

**L'ACÉRICULTURE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : INVENTAIRE DES
IMPACTS POTENTIELS ET MESURES D'ADAPTATION**

Par

Audrey Rondeau

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de
l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2007

INDEX SIGNALÉTIQUE

L'ACÉRICULTURE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : INVENTAIRE DES IMPACTS POTENTIELS ET MESURES D'ADAPTATION

Audrey Rondeau

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Université de Sherbrooke

Avril 2007

Mots clés : acériculture québécoise, érable à sucre, phénologie, physiologie de la coulée de la sève, changements climatiques, impacts potentiels, mesures d'adaptation.

L'exploitation des érables à sucre pour la production de sirop d'érable, l'acériculture, est fortement dépendante des conditions climatiques. Face à la problématique actuelle des changements climatiques, il y a lieu de se demander s'il est possible qu'il y ait des impacts sur la productivité des érablières au Québec. Voici donc l'objectif principal visé par cet essai. L'analyse commence par établir quels sont les changements du climat appréhendés au niveau régional et quels sont les facteurs climatiques qui régissent la croissance, le développement et la coulée de sève chez l'érable à sucre. Ces deux réalités sont ensuite confrontées pour identifier les impacts potentiels. Plusieurs impacts sont identifiés à trois niveaux : l'écosystème de l'érablière, le fonctionnement de l'érable à sucre et le mécanisme de la coulée de la sève. Si certains changements du climat sont susceptibles de favoriser la croissance et le développement des érables, la situation dans son ensemble est toute autre. Plusieurs des impacts potentiels dévoilés laissent effectivement envisager une baisse de productivité globale des érablières à long terme et les régions du sud du Québec sont susceptibles d'être plus grandement affectées. L'analyse des données de rendement au fil des années ne permet pas d'établir un quelconque lien entre le changement du climat et la productivité acéricole. Un sondage maison révèle toutefois que le niveau d'inquiétude est élevé chez les producteurs qui affirment ressentir déjà certains effets. Dans cette optique, certaines mesures d'adaptation pour favoriser la continuité d'une exploitation durable de la ressource acéricole sont proposées.

SOMMAIRE

La production acéricole au Québec témoigne d'un riche patrimoine historique et culturel. En fait, ce sont les premières nations, les amérindiens, qui sont à l'origine des débuts de l'acériculture. La transmission des pratiques amérindiennes acéricoles aux premiers colons a permis à cette activité de perdurer jusqu'à aujourd'hui. Mais le caractère artisanal des instruments et méthodes jadis employés est resté dans le passé. Effectivement, au fil des dernières années, l'évolution des techniques d'entaillage, de récolte et de transformation s'est effectuée vers une constante amélioration et un raffinement des modes de production. On utilise donc aujourd'hui des instruments spécialisés et conçus dans le souci d'augmenter les rendements ainsi que la qualité et l'uniformité des produits acéricoles.

L'expertise que le Québec a développé dans ce domaine fait de lui un champion national (il produit 93 % du sirop canadien) et mondial (avec 80 % de la production totale). La production québécoise de sirop d'érable, qui prend place majoritairement dans les régions au sud du fleuve Saint-Laurent (88 %) mais aussi au nord dans une moindre mesure (12 %), est en constante augmentation et génère des recettes monétaires considérables (estimées à 173,6 millions de dollars en 2005). L'exportation est une voie de mise en marché importante de sorte que 80 % de la production québécoise est acheminée dans une trentaine de pays différents mais, principalement vers les États-Unis.

En acériculture, la productivité dépend à la base du volume d'eau d'érable récolté et de sa teneur en sucres. Ces deux variables sont fonction d'une quantité considérable de facteurs : technologiques (méthodes employées), anthropiques (activité humaine dans l'érablière), physiques (caractéristiques du sol et de l'emplacement), chimiques (composition chimique du sol et de l'air), biotiques (interactions entre les espèces qui constituent l'écosystème) et climatiques (ensemble des éléments météorologiques). Dans le contexte des changements climatiques, l'analyse présentée dans cet essai vise dans un premier temps à évaluer les impacts potentiels des changements du climat appréhendés sur la production acéricole et dans un deuxième temps à formuler des recommandations pour une exploitation durable de la ressource.

La première partie de l'analyse consiste à établir certaines bases sur lesquelles s'appuiera par la suite la réflexion pour déterminer les impacts potentiels. Les changements climatiques seront vécus différemment dans les différentes régions du monde. Le sud du Québec devrait expérimenter, d'ici la fin du siècle, des augmentations de température supérieures à la moyenne mondiale, soit de 1,5 °C selon les scénarios les plus optimistes ou de 6 à 7 °C selon les scénarios les plus pessimistes. Pour ce qui est des précipitations, on s'attend à une augmentation des précipitations hivernales de l'ordre de 5 à 20 % selon les régions et au plus 5 % d'augmentation pour les précipitations estivales. Malgré l'augmentation des précipitations en hiver, on prévoit une importante diminution du couvert de neige (50 % d'ici 2050). Finalement, les phénomènes climatiques extrêmes (verglas, tempêtes, canicules, vagues de froid), bien que difficiles à prévoir, pourraient augmenter en fréquence et en intensité sur le territoire québécois.

L'étude de la phénologie de l'érable à sucre permet de constater que la réalisation et l'alternance de ses différentes phases de développement au fil des saisons sont grandement dirigées par le climat. À la fin de l'hiver, les températures qui augmentent enclenchent les mécanismes qui sortent l'arbre de son état de dormance. Au printemps, le passage à un état actif enclenche le débourrement puis la feuillaison, deux stades aussi dirigés par la température. Pendant l'été, l'arbre consacre un certain temps à sa croissance pour ensuite arrêter de croître et accumuler des réserves en vue de la prochaine saison. À l'automne, l'arbre met en branle les processus physiologiques nécessaires à l'établissement de son état de résistance au froid de l'hiver. Cette étape est d'abord dirigée par la photopériode, et ensuite par la température qui chute. Les complexes mécanismes impliqués dans la coulée de la sève au printemps sont aussi dépendants de certains facteurs climatiques, soit l'alternance des températures au-delà et en dessous du point de congélation.

Les impacts potentiels du changement climatique sur le fonctionnement des érablières et donc sur la production acéricole sont donc réels. Ils risquent en fait d'affecter celle-ci à trois niveaux : l'écosystème de l'érablière, l'érable à sucre en tant qu'organisme vivant et le mécanisme spécifique à la coulée de la sève.

Les impacts potentiels identifiés sur l'écosystème de l'érablière risquent tous de provoquer un déséquilibre menaçant la croissance et le développement de l'érable à sucre. D'abord,

il y a une possibilité que certaines espèces compagnes de l'érable à sucre disparaissent. On appréhende aussi une perturbation des processus du sol qui fournissent l'eau et les nutriments essentiels à la croissance des arbres. Le degré de stress des peuplements d'érables à sucre pourrait être croissant face à des perturbations naturelles (épidémies d'insectes et de maladies, feux, tempêtes de verglas et chablis) de plus en plus fréquentes et de plus en plus intenses. Finalement, on prévoit un déplacement de l'habitat favorable de l'érable à sucre vers le nord de sorte que l'espèce pourrait disparaître des États-Unis et agrandir son actuelle distribution vers les régions plus nordiques du Québec. La réponse de l'espèce sera dirigée d'abord par une saison de croissance allongée qui devrait permettre à l'érable à sucre d'augmenter sa croissance. Ce, à condition qu'il soit en mesure d'adapter l'enclenchement des processus physiologiques qui le sortent de sa dormance et ceux qui permettent sa préparation à l'hiver en fonction des nouvelles conditions climatiques. En plus de profiter d'une saison de croissance allongée, l'érable pourra profiter d'une augmentation des températures estivales favorisant sa croissance. Mais des conditions plus sèches pourraient en annuler les gains procurés. Les redoux hivernaux anticipés et la diminution du couvert de neige pourraient augmenter les dommages par le gel aux racines et autres tissus de l'arbre. L'effet de ces dommages serait alors une diminution de la productivité des érables. Le mécanisme impliqué dans la physiologie de la coulée de la sève est grandement menacé par une tendance à la diminution du nombre de jours d'alternance de gel et de dégel au printemps. Le nombre de jours de coulée pourrait bien être diminué, la saison des sucres écourtée et donc les volumes récoltés amoindris. Le devancement du printemps qui est déjà observé aura pour effet de donner place à des premières coulées plus hâtives.

Bien que les données de rendement ne permettent pas de relier l'effet de l'évolution du climat à la productivité acéricole, certains spécialistes du domaine et plusieurs producteurs s'inquiètent d'observer une baisse de rendement global dans les érablières. Face aux impacts potentiels identifiés, certaines recommandations ont été élaborées. Celles-ci concernent les méthodes d'exploitation, les activités sylvicoles pratiquées dans l'érablière, les mesures préventives pour la gestion des perturbations naturelles, la protection de l'intégrité des sols forestiers, le potentiel d'entailles à développer en sol québécois, la mise en marché des produits de l'érable et finalement certaines pistes de recherche.

REMERCIEMENTS

J'aimerais d'abord remercier Monsieur Yves Lauzière qui a accepté avec enthousiasme de me diriger dans la réalisation de cet essai. Son intérêt pour le sujet, la pertinence de ses commentaires et suggestions et le degré de liberté qu'il m'a laissée furent des atouts précieux dans le cheminement de mon analyse.

Aussi, je veux remercier tous les conseillers acéricoles du MAPAQ des différentes régions du Québec qui m'ont aidé dans la réalisation du sondage maison effectué auprès des producteurs acéricoles : Yvon Tessier (Montérégie), André Boucher (LaChute), Raymond Bernier (Gatineau), Marie-Josée Lesage (Estrie), Delphis Porlier (Gaspésie) et Alain Boily (Chaudières Appalaches). Je remercie spécialement Monsieur Yvon Tessier du MAPAQ de Saint-Hyacinthe qui m'a permis d'obtenir plusieurs réponses au sondage et qui m'a aussi fait parvenir des informations pertinentes pour mon analyse. Son intérêt particulier pour le sujet fut source d'une grande motivation.

