neuf des 15 espèces les plus problématiques en Amérique du Nord sont de type C3 (Fuhrer, 2003; Fraisie et al., 2009; Lepage et al., 2011). Les changements climatiques anticipés conjugués à l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique pourraient également modifier les interactions importantes qui ont cours entre les plantes et les pollinisateurs, les insectes ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes (Wolfe, 2012).

Les changements climatiques anticipés auront probablement des effets sur le développement d'agents pathogènes et d'insectes (Fraisie et al., 2009; Ouranos, 2010). On pourrait voir l'apparition de nouveaux ravageurs ou de nouvelles maladies ou encore l'accroissement de la pression déjà présente, selon la région, l'ampleur et la forme des changements climatiques anticipés ainsi que le type d'agriculture (Sérès, 2010). L'efficacité des traitements des mauvaises herbes, des insectes et des pathogènes pourrait être diminuée avec l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique et des températures, ce qui pourrait engendrer des coûts supplémentaires ainsi qu'un impact environnemental non négligeable, notamment sur les espèces non visées et sur la qualité de l'eau (Ouranos, 2010; Gagnon et al., 2011). Tous les facteurs présentés précédemment constituent des facteurs de stress dont la combinaison, en simultané ou successive, occasionne des dommages aux cultures, dommages qui peuvent être immédiats ou qui peuvent rendre les végétaux davantage vulnérables aux maladies et aux autres ravageurs (Ouranos, 2010).

Une concurrence pour les terres agricoles ainsi que pour l'eau douce pourrait s'intensifier en raison d'un futur changement climatique, amplifiée par d'autres motivations comme la sécurité énergétique par la production de biocarburant ainsi que la recherche de nouveaux revenus alternatifs pour les ménages agricoles (Thornton, 2010). Le Québec et le Canada ne devraient pas y échapper. Les changements climatiques anticipés devraient également se répercuter sur la consommation énergétique du secteur agricole (Nagy, 2012). Ce changement de consommation sera fonction notamment de la quantité d'intrants, i.e. d'engrais et d'herbicides, et de travail du sol qui sera requise pour la production des cultures qui auront cours au fil de l'évolution climatique.

### **3.2 Impacts potentiels sur le troupeau laitier**

Le principal impact attendu des changements climatiques sur l'industrie laitière au Québec concerne l'alimentation des troupeaux. Les changements climatiques anticipés pourraient avoir un impact sur la disponibilité et le coût des aliments, sur la composition taxinomique et la valeur nutritive des plantes offertes qui pourrait diminuer (Bertrand et al., 2008; Nardone et al., 2010; Wolfe, 2012). La disponibilité en eau pour la production de cultures au Québec ne devrait pas poser de problèmes à court terme (Mailhot et al., 2008) à l'opposé d'autres provinces canadiennes (provinces de l'Ouest notamment) ou d'autres pays dans le monde. Par contre, l'industrie laitière est une grande consommatrice d'eau lorsqu'elle est considérée dans son ensemble, incluant l'abreuvement des animaux et l'eau pour le nettoyage des laiteries. Dans un contexte de rareté mondiale, il pourrait devenir important, d'un point de vue d'acceptabilité sociale, de considérer l'enjeu de l'eau en production laitière dans un futur proche (Conseil des académies canadiennes, 2013).

Les changements climatiques anticipés à l'horizon 2050 pourraient avoir des impacts non négligeables sur les troupeaux. En effet, l'augmentation de la température devrait affecter directement les troupeaux durant les périodes de canicule ( $T > 30\text{ °C}$ ) où le gradient de température entre le jour et la nuit est le plus faible et le facteur humidex le plus élevé. Le nombre de jours par année présentant une température maximale supérieure à  $30\text{ °C}$  varie d'une région à l'autre du Québec. Par exemple, ce nombre est présentement de 9-10 jours en moyenne (1979-2008) dans la région de Montréal, de trois jours dans la région du Centre-du-Québec, alors qu'il est de 1,7 jour dans la région du Bas-St-Laurent (Atlas agroclimatique du Québec, 2012). Sur l'horizon 2050, ce nombre de jours dont la température est supérieure à  $30\text{ °C}$  pourrait augmenter de façon importante selon les scénarios employés dans le cadre de la l'étude précédente, et ce, sans tenir compte du pourcentage d'humidité. Ceci pourrait affecter la productivité, la santé et la reproduction du bétail (Antle, 2009; Nardone et al., 2010; Wolfe, 2012, Hammami et al., 2013).

À un pourcentage d'humidité dépassant les 80 %, la vache laitière commence à ressentir un stress thermique à partir de 21°C environ et le stress ressenti s'intensifie avec l'augmentation de la température (Wolfe, 2012). Lorsque des conditions de température et d'humidité élevées sont maintenues pendant plusieurs jours, elles peuvent affecter la santé (ex. mammite; Hammami et al., 2013) et la reproduction de l'animal. Pour cette dernière, Jordan (2003) rapporte une diminution de la durée et de l'intensité de l'œstrus, et un moins bon développement des follicules et des embryons lors de conditions de stress thermique chez la vache laitière. Ce même auteur rapporte que le stress thermique affecte les performances de reproduction de 42 jours avant jusqu'à 40 jours après l'insémination de la vache. Une telle fenêtre de vulnérabilité aux stress thermiques (82 jours) multiplie le nombre de vaches dans un même troupeau pouvant subir les effets négatifs sur sa reproduction d'un épisode de chaleur.

Les stress thermiques ont aussi des impacts sur l'efficacité d'utilisation des nutriments (Chase, 2005) et sur les performances laitières (Hammami et al. 2013). Par exemple, dans une étude, Hammami et al. (2013) ont utilisé 230 192 données de lactations pour évaluer l'effet du stress thermique sur la production et la composition du lait. Ils ont, de plus, évalué différents indicateurs thermiques combinant minimalement la température et l'humidité (indice de température-humidité [THI], THI ajusté, *heat load index* [HLI], *equivalent temperature index* [ETI], *environmental stress index* [ESI], *comprehensive climate index* [CCI]). Ils ont observé une variation dans l'intensité de la réponse entre une situation de stress thermique faible, modérée ou extrême, mais dans tous les cas une baisse des performances animales était observée. Pour une unité d'augmentation dans les indicateurs thermiques, une diminution de la quantité de lait produite par vache variant entre 0,109 à 0,955 kg/jour était observable. Pour la production de gras, la baisse était de 0,051 à 0,095 kg/jour et pour la protéine 0,013 à 0,062 kg/jour pour chaque augmentation d'une unité dans les indicateurs thermiques. D'autres facteurs peuvent également moduler le stress thermique subit par le bétail comme l'espèce, la taille, le type d'étable et ses caractéristiques (ventilation, changement d'air, densité animale, disponibilité en eau) ainsi que l'utilisation de techniques pour maintenir des conditions propices comme la brumisation et la ventilation (Rötter et Van de Geijn, 1999).

Les changements climatiques anticipés constituent également un facteur indirect qui peut contribuer à la prolifération d'organismes pathogènes tels que les bactéries et les moisissures, affectant divers organes, la réponse immunitaire ainsi que le taux de croissance des jeunes animaux (Nardone et al., 2010). La modification notamment du régime alimentaire, des techniques de rafraîchissement et d'aménagement de la ferme permettra aux vaches laitières élevées au Québec de mieux supporter les périodes de canicule qui pourront survenir avec les changements climatiques anticipés.

### 3.3 Impacts économiques

Les changements climatiques affecteront à long terme l'agriculture de plusieurs façons (Thornton et al., 2009; Heltberg, 2010; Nardone et al., 2010). Par exemple, d'éventuelles modifications dans l'intensité, la durée et la fréquence de certains événements météorologiques extrêmes auraient des répercussions importantes sur les opérations culturales et leur planification tout en affectant la capacité des producteurs à gérer ces risques. Certains de ces événements météorologiques, dont la prévisibilité n'est que de quelques heures, complique la gestion des opérations culturales et peuvent exercer une pression supplémentaire sur des systèmes agricoles déjà fragiles. Par ailleurs, on devrait observer un déplacement des zones climatiques, ce qui nécessitera une adaptation de la part des agriculteurs et, dans certains cas (ex. monoculture du maïs), pourrait menacer la biodiversité. De plus, la présence d'insectes ravageurs, de maladies des cultures et de mycotoxines pourrait s'intensifier avec le réchauffement climatique (FAO, 2008; Gagnon et al., 2011).

Les conditions climatiques ont également des impacts économiques importants dans d'autres pays comme en Australie, où les producteurs laitiers de certaines régions ont vu récemment leurs revenus plonger de façon importante et leurs dettes augmenter à cause d'une grave sécheresse (Tostovrsnik et al., 2011). En Nouvelle-Zélande, les producteurs laitiers sont confrontés à un environnement commercial de plus en plus turbulent, qui présente des risques pour leur survie (International Food and Agribusiness Management Association, 2011). En Suisse, on s'attend à ce que les événements météorologiques extrêmes accentuent les fluctuations des prix sur les marchés agricoles, lesquels pourraient se faire sentir jusqu'au niveau local compte tenu de l'interconnectivité des marchés (OFAG, 2011). En effet, la sécheresse de juin 2012 aux États-Unis a affecté environ 53 % du territoire (Midwest et Ouest), 26 états dont 14 touchés de façon exceptionnelle, et a provoqué de fortes hausses du prix notamment ceux du maïs, du blé et du soya (Cypel, 2012; El Wantan, 2012).

Au Canada, les répercussions économiques potentielles des changements climatiques sur la production laitière sont difficiles à prédire, puisque leur évaluation provient de l'utilisation de différents outils tels que les modèles climatiques, cultureux et économiques qui engendrent une cascade d'incertitudes (Ressources naturelles Canada, 2007; Antle, 2009;). Ceci expliquerait ainsi la grande variabilité des évaluations des répercussions économiques des changements climatiques anticipés. Dans les conditions canadiennes et sans tenir compte des événements extrêmes, un léger réchauffement serait bénéfique sur le plan économique pour l'agriculture (Adams et al., 1999). Par

contre, les résultats économiques globaux pourraient être moins intéressants si on les combine à des événements météorologiques plus intenses (grêle, orage, etc.).

Au Québec, mis à part les données présentées dans les sous-sections précédentes qui traitaient de l'accroissement de la productivité des plantes ou le déplacement de certaines cultures en fonction des changements climatiques, il y a très peu de données concernant les impacts socio-économiques et organisationnels potentiels sur l'agriculture ou sur la production laitière dus à ces changements climatiques. Une analyse a, d'autre part, été menée à partir des données de la Financière Agricole du Québec afin de documenter les impacts financiers de la variabilité et des changements climatiques pour la période 1986 à 2003, ainsi que la vulnérabilité de trois régions du Québec (Bryant et al., 2007). Cette étude a été menée dans les régions du Sud-Ouest (SO) du Québec (Montréal), du Centre-du-Québec (CDQ) ainsi que du Saguenay-Lac-St-Jean-Côte-Nord. Chaque région comprenait une ferme moyenne de grandes cultures (grains) ainsi qu'une ferme laitière. Les résultats indiquent que la région du SO du Québec présente l'avantage le plus important en rapport avec les conditions climatiques futures. Ce même rapport indique que dans le futur, la région CDQ augmenterait sa dépendance aux indemnités d'assurances alors qu'elle diminuerait dans la région SO (Montréal). D'autre part, toujours selon cette étude, l'impact potentiel des changements climatiques serait plus prononcé pour les fermes de grandes cultures que dans le cas des fermes laitières.

L'analyse de données plus générales laisse également penser que la production laitière au Québec possède les outils pour se préparer adéquatement à faire face aux changements climatiques. La ferme québécoise est de taille relativement modeste en comparaison aux entreprises laitières retrouvées dans les autres provinces canadiennes. La production de la province représente toutefois 37 % des recettes monétaires provenant de ce secteur d'activité au pays (CCIL, 2012). Le modèle de fermes familiales est celui qui prévaut dans la province et c'est celui qui est privilégié par la Fédération des producteurs de lait du Québec (FPLQ, 2007). Au cours des dernières décennies, les producteurs québécois se sont adaptés à un contexte changeant et ils ont su notamment composer avec des avancées technologiques importantes qui ont permis d'augmenter la productivité de leurs fermes. Des gains d'efficacité ont permis aux exploitations laitières québécoises d'augmenter leur production tout en réduisant la taille globale du cheptel. Durant la période 2004 à 2011, le nombre de vaches laitières a diminué de 7,3 %, alors que la production de lait a augmenté de 0,2 % (Commission canadienne du lait, 2013). Le système de gestion de l'offre a incité les producteurs à améliorer l'utilisation des ressources, contribuant à l'amélioration de la rentabilité des fermes ainsi que de leur durabilité (ÉcoRessources, 2011). En plus, la stabilité des revenus de la production laitière permet aux producteurs de planifier à plus long terme le capital, la main-d'œuvre

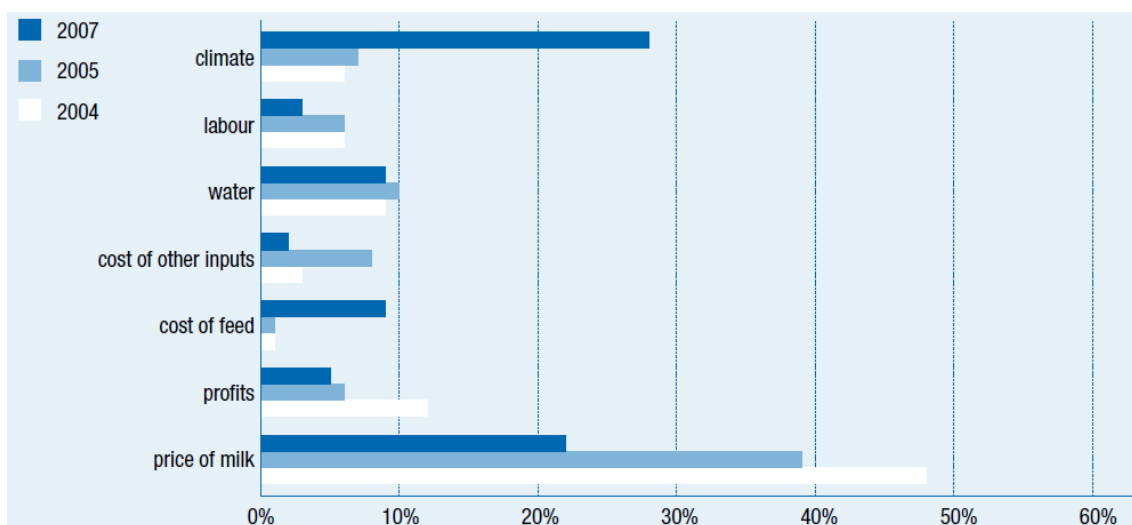
ainsi que la réalisation d'investissements dans la production et les infrastructures (ÉcoRessources, 2011).

La capacité de la production laitière québécoise à faire face au changement sera également fonction de son capital et de son endettement. De 2001 à 2010, les actifs des fermes d'élevage bovin et de production laitière se sont accrus de 58 % au Québec, pour s'établir à un peu plus 2,6M \$, alors qu'ils ont augmenté de 91,2 % en Ontario, pour atteindre un peu plus de 4M \$ (Statistique Canada, 2012). Par ailleurs, le taux d'endettement des fermes québécoises de bovins laitiers et de production laitière est passé de 24,0 % en 2001 à 30,5 % en 2010, alors qu'en Ontario, l'endettement est passé de 18,6 % à 24,0 % et celle de l'ensemble des producteurs canadiens de 21,9 % à 27,4 %. Ce taux d'endettement est pour certains passablement élevé, ce qui pourrait limiter la capacité d'adaptation des producteurs (Nolet, 2005; Levallois et al., 2009).

Avant d'aborder plus particulièrement la capacité d'adaptation des producteurs et de leurs entreprises, il est nécessaire de s'attarder à l'importance qu'accordent les agriculteurs aux changements climatiques.

#### **4. Importances accordées aux changements climatiques en agriculture**

Naturellement sensible aux conditions climatiques, l'agriculture est l'un des secteurs les plus vulnérables aux risques ainsi qu'aux impacts du changement climatique mondial (Ouranos, 2010). La perception des agriculteurs face à cette problématique est toutefois complexe. Les producteurs ont révélé leur potentiel d'adaptation à la variabilité du climat actuel et aux changements climatiques, mais ce facteur n'est pas apparu comme une préoccupation majeure pour ces derniers dans le passé (Bryant et al., 2007; Pearson et al., 2008). En effet, au cours de cette période, la recherche sur l'adaptation agricole a souligné la complexité de l'environnement de prise de décision à la ferme. Cela contribue à expliquer pourquoi l'adaptation aux changements climatiques est apparue comme une réponse accessoire par rapport à d'autres stimulus. Un exemple est fourni par l'industrie laitière australienne qui a vu sa préoccupation face au climat changer suite à des épisodes de sécheresse au cours des années 2004-2007 (Figure 4.1). Un autre exemple est celui des États-Unis où la fonte des glaces dans l'Arctique durant l'été 2007 a été largement diffusée dans les médias, ce qui a rehaussé l'intérêt des agriculteurs par rapport aux changements climatiques (Fraise et al., 2009). Ces résultats ont montré la nécessité d'évaluer les perceptions des agriculteurs face à la variabilité et aux changements climatiques ainsi que leurs stratégies d'adaptation dans le contexte de l'ensemble des stimulus auxquels ils sont confrontés; ce qui demande une approche holistique.



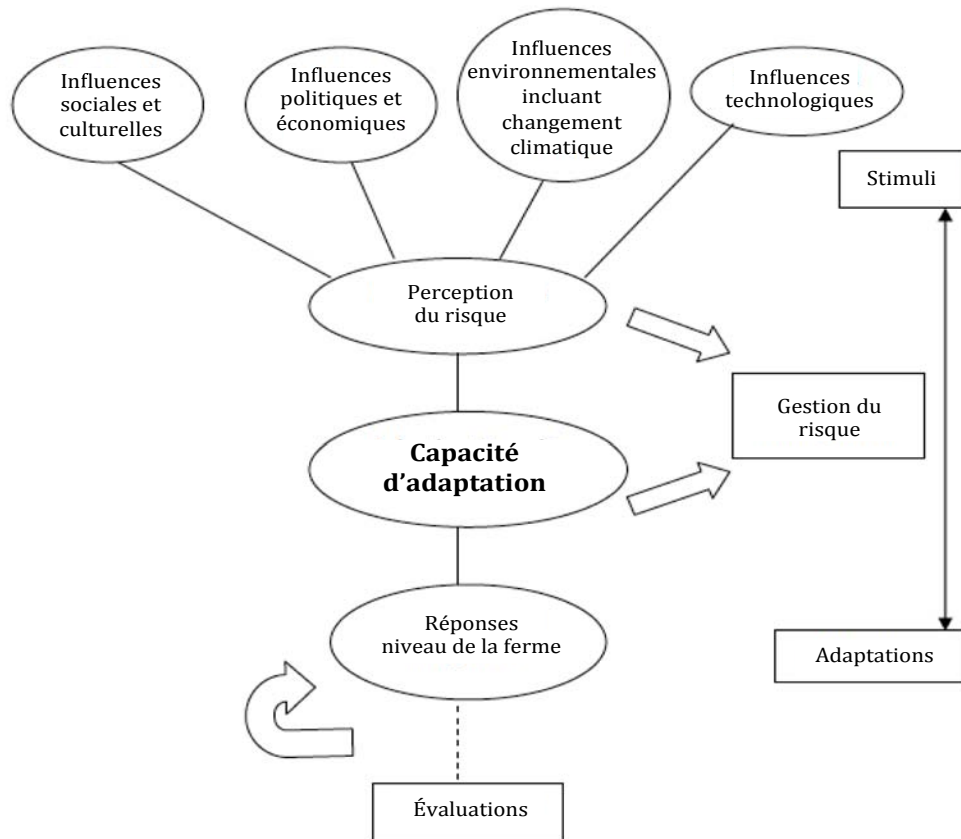
**Figure 4.1. Perception des producteurs laitiers australiens par rapport au plus grand défi de leur ferme pour les années 2004 à 2007**

(tiré de *Australien dairy in focus*, 2007).

Une étude de Tarleton et Ramsey (2008) démontre la complexité dans l'importance accordée à la problématique au niveau de la ferme. Les auteurs posent comme hypothèse que les risques liés aux changements climatiques sont vécus dans le cadre d'un large éventail d'autres influences ou conditions. Ils ont ainsi développé un cadre conceptuel permettant d'analyser l'adaptation à la ferme selon les différentes influences ou types de risque, modèle qu'ils ont appliqué à la région de Parkland au Manitoba (Figure 4.2). Quatre types d'influences sont identifiés : 1) les influences sociales et culturelles, qui peuvent inclure notamment la démographie et le dynamisme de la communauté ainsi que les niveaux d'enseignement ; 2) les influences politiques et économiques qui peuvent inclure le coût des matières premières, des intrants, les taux hypothécaires et des prêts, les programmes de soutien agricole ainsi que les niveaux d'imposition ; 3) les influences environnementales incluent la variabilité et les changements climatiques ainsi que d'autres paramètres telles que les maladies des cultures et la qualité des sols ; 4) les influences technologiques incluent par exemple la disponibilité de cultures ainsi que les innovations mécaniques. Ces stimulus sont ressentis à des degrés divers par les agriculteurs, à des moments différents et indépendamment ou en conjonction les uns avec les autres. Le fait que ces stimulus soient perçus comme positifs (opportunité) ou



négatifs (risque) dépend en grande partie de la perception ou de la vue subjective de la situation par l'agriculteur.



**Figure 4.2. Un cadre conceptuel d'adaptation aux risques, au niveau de la ferme.** (Adapté de Tarleton et Ramsey, 2008)

Le climat est l'un des stimulus que les agriculteurs doivent prendre en compte dans leur stratégie de gestion intégrée des risques. Le climat, en incluant sa variabilité, ses extrêmes et ses éventuels changements est une source omniprésente de risques en agriculture. Par contre, les forces non-climatiques comme les conditions économiques, politiques, environnementales, sociétales et technologiques ont des implications importantes dans la prise de décision dans le domaine agricole (Bryant et al., 2000). Les

conditions non-climatiques peuvent amplifier ou exacerber les risques liés au climat. Elles peuvent également freiner, contrecarrer ou même être plus importantes que les effets climatiques (Smit et al., 2002). Dans le modèle de Tarleton et Ramsey (2006), les agriculteurs perçoivent une gamme de stimulus externes et ils utilisent leur capacité d'adaptation pour gérer le risque perçu. Le secteur agricole a de tout temps montré une énorme capacité d'adaptation face aux stimulus sociaux et environnementaux qui sont similaires aux stimulus de type climatiques (Lemmen et al., 2004). Les impacts potentiels des changements climatiques pourront être amoindris avec la prise de mesures d'adaptations appropriées. Ces mesures devront prendre en compte certains paramètres comme les variables climatiques auxquelles l'agriculture est le plus sensible, le rôle de tous les intervenants (agriculteurs, industrie, politique, consommateurs) dans l'adaptation ainsi que les mesures propices à mettre en place (Lemmen et Warren, 2004).

La compréhension de la perception des agriculteurs face aux changements climatiques est importante dans l'évaluation des impacts climatiques potentiels sur l'agriculture et en particulier, sur la production laitière. Ce facteur doit être pris en compte dans la prise de décision au sein des exploitations afin de développer par la suite des stratégies d'adaptation et d'atténuation dans un but de durabilité économique et écologique (Fraissee et al., 2009). En d'autres termes, les stratégies d'adaptation que les éleveurs sont prêts à instaurer dans leur entreprise découlent de la perception qu'ils ont du changement climatique (Sérès, 2010). Les producteurs agricoles ont montré qu'ils sont capables de s'adapter aux changements et qu'ils continueront à s'adapter. Par contre, la réponse peut se faire de manière préventive ou réactive. La réponse semble dépendre en grande partie des antécédents, des attitudes et des mesures prises individuellement par les producteurs (Rosenzweig et al., 1998; Lemmen et al., 2004; Love et al., 2007).

C'est ainsi que par exemple, certaines caractéristiques personnelles de l'agriculteur comme l'âge, le niveau de formation, l'expérience, la santé et le type d'organisation économique influenceront sa perception face aux changements climatiques ainsi que sa volonté et sa capacité d'adaptation (Sunding et al., 2000; Adger et al., 2007; Berry et al., 2011; Hogan et al., 2011a). Par ailleurs, les stratégies de gestion de risques utilisées par les agriculteurs sont prises dans un cadre décisionnel et d'autres acteurs qui peuvent ainsi modifier les perceptions du producteur (Bryant et al., 2007). En effet, un support monétaire attribué à certaines pratiques peut en motiver l'adoption par les producteurs agricoles (Bryant et al., 2007). Ainsi, au Québec, la définition des régions du Programme d'assurance-récolte ainsi que son coût de participation affectent les évaluations des coûts et des avantages pour l'agriculteur.

L'exposition du territoire à des changements climatiques déjà en cours (vulnérabilité), ainsi qu'à l'intensité et à la fréquence des événements météorologiques extrêmes, constitue également des facteurs qui peuvent intervenir dans la perception qu'ont les producteurs, notamment laitiers, face aux changements climatiques prévus (Nagy, 2012). Ainsi, dans plusieurs régions du monde, la variabilité climatique, actuelle ou anticipée pour les décennies à venir, est perçue par les producteurs comme un défi majeur. C'est notamment le cas des systèmes agricoles ou d'élevages de subsistance, pastoraux et de montagne. Des stratégies d'adaptation seront mises de l'avant si les agriculteurs peuvent reconnaître que les changements climatiques constituent un phénomène différent de la variabilité climatique normale (Nagy, 2012). En France par exemple, les conditions climatiques qui ont déjà commencé à changer en montagne constituent un stimulus qui semble prendre de plus en plus d'importance auprès des producteurs agricoles et notamment les producteurs laitiers (Nettier et al., 2010).

Dans ce pays, une enquête (Sérès, 2010) a été menée auprès de 50 éleveurs de bovins laitiers, provenant de neuf cas types (mode d'alimentation des troupeaux, systèmes en herbe ou en polyculture-élevage, degré d'intensification de production, existence ou non d'alpages, 13 zones morpho-climatiques), afin d'évaluer, notamment, la perception qu'ont les éleveurs face aux changements climatiques. L'enquête a permis de révéler une forte corrélation entre l'exposition des territoires aux changements climatiques déjà mesurables et la perception des éleveurs. Ceux qui proviennent des zones les plus chaudes et les plus sèches ont déclaré percevoir les effets des changements climatiques, alors que certains, qui évoluaient en zones plus fraîches et humides, n'envisageaient pas l'existence du phénomène. Les éleveurs des zones les plus chaudes ont fourni des indicateurs d'impacts riches et variés, comme les décalages phénologiques de la végétation, les modifications de la composition florale des prairies ou encore, les nouvelles pressions provenant de ravageurs ou de maladies sur les cheptels. Ces agriculteurs se disaient en général inquiets et parlaient « d'évidence » en ce qui a trait de l'existence d'un changement. Dans le cas des agriculteurs des zones les plus fraîches et les plus humides, les avis étaient plus partagés. Certains éleveurs déclaraient percevoir les effets des changements climatiques, beaucoup n'envisageaient pas l'existence du phénomène et la plupart d'entre eux associaient les événements des dernières années comme de simples aléas.

L'étude de Sérès (2010) a également permis de mettre en évidence un effet de « voisinage » entre territoires. Les producteurs des zones les plus affectées par les changements climatiques ont été ceux qui ont innové ou qui ont mis en œuvre un certain nombre de leviers pour permettre le maintien des activités agricoles, notamment en ayant recours à de nouvelles espèces ou à de nouvelles pratiques. À l'opposée, les

producteurs qui opéraient sur des territoires où les changements ne sont pas encore notables et qui disposaient d'un accès à l'eau suffisant ont plutôt recours à des ajustements plutôt qu'à la mise en place de véritables innovations.

Au Canada, des entrevues réalisées auprès des producteurs et des groupes de réflexion ont permis de constater qu'au début des années 2000, la collectivité agricole du pays se souciait peu des changements climatiques (Chiotti et al. 1997; Brklacich et al., 1998; Bryant et al., 2000; Lemmen et al., 2004). Les producteurs avaient confiance en leur capacité d'adaptation et ils étaient davantage préoccupés par d'autres facteurs, notamment financiers et économiques (Bryant et al., 2000; André et Bryant, 2001). Toutefois, cette attitude ne signifie pas que les agriculteurs ne s'adapteront pas aux changements climatiques, mais cette adaptation sera secondaire par rapport à leur ajustement vis à vis d'autres stimulus, qui doivent être pris en compte dans leur stratégie globale de gestion du risque. Toutefois, ceci n'a pas empêché des régions comme les Prairies canadiennes de considérer les changements climatiques comme un sujet à développer.

Des études ont montré que la perception du risque liée au climat semble varier en fonction de la production, les cultures commerciales étant perçues plus à risque que les productions animales (Wall et al., 2004). Une étude (Stroth consulting, 2005) menée en Alberta a permis de mettre en évidence une variété de points de vue, allant du scepticisme jusqu'à l'observation précise des changements climatiques. Par ailleurs, dans une étude (Myers, 2008) réalisée au Manitoba, les producteurs ont indiqué que la variabilité du climat semble être en hausse. Toutefois, les réponses données n'ont pas été aussi homogènes pour attribuer les conditions météorologiques extrêmes à un phénomène de changements climatiques (Myers, 2008). Il est possible que des événements extrêmes, tels que la sécheresse de 2001, ainsi que les coûts qu'elle a engendrés, modifient l'attitude des producteurs à l'égard des changements climatiques, en particulier s'ils les considèrent comme un avant-goût de ce que l'avenir leur réserve. En effet, les sécheresses répétitives ont sollicité de façon importante la capacité d'adaptation du secteur agricole. Une autre étude conduite au Manitoba par Tarleton et Ramsey (2008) a évalué la perception des agriculteurs face aux changements climatiques et comment ils s'insèrent dans leurs stratégies de gestion des risques. L'étude révèle que 83 % des agriculteurs étaient préoccupés par les changements climatiques. Par ailleurs, près de la moitié des agriculteurs ont perçu le changement climatique comme un changement de la variance climatique, notamment la variabilité interannuelle de la longueur de la saison de croissance. Les adaptations les plus fréquentes portent notamment sur les changements dans les types et les variétés de cultures.