Finalement, merci à mon père, André Rondeau, qui est concerné de près par le sujet puisqu'il possède lui-même une petite érablière. Merci de m'avoir permis de discuter de mes conclusions plutôt théoriques avec une personne qui a de l'expérience terrain, afin d'en valider la pertinence.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. PORTRAIT HISTORIQUE ET ÉCONOMIQUE DE L'INDUSTRIE ACÉRICOLE QUÉBÉCOISE	4
1.1 Des modes d'exploitation en constante évolution	4
1.2 Produits de l'érable : La place du Québec sur le marché national et international	8
1.2.1 Domination du marché mondial et national	8
1.2.2 Des recettes monétaires importantes	9
1.2.3 Une industrie axée principalement sur les marchés d'exportation.....	11
1.2.4 Portrait d'une industrie régionale florissante.....	12
1.2.5 Des érables au sud...Une production sous le soleil.....	13
1.3 Les facteurs qui influencent la production.....	15
1.3.1 Les facteurs technologiques	16
1.3.2 Les facteurs anthropiques.....	16
1.3.3 Les facteurs physiques.....	18
1.3.4 Les facteurs chimiques.....	19
1.3.5 Les facteurs biotiques	20
1.3.6 Les facteurs climatiques	21
2. ÉTABLISSEMENT DES FAITS: CHANGEMENT CLIMATIQUE, PHÉNOLOGIE DE L'ÉRABLE À SUCRE ET PHYSIOLOGIE DE LA COULÉE	22
2.1 Les changements climatiques : Contexte mondial	22
2.2 Les changements climatiques : Contexte québécois	25
2.2.1 Tendances observées et scénarios : Patrons de température	26
2.2.2 Tendances observées et scénarios : Patrons de précipitations.....	28
2.2.3 Tendances observées et scénarios : Phénomènes climatiques extrêmes -	30
2.3 Phénologie de l'érable à sucre du Québec	32
2.3.1 L'éveil du printemps	32
2.3.2 La croissance estivale.....	33
2.3.3 La préparation automnale	34
2.3.4 L'engourdissement hivernal.....	35

2.4	Physiologie de la coulée de la sève chez l'érable à sucre -----	37
2.4.1	Phase d'absorption -----	39
2.4.2	Phase d'exsudation -----	40
2.4.3	Un cycle qui se répète -----	41
2.4.4	La mystérieuse présence du sucre -----	41
3.	ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS: L'ACÉRICULTURE FACE AUX	
	CHANGEMENTS POTENTIELS DU CLIMAT -----	43
3.1	La réponse de l'érablière, un écosystème complexe -----	43
3.1.1	Modification dans la structure et la composition en espèces -----	44
3.1.2	Modification des processus du sol -----	45
3.1.3	Des perturbations naturelles de plus en plus menaçantes -----	47
3.1.4	Un habitat favorable en mouvement -----	49
3.2	La réponse de l'érable à sucre, une espèce vivante unique -----	52
3.2.1	Une saison de croissance allongée -----	52
3.2.2	Des conditions de croissance nouvelles -----	54
3.2.3	Une saison de dormance instable -----	57
3.3	La réponse de la coulée de la sève, un mécanisme physiologique particulier --	59
3.4	Des réponses variables au sein d'une même espèce -----	60
4.	LES TENDANCES ACTUELLES: DES IMPACTS ACTUELLEMENT RESSENTIS	67
4.1	Tendances dans la productivité en fonction des rendements -----	67
4.2	Des producteurs inquiets : résultats d'un sondage maison -----	69
5.	RECOMMANDATIONS POUR UNE ADAPTATION ET UNE EXPLOITATION	
	DURABLE DE LA RESSOURCE ACÉRICOLE -----	74
5.1	Des modes d'exploitation à préconiser -----	74
5.2	La pratique des activités sylvicoles en harmonie avec les pratiques acéricoles	76
5.3	La prévention comme outil pour diminuer les conséquences des perturbations naturelles -----	78
5.4	L'importance de l'intégrité des sols forestiers -----	79
5.5	Un potentiel d'entailles intéressant à développer -----	80

5.6 La mise en marché des produits de l'érable -----	81
5.7 La recherche nécessaire -----	83
CONCLUSION-----	84
RÉFÉRENCES -----	86
ANNEXE 1: Questionnaire du sondage maison réalisé auprès de 63 producteurs acéricoles -----	93
ANNEXE 2: Document d'informations sur l'utilisation du réfractomètre en acériculture-----	96
ANNEXE 3: Document d'informations sur le longicorne asiatique-----	100
ANNEXE 4: Répartition des superficies d'érablières à potentiel acéricole en fonction des différentes régions du Québec-----	103

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

	Page
Figure 1.1 Répartition actuelle de la production totale de sirop d'érable A) au niveau mondial et B) au niveau national entre les provinces canadiennes _____	8
Figure 1.2 Évolution du pourcentage attribuable au Québec dans la production de sirop d'érable au niveau national et au niveau international de 1990 à 2005 _____	9
Figure 1.3 Évolution de la production totale annuelle québécoise de sirop d'érable de 1990 à 2005 _____	10
Figure 1.4 Évolution de la valeur la production annuelle totale de sirop d'érable (commercialisée + stockée) de 1990 à 2005 _____	10
Figure 1.5 Évolution du prix à la livre du sirop d'érable vendu au Québec de 1990 à 2005 _____	11
Figure 1.6 Évolution de la valeur des exportations canadiennes de sirop d'érable de 1994 à 2005 en millions de dollars _____	12
Figure 1.7 Évolution de l'industrie acéricole québécoise de 1990 à 2005 A) Nombre d'entailles, B) Nombre d'exploitations et C) Nombre d'entailles par exploitation _____	14
Figure 1.8 Carte de répartition de l'érable à sucre au Québec _____	15
Figure 1.9 Portrait global de la répartition géographique des entailles exploitées sur le territoire québécois _____	15
Figure 2.1 Variations des températures à la surface de la terre _____	23
Figure 2.2 Concentrations atmosphériques de CO ₂ durant les 1000 dernières années _____	23
Figure 2.3 Distribution des écarts de température anticipés sur toute la surface du globe selon les scénarios du GIEC _____	25
Figure 2.4 Tendence des températures annuelles moyennes dans le sud du Québec de 1960 à 2003 _____	26
Figure 2.5 Projections mondiales de changement dans les patrons de précipitations d'ici 2100 en hiver et en été _____	29

Figure 2.6	Diminution de la couverture de neige hivernale sur le territoire canadien d'ici 2050 _____	30
Figure 2.7	Diminution prévue du temps de réoccurrence de fortes précipitations en 24 heures en Amérique du Nord entre 25 ° et 65 ° de latitude _____	31
Figure 2.8	Schématisation de la succession des différents stades de développement de l'érable à sucre et des signaux externes impliqués dans sa phénologie _____	36
Figure 2.9	Schématisation du mécanisme de la coulée de la sève en deux phases : absorption et coulée _____	38
Figure 3.1	Distribution actuelle de l'érable à sucre et distribution potentielle de son habitat favorable en réponse aux changements du climat en sol américain _____	50
Figure 4.1	Tendances observées dans le rendement en sirop produit par entaille au Québec sur une période de trente années, de 1969 à 1998 _____	68
Figure 4.2	Résultats issus du sondage maison auprès de 63 acériculteurs québécois concernant leurs impressions personnelles pour différents aspects de la productivité de leurs érablières : A) Volume annuel d'eau récoltée, B) Rendement à l'entaille, C) Qualité de l'eau récoltée, D) Qualité du sirop produit et E) Nombre de jours de coulée au cours d'une saison _____	73
Tableau 1.1	Techniques et instruments utilisés pour entailler, récolter et transformer l'eau d'érable à trois différentes époques de l'histoire _____	7
Tableau 2.1	Scénarios prédictifs présentés dans les trois derniers rapports du GIEC (1995, 2001 et 2007) pour l'augmentation des températures globales et les concentrations de CO ₂ associées _____	24
Tableau 2.2	Prédictions pour l'augmentation des températures moyennes (°C) estivales (juin à août) et hivernales (décembre à février) dans le sud du Québec sur trois horizons temporels (2015-2045, 2035-2065 et 2080-2100) _____	27

Tableau 2.3	Prédictions pour l'augmentation des précipitations estivales (juin à août) et hivernales (décembre à février) dans le sud du Québec pour la période 2080-2100 selon des scénarios optimistes, moyens et pessimistes	29
Tableau 3.1	Degré de résistance au froid et à la sécheresse des trois écotypes de l'érable à sucre	61
Tableau 3.2	Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau des écosystèmes des érabières	62
Tableau 3.3	Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau du fonctionnement de l'érable à sucre	64
Tableau 3.4	Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau du mécanisme de la coulée de la sève au printemps	66
Tableau 4.1	Niveau de connaissances des producteurs acéricoles du phénomène des changements climatiques, des impacts potentiels sur leur production et degré d'inquiétude pour la rentabilité de leur production face à cette problématique	70
Tableau 4.2	Liste des principaux impacts potentiels du changement climatique identifiés par les 63 producteurs qui ont répondu au questionnaire du sondage maison effectué	71
Tableau 5.1	Quelques règles à suivre pour l'entaillage des érables et pour l'installation du système de collecte	76
Tableau 5.2	Solutions proposées par les intervenants du domaine acéricole pour pallier au problème de la mise en marché et rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande et responsable de leur réalisation	82

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Centre ACER	Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture
CRAAQ	Centre de Référence et de transfert en Agriculture et Agroalimentaire du Québec
EC	Environnement Canada
FPAQ	Fédération des Producteurs Acéricoles du Québec
GIEC	Groupe d'Experts International sur l'Évolution du Climat
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MRN	Ministère des Ressources Naturelles du Québec
MRNFP	Ministère des Ressources Naturelles, de la Faune et des Parcs
OURANOS	Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle de l'Amérique du Nord

LEXIQUE

Carbohydate	Molécule composée uniquement de carbone
Écotype	Variété locale ayant pris naissance sous l'effet de conditions écologiques spécifiques.
Intraspécifique	À l'intérieur d'une même espèce.
Osmose inverse	Procédé de filtration qui consiste à forcer le passage de l'eau au travers d'une membrane semi-perméable en la soumettant à une pression supérieure à la pression osmotique, de sorte qu'elle s'écoule dans le sens inverse du processus naturel de l'osmose. En acériculture, elle sert à fractionner le lactosérum pour en séparer le lactose, à concentrer la sève d'érable pour en obtenir du sirop.
Primordia	Ensemble de cellules en division à l'origine d'un organe.
Réfractomètre	Instrument de mesure des indices de réfraction qui permet de déterminer le pourcentage de corps solides (sucres principalement) dans une solution.

INTRODUCTION

En septembre 2005, le maintenant très célèbre voilier SEDNA IV partait pour un long périple avec à son bord, un équipage des plus éclectiques : marins, cinéastes, biologistes, ingénieurs, médecins, cuisiniers. C'était le début de la mission Antarctique dont l'objectif était de documenter l'effet des changements climatiques sur la péninsule antarctique. Quelque 430 jours plus tard, en novembre 2006, l'équipage était de retour et Monsieur Jean Lemire, chef de la mission, dévoilait au grand public des images laissant croire que les effets du changement climatique en antarctique pourraient déjà être palpables.