Au Québec, une étude a été réalisée sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques de producteurs laitiers (Bryant et al., 2007). Basée sur l'analyse systématique des réclamations effectuées par les agriculteurs auprès du Programme d'assurance-récolte du Québec, cette étude a permis d'identifier et de déterminer l'importance relative des différentes causes climatiques expliquant les pertes encourues. Cette étape a permis de sélectionner un nombre limité de types de cultures (maïs-grain, orge, foin et légumes) et trois régions dans lesquelles entreprendre des analyses plus détaillées. Les régions Sud-Ouest du Québec (SO), Centre-du-Québec (CDQ) et Saguenay-Lac-Saint-Jean (LSJ) ont été choisies. Deux groupes de discussions ont ensuite été organisés dans chacune des régions, comportant un groupe d'agriculteurs et un autre constitué de professionnels en lien avec l'industrie agricole. Selon les résultats de l'étude, les producteurs de la région SO reconnaissaient les impacts d'une plus grande fréquence d'évènements climatiques extrêmes, mais ils étaient plus préoccupés par d'autres paramètres dans leur environnement de prise de décisions tels que le taux d'intérêt, les politiques gouvernementales, ainsi que les échanges commerciaux. Les évènements climatiques qui préoccupent les producteurs sont principalement l'excès de pluie (SO), le manque de neige (LSJ) et les basses températures durant l'été (CDQ). Les perceptions enregistrées chez les groupes de producteurs et celles livrées par les professionnels d'une même région étaient comparables. L'étude a de plus permis de mettre en lumière la nécessité d'avoir recours à une approche holistique dans un cadre décisionnel agricole, adaptée à chaque région, si l'on désire comprendre les perceptions ainsi que les adaptations susceptibles d'être employées en rapport avec les changements climatiques.

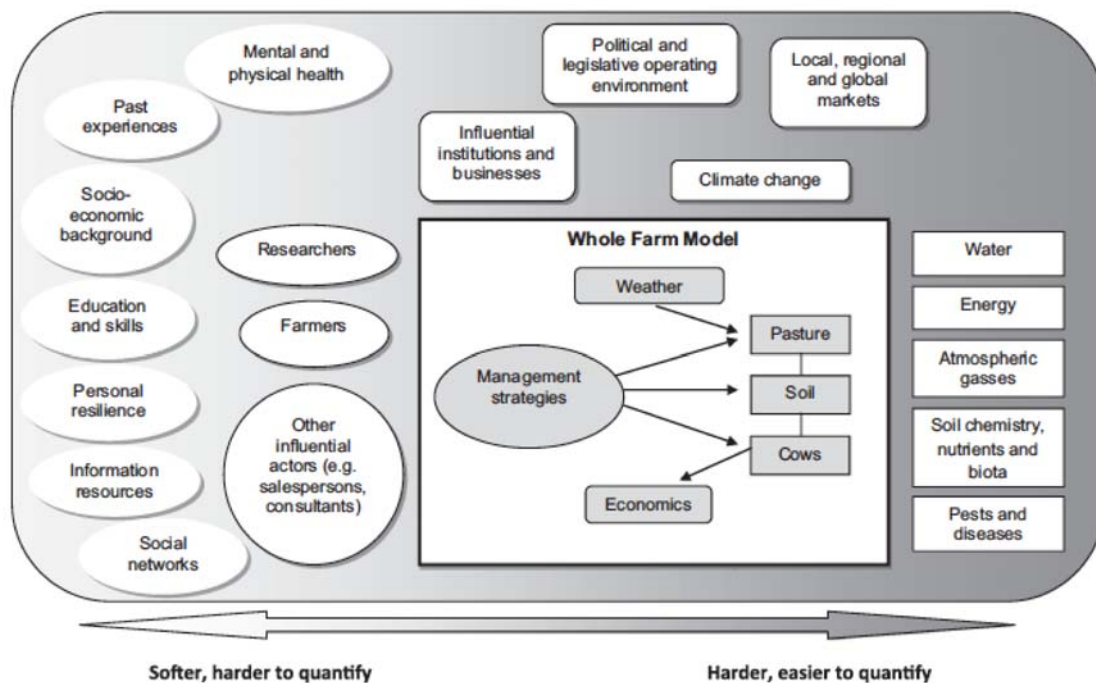
La littérature consultée démontre que la sensibilisation aux changements climatiques, par des problématiques rapprochées du quotidien des producteurs, rendent plus enclin ces derniers à s'adapter à plus long terme plutôt qu'à réagir seulement à court terme. Les incertitudes des évolutions climatiques en ce qui a trait à l'ampleur, la fréquence et à la localisation des changements prévus permettent, encore aujourd'hui, une latitude dans la perception de la problématique (Sérès, 2010). Par contre, cela pourrait se préciser avec l'évolution de la science du climat (Hogan et al., 2011a).

## **5. Capacité d'adaptation en agriculture**

### **5.1 Capacité des producteurs agricoles face aux changements de situation**

Le secteur agricole fait face depuis toujours à des influences ou à des contraintes de divers types telles que les facteurs environnementaux, dont les variations climatiques, les évènements extrêmes et les conditions biophysiques (sols, eau, biotopes), politiques et

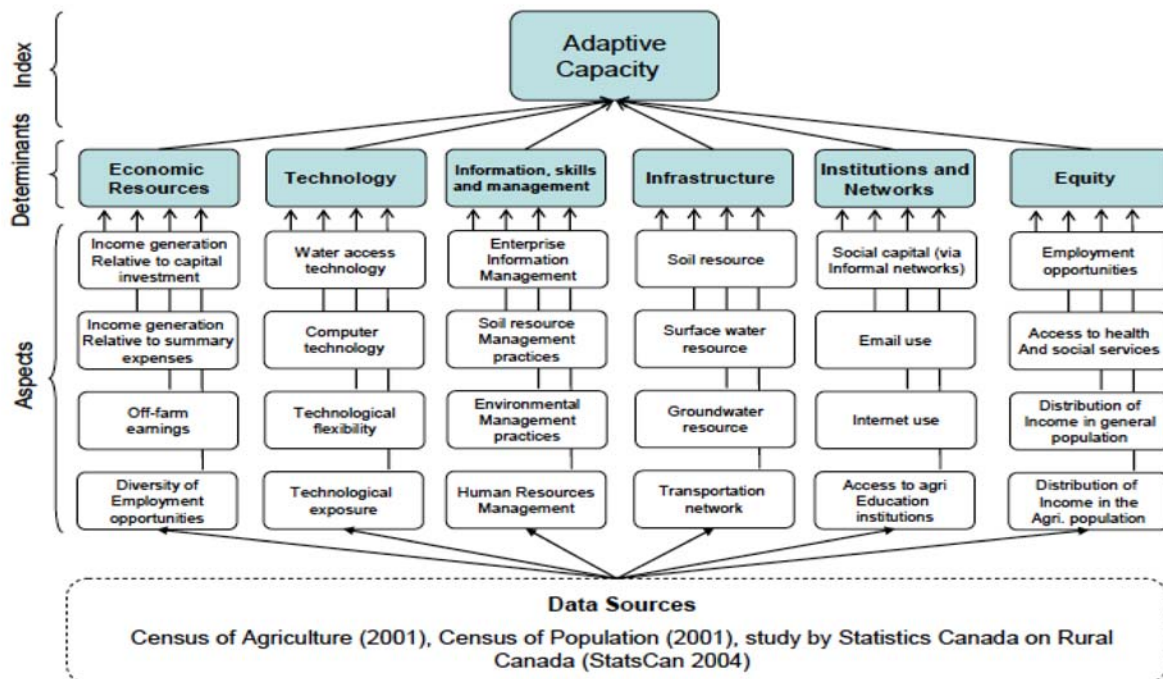
législatifs, économiques, sociaux-culturels ainsi que techniques (Figure 5.1) (Nelson et al., 2007; Tarleton et al. 2008; Laullau et al., 2009; Kalaugher et al., 2012). Il semble évident qu'avec la mondialisation, les sources d'incertitudes se diversifient et que le rythme des changements augmente (Urry, 2005). Au cours des dernières années, le contexte agricole à l'échelle mondiale a changé rapidement et il est devenu de moins en moins prévisible. On peut penser notamment aux fluctuations importantes des prix des produits agricoles, aux exigences de qualité accrues, aux nouvelles réglementations environnementales, à la problématique des cultures à des fins énergétiques, aux variations climatiques, à la révision de certaines politiques agricoles (quotas) ainsi qu'aux conséquences des crises financières (Darnhofer et al., 2005; Milestad et al., 2012).



**Figure 5.1. Conceptualisation de la mise en place du modèle agricole dans son ensemble (« Whole Farm Model ») par rapport à des éléments d'un système agricole moins faciles et plus faciles à quantifier (Tiré de Kalaugher et al., 2012)**

La capacité d'adaptation des systèmes agricoles face aux changements de situation est fonction, entre autres, de la nature, de l'intensité, de la variabilité et de la rapidité du changement, non seulement du climat, mais aussi, de l'état des écosystèmes locaux ainsi que de la perception du changement par les principaux acteurs, un facteur important

dans la gestion du risque. La capacité d'ajustement sera également fonction des ressources financières, de la disponibilité en terres fertiles et en eau, du système de gestion de l'entreprise, ainsi que du cadre socio-économique, technologique, informationnel, environnemental et d'équité dans lequel les producteurs évoluent (Figure 5.2) (Smit et al., 2003; Lemmen et al., 2004; Swanson et al., 2007; Moser et al., 2008; Tarleton et al., 2008; Laulau et Thibaut, 2009; Sérès, 2009; Fleming et al., 2010; Ouranos, 2010; Nagy, 2012). Une fois les risques perçus, les agriculteurs peuvent choisir de gérer la situation, en fonction de leurs capacités d'adaptations propres, notamment sur le plan technologique, financier, social ou environnemental. Pour le secteur agricole, les stratégies d'adaptations lui permettant de réduire sa vulnérabilité, incluent les développements technologiques, les programmes gouvernementaux, les pratiques agricoles ainsi que la gestion financière agricole (Lemmen et al., 2004).



**Figure 5.2. Cadre pour la capacité d'adaptation au changement climatique dans les Prairies canadiennes.** (Tiré de Swanson et al., 2007)

### 5.1.1 Impact de l'ampleur du changement et de la vulnérabilité

L'ampleur ainsi que la vitesse des changements qui touchent l'agriculture, créent de l'incertitude par rapport à la capacité des systèmes agricoles et des agriculteurs à faire

face aux évènements inattendus, à s'adapter aux nouveaux développements et à profiter des nouvelles situations (Darnhofer et al., 2010). La capacité des agriculteurs à planifier à l'avance et à gérer leur entreprise dans une optique de durabilité s'en trouve donc affectée. En effet, selon Darnhofer et al. (2010), la libéralisation et la mondialisation des échanges qui entraînent une augmentation de l'interdépendance des marchés et des secteurs, risquent d'entraîner des changements plus marqués et imprévisibles au niveau des politiques gouvernementales qui pourront avoir un impact important sur le secteur agricole, notamment sur la stabilité des prix et des importations.

La vulnérabilité de l'agriculture face, par exemple, aux changements climatiques constitue un facteur important qui influence la capacité des fermes à s'adapter aux changements (Kalaugher et al., 2012). Lorsque les risques climatiques augmentent et que la capacité d'adaptation est faible, la vulnérabilité augmente (Twaites et al., 2008). Les variations climatiques font partie depuis toujours, des préoccupations quotidiennes des producteurs agricoles. Par contre, leur capacité d'adaptation aux impacts potentiels des changements climatiques attendus est très variable selon la région du globe (Smit et al., 2003). La modification de la fréquence et de l'intensité des évènements extrêmes, affectera les systèmes agroalimentaires, notamment l'agriculture et l'élevage, de tous les pays qu'ils soient exportateurs, importateurs ou de subsistance (FAO, 2008). Les changements climatiques n'auront pas la même intensité et vitesse partout sur la terre et les impacts potentiels sur l'agriculture (terres, eau, cultures, animaux) et les populations ne se feront pas sentir de la même façon (Thornton et al., 2007; Nardone et al., 2010). En effet, certains pays sont plus vulnérables puisqu'ils sont situés dans des régions de type tropical qui sont aux prises depuis plusieurs années déjà avec des sécheresses et d'autres évènements climatiques extrêmes. Des impacts importants sont donc à prévoir lorsque les changements dépasseront les seuils critiques qui correspondent aux limites supérieures et inférieures de la fourchette d'adaptation des systèmes (Lemmen et Warren, 2004). À l'inverse, un système doté d'une forte capacité d'adaptation, c'est-à-dire apte à tirer des leçons de l'expérience et à appliquer des stratégies qui permettent d'atténuer les conséquences d'évènements semblables, pourra s'accommoder des changements climatiques et possiblement prendre avantage des nouvelles conditions. La vulnérabilité d'un système est donc fonction de son exposition aux impacts, notamment du climat, de sa sensibilité à ces impacts et de sa capacité de s'adapter (Yohe et al., 2002) .

Les agriculteurs canadiens peuvent être définis comme ayant une capacité d'adaptation élevée (Tarleton et al., 2008). En effet, le secteur est bien encadré, les ressources sont disponibles et elles devraient être mises à contribution afin de conserver une capacité d'adaptation optimale pour répondre aux changements climatiques anticipés. Des mesures pourront également être améliorées, notamment dans les secteurs des



prévisions météorologiques, du système d'alerte des ravageurs ainsi que dans le domaine de la formation et de l'information aux agriculteurs.

### **5.1.2 Impact de l'individu**

Plusieurs facteurs interdépendants conditionnent la réaction des humains face au stress (Lemmen et al., 2004). Dans l'évaluation de la capacité d'adaptation des agriculteurs face au changement, on doit non seulement évaluer leur aptitude à s'adapter, mais également leur désir réel à le faire. La capacité d'adaptation des producteurs dépend notamment de leur perception des changements, de leurs caractéristiques personnelles de leur attitude face au changement, de la vision qu'ils ont de leur entreprise, du contexte économique de la filière ainsi que du cadre social et professionnel (Sérès, 2010).

Les caractéristiques personnelles (capital humain) des producteurs influencent leur capacité à réagir et à s'adapter à une situation plus ou moins prévisible, comme le changement de prix des intrants, le climat actuel ou les changements climatiques anticipés ainsi que la fin des systèmes de quotas (Europe : démantèlement progressif de 2003 à 2015). Ainsi, un agriculteur qui possède une bonne formation, de bonnes compétences, notamment en gestion, une expérience variée ainsi qu'une attitude « offensive » aura plus de chance de mettre en place des mesures d'adaptation appropriées en temps opportun (Lemmen et al., 2004; Nelson et al., 2007; Tarleton et al., 2008; Sérès, 2010; Darnhofer et al., 2010).

Girard (1995) a défini quatre types d'attitude de l'agriculteur face à l'aléa climatique : 1) l'éviter, en agissant directement ou indirectement sur ses causes, par exemple contrer la sécheresse en irriguant ou en utilisant un système de producteur hors-sol ; 2) l'atténuer, en diversifiant les ressources végétales et les activités qui permettent de réduire les effets d'une sécheresse saisonnière sur le revenu ; 3) le contourner, par exemple en sur dimensionnant les pâturages ou en achetant du foin afin de répondre aux besoins du troupeau ; 4) réagir rapidement aux effets de l'aléa climatique, par exemple en divisant le troupeau en lots plus petits pour profiter des plus petites parcelles pastorales. Un stimulus, comme ici le changement climatique, n'est qu'un des nombreux facteurs qui influencent les décisions des producteurs agricoles ainsi que le mode de transformation des exploitations (Nettier et al., 2010).

Les agriculteurs sont tous différents, notamment en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques et de leurs capacités (Emtage et al., 2006). L'âge et l'état de santé des producteurs agricoles constituent deux facteurs importants pour demeurer en affaire et s'adapter aux changements (Drought Policy Review Expert Social Panel, 2008). Berry et coll. (2011) ont trouvé que l'âge peut être un obstacle au maintien du travail à la ferme,

mais seulement dans le cas des agriculteurs qui avaient rapporté une faible santé. En effet, chez les agriculteurs plus âgés, mais en bonne santé, le facteur âge n'a pas influencé leur décision de s'adapter. Les problèmes de santé sont donc un facteur important à considérer lors de la conception de programmes et de politiques à l'intention des agriculteurs.

Plusieurs facteurs peuvent affecter la santé des agriculteurs comme le niveau d'endettement, la viabilité financière de leur entreprise ainsi que la variabilité du climat (Berry et al., 2011). La variabilité climatique a un impact sur la vulnérabilité socio-économique des entreprises, notamment sur leur capacité de production et donc sur leurs revenus. La variabilité climatique et des revenus contribuent ainsi à la vulnérabilité de la santé mentale des producteurs (Capon et al., 2009). La littérature présentée dans l'article de Berry et coll. (2011) montre que les agriculteurs australiens ont une moins bonne santé que les autres habitants, peut-être en raison de la moyenne d'âge plus élevée des producteurs. Cet état de santé, mentale en particulier, a été miné par un désavantage socio-économique découlant notamment des impacts climatiques. Des aspects psychosociaux de bien-être, tels que le soutien social, le sentiment d'appartenance, la confiance et la réciprocité sont également associés à la santé des agriculteurs.

La santé psychologique est un élément essentiel de la résilience qui est un réservoir et un capital social qui fournissent la volonté ainsi que la force mentale pour faire face à l'adversité (Drought Policy Review Expert Social Panel, 2008). Les conditions et les conséquences économiques qui en découlent semblent affecter la résilience, en érodant les opportunités pour les processus sociaux qui permettent de maintenir le capital social et de soutien. Ainsi, lorsqu'un événement climatique extrême se produit, comme une sécheresse persistante, il affecte non seulement les entreprises agricoles, mais également les communautés dans lesquelles les gens dépensent leur argent et participent (International Food & Agribusiness Management Association, 2011). L'événement climatique a donc un impact négatif sur la capacité des membres d'une communauté rurale, notamment à travailler ensemble pour le bénéfice de toute la communauté afin de la maintenir vivante (Drought Policy Review Expert Social Panel, 2008).

En plus d'être influencés par la personnalité des agriculteurs, leurs préférences, leurs compétences et leur santé, les choix des agriculteurs sont aussi forgés par les normes sociales, l'environnement naturel (Love et al., 2007; Love et al., 2009; Darnhofer et al., 2010) et leur capacité à créer des liens avec l'extérieur, comme par exemple de puiser de l'information auprès des agriculteurs voisins pour adapter leur entreprise au changement (Tarnoczi, 2010). Les sources sociales et l'expérience personnelle sont considérées

cruciales pour l'apprentissage de l'adaptation, notamment en rapport avec les changements climatiques.

Dans l'évaluation de la capacité d'adaptation des producteurs, on se doit également d'évaluer leur prédisposition à s'adapter (Lemmen et Warren, 2004). Une étude par grappe réalisée chez des producteurs laitiers australiens (Hogan et al., 2011b) a montré que la majorité des producteurs (55 %) questionnés étaient activement engagés dans une démarche d'adaptation aux changements climatiques malgré un revenu et des ressources plus faibles. Ce groupe était également caractérisé par le fait qu'ils avaient été touchés par une problématique climatique. En contrepartie, près du quart des producteurs (26 %), ceux qui n'avaient pas été touchés par la problématique climatique, étaient les moins disposés à s'adapter aux changements climatiques. Ces producteurs étaient ceux en meilleure santé et possédant le plus de ressources. Finalement, un troisième groupe (19 %) était formé de jeunes producteurs désireux de s'adapter aux changements climatiques mais ne possédant pas les ressources et la santé pour le faire. Donc en plus de l'intérêt pour l'adaptation, les ressources de la ferme ont également un impact sur l'ampleur possible de l'adaptation mise en place.

### **5.1.3 Impact du type de gestion d'entreprise**

En plus des caractéristiques des producteurs, la capacité d'adaptation des entreprises agricoles face aux changements, qu'ils soient climatiques ou autres, repose sur divers aspects reliés à l'entreprise (Lallau et Thibaut, 2009). Elle dépend notamment du type de production, du projet d'évolution de l'exploitant agricole, du type de gestion, de la santé financière de l'entreprise ainsi que de l'utilisation de techniques de renforcement de sa capacité à faire face au changement. D'après une enquête (Sérès, 2010b) menée auprès d'exploitants agricoles alpins, le projet d'évolution de l'exploitant est l'un des facteurs importants qui joue sur la façon dont les éleveurs appréhendent, dans ce cas-ci, l'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, la vision qu'ils ont de leur métier et du projet d'avenir de leur exploitation va modeler les stratégies d'adaptation aux changements climatiques qu'ils vont privilégier.

Le type d'exploitation de même que l'approche de production conditionnent le choix des méthodes qui peuvent être utilisées pour s'adapter. Darnhofer et al. (2010) distinguent trois grands types de gestion agricole que l'on retrouve dans les recherches actuelles, dans la formulation de politiques ainsi que dans la pratique : 1) l'approche de type ingénierie ; 2) l'approche systémique et 3) l'approche par gestion adaptative. Selon ces auteurs, le type de gestion influence l'adaptation possible des fermes.

Basée sur l'approche d'ingénierie, l'amélioration de la production agricole et animale repose sur des principes d'efficacité, de constance et de prévisibilité. L'objectif de cet

approche est de contrôler les procédés afin de réduire la variation naturelle du système de production et ainsi, d'assurer un approvisionnement efficace et stable de biens et de services (Holling et Meffe, 1996; Okey, 1996; Darnhofer et al., 2010). Lorsqu'une faible productivité ou une menace provenant de ravageurs est identifiée, une solution de type technologique est développée pour parvenir à des résultats prévisibles. L'amélioration de la capacité d'adaptation est limitée par une approche d'ingénierie pour la gestion en milieu agricole puisque cette approche tend à simplifier la ferme et à favoriser une spécialisation des exploitations. Leur faible diversité limite la capacité de ces exploitations à s'adapter au changement, notamment sociétal (Darnhofer et al., 2010).

L'approche systémique se caractérise généralement par une plus grande sensibilité face à la complexité et à la variabilité de l'environnement agricole. Dans cette approche, les économistes reconnaissent les limites de l'utilisation d'une approche décisionnelle rationnelle, l'hétérogénéité des agriculteurs et le fait que la ferme doit être prise comme un système (Bawden, 1995; Hubert et al., 2000; Norman, 2002; Darnhofer et al., 2010). Les scientifiques ont reconnu que les composantes socio-économiques d'une exploitation agricole doivent aussi être considérées, en plus des composantes biophysiques, dans une approche interdisciplinaire, systémique et comportant une analyse des sensibilités (Biggs, 1985; Dent et al., 1995; Darnhofer et al., 2010; International Food & Agribusiness Management, 2011). Il y a une reconnaissance accrue de l'hétérogénéité des aspects sociaux entre les fermes et donc de l'importance des perceptions et des objectifs des fermiers (Biggs, 1985; Lev et Campbell, 1987; Commandeur, 2006; Brodt et al., 2006; Ondersteijn et al., 2006; Darnhofer et al., 2010). Lié à cette nouvelle reconnaissance, les économistes ont accepté que le comportement des agriculteurs ne puisse pas être compris uniquement par la maximisation du profit (Colin et Crawford, 2000; Darnhofer et al., 2010). De leur côté, les fermiers et leur famille tiennent compte également de leurs préférences à long terme, leur sécurité, leur style et qualité de vie (Brossier et al., 1991; Gafsi et Brossier, 1997; Darnhofer et al., 2010).

L'approche par gestion adaptative se caractérise par les différentes questions reliées à la durabilité écologique et aux aspects socio-économiques de l'agriculture. Cette approche s'intéresse aux impacts environnementaux et sociaux à long terme qui apparaissent de plus en plus évidents avec les systèmes agricoles intensifs. Cette approche vise à mieux équilibrer les objectifs à court terme d'augmentation de productivité, avec les objectifs à long terme de durabilité écologique, économique et sociale des systèmes agricoles (Darnhofer et al., 2010).

La théorie des systèmes adaptatifs complexes est une autre approche intégrée dans la précédente qui vise à comprendre les impacts du changement en cours et de l'imprévisibilité du changement (Ison et al., 1997; Levin, 1998; Holling, 2001; Manson,

2001; Darnhofer et al., 2010). Les systèmes adaptatifs complexes sont des systèmes qui comportent de nombreuses composantes et agents qui interagissent simultanément, qui s'adaptent ou qui apprennent à partir de leurs interactions (Darnhofer et al., 2010). Ceci permet de comprendre comment les entreprises interagissent avec leur environnement, comment le passé influence le comportement actuel, comment les composantes interagissent et la façon dont la fonction est maintenue en cas de remplacement des composantes (Cilliers, 2005; Trigeorgis, 2005; Darnhofer et al., 2010). Les connaissances provenant des études des systèmes adaptatifs complexes et de gestion peuvent accroître notre compréhension de l'adaptabilité, de la résilience et de la pérennité des systèmes agricoles.

Encore selon Darnhofer et al. (2010), les études en gestion indiquent que trois caractéristiques principales permettent à un système socio-écologique de renforcer sa capacité d'adaptation aux changements rapides et imprévisibles ainsi qu'au changement à long terme; ce sont la capacité du producteur d'apprendre, la flexibilité du système et la diversité.

1) La capacité d'apprendre du producteur par l'entremise de l'expérimentation avec le suivi des résultats lui permet de trouver des solutions valables pour chaque problème rencontré. Certaines peuvent être plus utiles que d'autres, en fonction par exemple de ses priorités, du type d'agriculture pratiqué ainsi que du contexte. L'apprentissage est fondé sur une compréhension de la réalité relationnelle, permettant une nouvelle perspective des défis et laissant entrevoir de nouvelles possibilités. Ainsi, des résultats inattendus, des expériences menées pour tester des hypothèses et des systèmes de surveillance par rétroaction permettent aux producteurs agricoles d'en apprendre un peu plus sur les systèmes agronomiques, la dynamique des institutions sociales ainsi que sur le potentiel et les limites des technologies et des processus, pour ensuite adapter leur gestion (Pelling et High, 2005; Darnhofer et al., 2010). Une partie importante de l'apprentissage se concrétise par l'entremise de discussions avec les autres producteurs, notamment les plus âgés (Berkes et Folke, 2002; Darnhofer et al., 2010). Dans un environnement d'apprentissage collectif, les idées ainsi que les résultats sont partagés. L'apprentissage bénéficie également de la combinaison de différents types de connaissances (empiriques, expérimentales ; Scoones et Thompson, 1994; Darnhofer et al., 2010), de l'extension de la connaissance de structure à la connaissance de la fonction, de la connaissance de la dynamique des systèmes complexes et de la compréhension de la complémentarité entre différents systèmes de connaissance tels que scientifiques et traditionnels (Folke et al., 2003; Darnhofer et al., 2010). Il est important de favoriser la diversité des systèmes de connaissances afin que les agriculteurs puissent bénéficier de la comparaison des diverses sources d'informations et des perceptions provenant d'autres groupes sociaux,

par exemple par l'intermédiaire d'organismes communautaires et d'un emploi non agricole (Folke et al., 2003; Darnhofer et al., 2010). Ceci permet aux producteurs d'accéder entre autres à des informations variées, des visions différentes du monde et des tendances sociétales qui peuvent leur permettre d'apprendre de nouvelles façons d'interpréter et d'expliquer les phénomènes et donc, de découvrir de nouvelles options pour agir (Ison et al., 2000; Ondersteijn et al., 2006; Darnhofer et al., 2010; International Food & Agribusiness Management, 2011).

2) La flexibilité d'un système agricole caractérise sa capacité d'adaptation face à un contexte incertain, tout en assurant les exigences de la durabilité (p.e. viabilité, vivabilité, transmissibilité, respect de l'environnement) (Milestad et al., 2002; Love, 2009; Darnhofer et al., 2010; Institut de l'élevage, 2010). Pour l'agriculteur, la flexibilité lui permet de sécuriser son revenu face à divers contextes difficiles et incertains, notamment économique. Cela lui permet également d'anticiper sur l'évolution du contexte et d'effectuer des choix qui sont compatibles avec l'ensemble de ces paramètres (Sérès, 2010; Darnhofer, 2010). Selon Kalaugner et al. (2012), la réussite de l'adaptation aux changements climatiques dépendra de l'action individuelle des agriculteurs et de leur flexibilité dans l'application de nouvelles stratégies de gestion. L'accroissement de la flexibilité de l'entreprise permet d'augmenter les options dans un contexte mouvant, afin de favoriser le développement de nouvelles activités sur la ferme et la réduction des risques (Darnhofer et al., 2010). On distingue deux types de flexibilité : la flexibilité opérationnelle désigne la capacité d'un système à utiliser des changements à court terme lorsqu'il est soumis à des événements inattendus, par exemple l'horaire de travail en fonction des conditions météorologiques ; la flexibilité stratégique réfère à des choix ainsi qu'à une capacité de changer la structure, les ressources et les compétences de la ferme, des choix qui sont effectués à long terme afin de réagir à des changements de son environnement, par exemple la création de nouveaux projets d'entreprise. Dans les systèmes de production, trois sources de flexibilité sont identifiées : la diversité et l'interchangeabilité des produits, l'organisation du travail et des systèmes techniques ainsi que la spécificité des entrées, les différentes sources d'entrées pouvant être combinées ou substituées (Colin et Crawford, 2000; Darnhofer et al., 2010). Les agriculteurs doivent donc constamment s'ajuster afin de maintenir la cohérence de leur ferme. Ils doivent maintenir des sources diverses de flexibilité à court, à moyen et à long terme, par exemple les sources de fourrage, le type et la qualité des produits, la charge de travail, la structure de production animale et l'emploi hors ferme.