L'accélération du réchauffement climatique est maintenant un fait mondialement reconnu (GIEC 2007). On s'affaire un peu partout dans le monde à déterminer de quel ordre seront les changements du climat, quelles en seront les conséquences, quels moyens peuvent être mis en oeuvre pour ralentir le phénomène et aussi quelles mesures doivent être envisagées pour permettre une adaptation à ce climat en mutation. Si la situation des ours polaires est touchante et éveille la compassion chez plusieurs, elle reste tout de même lointaine. Or le changement climatique n'aura pas des impacts qu'en Antarctique, il sera également tangible localement par la population québécoise via des impacts majeurs dans plusieurs secteurs d'activités : agriculture, foresterie, transport, tourisme, santé humaine, etc. (OURANOS 2004).

Dans ce contexte, cet essai a pour objectif principal la détermination des impacts potentiels des changements climatiques appréhendés en sol québécois sur un secteur d'activité typique au Québec : l'acériculture. Pour y arriver, certains objectifs secondaires ont été fixés :

- 1) Déterminer quels sont les changements climatiques observés et quels sont les différents scénarios prédictifs ressortant des études réalisées sur le sujet ;
- 2) Déterminer de quelle façon les facteurs climatiques affectent la phénologie, la physiologie et le mécanisme de la coulée printanière de l'érable à sucre ;
- 3) Confronter les deux réalités pour déterminer dans quelle mesure les changements observés et prédits pourraient affecter la productivité acéricole québécoise.

Cet essai a également pour objectif de dresser un portrait historique et économique de l'industrie acéricole québécoise afin d'en saisir toute l'importance. Finalement, un dernier objectif vise l'élaboration de recommandations pour une exploitation durable de la ressource en fonction des différents scénarios climatiques régionaux et des impacts potentiels identifiés.

Pour atteindre les objectifs, la méthodologie employée fut de réaliser une revue de littérature sur les différentes thématiques inhérentes au sujet traité : l'industrie acéricole au Québec, le changement climatique, les scénarios régionaux de changement du climat, la biologie de l'érable à sucre, l'influence des facteurs climatiques sur l'érable à sucre, les modes d'exploitation en acériculture. Des publications scientifiques issues d'études traitant de l'effet de l'augmentation du gaz carbonique (CO₂) et des températures sur les forêts et les espèces végétales ont été analysées. Une vingtaine d'articles relatifs à des études spécifiques à l'érable à sucre ont également été consultés. Des documents de synthèse, publiés par des institutions et des organismes reconnus, ont également servi à l'analyse : Environnement Canada (EC), Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Ministère des Ressources Naturelles (MRN), Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle de l'Amérique du Nord (OURANOS), Fédération des Producteurs acéricoles du Québec (FPAQ). Un sondage maison a également été réalisé auprès de 63 producteurs acéricoles québécois dans le but de tâter le pouls de la situation actuelle telle qu'elle est vécue sur le terrain.

Le premier chapitre dresse donc un portrait de l'histoire de l'acériculture au Québec. On y relate l'évolution des modes d'exploitation depuis le début de la production par les premières nations jusqu'à aujourd'hui. Ce chapitre dresse également le portrait économique de cette industrie dont le Québec est le champion mondial. On y détermine la place du Québec sur les marchés nationaux et internationaux, l'ampleur des retombées économiques, l'importance du marché de l'exportation et la distribution régionale de la production. Finalement, les facteurs qui influencent la productivité acéricole et qui assurent une certaine rentabilité économique de cette production sont identifiés et expliqués.

Le deuxième chapitre pose les bases nécessaires à l'analyse des impacts potentiels. La situation climatique est décrite, d'abord dans un contexte mondial, puis dans un contexte régional, le contexte du sud du Québec. Une discussion est faite sur les tendances du climat observées et les scénarios envisagés au niveau des températures moyennes, du régime des précipitations et des phénomènes climatiques extrêmes. Ensuite, la phénologie de l'érable à sucre et les mécanismes impliqués dans la coulée de la sève sont détaillés. Les éléments du climat impliqués à la fois dans sa croissance, son développement et la coulée de sève au printemps sont identifiés.

Alors que tous les éléments nécessaires à l'analyse sont en place, le troisième chapitre se penche par la suite sur la détermination des impacts potentiels des changements climatiques appréhendés sur la productivité acéricole. Les impacts sont présentés selon trois niveaux d'analyse, soit l'écosystème de l'érablière, l'érable à sucre en tant qu'organisme vivant et le mécanisme physiologique spécifique au phénomène de la coulée de sève.

Finalement, avant de présenter les recommandations issues de l'analyse, le chapitre quatre tente de déterminer s'il est possible que des impacts soient déjà ressentis. Pour ce faire, les données de rendement disponibles sont analysées ainsi que les résultats du sondage maison effectué auprès de producteurs acéricoles québécois. Les recommandations du dernier chapitre sont élaborées dans le souci de permettre la continuité d'une exploitation rentable et durable de la ressource acéricole québécoise. Celles-ci concernent les modes d'exploitation, les travaux sylvicoles, la gestion des perturbations naturelles, la protection de l'intégrité des sols forestiers, le potentiel d'entailles à développer, la mise en marché des produits de l'érable et finalement de la recherche nécessaire pour maîtriser les impacts et s'adapter.

CHAPITRE 1 : PORTRAIT HISTORIQUE ET ÉCONOMIQUE DE L'INDUSTRIE ACÉRICOLE QUÉBÉCOISE

L'exploitation de l'érable à sucre à des fins de production de sirop et autres produits de l'érable est exclusive à l'est du continent nord américain (Julien et Richard 2006). Deux seuls pays s'adonnent donc à cette pratique culturelle : les États-Unis et le Canada (AAC 2006). Au Québec, en plus de constituer une composante importante du secteur agro-alimentaire (Allard 1998), la production acéricole témoigne d'un riche patrimoine historique et est source d'identité culturelle pour les québécois (Withney et Upmeyer 2004).

Dans ce contexte, le premier chapitre vise à dresser un portrait global de l'historique de l'industrie acéricole et de son positionnement sur le plan économique afin de bien saisir son importance et sa valeur tant patrimoniale que financière pour le Québec. Dans un premier temps, les origines ainsi que l'évolution des modes d'exploitation de l'acériculture seront exposées. Ensuite, la place qu'occupe le Québec sur le marché des produits de l'érable (national et international) et la structure actuelle de cette industrie seront définies. Finalement, une discussion sera faite sur les facteurs qui peuvent influencer l'acériculture au niveau de la productivité des érablières exploitées. Ces prémisses permettront d'identifier quels sont les éléments potentiellement perturbateurs et quelle est la stabilité de l'industrie, toujours dans un contexte québécois.

1.1 Des modes d'exploitation en constante évolution

Bien que le débat sur les origines ancestrales de l'industrie de l'érable ne soit pas complètement réglé, une majorité de personnes s'accorde pour dire qu'elles remonteraient à l'époque des premiers occupants du continent américain, les peuples amérindiens (Withney et Upmeyer 2004). À cette époque, on se fiait sur le retour des corneilles pour déménager son campement vers les érablières le temps que dure la saison des sucres. Au moment de la colonisation, les amérindiens auraient transmis cette pratique aux premiers colons en leur enseignant les techniques et les savoirs qu'ils avaient développés (Turgeon s.d.). Fondamentalement, le principe derrière l'exploitation de l'érable à sucre pour sa sève sucrée est resté inchangé depuis le début de l'histoire de l'acériculture: on

pratique une entaille dans le tronc de l'érable, on y insère un instrument quelconque pour diriger la sève qui circule dans l'arbre vers un récipient, on collecte le liquide et on le fait bouillir pour évaporer l'eau et concentrer les sucres. Toutefois, même si le principe a perduré à travers les siècles, les méthodes employées ont quant à elles amplement évolué. Les nord-américains ont effectivement développé et raffiné cette pratique culturelle tant au niveau des techniques que de l'équipement.

D'abord, au niveau de l'entaillage, le *tomahawk* originellement utilisé par les amérindiens fut troqué par la hache chez les premiers colons puis par une mèche qui se raffina de plus en plus jusqu'à nos jours. Les blessures en forme de V laissées par les premières nations se sont donc transformées en de petits trous beaucoup moins menaçants pour la santé des arbres (Anonyme s.d.). De fait, à l'époque des amérindiens, on raconte qu'un arbre ne pouvait être exploité que de huit à neuf ans après quoi il ne fournissait plus suffisamment d'eau (Withney et Upmeyer 2004). Aujourd'hui, on s'entend généralement pour dire que l'entaillage et la récolte de la sève ne nuisent pas à la santé des arbres qui peuvent être exploités jusqu'à un siècle dans les meilleures conditions (AAC 2006, Houston et *al.* 1990).

Pour ce qui est de l'extraction de la sève des arbres entaillés, les roseaux et les écorces utilisés par les amérindiens ont évolué vers des chalumeaux en bois taillés à la main dans du cèdre puis vers des chalumeaux de métal tels qu'on les connaît aujourd'hui (FPAQ s.d.). Aussi, les originels «cassots d'écorce» (des récipients fabriqués en écorce de bouleau) installés au pied des arbres sur des planchettes et gardés en place avec une roche qu'on l'on déposait à l'intérieur, se sont tranquillement transformés en chaudières de bois puis en chaudières de métal que l'on accrochait aux arbres entaillés. Le système des chaudières et chalumeaux de métal fut graduellement substitué dans les années 1980 par des systèmes de tubulure en plastique aujourd'hui utilisés par 85 % des producteurs selon la FPAQ.

Les techniques de récolte se sont également beaucoup modernisées avec le temps. À l'époque des amérindiens, on récoltait à pied et à main d'homme jusqu'à trois fois par jour l'eau des coulées. C'est à l'époque des premiers colons qu'on commença à utiliser le cheval pour traîner l'eau récoltée manuellement de chaudière en chaudière à travers l'érablière (FPAQ s.d.). Plus tard, le cheval fut remplacé par le tracteur. Aujourd'hui, la

main-d'œuvre nécessaire à la collecte de l'eau d'érable est minimum : l'eau est amenée directement à la cabane soit sous l'action de la force gravitationnelle, soit sous l'action d'une force mécanique impliquée dans un vacuum qui siphonne la tubulure.