3) La diversité permet de créer une marge de manœuvre pour faire face à la variabilité liée à la flexibilité, la diversité vise le développement continu ainsi que la gestion d'un ensemble de solutions de rechange, c'est à dire de capacités, de possibilités et de relations

(Darnhofer et al., 2010; International Food & Agribusiness Management, 2011; Milestad et al., 2012). La gestion de systèmes complexes et l'incertitude liée aux conditions futures favoriseraient la répartition des risques. Ainsi, les potentiels de développement et de réorganisation d'une ferme sont fonction de la diversité des activités co-existantes, de son répertoire d'options de rechange et des activités innovantes (Smit et Trigeorgis, 2006; Darnhofer et al., 2010). Cette diversité joue un rôle important et constitue une marge de manœuvre pour la réorganisation et le renouvellement qui suit une perturbation (Folke et al., 2003; Darnhofer et al., 2010). Les ressources d'une ferme peuvent être investies dans une panoplie de projets, dépendant de la diversité des possibilités offertes par le contexte. Des exemples de diversité sont des travaux hors de l'activité principale (acériculture, déneigement, etc.), l'emploi d'un membre de la famille à l'extérieur de la ferme ou encore, le développement de produits de créneau. Ainsi, même si l'accent est mis sur la ferme, le contexte dans lequel évolue l'entreprise permet de façonner les options disponibles et de rendre la ferme et la communauté plus fortes. Cependant, des recherches sont nécessaires afin de comprendre la diversité, les activités multiples, la coordination et l'interaction entre les activités principales sur la ferme, notamment en rapport avec l'organisation du travail (Fiorelli et al., 2007; Maldelrieux et Dedieu, 2008; Darnhofer et al., 2010). En effet, les agriculteurs se plaignent de plus en plus de la surcharge de travail, sans pouvoir compter sur des fins de semaine et des vacances. Dans une étude canadienne (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1998), plus de la moitié des producteurs agricoles interrogés (51 %) affirmaient ne pas avoir beaucoup de temps libres pour les loisirs. La diversification à la ferme comporte différents défis : coordonner les pics de travail, assurer la souplesse afin de faire face aux événements imprévisibles et assurer la qualité de vie de tous les membres de la famille à travers une vie professionnelle satisfaisante.

Les auteurs de cette étude (Darnhofer et al., 2010) terminent en expliquant qu'un coût est associé à la mise en œuvre de ces stratégies et demande de la part des agriculteurs un compromis entre l'efficacité et l'adaptabilité de leur entreprise, sans quoi, ils ne peuvent pas assurer la pérennité de leurs exploitations. Le défi pour le gestionnaire des exploitations est de maintenir un équilibre entre l'adaptation à long terme avec celle à court terme (Lev et Campbell, 1987; Giampietro, 1997). L'adaptabilité n'est plus seulement un facteur de renforcement sur le plan de la compétitivité sur les marchés, mais elle est devenue un aspect essentiel de la survie des fermes. Les exploitations et les systèmes agricoles subissent une réorganisation constante, avec des phases de modifications plus ou moins importantes. L'apprentissage, la flexibilité ainsi que la diversité nécessitent des ressources. Assurer la durabilité économique, sociale et

écologique des exploitations agricoles est un processus d'adaptation dynamique et complexe dans lequel les stratégies et les contextes co-évoluent (Darnhofer et al., 2010).

#### **5.1.4 Options et stratégies d'adaptation**

Les stratégies ou mesures d'adaptation employées par les agriculteurs lors d'un changement de situation ou d'un risque, par exemple climatique, sont majoritairement rapportées dans le cadre de la gestion des risques économiques. Les stratégies sont spécifiques à chaque situation et emplacement compte tenu des spécificités de fonctionnement des exploitations et des moyens de production engagés (Smit et Wall, 2003; Sérès, 2010; Clement et al., 2011). Elles sont donc élaborées et ajustées à chacune des situations agricoles. Dans le cas des changements climatiques, l'élaboration de stratégies d'adaptation dans le domaine agricole doit prendre en compte l'exposition du territoire aux changements climatiques, le type de pratique locale de l'agriculture, ainsi que les ressources disponibles.

Le recours à des mesures d'adaptations appropriées, viables et en temps opportun peut permettre aux agriculteurs de limiter leurs pertes. Cela peut se faire en atténuant les effets défavorables des changements climatiques et en permettant également de maximiser leurs profits en tirant parti des éventuels avantages du réchauffement climatique (Lemmen et Warren, 2004). Le secteur agricole a accès à des mesures qui lui permettent de s'adapter aux changements climatiques. Smit et Skinner (2002) les ont regroupées en quatre catégories principales : 1) les pratiques de production agricole ; 2) la gestion financière des exploitations agricoles ; 3) les développements technologiques et 4) les programmes gouvernementaux et les assurances.

1) Les pratiques de production agricole englobent les options qui touchent à la production agricole, l'utilisation du sol, la topographie, l'irrigation et le calendrier de l'exploitation (Smit et Skinner, 2002; Lepage et al., 2011). La diversification des types et des variétés de cultures (Patterson et al., 1999; Ouranos, 2010) et de bétail ainsi que le changement dans l'intensité de production permettront de s'adapter aux variations de l'environnement ainsi qu'aux risques économiques. Par ailleurs, le fait de changer les méthodes aratoires, de mettre en œuvre des techniques d'irrigation ou de conservation de l'eau et d'adapter le calendrier aux nouvelles conditions climatiques permet notamment de pallier les carences en humidité et de réduire des pertes de revenus occasionnées par la sécheresse (Lemmen et Warren, 2004). Par exemple, des producteurs de l'Alberta se sont adaptés aux sécheresses en augmentant la diversité de leurs cultures et de leurs variétés. Des producteurs laitiers de l'Ontario ont pour leur part utilisé des systèmes de récupération de l'eau provenant de leur salle de traite (Smit et Wall, 2003).



Le degré d'utilisation de pratiques mieux adaptées aux changements, tels que climatiques, dépend notamment de l'ampleur des changements et également de la faisabilité de ces pratiques sur le plan économique. Par exemple, le recours à certaines variétés peut être plus coûteux et même nécessiter des investissements majeurs en équipements tandis que les mécanismes de commercialisation peuvent ne pas exister au niveau local (Gagnon et al., 2011).

2) Les options qui touchent à la gestion financière des exploitations agricoles sont l'assurance-récolte, les programmes de stabilisation du revenu ainsi que la diversification du revenu du ménage. Ces trois options permettent de réduire les risques liés notamment aux variations climatiques et aux événements météorologiques extrêmes (Smit et Wall, 2003).

3) Les options d'adaptation liées aux développements technologiques concernent la diversification des cultures, les systèmes d'information climatique et météorologique, les innovations en matière de gestion des ressources, par exemple de la gestion de l'eau (Smit et Wall, 2003), ainsi que les systèmes de dépistage des maladies et les réseaux de surveillance des insectes et des ravageurs (ÉcoRessource, 2010). Les régions les plus avancées sur le plan technologique ont plus de chances d'établir et de mettre en œuvre des adaptations technologiques appropriées en temps opportun (Lemmen et Warren, 2004).

4) Les programmes gouvernementaux et d'assurances englobent les options qui touchent aux subventions ainsi qu'aux programmes de soutien à l'agriculture, à la création d'une assurance privée et les programmes de gestion des ressources. La modification de ces programmes vise notamment à influencer les stratégies de gestion des risques au niveau des exploitations agricoles, en particulier ceux liés aux pertes dues au climat, ainsi qu'à influencer les méthodes de production et de gestion financière au niveau des entreprises (Smit et Skinner, 2002; Smit et Wall, 2003; ÉcoRessources, 2010).

L'adaptation de l'agriculture à une panoplie de changements, dont ceux en lien avec le climat, est un enjeu planétaire. Pour certains, c'est une question de survie et pour d'autres, elle est vue comme une façon de maintenir une position concurrentielle vis-à-vis les autres pays. Les stratégies d'adaptation peuvent prendre de nombreuses formes, s'appliquer à diverses échelles, être mises de l'avant et financées par des acteurs différents, tels que les producteurs, les organisations agricoles ainsi que par les gouvernements (Smit et Wall, 2003). L'adaptation peut être spontanée ou planifiée, préventive ou réactive, passive ou active, à court ou à long terme. L'utilisation de mesures proactives et préventives devrait contribuer à réduire les pertes occasionnées par la variabilité du climat actuel et accroître la capacité d'adaptation face aux impacts potentiels des changements à venir (Lemmen et Warren, 2004).

Le recours à des mesures d'adaptation pour contrer les impacts potentiels des changements climatiques pourra avoir des conséquences non négligeables. Ainsi, il faudra évaluer tout l'éventail des effets socio-économiques de l'adoption d'éventuelles mesures, car jusqu'à tout récemment, ce sont surtout les répercussions biophysiques du changement climatique sur l'agriculture qui ont retenu l'attention (Rosenzweig et Hillel, 1998). Par exemple, l'utilisation d'une nouvelle culture plus performante ne représente pas nécessairement une solution viable économiquement en raison de problèmes de commercialisation, des coûts d'investissement et d'exploitation plus élevés qu'elle pourrait occasionner. Par ailleurs, d'autres facteurs constitueront un frein à l'utilisation de mesures d'adaptation proposées telles que le frein technique lié aux caractéristiques de fonctionnement de l'exploitation, le frein stratégique qui entre en contradiction avec le projet du producteur, le frein lié à la disponibilité des ressources ainsi que la charge de travail (Sérès, 2010b). L'identification des facteurs pouvant freiner l'adaptation, qui peuvent être différents d'un territoire et d'une entreprise à l'autre, constitue donc un élément important à considérer en plus des mesures d'adaptation elles-mêmes.

D'autre part, les impacts nets des changements climatiques et notre capacité à s'y adapter pourront être influencés grandement par l'évolution de la conjoncture sociale, économique et politique (Lemmen et Warren, 2004). On se doit donc d'évaluer également les répercussions que pourraient avoir les mesures d'adaptation aux changements climatiques sur la culture familiale ainsi que sur les moyens de subsistance des agriculteurs, les exploitations de type familial constituant plus de 98 % des fermes au pays (Lemmen et Warren, 2004).

## **5.2 Capacité potentielle d'adaptation aux changements climatiques des producteurs laitiers québécois**

Peu d'informations sont disponibles quant à la capacité d'adaptation aux changements climatiques spécifiquement en production laitière au Québec. L'information présentement disponible au Canada et au Québec a été recueillie pour entamer le processus de réflexion sur le sujet.

### **5.2.1 Impact de l'individu**

Si on définit la capacité d'adaptation comme étant la capacité d'ajustement aux effets des variations climatiques, il n'y a pas que les ajustements du système agricole qui soient une finalité mais aussi, sinon plus, l'amélioration de la qualité de vie des agriculteurs et leurs

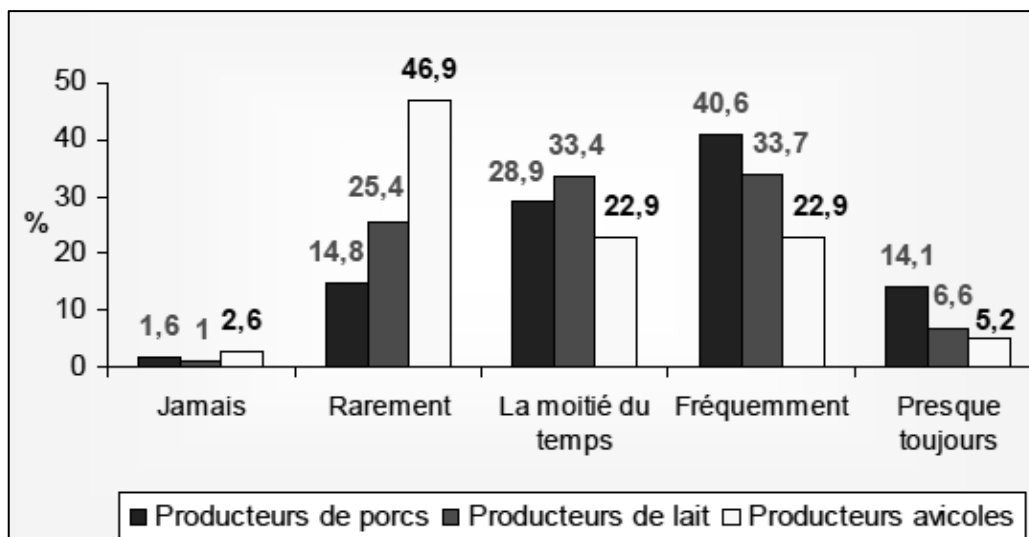
familles. En effet, comme le souligne Magnan (2009) « l'ultime finalité de l'adaptation au changement climatique, si elle passe par la réduction de la sensibilité du système aux risques naturels et par l'accroissement de sa résilience est bien l'amélioration ou le maintien de la qualité de la vie des êtres humains ». Dans ce contexte il est important de s'arrêter aux impacts humains et sociaux.

Sur le plan social, l'étude de Myers (2008), concernant les réponses des agriculteurs aux chocs climatiques et contraintes au Manitoba, a permis de mettre en évidence les principaux impacts sociaux occasionnés par des facteurs de stress, climatiques ou non. Ainsi, les producteurs interrogés ont associé la récession économique, la dégradation du tissu social ainsi que l'augmentation du stress à des facteurs non climatiques, alors que la perte de productivité et la maladie sont des impacts qui ont été associés aux contraintes météorologiques. Les événements météorologiques récents et leur variabilité ont donc plus d'influence que les moyennes et leurs tendances à long terme. Les phénomènes météorologiques sont, selon l'auteur, plus un irritant qu'une cause directe de la dégradation sociale et financière actuelle dans les régions rurales du Manitoba. En effet, les producteurs bovins ont noté des améliorations aux pâturages et aux fourrages durant les périodes humides, tandis que les producteurs de céréales ont subi des réductions de la qualité des cultures et de leur rendement (Myers, 2008). Les problèmes du déclin rural influencent également la capacité d'intervention partout dans l'Ouest canadien. Le déclin rural peut être considéré comme une réduction de la qualité de vie occasionnée par un changement de la population et de l'économie régionale. La résilience en est affectée. Par exemple, les réseaux se font moins nombreux, ce qui réduit les niveaux de services, diminue le nombre de détenteurs de connaissances et les options deviennent inabordables. L'exode des jeunes constitue le problème le plus troublant.

La santé, notamment psychologique, des producteurs agricoles, est un facteur important de leur résilience et de leur capacité d'adaptation au changement (Wall et al., 2004). Une enquête sur la santé psychologique effectuée entre décembre 2005 et janvier 2006 auprès de 1 338 producteurs de lait, de porcs et de volailles du Québec indiquait que 50,9 % des répondants se situaient à un niveau élevé de détresse psychologique (Lafleur et Allard, 2006). Ce niveau était nettement au-dessus de la valeur de 17,5 % obtenue dans la population agricole en 1997, ainsi que celle obtenue dans la population québécoise (20,1 %) lors de l'enquête de Santé Québec effectuée en 1998. L'enquête de 2005-2006 n'a pas révélé de différences significatives de détresse psychologique entre les régions, par contre, les femmes en étaient plus affectées (59,2 % des femmes par rapport à 49,5 % pour les hommes) ainsi que les producteurs compris entre 35 et 54 ans. Le pourcentage de détresse était de 48,1 % chez les producteurs de lait, alors que chez les producteurs de volailles et de porcs, ce pourcentage atteignait respectivement 36,4 % et 66,6 %. Les

données de l'étude montraient que la qualité de vie en 2006 s'était nettement détériorée par rapport à la fin des années 1990 et soulignaient l'urgence d'agir.

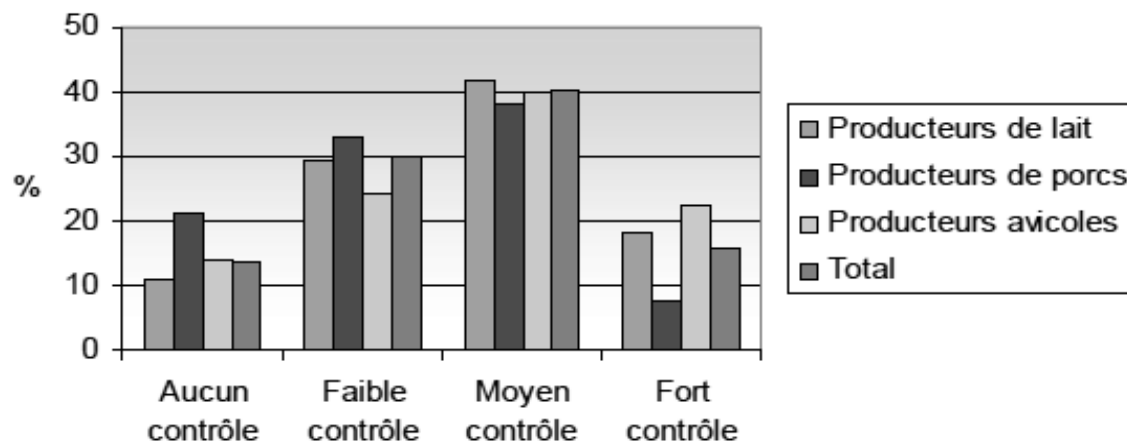
Lafleur et Allard (2006) mentionnaient que l'image de l'agriculteur calme et paisible, maître de son temps et de sa destinée semble en voie de disparition. Près des trois quarts des producteurs interrogés se sont dits régulièrement stressés (Figure 5.3). Ayant moins de contrôle sur les aspects reliés à la ferme, les producteurs doivent composer avec une série de problèmes et d'exigences (Figure 5.4). Les producteurs laitiers signalaient les aléas de la météo, une surcharge de travail qui altère la vie sociale ainsi que l'incertitude qui plane sur le système de gestion de l'offre.



**Figure 5.3. Fréquence de stress selon la production.** (Tiré de Lafleur et Allard, 2006)

La typologie des producteurs relativement à la gestion des risques influencera également leur capacité à faire face aux changements en général. Peu de travaux dans le monde ont établi la typologie des agriculteurs ou des producteurs laitiers. Au Canada, une étude a été réalisée pour le compte d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1998) dans le but d'évaluer le profil des attitudes et des comportements des producteurs agricoles canadiens en rapport avec leur adaptation face aux changements et à la gestion des risques. L'analyse typologique a permis de regrouper les producteurs en six segments : 1) les producteurs intéressés par la commercialisation ; 2) les producteurs pour qui l'agriculture est un mode de vie ; 3) les petits producteurs inquiets quant à l'avenir de leur exploitation ; 4) les producteurs traditionnels ; 5) les

producteurs indépendants qui prennent des risques et 6) les producteurs intéressés par la gestion de leur entreprise. L'étude montre que chaque groupe de producteurs possède ses caractéristiques propres, notamment en rapport avec leurs attitudes à l'égard du secteur de l'agriculture et leur comportement à l'égard du changement et de la gestion du risque. Selon cette étude, près de la moitié (45 %) des producteurs agricoles canadiens s'estimaient capables de faire face aux changements et plus du tiers (35 %) envisageaient l'avenir de leur entreprise avec optimisme. Par ailleurs, plus de la moitié des producteurs québécois (52 %) estimaient que l'agriculture était un mode de vie plutôt qu'une entreprise commerciale.



**Figure 5.4. Perception de contrôle des producteurs agricoles selon la production.**  
(Tiré de Lafleur et Allard, 2006)

### 5.2.2 Impact du type de gestion d'entreprise

Bien que les aptitudes des individus aux changements soient primordiales dans l'adaptation, des situations vécues à l'étranger nous ont démontré la nécessité d'une saine gestion pour faire face à une crise. Par exemple, lors du démantèlement du quota en France, les producteurs laitiers ont mentionné l'importance que prenait leur trésorerie pour survivre à la crise (Institut d'élevage, 2010). Les plus touchés par le problème de baisse majeure de revenus étaient les éleveurs en phase d'investissements importants et ceux qui déclaraient de faibles investissements récents. Ces derniers étant souvent des producteurs en fin de carrière. Ainsi, comme vu précédemment, le type de gestion d'entreprise a un impact majeur sur sa capacité d'adaptation.

En ce sens, il est intéressant de s'attarder au style de gestion des producteurs. Levallois et al. (2009) établissent le profil des agriculteurs au Québec au regard de leur style de gestion, incluant la tolérance au changement et au risque. L'auteur définit trois types d'agriculteurs québécois basés sur leurs attitudes ou caractéristiques psychologiques ainsi que sur leur comportement, un agriculteur pouvant appartenir à plus d'un groupe :

1) l'agriculteur entrepreneur est de type indépendant à l'esprit ouvert qui recherche l'accomplissement de soi ainsi que la reconnaissance au sein d'un réseau qu'il s'emploie à développer et à consulter. Très créatif, il met de l'avant ses nouvelles idées afin de développer de nouveaux produits, de nouveaux services ou encore pour mettre de l'avant de nouvelles façons de faire ou de commercialiser. Aimant le changement et l'innovation, il est vu comme un leader dans son domaine, ayant une grande confiance en lui. C'est un fonceur et un batailleur qui verra un échec comme une expérience à retenir dans un prochain projet. Les entrepreneurs sont centrés sur leur projet avec une prise de risques importante ;

2) l'agriculteur gestionnaire est très centré sur son entreprise avec des objectifs globaux clairs et réels qui le motivent de façon importante et qui lui donnent une orientation pour chacune des décisions prises quotidiennement. Le gestionnaire est à l'affût de l'évolution des besoins des consommateurs. Le gestionnaire vise la rentabilité ainsi que la pérennité de son entreprise et il garde toujours un plan de rechange en réserve. Il ne supporte pas la perte d'argent et il considère la « technique » comme un moyen d'atteindre la rentabilité et non comme une fin en soi. Il n'hésitera pas à prendre des décisions draconiennes afin d'éviter de perdre de l'argent ou lorsque l'équilibre de son entreprise est en jeu afin de maintenir une bonne situation financière. Aucun projet ne verra le jour sans que les conséquences financières n'aient été au préalable analysées. Les gestionnaires maîtrisent globalement et précisément l'ensemble de leur entreprise et se concentrent sur les résultats financiers. Ils prennent des risques modérés, calculés et supportables ;

3) l'agriculteur producteur/agriculteur-technicien est davantage centré sur les techniques de production puisque les résultats sont pour l'agriculteur-producteur une source de satisfaction. Ceci vaut notamment en production laitière où l'utilisation de concentrés améliore les rendements, mais occasionne en revanche des coûts très élevés. Voulant toujours « faire mieux », il s'associe à des conseillers afin d'améliorer les rendements sans vraiment prendre en compte les conséquences économiques de cette recherche de performance à tout prix. Les agriculteurs-producteurs sont souvent inconscients des risques financiers.

L'importance du secteur laitier québécois sur la scène nationale démontre le haut niveau d'adaptabilité et de leadership des producteurs québécois au cours des dernières décennies face à divers facteurs économiques et environnementaux. Même s'il y a encore des progrès à faire sur le plan technique, les producteurs agricoles québécois sont performants (Levallois et al., 2009). L'adaptation aux changements climatiques passera par de nombreuses solutions afin d'en atténuer les impacts potentiels. Par contre, ces adaptations demanderont des efforts et s'accompagneront souvent de pertes et de coûts importants (Ouranos, 2010). La capacité des producteurs à s'adapter aux changements climatiques anticipés dépendra notamment de la nature abordable ou non de la mesure d'adaptation ainsi que la capacité des entreprises à absorber ces coûts supplémentaires, même dans une période de coûts élevés des intrants, de déprime du prix des denrées ou une faiblesse des rendements. La capacité des agriculteurs-gestionnaires à contrôler les finances de leur entreprise devrait diminuer leur vulnérabilité en comparaison aux deux autres types de producteurs qui sont soit indifférents, inconscients ou qui acceptent de prendre des risques très importants pouvant compromettre la pérennité de leur entreprise. Plusieurs producteurs vivent avec des marges bénéficiaires serrées, un endettement massif des entreprises et ce, malgré un prix du lait payé enviable d'un point de vue mondial (Farmer, 2010). Une entreprise en mauvaise situation financière ou qui est dans l'incapacité de rembourser ses dettes ne pourra survivre aux changements climatiques, une situation qui nécessitera vraisemblablement de nouveaux investissements (André et Bryant, 2001). Les entreprises ayant à leur tête un producteur-gestionnaire ont un meilleur contrôle de leur endettement ainsi qu'une marge de sécurité suffisante leur permettant de faire face à des impacts potentiels provenant notamment des changements climatiques. L'attitude des producteurs sera l'un des facteurs qui déterminera si l'adaptation aux changements climatiques sera possible et si elle sera de nature réactive ou préventive; l'adaptation préventive fournissant un avantage concurrentiel. Une étape importante dans l'établissement d'un portrait de la capacité d'adaptation aux changements climatiques est donc d'établir la perception qu'en ont les producteurs.

Au cours des dernières décennies, les producteurs québécois se sont adaptés et ils ont su notamment composer avec les avancées technologiques importantes qui ont permis d'augmenter la production ainsi que la productivité. Des gains d'efficacité ont permis aux exploitations laitières québécoises d'augmenter leur production tout en réduisant la taille globale du cheptel. Le système d'offre a incité les producteurs à améliorer l'utilisation des ressources, contribuant à l'amélioration de la rentabilité des fermes ainsi que de leur durabilité (ÉcoRessources, 2011). Jusqu'à maintenant, les producteurs agricoles ont montré qu'ils sont capables de s'adapter, notamment aux conditions climatiques

changeantes, et qu'ils continueront de le faire. Il est important de savoir si l'adaptation sera de type préventif ou réactif. Selon ce qui a été vécu ici et ailleurs, la réponse semble fonction notamment des antécédents, des attitudes ainsi que des mesures prises individuellement par les producteurs agricoles (Lemmen et Warren, 2004). La capacité potentielle d'adaptation des producteurs laitiers québécois face aux changements futurs dépendra notamment de l'exploitant, des ressources, de la compétitivité de l'entreprise laitière, de la filière ainsi que du contexte socio-économique, notamment celui des marchés.

## **6. Conclusion**

Les changements climatiques anticipés à l'horizon 2050 auront possiblement des impacts sur l'industrie laitière québécoise. Comme le Québec se situe à la limite nord de la production agricole, certains changements seront positifs, comme l'augmentation des rendements de certaines cultures, alors que d'autres seront négatifs, comme l'augmentation potentielle des ravageurs. L'ampleur des répercussions variera également en fonction des régions du Québec agricole. Une adaptation sera nécessaire de la part des producteurs. Ces mesures d'adaptation nécessiteront des connaissances et des ressources. Il a été démontré que les producteurs percevant les problématiques climatiques sont plus enclins à mettre en place des mesures d'adaptation. Le niveau d'adaptation dépendra également des caractéristiques des producteurs et du type de gestion qu'il pratique. La filière laitière québécoise est en bonne position pour faire face aux changements climatiques notamment grâce à la force économique du secteur et à ces nombreuses ressources. Cependant, il y a très peu de données dans la littérature qui permettent d'évaluer la capacité ainsi que l'intérêt des producteurs laitiers québécois à s'adapter aux changements climatiques.

L'adaptation des producteurs laitiers québécois aux changements climatiques se fera vraisemblablement de manière graduelle. Bien que des changements de type réactif permettent aux entreprises de rester viables, une adaptation préventive favorise une meilleure pérennité à long terme. Pour favoriser l'adaptation préventive, des recherches en agriculture, tant en sciences naturelles appliquées qu'en sciences sociales, permettront au secteur de continuer à prospérer. Les premières augmenteront le nombre d'outils à la disposition des producteurs pour faire face aux changements climatiques alors que les secondes favoriseront leur mise en œuvre. En effet, améliorer les connaissances sur la nature des dynamiques d'adaptation ainsi que sur la diffusion de l'information permettra d'offrir un meilleur support dans les transitions qui seront nécessaires pour la pérennité des entreprises laitières québécoises dans le futur. De plus,



la revue de la littérature démontre qu'il faut penser scientifiquement l'adaptation aux changements climatiques de manière globale et dynamique – dynamique car l'adaptation doit être vue comme une situation évolutive et changeante, dans le temps, à plus ou moins long terme – et globale car plusieurs déterminants ou facteurs sont en jeu tant humains que politiques ou environnementaux. Et au Québec, ce travail de recherche reste à faire en agriculture.

## 7. Références

- Adams, R.M., B.H. Hurd et J. Reilly. 1999. Agriculture and global climate change: a review of impacts to U.S. agricultural resources; Arlington (Virginie). Pew Center on Global Climate Change. 36 p. disponible en ligne : [http://www.c2es.org/docUploads/env\\_agriculture.pdf](http://www.c2es.org/docUploads/env_agriculture.pdf) (consulté le 8 août 2012)
- Adger, W.N., S. Agrawala, M.M.Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, B. Smit et K. Takahashi. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Pages 717-743 dans Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1998. Adaptation aux changements et gestion des risques : Profil des attitudes et des comportements des producteurs agricoles canadiens. Disponible en ligne : [http://www3.agr.gc.ca/apps/publiccentrale/pub\\_view-pub\\_affichage-eng.cfm?CFID=2022264&CFTOKEN=22887462&publication\\_id=9463F](http://www3.agr.gc.ca/apps/publiccentrale/pub_view-pub_affichage-eng.cfm?CFID=2022264&CFTOKEN=22887462&publication_id=9463F) (consulté le 10 juin 2012).
- Antle, J.M. 2009. Agriculture and the food system. Adaptation to climate change. Adaptation. Domestic adaptation publications, Policy program, Resources for the future (RFF), Washington DC. Disponible en ligne: <http://www.rff.org/rff/documents/RFF-Rpt-Adaptation-Antle.pdf> (consulté le 14 mars 2012).
- Atlas agroclimatique du Québec. 2012. Atlas agroclimatique du Québec Un outil d'aide à la décision et de sensibilisation. Disponible en ligne : <http://dev.agrometeo.org/atlas/index/true> (consulté le 10 décembre 2012).
- Bawden, R. 1995. On the systems dimension in Farming Systems Research (FSR). J. Farming Systems Research-Extension 5(2) : 1-18.
- Beaudet, P., I. Beaudin, A. Michaud et M. Giroux. 2008. Le transport du phosphore. Fiche technique no 3, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Québec, Qc. 11 p. Disponible en ligne : <http://www.craaq.qc.ca/Publications?p=32&l=fr&IdDoc=1997> (consulté le 4 juillet 2012).