Finalement, les techniques ont également grandement évolué au niveau de la transformation de l'eau d'érable. La potence (feu de bois extérieur au dessus duquel on suspendait des chaudrons d'argile et plus tard de fer) fut remplacée vers la fin du 19^{ième} siècle par une bouilloire à quatre compartiments alimentée par un feu de bois à l'intérieur d'une cabane (Carrier 2004). De nos jours, on utilise un évaporateur très spécialisé combiné à une hotte pour l'évacuation de la vapeur et on se sert soit du bois, soit de l'huile comme source d'énergie pour le chauffage (FPAQ s.d.). Le temps de bouillage est réduit grâce à l'utilisation du procédé d'osmose inverse diminuant ainsi de 50 à 60 % les coûts de combustible (Carrier 2004). Ce procédé, dont la popularité se fait grandissante, permet également l'obtention d'un sirop plus clair, considéré de meilleure qualité (AAC 2006). Le tableau 1.1 présente un résumé de l'évolution des instruments et techniques acéricoles selon trois époques : l'époque des amérindiens, l'époque des premiers colons et l'époque actuelle.

Le raffinage et l'optimisation des instruments et des techniques d'exploitation au fil des époques ont conduit à une réduction de l'intensité des travaux manuels à effectuer en plus de permettre une maximisation des rendements à l'entaille (Withney et Upmeyer 2004). Une érablière qui nécessitait autrefois le travail acharné et sans relâche de cinq ou six hommes peut aujourd'hui être exploitée par un seul homme (Carrier 2004).

Encore aujourd'hui, les techniques d'exploitation et de production continuent d'évoluer et de se raffiner toujours dans une optique de maximisation des rendements à l'entaille mais également en vue d'augmenter et d'uniformiser la qualité des produits de cette industrie (AAC 2006).

Tableau 1.1 : Techniques et instruments utilisés pour entailler, récolter et transformer l'eau d'érable à trois différentes époques de l'histoire

	Entaillage	Récolte de l'eau au niveau de l'arbre		Récolte de l'eau d'arbre en arbre	Transformation de l'eau (évaporation)
		Instrument inséré dans l'entaille	Réceptif		
Époque des amérindiens	Avec un <i>tomahawk</i> : incision en forme de V	Roseau ou pièce d'écorce concave	Réceptif en écorce de bouleau : « <i>cassot d'écorce</i> »	À pied, à main d'homme	Chaudron d'argile sur un feu de bois à l'extérieur
Époque des premiers colons	Avec une hache	Chalumeau en bois de cèdre taillé à la main : « <i>gouterelle</i> »	Chaudière de bois : « <i>baquets</i> »	À pied, à main d'homme	Chaudron en fer ou en cuivre sur un feu de bois extérieur : « <i>potence</i> »
	↓ Avec une mèche rustique	↓ Chalumeau de métal	↓ Chaudière de métal	↓ À cheval, à main d'homme	↓ Bouilloire à compartiments sur un feu de bois dans une cabane
Époque actuelle	Avec une perceuse mécanique ou électrique et une mèche spécialisée	Chalumeau de métal ↓ Chalumeau de plastic (à diamètre réduit)	Chaudière de métal ↓ Tubulure à gravité ou sous vide	En tracteur, à main d'homme ↓ Gravité et/ou système de vacuum	Évaporateur spécialisé sur un feu de bois ou chauffé avec de l'huile Principe de l'osmose inverse

Source : Compilation d'après Anonyme (s.d.), Turgeon (s.d.), FPAQ (s.d.), Carrier (2004) et Houston et al. (1990)

1.2 Produits de l'érable : la place du Québec sur le marché national et international

En plus de puiser sa valeur au sein de son histoire qui lui confère un caractère traditionnel et patrimonial, l'industrie acéricole représente une richesse indéniable pour le Québec via son positionnement sur le marché des produits de l'érable. Il sera ici démontré, dans un premier temps, à quel point les produits québécois de l'érable dominent le marché mondial et national. L'importance du volet exportation dans la mise en marché sera ensuite expliquée. Finalement, l'évolution de différents aspects de l'industrie au cours des années passées sera détaillée pour en dégager l'avenir prometteur. Les statistiques présentées dans cette section ne concernent que les exploitations enregistrées auprès du MAPAQ.

1.2.1 Domination du marché mondial et national

Tel que mentionné déjà, deux pays possèdent les essences et le climat nécessaires à la production acéricole : les États-Unis et le Canada. Entre les années 2000 et 2005, 85 % de la production mondiale de sirop d'érable a été réalisée par le Canada. De la production canadienne, près de 93 % a été réalisée par le Québec (AAC 2006). Le reste de la production (7 %) a été opérée en Ontario et au Nouveau-Brunswick (Labrecque 2005) (voir figure 1.1).

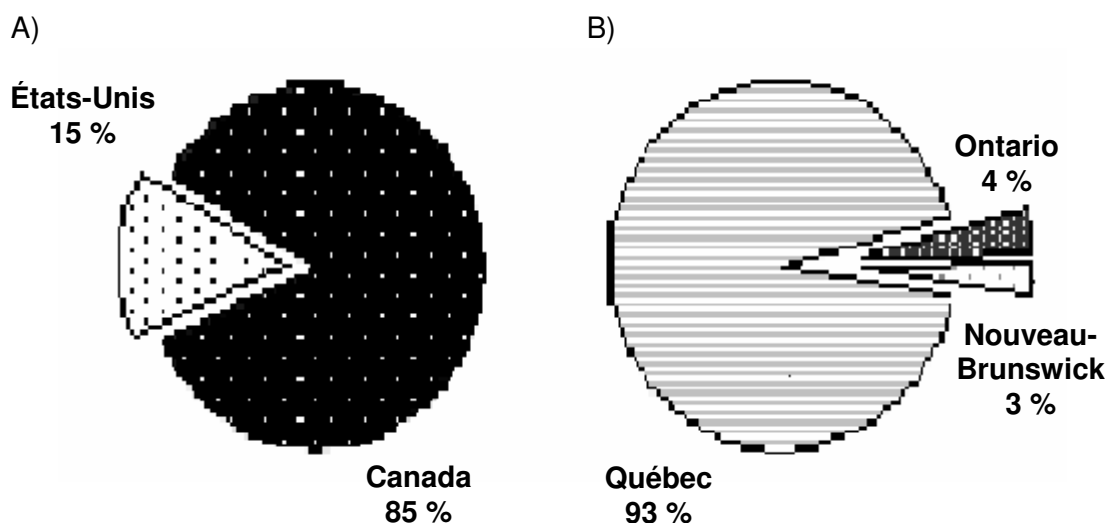


Figure 1.1 : Répartition actuelle de la production totale de sirop d'érable
A) au niveau mondial et B) au niveau national entre les provinces canadiennes
Source : Compilation d'après AAC (2006), p. 4 et Labrecque (2005), p. 2

Le Québec est donc l'endroit où environ 80 % de la production mondiale de sirop d'érable est réalisée ce qui en fait le plus grand producteur au monde. Il domine, tant sur la scène nationale que sur la scène internationale, et ce de façon relativement constante depuis plusieurs années tel que démontré par la figure 1.2. La proportion de la production mondiale attribuable au Québec semble même être en légère augmentation depuis une dizaine d'années.

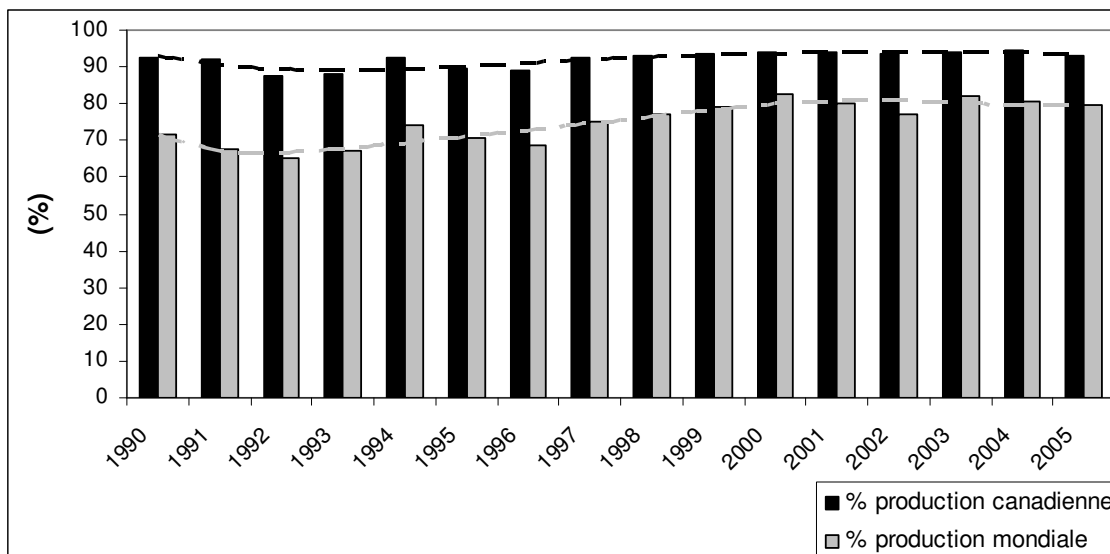


Figure 1.2 Évolution du pourcentage attribuable au Québec dans la production de sirop d'érable au niveau national et au niveau international de 1990 à 2005

Source : Inspiré de MAPAQ (2006), p. 1

1.2.2 Des recettes monétaires importantes

L'ampleur de la production québécoise acéricole en terme de quantité de sirop produit a augmenté de façon considérable au cours des dernières années tel que l'illustre la figure 1.3. L'envergure de cette production se traduit nécessairement en d'importantes recettes monétaires. Pour l'année 2005, on estime que les sommes générées par les 34 513 tonnes métriques de sirop produites (76 088 milliers de livres) sont de l'ordre de 173,6 millions de dollars (AAC 2006). La valeur de la production totale annuelle est d'ailleurs en constante augmentation depuis 1990 (figure 1.4).