- Bélanger, G. et A. Bootsma. 2002. Impact des changements climatiques sur l'agriculture au Québec. 65<sup>e</sup> congrès de l'ordre des agronomes du Québec. Changements climatiques : comprendre pour mieux agir. Disponible en ligne : <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Belanger.pdf> (consulté le 8 mai 2012).
- Bélanger, V., G. Allard, A. Vanasse, D. Parent, D. Pellerin et D. Larochelle. 2009. Diagnostic de durabilité à la ferme : oui c'est possible avec DELTA ! Symposium des bovins laitiers, CRAAQ, Drummondville, 29 octobre.
- Berkes, F. et C. Folke. 2002. Back to the future: Ecosystem dynamics and local knowledge. Pages 121-146 dans *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Gunderson, L.H. et C.S. Holling (Eds.). Island Press, Washington DC, États-Unis.
- Berry, H.L., A. Hogan, Ng S. Peng et A. Parkinson. 2011. Farmer health and adaptive in the face of climate change and variability. Part 1 : health as a contributor to adaptive capacity and as an outcome from pressures coping with climate related adversities. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8(10): 4039-4054.
- Bertrand, A., G. F. Tremblay, S. Pelletier, Y. Castonguay et G. Bélanger. 2008. Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. *Grass Forage Sci.* 63 :421-432.
- Biggs, S.D. 1985. A farming systems approach: Some unanswered questions. *Agr. Admin.* 18 : 1-12.
- Brklacich, M., C. Bryant, B. Veenhof et A. Beauchesne. 1998. Répercussions du changement climatique mondial sur l'agriculture canadienne : Revue et évaluation de la recherche entre 1984 et 1997. Pages 219-256 dans *en réaction au changement climatique mondial : Questions sectorielles*. Koshida, G. et W. Avis (éd.). Environnement Canada, L'étude pancanadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique, Ottawa, ON, Canada.
- Brodth, S., K. Klonsky et L. Tourte. 2006. Farmer goals and management styles: Implications for advancing biologically based agriculture. *Agr. Syst.* 89(1) : 90-105.
- Brossier, J., E. Chia, E. Marschal et M. Petit. 1991. Gestion de l'exploitation agricole familiale et pratiques des agriculteurs : Vers une nouvelle théorie de la gestion. *Revue Canadienne d'Économie Rurale* 39 : 119-135.

- 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 final – Ouranos. Disponible en ligne: [http://www.ouranos.ca/media/publication/149\\_Bryant1.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/149_Bryant1.pdf) (consulté 14 mars 2012).
- Bryant, C.R. B. Smith, M. Brklacich, T. Johnston, J. Smithers, Q. Chiotti, B. Singh. 2000. Adaptation in Canadian agriculture to climatic variability and change. *Clim. Change* 45(1) : 181-201.
- Bullock, M.S., F.J. Larney, R.C. Izaurralde et Y. Feng. 2001. Overwinter changes in wind erodibility of clay loam soils in Southern Alberta. *Soil Sci. Am. J.* 65: 423-430.
- Capon, AG et Eg. Hanna. 2009. Climate change: An emerging health issue. *NSW Public Health Bull.* 20(1-2) : 1-4
- Centre canadien d'information laitière (CCIL). Emplois et retombées économiques à la ferme. 2011. Disponible en ligne : [http://www.infolait.gc.ca/index\\_f.php?s1=dff-fcil&s2=farm-ferme&s3=impact&page=intro](http://www.infolait.gc.ca/index_f.php?s1=dff-fcil&s2=farm-ferme&s3=impact&page=intro) (consulté le 1 mars 2013).
- Centre canadien d'information laitière (CCIL). L'industrie laitière canadienne en chiffres. Disponible en ligne : [http://www.dairyinfo.gc.ca/pdf/dairy\\_at\\_a\\_glance.pdf](http://www.dairyinfo.gc.ca/pdf/dairy_at_a_glance.pdf) (consulté le 1 mars 2013).
- Centre canadien d'information laitière (CCIL). 2012. Étables laitières par catégorie au Canada 2011 (par province). [http://www.infolait.gc.ca/index\\_f.php?s1=dff-fcil&s2=farm-ferme&page=barn](http://www.infolait.gc.ca/index_f.php?s1=dff-fcil&s2=farm-ferme&page=barn) (Consulté le 5 juin 2012).
- Chase, L.E. 2005. Climate change impacts on dairy cattle. Climate change of agriculture : Promoting practical and profitable responses, Fact sheet 3. Cattle. <http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.3Cattle.pdf> (consulté le 6 juin 2012).
- Chiotti, Q. T. Johnston, B. Smit et B. Ebel. 1997. Agricultural response to climatic change: a preliminary investigation of farm-level adaptation in southern Alberta. Pages 201-218 dans *Agricultural Restructuring and Sustainability: A Geographical Perspective, Sustainable Rural Development Series*. Ilbery, B. Q. Chiotti et T. Rickard (éd.). CABI publishing, Wallingford, Royaume-Uni.

- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, S. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.T. Kwon, R. Laprise, V. Magana Rueda, L. Mearns, C.G. Menendez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr et P. Whetton. 2007. « Regional Climate Projections ». Pages 847-940 dans *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Salomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignot, H.L. Miller (éd.). Cambridge University Press, Cambridge et New York.
- Cilliers, P. 2005. Complexity, deconstruction and relativism. *Theor. Cult. Soc.* 22: 255–267.
- Clements, R., J. Hagggar, A. Quezada et J. Torres. 2011. Technologies for climate change adaptation – Agriculture Sector. Xhu X. (ed.). UNEP Riso Center, Roskilde. 218 p.
- Colin, J. et E. Crawford. 2000. Economic perspectives in agricultural systems analysis. *Rev. Agric. Econ.* 22(1): 192–216.
- Commandeur, M.A.M. 2006. Diversity of pig farming styles: understanding how it is structured. *NJAS* 54: 111–127.
- Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois. 2008. *Agriculture et agroalimentaire : assurer et bâtir l'avenir. Études complémentaires.* 318 p. Disponible en ligne : <http://www.caaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Dossiers%2012%20fevrier/Etudes%20complementaires.pdf> (consulté le 7 juin 2011).
- Conseil des académies canadiennes. 2013. L'eau et l'agriculture au Canada : vers une gestion durable des ressources en eau. Le comité d'experts sur la gestion durable de l'eau des terres agricoles du Canada, Conseil des académies canadiennes.
- Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ). 2000. Les pratiques de conservations des sols en grandes cultures : pourquoi s'y intéresser? *dans* Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Module 1. CPVQ. Québec, Qc, Canada.
- Cypel, A. 2012. Une sécheresse historique aux Etats-Unis. *Le Monde*, 18 juillet 2012. Disponible en ligne : [http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/07/18/une-secheresse-historique-aux-etats-unis\\_1735196\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/07/18/une-secheresse-historique-aux-etats-unis_1735196_3244.html) (consulté 20 juillet 2012).
- Darnhofer, I., S. Bellon, B. Dedieu et R. Milestad. 2010. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agron. Sustain.* 30: 545-555.

- Dedieu, B., P. Faverdin, J.-Y. Dourmard et A. Gibon. 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 21(1), 45-58.
- Dent, J.B., G. Edwards-Jones et M.J. McGregor. 1995. Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems. *Agr. Syst.* 49(4) : 337–351.
- Drought Policy Review Expert Social Panel. 2008. *It's about People: Changing Perspectives on Dryness—A Report to Government by an Expert Social Panel on Dryness*; Commonwealth of Australia: Canberra, Australia, 168 p.
- ÉcoRessources. 2010. État de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur agricole au Canada. Document de recherche. Gouvernement du Canada. Disponible en ligne : [http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca.earth-sciences/files/pdf/perspective/pdf/report\\_f.pdf](http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca.earth-sciences/files/pdf/perspective/pdf/report_f.pdf) (consulté le 4 août 2012).
- ÉcoRessources. 2011. Les retombées économiques de l'industrie laitière au Canada. Rapport Final. Les Producteurs Laitiers du Canada. Disponible en ligne : [http://www.go5quebec.ca/fr/pdf/Etude\\_du\\_groupe\\_EcoRessources.pdf](http://www.go5quebec.ca/fr/pdf/Etude_du_groupe_EcoRessources.pdf) (consulté le 13 août 2012).
- El, Watan. 2012. Forte hausse des prix des céréales : le diagnostic. Disponible en ligne : [http://www.elwatan.com/actualite/forte-hausse-des-prix-des-cereales-le-diagnostic-16-08-2012-182216\\_109.php](http://www.elwatan.com/actualite/forte-hausse-des-prix-des-cereales-le-diagnostic-16-08-2012-182216_109.php) (consulté le 18 août 2012).
- Emtage, N., J. Herbohn et S. Harrison. 2006. Landholder typologies used in the development of natural resource management programs in Australia. A review. *Aust. J. Environ. Manag.* 13: 79-94.
- FAO. 2008. Climate change adaptation and mitigation in the food and agriculture sector. Technical Background Document from the Expert Consultation held on 5 to 7 March 2008, Rome, Italie.
- Farmer, B. 2010. La production laitière au Québec en 2010. Défis et solutions. Disponible en ligne : [www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/farmer.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/farmer.pdf) (consulté le 24 janvier 2012).
- Fédération des producteurs de lait du Québec. 2007. Synthèse provinciale de la réflexion sur l'avenir du secteur laitier québécois. Disponible en ligne : [http://www.caaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Memoires%20nationales%20Quebec/50-Q-Federation\\_producteurs\\_lait\\_Annexe3.pdf](http://www.caaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Memoires%20nationales%20Quebec/50-Q-Federation_producteurs_lait_Annexe3.pdf) (consulté le 20 mai 2011).

- Fédération des producteurs de lait du Québec. 2010. Rapport annuel 2009. Disponible en ligne : <http://www.lait.org/fichiers/RapportAnnuel/?id=FPLQ-2009> (consulté le 9 septembre 2012).
- Fiorelli, C., J. Porcher et B. Dedieu. 2007. Pourquoi faire de l'élevage quand on a un autre travail ? *Rencontres Recherches Ruminants* 14: 389-392.
- Fleming, A. et F. Vanclay. 2010. Farmer responses to climate change and sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 11-19.
- Folke, .C, J. Colding et F. Berkes. 2003. Synthesis: Building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. Pages 352-387 dans *Navigating social-ecological systems. Building resilience for complexity and change*. Berkes, F., J. Colding et C. Folke (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Fraisse, C.W., N.E. Breuer, D. Zierden et K.T. Ingram. 2009. From climate variability to climate change : challenges and opportunities to extension. *J. Extension* 47: 1-10.
- Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 97: 1-20.
- Gafsi, M. et J. Brossier. 1997. Farm management and protection of natural resources: Analysis of adaptation process and the dependence relationships. *Agr. Syst.* 55(1): 71-97.
- Gagnon, A.-E., M. Roy et A. Roy. 2011. Impacts directs et indirects des changements climatiques sur les ennemis des cultures. Disponible en ligne : [http://www.agrireseau.qc.ca/lab/documents/Revue%20de%20littérature%20CC\\_p\\_hyto.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/lab/documents/Revue%20de%20littérature%20CC_p_hyto.pdf) (consulté le 4 juillet 2012).
- Giampietro, M. 1997. Linking technology, natural resources, and the socio-economic structure of human society: A theoretical model. *Adv. Human Ecol.* 6 : 75-130.
- Girard, N. 1995. Modéliser une représentation d'experts dans le champ de la gestion de l'exploitation agricole. Stratégies d'alimentation au pâturage des troupeaux ovins allaitants en région méditerranéenne. Thèse de doctorat. Université Lyon 1, Lyon, France.
- Hammami, H., J. Bormann, N. M'hamdi, H. H. Montaldo, N. Gengler. 2013. Evaluation of the heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *J. Dairy Sci.* 96:1844-1855.

- Hatfield, J. L., M. Ryan, S. Archer et D. Lettenmaier. 2008. The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water Resources, and Biodiversity. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC, États-Unis.
- Heltberg, R., H. Gitay et R. Prabhu. 2010. Community-based adaptation : Lessons from the development marketplace 2009 on adaptation to climate change. Social Development Papers. Social Dimensions of Climate Change No. 122, June 2010, 63 p.
- Hogan, A., H.L. Berry, S. Peng Ng et A. Bode. 2011a. Decisions made by farmers that relate to climate change. 78 pp. Ed Australian Government; Rural industries research and development corporation. Kingston, Australie.
- Hogan, A., A. Bode et H. Berry. 2011b. Farmer health and adaptive capacity in the face of climate change and variability. Part 2 : Contexts, personal attributes and behaviors. Int. J. Environ. Res. Public Health 8(10) : 4055-4068.
- Holling, C.S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. Ecosystems 4: 390–405.
- Holling, C.S. et G. Meffe. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. Conserv. Biol. 10: 328–337
- Hubert B, Ison R, Röling N. 2000. The problematique with respect to industrialised-country agricultures. In: Cerf M, Gibbon D, Hubert B, Ison R, Jiggins J, Paine M, Proost J, Röling N. (Eds.), Cow up a tree, Learning for change in agriculture – Case studies from industrialised countries. Paris: INRA, pp. 13–29.
- International Food & Agribusiness Management Association. 2011. Resilience of New Zealand dairy farms in a turbulent environment : Definition and measurement. 21st Annual World Symposium, Frankfurt, Allemagne. Disponible en ligne: [https://www.ifama.org/events/conferences/2011/cmsdocs/2011SymposiumDocs/311\\_Symposium%20Paper.pdf](https://www.ifama.org/events/conferences/2011/cmsdocs/2011SymposiumDocs/311_Symposium%20Paper.pdf) (consulté le 8 août 2012)
- Ison, R.L., P.T. Maiteny et S. Carr. 1997. Systems methodologies for sustainable natural resources research and development. Agr. Syst. 55(2): 257–272.
- Ison, R.L., C. High, C.P. Balckmore et M. Cerf. 2000. Theoretical frameworks for learning-based approaches to change in industrialisedcountry agricultures. Pages 31-53 dans Cow up a tree. Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. Cerf, M., D. Gibbon, B. Hubert, R. Ison, J. Jiggins, M. Paine, J.



Proost et N. Röling . (Eds.). INRA, Paris, France.

Institut de l'Élevage. 2010. Les capacités d'adaptation des exploitations laitières face à la volatilité des prix et des volumes. Enquête annuelle 2009-2010 des réseaux d'élevage. [http://www.inst-elevage.asso.fr/IMG/pdf CR 1050039-capac adapt expl lait volatil prix.pdf](http://www.inst-elevage.asso.fr/IMG/pdf_CR_1050039-capac_adapt_expl_lait_volatil_prix.pdf) (consulté le 6 octobre 2012)

Jordan, E. R. 2003. Effects of heat stress on reproduction. J. Dairy Sci. 86(E. Suppl.): E104-E114.