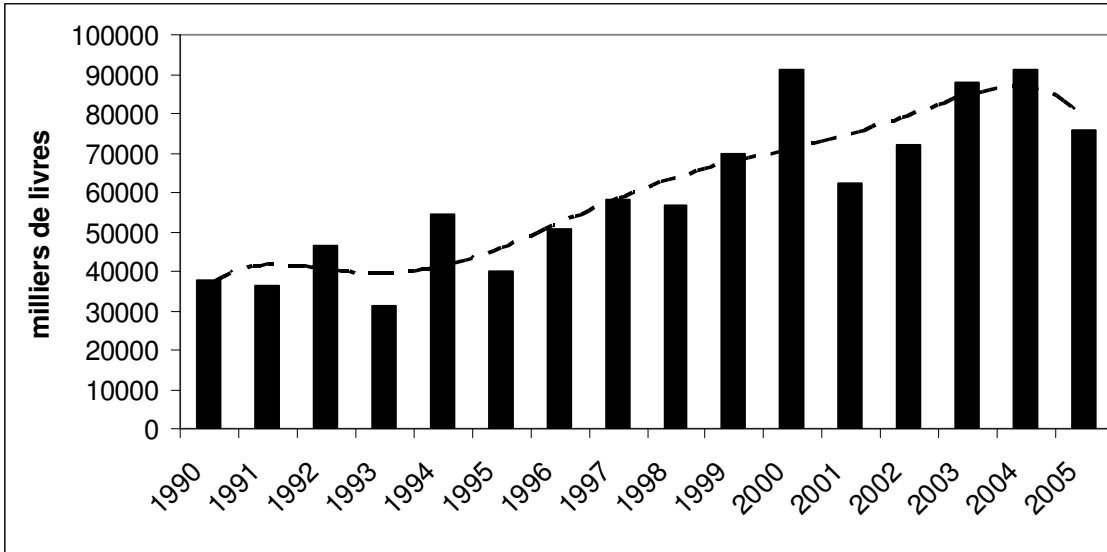


Figure 1.3: Évolution de la production totale annuelle québécoise de sirop d'érable de 1990 à 2005
 Source : Inspiré de MAPAQ (2006), p. 1

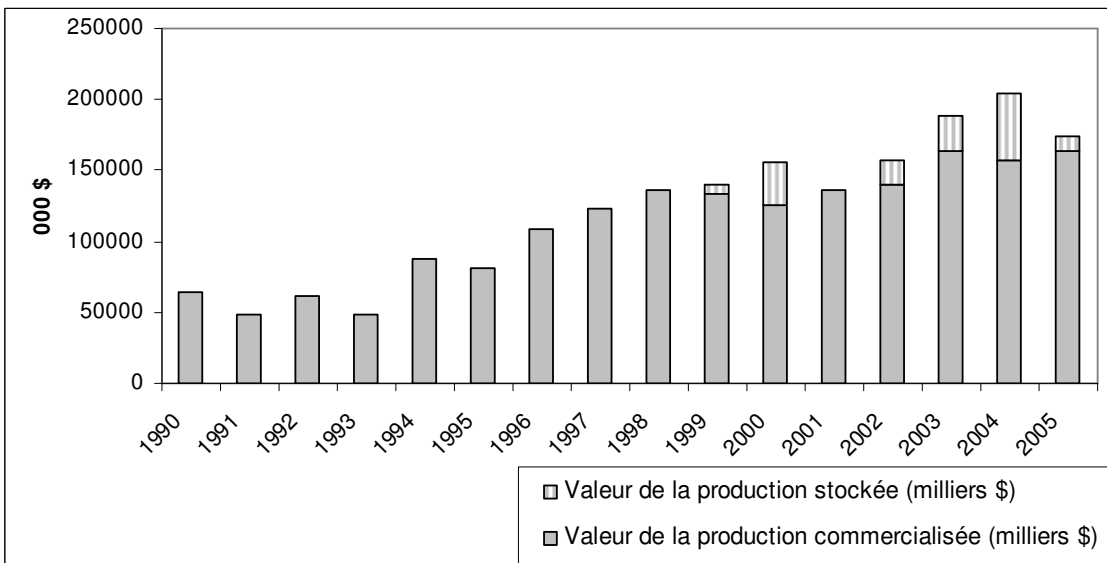


Figure 1.4 : Évolution de la valeur la production annuelle totale de sirop d'érable (commercialisée + stockée) de 1990 à 2005
 Source : Inspiré de MAPAQ (2006), p. 1

Une trop rapide augmentation des volumes de production a même forcé le stockage de certaines quantités à partir de l'année 1999 alors que les marchés développés ne suffisaient pas à l'écoulement des stocks (figure 1.4). Cette situation a indirectement mené à une baisse du prix à la livre du sirop d'érable (figure 1.5). Face à cette problématique, la

FPAQ a instauré en 2004 un système de contingentement de la production visant à restreindre la production annuelle et le développement de nouvelles érablières en attendant que les marchés se développent (AAC 2006).

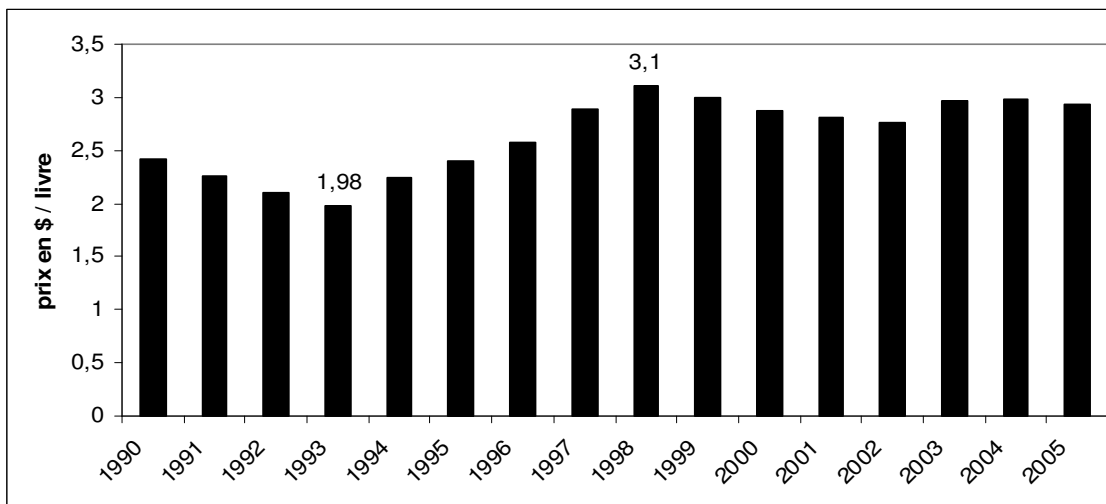


Figure 1.5 : Évolution du prix à la livre du sirop d'érable vendu au Québec de 1990 à 2005
Source : Inspiré de MAPAQ (2006), p. 1

1.2.3 Une industrie axée principalement sur les marchés d'exportation

Bien que la consommation canadienne par personne de produits de l'érable (0,16 kg/personne en 2001) soit la plus élevée au monde (Labrecque 2003), celle-ci n'est pas suffisante pour supporter l'ampleur de sa propre production. L'industrie acéricole québécoise est donc grandement dépendante des marchés d'exportation (Labrecque 2005). Dans les faits, 80 % des produits québécois de l'érable franchissent les frontières canadiennes année après année pour aboutir dans plus d'une trentaine de pays différents. L'importance des volumes exportés est telle qu'elle place cette industrie au quatrième rang des exportations québécoises de produits agricoles (Allard 1998). Seulement six pays se partagent au total 94 % des exportations. Le plus grand volume, soit 77 % du total des exportations, est évidemment exporté vers nos voisins du sud, les américains (Bernier 2006). Ceux-ci consomment d'ailleurs 57 % de la production totale mondiale de sirop d'érable (Julien et Richard 2006). Le reste des volumes exportés (23 % des exportations québécoises) est dirigé vers le Japon (8 %), l'Allemagne (7 %), la France (3 %), le Royaume-Uni (2 %), l'Australie (1 %), les Pays-Bas (<1 %), le Danemark (<1 %)

et la Suisse (<1 %). Chez ces pays importateurs, le sirop d'érable du Québec est considéré comme un produit haut de gamme et raffiné (Bernier 2006).

Le marché de l'exportation des produits de l'érable est en augmentation depuis quelques années. Effectivement, un accroissement des volumes exportés, notamment aux États-Unis et au Japon (Bernier 2006), a fait en sorte que la valeur des exportations canadiennes (le Québec produit 93 % du sirop canadien) a plus que doublé de 1994 à 2005 en passant de 64,4 millions de dollars à 165 millions de dollars (figure 1.6).

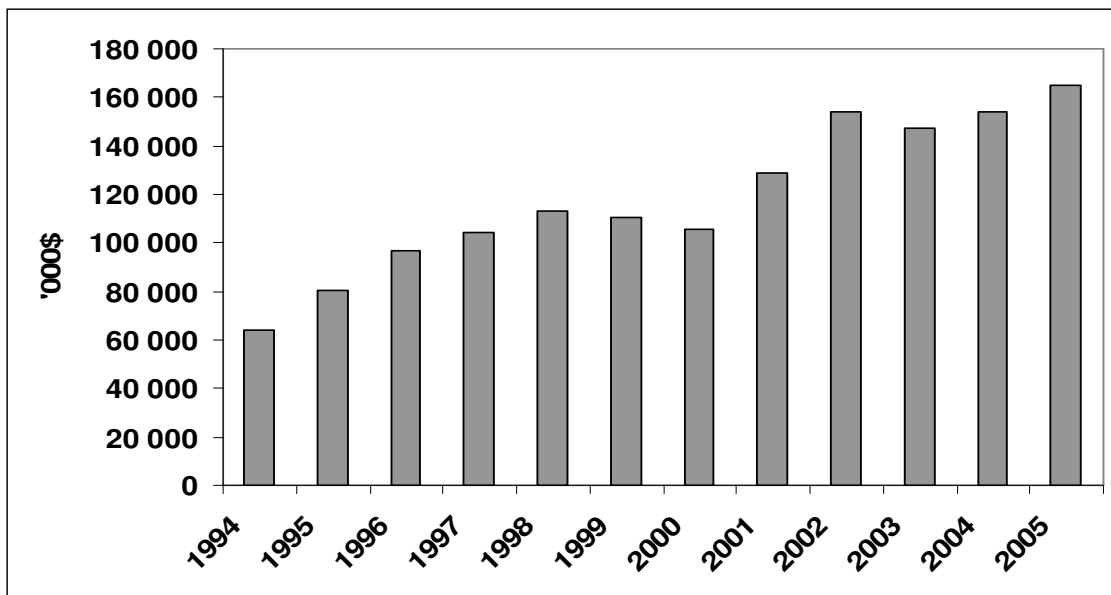


Figure 1.6 : Évolution de la valeur des exportations canadiennes de sirop d'érable de 1994 à 2005 en millions de dollars

Source : Inspiré de Labrecque (2005), p. 7 et AAC (s.d.), p. 1

1.2.4 Portrait d'une industrie régionale florissante

Sur la scène régionale, l'industrie acéricole est représentée par une vaste diversité d'unités de production qui exploitent l'érable à sucre. Celles-ci sont divisées en petites, moyennes et grandes entreprises. La taille d'une exploitation est définie en fonction du nombre d'entailles qu'on y exploite. Il est généralement considéré que les érablières comptant de 1000 à 5 000 entailles sont des petites entreprises, que celles comptant de 6 000 à 14 000 entailles sont des moyennes entreprises et que celles comptant plus de 15 000 entailles sont des grandes entreprises (Boily et Lepage 2003). On observe depuis

quelques années, tout comme dans les autres domaines de l'agriculture en général, une tendance vers l'augmentation de la taille des érablières. Effectivement, de 1995 à 2004, on estime que le nombre d'exploitations de moins de 3 000 entailles a diminué de moitié alors que le nombre d'exploitations de 10 000 entailles et plus a quadruplé (Julien et Richard 2006). La tendance au grossissement des entreprises est illustrée à la figure 1.7.