Kalaugher, E., J.F. Bornman, A. Clark A, et P. Beukes. 2012. An integrated biophysical and socio-economic framework for analysis of climate change adaptation strategies: The case of a New Zealand dairy farming system. Environ. Model. Softw. 39: 176-187.

Lafleur, G. et M.-A. Allard. 2006. Enquête sur la santé psychologique des producteurs agricoles du Québec. Rapport final présenté à la Coop Fédérée. Août 2006. 89 p.

Lallau, B. et E. Thibaut. 2009. La résilience en débat : quel devenir pour les agriculteurs en difficulté ? Revue D'Études en Agriculture et Environnement 90(1) : 79-102.

Lemmen, D.S. et F.J. Warren. 2004. Impacts et Adaptation Liés aux Changements Climatiques : Perspective Canadienne. Gouvernement du Canada, Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques Ressources naturelles Canada, Ottawa, ON, Canada. [http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/files/pdf/perspective/pdf/report\\_f.pdf](http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/files/pdf/perspective/pdf/report_f.pdf) (consulté le 3 octobre 2012).

Lepage, M-P., L. Bourdages et G. Bourgeois. 2011. Interprétation des scénarios de changements climatiques afin d'améliorer la gestion des risques pour l'agriculture. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec CRAAQ. Québec, Canada. Disponible en ligne : [http://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/interpretation-des-scenarios-de-changements-climatiques-afin-d\\_ameliorer-la-gestion-des-risques-pour-l\\_agriculture/p/PAGR0102](http://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/interpretation-des-scenarios-de-changements-climatiques-afin-d_ameliorer-la-gestion-des-risques-pour-l_agriculture/p/PAGR0102) (consulté le 20 mars 2012).

Lev, L. et D. Campbell. 1987. The temporal dimension in Farming Systems Research: The importance of maintaining flexibility under conditions of uncertainty. J. Rural Studies 3(2): 123-132.

Levallois, R., J.-P. Perrier et M. Sissoko. 2009. L'agriculteur de demain: entrepreneur, gestionnaire ou producteur? [http://www.agrireseau.qc.ca/era/documents/Levallois Raymond.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/era/documents/Levallois_Raymond.pdf) (consulté le 7 juin 2011).

- Love, S., M. Sharma, L. Boxelaar et M. Paine. 2007. The social dimensions of resilience in the dairy industry in Australia. Innovation and Change Management Group, Faculty of Land and Food Resources, University of Melbourne, Melbourne, VC, Australie.
- Love, S., M. Sharma, L. Boxelaar et M. Paine. 2009. Enhancing the resilience of dairy farm businesses. Rural Innovation Research Group, Melbourne School of Land and Environment, University of Melbourne, Australie.
- Mailhot, A., S. Duchesne, G. Talbot, A.N. Rousseau et D. Chaumont. 2008. Approvisionnement en eau potable et en santé publique : projections climatiques en matière de précipitations et d'écoulements pour le sud Québec. Rapport de recherche. Disponible en ligne : [http://www.ouranos.ca/media/publication/35\\_Rapport\\_Mailhot\\_sante\\_2008.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/35_Rapport_Mailhot_sante_2008.pdf) (consulté le 8 avril 2013).
- Madelrieux, S. et B. Dedieu. 2008. Qualification and assessment of work organisation in livestock farms. Anim. 2: 435-447.
- Magnan, A. 2009. Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 9 Num. 3 mis en ligne le 14 décembre 2009. Disponible en ligne : <http://vertigo.revues.org/9189> (consulté le 26 mars 2013).
- Manson, S.M. 2001 Simplifying complexity: a review of complexity theory. Geoforum 32 : 405-414.
- MAPAQ. Portrait sommaire de l'industrie laitière québécoise en 2009. Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/portraitindustrielaitiere.pdf> (consulté le 8 juin 2012).
- Milestad, R., B. Dedieu, I. Darnhofer et S. Bellon. 2012. Farms and farmers facing change : The adaptive approach. Pages 365-385 dans Farming Systems Research into the 21st Century : The New Dynamic. Darnhofer, I., D. Gibbon et B. Dedieu (eds). Springer Science\_Business Media, Dordrecht, Hollande du Sud, Pays-Bas.
- Moser, S.C., R.E. Kasperson, G. Yohe et J. Agyeman. 2008. Adaptation to climate change in the Northeast United States : opportunities, processes, constraints. Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change 13 : 643-659.
- Myers, P. 2008. Farmer responses to weather shocks and stresses in Manitoba : A

resilience approach. Thèse de maîtrise. University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

Nagy, C. 2012. Les effets des changements climatiques sur les secteurs agricole et forestier. Parlement du Canada. <http://www.parl.gc.ca/Content/SEN/Committee/372/agri/power/nagy-f.htm>. Consulté le 25 janvier 2012.

Nakićenović, N. et R. Swart. 2000. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

Nardone, A., B. Ronchi, N. Lacetera, M. S. Ranieri, U. Bernabucci. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130 : 57-69.

Nearing, M.A., F.F. Pruski et M.R. O Neal. 2004. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. *J. Soil Water Conserv.* 59: 43-50.

Nelson, R., P.R. Brown, T. Darbas, P. Kokic et K. Cody. 2007. The potential to map the adaptive capacity of Australian land managers for NRM policy using ABS data. CSIRO, Australian Bureau of Agricultural and Resources Economics, prepared for the National Land & Water Resources Audit. [http://www.nlwra.gov.au/Natural\\_Resource\\_Topics/Socio-economic/index.aspx](http://www.nlwra.gov.au/Natural_Resource_Topics/Socio-economic/index.aspx) (consulté le 7 septembre 2012).

Nettier, B., L. Dobremez, J-L. Coussi et T. Romagny. 2010. Attitudes des éleveurs et sensibilité des systèmes d'élevage face aux sécheresses dans les Alpes françaises. *Revue de Géographie Alpine* 98-4.

Nolet, J. 2005. La compétitivité des fermes laitières québécoises : quand on se compare est-ce qu'on se console ? Conférence présentée dans le cadre du Colloque de l'entrepreneur gestionnaire. 24 novembre 2005, Drummondville, Qc, Canada.

Norman, D.W. 2002. The farming systems approach: A historical perspective. Pages 17-20 dans 17th Symposium of the International Farming Systems Association in Lake Buena Vista. University of Florida, FL, États-Unis.

Office Fédéral de l'Agriculture (OFAG). 2011. Stratégie climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et

une économie alimentaire suisses durables. Confédération Suisse. Département Fédéral de l'Économie DFE. Referenz/Aktenzeichen : 2011-05-26/138/fed.

- Okey, B.W. 1996. Systems approaches and properties, and agroecosystem health. *J. Environ. Manage.* 48(2): 187-199.
- Ondersteijn, C.J., G.W. Giesen et R.B. Huirne. 2006. Perceived environmental uncertainty in Dutch dairy farming: The effect of external farm context on strategic choice. *Agr. Syst.* 88(2-3): 205-226.
- Ouranos. 2010. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*. Rédaction : C. Desjarlais, M. Allard, D. Bélanger, A. Blondlot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, A.T. Pham, R. Roy, J.-P. Savard, R. Turcotte, C. Villeneuve. Montréal, Qc, Canada.
- Patterson, D.T., J.K. Westbrook, R.J.V. Joyce, P.D. Lingren et J. Rogasik. 1999. Weeds, insects, and diseases. *Clim. Chang.* 43(4): 711-727.
- Paustian, K., E.T. Elliott, K. Killian et B.A. Stewart. 1998. Modeling soil carbon in relation to management and climate change in some agroecosystems in central North America. Pages 459-471 dans *Soil Processes and the Carbon Cycle*. Lal, R., J.M. Kimble et R.F. Follett (éd.). CRC Press Inc, Boca Raton, FL, États-Unis.
- Paustian, K., J.M. Antle, J. Sheehan, and E.A. Paul. 2006. Agriculture's Role in Greenhouse Gas Mitigation. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA, États-Unis. <http://www.c2es.org/docUploads/Agriculture%27s%20Role%20in%20GHG%20Mitigation.pdf> (consulté le 5 juin 2012).
- Pearson, L., J. Langridge, S. Crimp et R. Nelson. 2008. Climate change vulnerability assessment: review of agricultural productivity. Working paper no 1. Climate adaptation national research flagship, Melbourne, VC, Australie. <http://www.csiro.au/resources/CAF-Working-Papers> (Consulté le 6 septembre 2012).
- Pelling, M. et C. High. 2005. Social learning and adaptation to climate change. Disaster Studies Working Paper 11. Benfield Hazard Research Centre, University College London, Londres, UK. [http://www.ugec.org/docs/NYCworkshop/Summaries/Pelling\\_High\\_SocialLearning\\_AdaptationCC.pdf](http://www.ugec.org/docs/NYCworkshop/Summaries/Pelling_High_SocialLearning_AdaptationCC.pdf) (Consulté le 7 août 2012)

- Plummer, D.A., D. Caya, A. Frigon, H. Côté, M. Giguère, D. Paquin, S. Biner, R. Harvey et R. de Elia. 2006. Climate and climate change over North America as simulated by the Canadian RCM. *J. Climate* 19(13): 3112-3132.
- Ressources Naturelles Canada. 2007. Impacts sur l'agriculture. Disponible en ligne: [www.adaptation.rncan.gc.ca/perspective/agri\\_3\\_f.php](http://www.adaptation.rncan.gc.ca/perspective/agri_3_f.php) (consulté le 24 janvier 2012).
- Rosenzweig, C et D. Hillel. 1998. *Climate Change and the Global Harvest: Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture*. Oxford University Press, New York, NY, États-Unis.
- Rötter, R. et S.C. van de Geijn. 1999. Climate change effects on plant growth, crop yield and livestock. *Clim. Chang.* 43(4): 651-681.
- Scoones, I. et J. Thompson. 1994. *Beyond farmer first: rural people's knowledge, agricultural research and extension practice*. Intermediate technology publications, Londres, Royaume-Uni.
- Seguin, B. 2007. *Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture*. INRA, Avignon, France.
- Sérès, C. 2010. *L'agriculture de montagne face au changement climatique : exposition des territoires et marges de manœuvre des exploitations laitières*. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*. No. 59. pp. 19-32 .Statistique Canada. 2006. Recensement de l'agriculture 2006.
- Smit, B et M.W. Skinner. 2002. Adaptation options in agriculture to climate change : a typology. *Mitig. Adap. Strat. for Gl.* 7 : 85-114.
- Smit, B. et E. Wall. 2003. *Adaptation aux défis et aux conditions favorables en matière de changements climatiques: Répercussions et recommandations à l'égard du secteur agroalimentaire canadien*. Comité Sénatorial permanent sur la Foresterie et l'Agriculture. Ottawa, ON, Canada. <http://www.parl.gc.ca/Content/SEN/Committee/372/agri/power/smith-f.htm> (consulté le 5 septembre 2012).
- Smit, H. et L. Trigeorgis. 2006. Strategic planning: Valuing and managing portfolios of real options. *R&D Manage*, 36: 403-419.
- Statistique Canada. 2006. Recensement de l'agriculture 2006. Disponible en ligne: <http://www.statcan.gc.ca/pub/95-629-x/2007000/4182409-fra.htm>(consulté le 6 juin 2012).

- Statistique Canada. 2012. Tableau 002-0065. Enquête financière sur les fermes, structure financière selon les types d'exploitations, moyenne, par ferme. Disponible en ligne: <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/pick-choisir?lang=fra&p2=33&id=0020065> (consulté le 28 août 2012).
- Stroh Consulting. 2005. Agriculture Adaptation to Climate Change in Alberta: Focus Group Results. Report prepared for Conservation & Development Branch, Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, Alberta, Canada.
- Sunding, D. et D. Zilberman. 2000. The Agricultural Innovation Process: Research and Technology Adoption in a Changing Agricultural Sector. Pages 207-261 dans Handbook of Agricultural Economics, Volume 1A. Gardner, L. et G.C. Rausser. Stanford University, Stanford, CA, États-Unis.
- Swanson, D.A., J.C. Hiley et H. Venema. 2007. Indicators of adaptive capacity to climate change for agriculture in the Prairie Region of Canada: An analysis based on Statistics Canada's Census of Agriculture. Working Paper for the Prairie Resilience Project, Winnipeg: International Institute for Sustainable Development. [http://www.iisd.org/pdf/2007/climate\\_adaptive\\_cap.pdf](http://www.iisd.org/pdf/2007/climate_adaptive_cap.pdf) (Consulté le 19 septembre 2012)
- Tarleton, M. et D. Ramsey. 2008. Farm-Level Adaptation to Multiple Risks: Climate Change and Other Concerns. *J. Rural Commun. Develop.* 3: 47-63.
- Tarnoczi, T.J. et F. Berkes. 2010. Sources of information for farmers' adaptation practices in Canada's Prairie agro-ecosystem. *Climatic Change* 98: 299-305.
- Thornton, P., M. Herrero, A. Freeman, O. Mwai, E. Rege, P. Jones et J. McDermott. 2007. Vulnerability, climate change and livestock— Research opportunities and challenges for poverty alleviation. *SAT eJournal | ejournal.icrisat.org* 4(1): 1-23.
- Thornton, P.K. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365(1554): 2853-2867.
- Tostovrsnik, N., M. Morris, R. Eckard, G. O'Leary, C. Pettit, P. Fitzsimons, B. Christy, J. Sandall, L. Soste et V. Sposito. Climate change impacts and adaptation responses for South West Victoria's primary industries. Victorian Resources Online. Statewide. A DPI VCCAP Discussion Paper. Disponible en ligne: [http://vro.dpi.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/climate\\_vccap\\_climate-change-impacts-and-adaptation-responses](http://vro.dpi.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/climate_vccap_climate-change-impacts-and-adaptation-responses) (consulté le 30 août 2012).

- Thwaites, R., A. Curtis, N. Mazur et D. Race. 2008. Understanding Rural Landholder Responses to Climate Change: Factors Influencing Landholder Capacity to Adapt. Report No. 48. Charles Sturt University, Albury, NSW, Australie. <http://www.csu.edu.au/research/ilws/research/reports/docs/48%20Climate%20Change%20Review.pdf> (consulté le 4 août 2012).
- Trigeorgis, L. 2005. Making use of real options simple: An overview and applications in flexible/modular decision making. Eng. Econom. 50 : 25-53.
- Urry, J. 2005. The complexities of the global. Theor. Cult. Soc. 22: 235-254.
- Wall, E., B. Smit et J. Wandel. Canadian Agri-food Sector Adaptation to Risks and Opportunities from Climate Change, Réseau Canadien sur les impacts climatiques et l'adaptation 9C-CIARN- Agriculture, 2004, 68 p.
- Wolfe, D.W. 2012. Climate change impacts on northeast agriculture: overview. Climate Change and Agriculture : Promoting Practical and Profitable Responses. <http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/Impacts.pdf> (consulté le 24 janvier 2012).
- Yohe, G. et M. Schlesinger. 2002. The economic geography of the impacts of climate change. J. Econ. Geogr. 2(3): 311-341.