Inévitablement, puisque que le nombre d'entailles en sol québécois augmente sans cesse depuis 15 ans et que le nombre d'entreprises reste relativement stable, le nombre d'entailles par exploitation augmente et les exploitations grossissent (figure 1.6). À ce phénomène d'agrandissement des entreprises est associée une importante hausse de la valeur marchande de celles-ci. De fait, la valeur marchande moyenne d'une entreprise acéricole québécoise spécialisée (dont 51 % et plus du revenu provient de la vente de produits acéricoles) est passé de 95 815 \$ en 1991 à 224 761 \$ en 2001 (Julien et Richard 2006)

Actuellement, l'industrie acéricole québécoise est composée de plus de 7 000 producteurs enregistrés qui se partagent quelques 38 millions d'entailles (MAPAQ 2006). Il faut également mentionner qu'il existe un volet transformation représentant une partie importante de l'industrie qui comprend une soixantaine de manufacturiers de produits de l'érable (Labrecque 2003). Cet aspect de l'industrie acéricole n'est cependant pas visé par les objectifs poursuivis dans ce travail.

1.2.5 Des érables au sud...Une production sous le soleil

La limite de distribution nordique de l'érable à sucre (illustrée à la figure 1.8) centralise l'acériculture aux régions du sud du Québec. On observe une importante concentration des entailles exploitées dans cinq régions administratives au sud du fleuve Saint-Laurent tel qu'illustré à la figure 1.9 : Chaudières-Appalaches (39 %), Bas-Saint-Laurent (18 %), Estrie (15 %), Centre-du-Québec (9 %) et Montérégie (7 %). Cinq autres régions, au nord du fleuve Saint-Laurent se partagent une proportion plus modeste des entailles (12 %) : Laurentides, Québec, Lanaudière, Outaouais et Mauricie (AAC 2006).

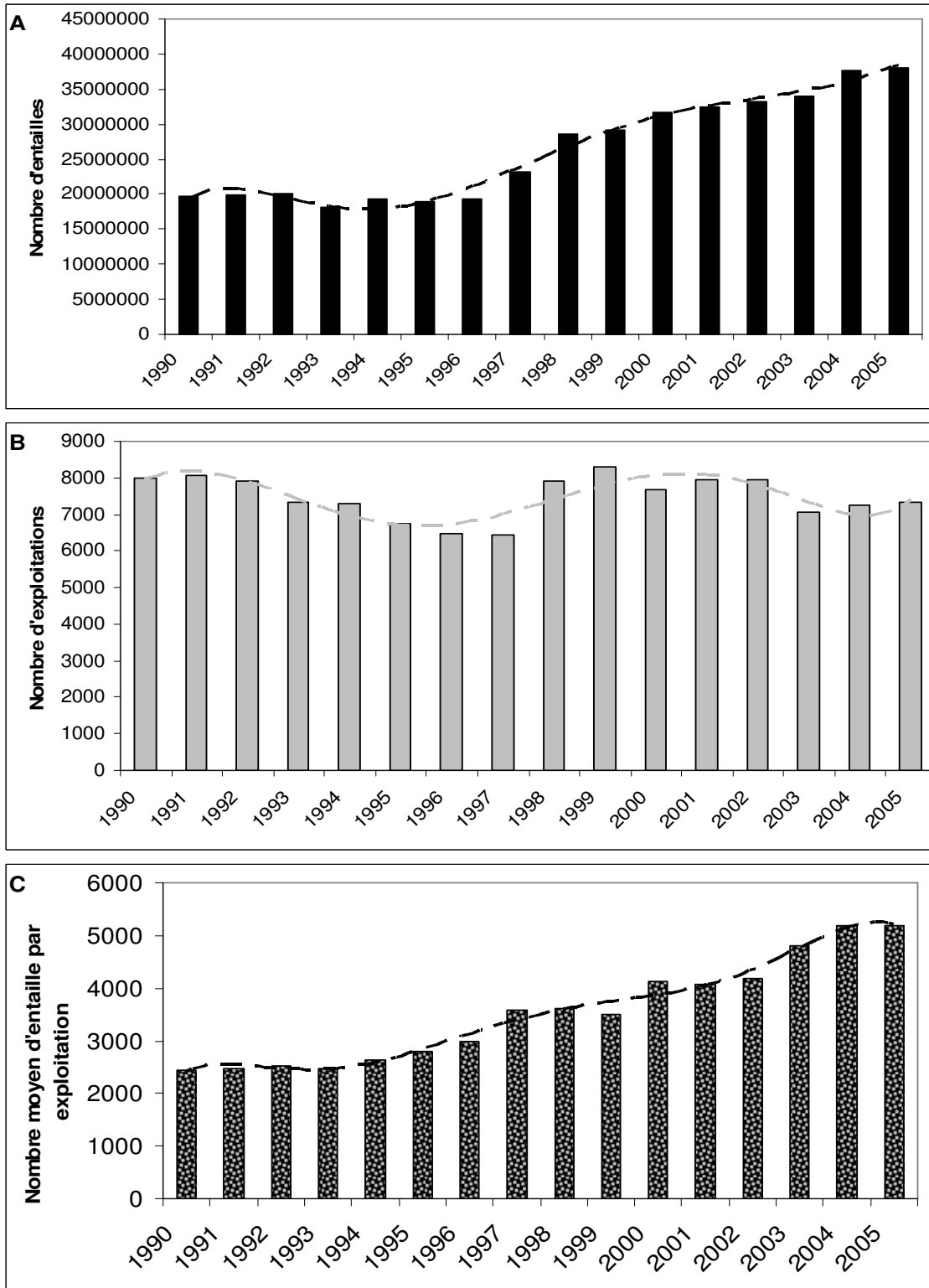


Figure 1.7 : Évolution de l'industrie acéricole québécoise de 1990 à 2005
 A) Nombre d'entailles, B) Nombre d'exploitations et C) Nombre d'entailles par exploitation
 Source : Inspiré de MAPAQ (2006), p. 1

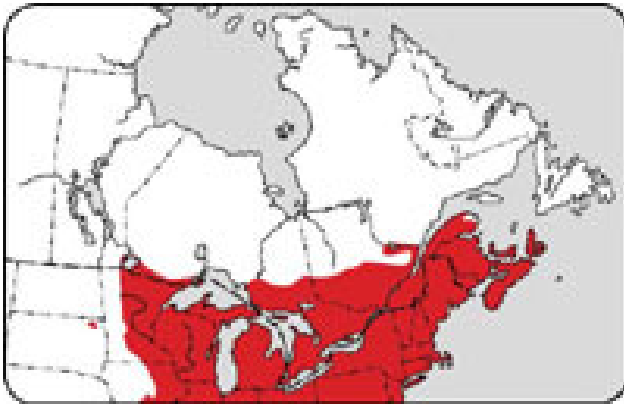


Figure 1.8 : Carte de répartition de l'érable à sucre au Québec
 Source : Tiré de MRN (2003), <http://www.cfl.scf.mcan.gc.ca>

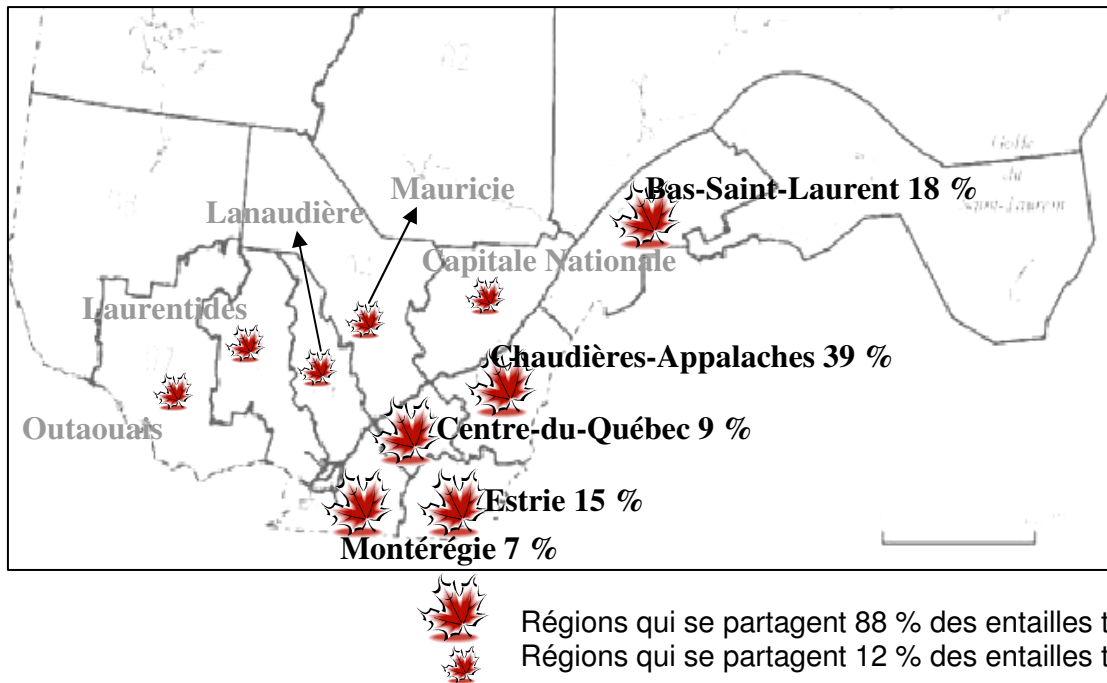


Figure 1.9 : Portrait global de la répartition géographique des entaillés exploités sur le territoire québécois
 Source : Inspiré de AAC (2006), p. 7

1.3 Les facteurs qui influencent la production

La productivité d'une érabièrre dépend à la base du volume d'eau d'érable récolté et de sa teneur en sucres. Ces deux variables sont fonction d'une quantité considérable de facteurs dont certains peuvent être influencés par l'exploitant alors que d'autres sont

intrinsèques au milieu dans lequel prend place l'activité acéricole (Bernier et *al.* 2001). Le défi pour l'acériculteur est d'adapter ses modes de production pour maximiser l'effet positif des facteurs qu'il peut contrôler tout en conjuguant avec les facteurs qui ne peuvent être modifiés.

La section suivante vise à effectuer une revue des facteurs pouvant influencer le volume d'eau d'érable récolté et sa teneur en sucres. Implicitement, tous les éléments qui font en sorte qu'une érablière est en santé devraient contribuer à accroître sa productivité (Roy 1997). D'autres facteurs, plus spécifiques aux mécanismes impliqués dans la fabrication de la sève et la coulée printanière, peuvent aussi jouer sur la productivité au niveau de l'arbre. Les facteurs recensés sont ici divisés en six catégories : les facteurs technologiques, les facteurs anthropiques, les facteurs physiques, les facteurs chimiques, les facteurs biotiques et les facteurs climatiques.

1.3.1 Les facteurs technologiques

Tel qu'il a été démontré dans la section 1.1, les techniques acéricoles ont grandement évolué depuis les origines de cette pratique. Les facteurs technologiques, aussi appelés facteurs de régie, sont des facteurs sur lesquels le producteur a une emprise et sont à la base du rendement de son entreprise. Il est donc primordial pour celui-ci de faire le bon choix d'équipement pour chaque activité réalisée (entaillage, extraction, collecte et transformation). Il doit également faire le meilleur usage possible des équipements sélectionnés en respectant les recommandations d'installation et d'entretien (Bernier et *al.* 2001, Houston et *al.* 1990). L'emploi adéquat des technologies les plus avancées (chalumeau à diamètre réduit et système de tubulure sous vide) garantit au producteur qu'il récoltera le maximum d'eau d'érable possible et que celle-ci sera de la meilleure qualité possible (Houston et *al.* 1990).

1.3.2 Les facteurs anthropiques

Toute intervention faite par l'homme dans un écosystème naturel est susceptible d'en modifier l'équilibre ou le fonctionnement. Règle générale, les érablières en plus d'être exploitées pour l'eau d'érable, sont aussi exploitées à des fins sylvicoles. Des traitements

sylvicoles bien planifiés et qui prennent en considération que l'érablière est un écosystème complexe dont la stabilité est dépendante d'un ensemble de facteurs écologiques devraient permettre de maintenir et peut-être d'améliorer l'état de santé d'une érablière et de maintenir sa productivité (QUÉBEC et CANADA 1995).

Par exemple, le recours à la coupe de jardinage acéricoforestier est recommandé par le Ministère des Ressources Naturelles, dans son guide de bonnes pratiques environnementales pour l'exploitation acéricole des érablières du domaine de l'état, pour maintenir ou améliorer la productivité des érablières. Cette pratique consiste à privilégier certaines tiges qui contribuent à la productivité du peuplement et à s'assurer que ces tiges se développent à leur maximum en contrôlant judicieusement la compétition autour de celles-ci (MRNFP 2004). Aussi, pour maintenir et favoriser la régénération d'une érablière, les activités sylvicoles réalisées peuvent s'effectuer dans le souci de protéger les semis et les gaules d'érables à sucre en place. La protection de cette régénération assure le maintien de la structure inéquienne (forêt composée d'arbres de tous les groupes d'âge) de l'érablière nécessaire à sa pérennité (MRNF 2004).

Par contre, des traitements inappropriés ou mal planifiés, comme par exemple des éclaircies trop fréquentes et trop agressives, la destruction de la régénération ou l'élimination de la totalité des espèces compagnes, risquent de mener à une détérioration de l'état de santé global de l'érablière, une diminution de la productivité des érables et peut-être à des coulées de sève moins abondantes (Roy 1997). De plus, les mauvaises pratiques sylvicoles rendent les arbres beaucoup plus vulnérables aux perturbations comme le verglas, le chablis, le gel ou l'insolation. La compaction du sol suite au passage répétitif de machinerie ou au piétinement par des animaux domestiques a également un effet négatif sur les érables (Bernier et al. 2001). Effectivement, le durcissement du sol peut compromettre l'apport en eau et en oxygène vers les racines en entravant l'infiltration de l'eau et l'aération du sol (Houston et al 1990) en plus de nuire à la décomposition de la matière organique en empêchant la formation d'humus (QUÉBEC et CANADA 1995). Une fertilisation adéquate précédée d'analyses foliaires peut encourager la croissance et le développement des érables et donc leur production de sève. Par contre, une mauvaise fertilisation peut causer un déséquilibre important et donc faire plus de tort que de bien (QUÉBEC et CANADA 1995). Les facteurs anthropiques relatifs aux activités sylvicoles sont bien évidemment totalement entre les mains du producteur. Le maintien de la

productivité d'une érablière est grandement dépendante du type de gestion forestière appliqué (Houston et *al.* 1990).

Par contre, la problématique d'origine anthropique des pluies acides ne peut pas être contrôlée par une action isolée d'un producteur. Les dépôts des pluies acides sont responsables de l'acidification des écosystèmes et susceptibles de provoquer un déséquilibre dans le cycle des éléments nutritifs. Ce problème a été proposé comme un des facteurs pouvant être à l'origine du dépérissement des érablières vécu dans les années 1980 (Roy 1998). La globalité du problème de pollution par les pluies acides requiert la concertation de tous les acteurs à la source du phénomène dont le producteur ne fait pas partie.

1.3.3 Les facteurs physiques

Bien que les facteurs physiques soient inhérents au milieu, ils peuvent être pris en compte lors du choix de l'emplacement d'une nouvelle érablière. D'abord, un bon drainage du sol qui évite la rencontre de conditions anoxiques est idéal pour la croissance de l'érable à sucre (QUÉBEC et CANADA 1995). Un sol épais à texture relativement grossière permettant de maximiser la profondeur de l'enracinement est également un facteur positif pour sa croissance (Houston et *al.* 1990). La pente, bien que n'ayant pas vraiment d'impact sur le développement, est un élément qui peut faciliter la récolte et éviter que l'eau ne se détériore dans la tubulure suite à un trop long séjour (Bernier et *al.* 2001). Ce facteur peut toutefois être contrecarré par l'installation d'un système d'aspiration. Finalement, l'exposition d'une érablière qui influence directement la quantité de chaleur et de lumière reçues ainsi que le taux d'humidité peut jouer de façon importante sur la productivité des arbres (Houston et *al.* 1990). Une exposition sud-est permet de maximiser les coulées qui démarrent tôt le matin, d'éviter l'assèchement par l'intensité du rayonnement solaire en après-midi et de protéger les arbres contre les vents froids qui sont habituellement moins favorables (Bernier et *al.* 2001).

1.3.4 Les facteurs chimiques

La composition chimique du sol, déterminant la disponibilité des nutriments pour les plantes, est certainement un facteur déterminant pour une bonne croissance de l'érable (Forget et *al.* 2003). Un sol bien équilibré devrait permettre un recyclage des nutriments efficace pour réapprovisionner de façon constante les réserves du sol nécessaires à la croissance des arbres (QUÉBEC et CANADA 1995). Un pH légèrement acide (pH de 5,5 à 7) permet la mise en solution des éléments chimiques requis par l'érable et est idéal pour les érables du Québec (Bernier et *al.* 2001, QUÉBEC et CANADA 1995). D'un autre côté, un pH trop acide (pH égal ou inférieur à 4) peut mener à la mise en solution d'aluminium à des concentrations qui peuvent s'avérer toxiques (QUÉBEC et CANADA 1995). Les facteurs chimiques du sol sont inhérents au milieu mais peuvent être dans une certaine mesure modifiés par l'exploitant via l'épandage de certaines substances.

La composition chimique de l'air est également un élément important à considérer pour le développement des arbres en général. Le CO₂ dans l'atmosphère est un élément essentiel à la croissance des végétaux (QUÉBEC et CANADA 1995). C'est la matière première de l'activité photosynthétique des plantes. La concentration de CO₂ dans l'atmosphère influence donc directement la productivité des peuplements forestiers et est même considérée comme le facteur le plus limitant pour la croissance et le développement des végétaux en général (Forget et *al.* 2003). Les expérimentations indiquent toutefois que le CO₂ n'est pas un facteur limitant pour l'érable à sucre, une espèce ombrophile plutôt limitée par la quantité de lumière (QUÉBEC et CANADA 1995).

La présence de certains polluants dans l'atmosphère peut s'avérer nuisible pour les arbres et la santé globale des peuplements forestiers (Houston et *al.* 1990). Effectivement, des études tendent à démontrer que l'ozone, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, le fluorure d'hydrogène et les composés organiques volatils sont des substances polluantes présentes dans l'atmosphère qui, à partir de certaines concentrations, peuvent interférer de façon négative dans les processus physiologiques des plantes (QUÉBEC et CANADA 1995). Certains auteurs ont d'ailleurs associé le phénomène du dépérissement de l'érable à une augmentation de l'ozone atmosphérique (Roy 1998). Contrairement à la composition chimique du sol, la composition chimique de l'atmosphère ne peut pas être modifiée à court terme par des actions isolées et le producteur doit s'en accommoder.

1.3.5 Les facteurs biotiques

Les facteurs biotiques ou biologiques qui influencent la productivité d'une érablière sont complexes et nombreux. En premier lieu, au niveau de l'écosystème, la présence d'une diversité d'essences (minimum de 10 % d'espèces compagnes) est considérée comme un élément qui influence positivement la productivité de l'érablière (Bernier et *al.* 2001). Les espèces compagnes sont impliquées dans la disponibilité des éléments nutritifs et sont des éléments stabilisateurs importants pour l'équilibre de l'écosystème (Houston et *al.* 1990). Une bonne activité de la faune fuisseuse et des communautés microbiennes du sol le sont également.

À l'inverse, les insectes et les pathogènes nuisibles pour l'érable à sucre sont des facteurs qui peuvent diminuer la productivité d'une érablière de façon drastique en augmentant la susceptibilité aux stress climatiques hivernaux, en diminuant la teneur en sucres de la sève ou en provoquant le dessèchement de la cime des arbres (QUÉBEC et CANADA 1995). Sept espèces d'insectes défoliateurs retiennent l'attention des spécialistes de la question : l'arpenteuse de Bruce, l'arpenteuse d'automne, l'arpenteuse du tilleul, la livrée des forêts, la chenille à bosse orangée, l'hétérocampe de l'érable et l'anisote de l'érable. Un insecte perceur, le perceur de l'érable, peut également causer beaucoup de tort à l'érable à sucre. Pour les pathogènes, la liste serait longue à énumérer. L'érable à sucre est susceptible face à plusieurs maladies spécifiques dont divers types de chancres d'origine bactérienne, la carie interne d'origine fongique et la pourriture des racines (QUÉBEC et CANADA 1995).

En deuxième lieu, certains facteurs biologiques influençant la productivité sont associés directement à l'essence exploitée (l'érable à sucre principalement). On pense d'abord au nombre de tiges d'érable par hectare et au diamètre moyen des tiges qui déterminent la densité moyenne des entailles variant habituellement de 150 à 350 entailles par hectare (Bernier et *al.* 2001). La croissance et le développement de l'arbre influencent directement sa productivité en eau d'érable : plus l'arbre est vigoureux, plus sa cime est haute et déployée, plus il a la capacité d'emmagasiner des réserves de sucres. Il a également été établi que le volume de sève produit et sa teneur en sucres au niveau d'un arbre sont tous les deux déterminés en partie génétiquement (Houston et *al.* 1990). Ainsi, pour un arbre,

le nombre de certains types de cellules et l'activité biochimique de celles-ci influeraient la quantité de sève en circulation (Plamondon 1977).

1.3.6 Les facteurs climatiques

La production acéricole est sans contredit dépendante des conditions climatiques. Comme il le sera expliqué plus loin, les mécanismes physiologiques impliqués dans la coulée de la sève au printemps requièrent des conditions climatiques très spécifiques pour avoir lieu. Le volume des coulées et la teneur en sucres de la sève sont des éléments directement dépendants de certains facteurs climatiques soit la température, l'ensoleillement et le régime des précipitations (Pothier 1995). Plusieurs stress climatiques peuvent aussi influencer la productivité de l'érable à sucre en limitant sa croissance et son développement. Ainsi les sécheresses estivales, les gelées printanières ou les gels en profondeur du sol en hiver peuvent lui faire beaucoup de tort. L'implication des facteurs climatiques dans la phénologie et la physiologie de l'érable à sucre sera détaillée plus amplement dans le prochain chapitre.

De nos jours, le phénomène des changements climatiques est reconnu et accepté au sein de la communauté scientifique. De plus, des constatations et des prévisions qui font consensus au sein d'une communauté internationale d'experts sur le sujet, le GIEC, ont été mises sur la table (GIEC 2007). À l'échelle nationale, le Consortium OURANOS, le MRN et EC s'affairent à étudier la question et ses implications pour le Québec et le Canada.

Dans ce contexte et en gardant en tête que les facteurs climatiques sont prépondérants non seulement dans la croissance et le développement de l'érable à sucre mais également dans le mécanisme physiologique impliqué dans la coulée de la sève, il y a lieu de se questionner à savoir quels sont ou quels seront les impacts relatifs aux changements observés et prédits du climat sur la production acéricole.

CHAPITRE 2 : ÉTABLISSEMENT DES FAITS : CHANGEMENT CLIMATIQUE, PHÉNOLOGIE DE L'ÉRABLE À SUCRE ET PHYSIOLOGIE DE LA COULÉE

L'objectif principal du présent ouvrage est de tenter de déterminer dans quelle mesure et dans quelle direction le phénomène des changements climatiques pourrait affecter à court, moyen et long termes la productivité des érablières à sucre. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de poser certaines bases sur lesquelles s'appuiera la réflexion. Dans un premier temps, il sera utile de détailler la situation climatique telle quelle est comprise à l'heure actuelle dans un contexte mondial, ainsi que l'état des scénarios futurs dans un contexte régional. Les changements du climat observés et les modifications appréhendées en territoire québécois seront donc mis sur la table dès le début de la réflexion.

Dans un deuxième temps, il sera pertinent de décrire comment s'opèrent les différents stades de développement par lesquels passe l'érable à sucre au cours d'une année (sa phénologie) et aussi les mécanismes physiologiques impliqués dans la coulée printanière de la sève. Il est ici important de noter qu'en plus de l'érable à sucre, d'autres espèces sont aussi exploitées en acériculture : l'érable rouge, l'érable noir et l'érable argenté (AAC 2006). Les faibles teneurs en sucres de la sève de l'érable rouge et de l'érable argenté (AAC 2006), ainsi que la distribution limitée de l'érable noir (Grondin 2004) font en sorte que ces essences sont beaucoup moins exploitées que l'érable à sucre, l'espèce par excellence en acériculture. Cet essai se concentre donc uniquement sur l'érable à sucre.

2.1 Les changements climatiques : Contexte mondial

Le phénomène du réchauffement climatique est fort étudié depuis quelques années et aujourd'hui confirmé par une bonne partie de la communauté scientifique (OURANOS et MRN 2005). Bien que certains experts de la question soient en désaccord avec les causes à l'origine du réchauffement, un accord semble exister sur deux points.

D'abord, le climat se réchauffe et à une vitesse record lorsque l'on compare les taux antérieurs mesurés en fonction de certains des indices du passé (GIEC 2001). Le réchauffement observé actuellement est étendu à l'échelle planétaire contrairement aux épisodes de réchauffement antérieurs. Dans les faits, l'ensemble de l'hémisphère nord a

expérimenté au cours du dernier siècle une élévation des températures moyennes annuelles de 0,6 °C (OURANOS et MRN 2005). La figure 2.1 illustre la variation des températures à la surface de la terre au niveau mondial et au niveau de l'hémisphère nord.

Ensuite, les concentrations atmosphériques de CO₂, le principal gaz à effet de serre responsable du réchauffement climatique, augmentent de façon drastique depuis le début de l'industrialisation. Effectivement, les concentrations actuelles de CO₂ atmosphérique ont augmenté de 30 % par rapport à l'année 1750 (OURANOS et MRN 2005). On note que cette augmentation est fortement corrélée avec l'augmentation des températures (GIEC 2001). Le graphique de la figure 2.2 présente les concentrations atmosphériques de CO₂ enregistrées durant les 1000 dernières années.

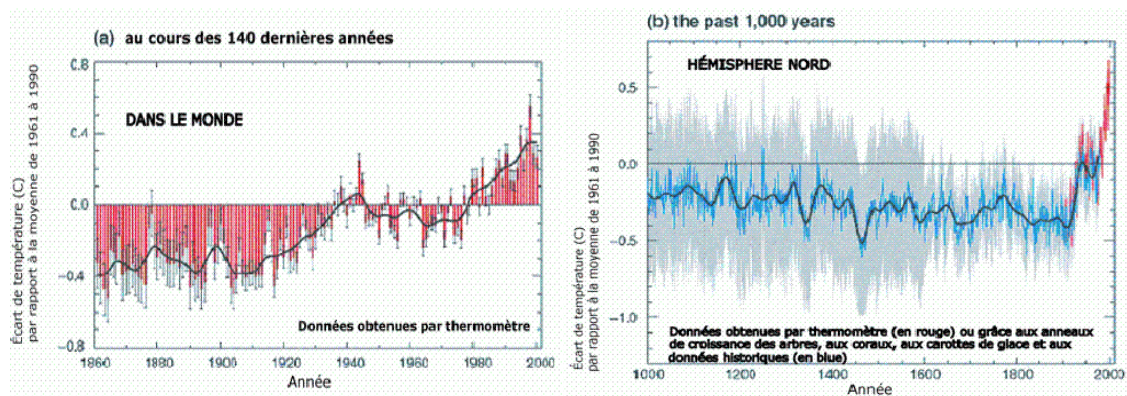


Figure 2.1 Variations des températures à la surface de la terre
 Source : Tiré de EC (2003), http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/understanding/trends/images/fig1_e.html

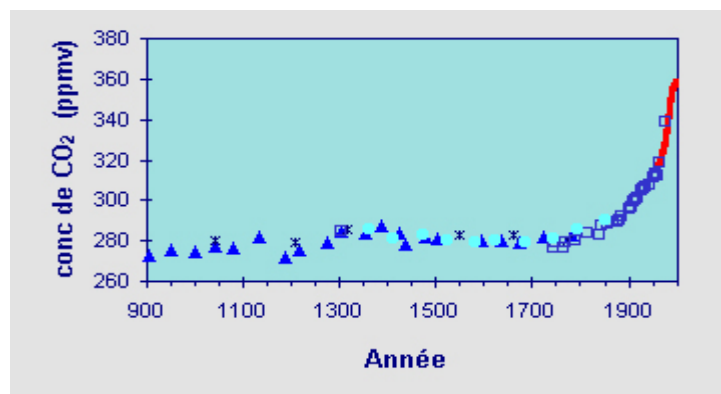


Figure 2.2 Concentrations atmosphériques de CO₂ durant les 1000 dernières années
 Source : Tiré de EC (2005c), http://www.ec.gc.ca/climate/overview_greenhouse-f.html

Le GIEC a été créé en 1988 pour étudier la question en profondeur. Il a produit à ce jour quatre rapports traitant à la fois des éléments scientifiques du réchauffement climatique, des impacts appréhendés et des mesures d'adaptation possibles. Au fil des années, les prédictions du GIEC en matière d'évolution du climat se sont raffinées et les certitudes se sont renforcées (GIEC 2007). Le tableau 2.1 présente les scénarios prédictifs divulgués dans chacun des trois derniers rapports du GIEC (GIEC 1995, 2001 et 2007) pour l'augmentation des températures globales et les concentrations de CO₂ associées d'ici l'année 2100.

Tableau 2.1 Scénarios prédictifs présentés dans les trois derniers rapports du GIEC (1995, 2001 et 2007) pour l'augmentation des températures globales et les concentrations de CO₂ associées

	Estimations pour 2100		
	Rapport de 1995 ⁽¹⁾	Rapport de 2001 ⁽²⁾	Rapport de 2007 ⁽³⁾
Températures	+1 °C à +3,5 °C	+1,5 °C à +5,8 °C	+1,1 °C à +6,4 °C
Concentrations de CO ₂ atmosphérique	500 ppm*	540 à 970 ppm	600 à 1550 ppm

* Partie par million

(1) GIEC (1995)

(2) GIEC (2001)

(3) GIEC (2007)

Les prédictions du GIEC présentées dans le tableau 2.1 sont globales (planétaires) et ont été établies en fonction d'une gamme complète de scénarios des plus pessimistes aux plus optimistes. Il a aussi été établi par le groupe d'étude que le réchauffement va affecter les différentes régions du globe de façon non uniforme. Les latitudes nordiques sont susceptibles d'être soumises à des augmentations de température plus importantes (GIEC 2001). La figure 2.3 démontre la distribution des écarts anticipés sur toute la surface du globe.

L'augmentation des températures globales prédite affectera donc les différentes régions du monde de façon spécifique et dans des envergures variables. Le changement des températures moyennes annuelles dans le futur aura pour effet de modifier régionalement plusieurs autres aspects du climat dont le régime des précipitations, le régime des vents ainsi que la fréquence et/ou l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes (GIEC

2001). Puisque chaque région du monde sera affectée de façon particulière, la section suivante vise à établir dans quelle mesure et dans quelle direction les différents aspects du climat seront modifiés dans le sud du territoire québécois, là où prennent place les activités acéricoles.

2.2 Les changements climatiques : Contexte québécois

Tel que l'illustre la figure 2.3, le Québec est susceptible d'être affecté par des augmentations de température plus importantes que les écarts globaux moyens anticipés par les scénarios prédictifs du GIEC. Ces augmentations de température affecteront le Québec dans plusieurs autres aspects de son climat. Les principales tendances observées et prédictions régionales pour le changement du climat québécois en terme de température, de précipitations et de phénomènes météorologiques extrêmes sont présentées dans cette section.

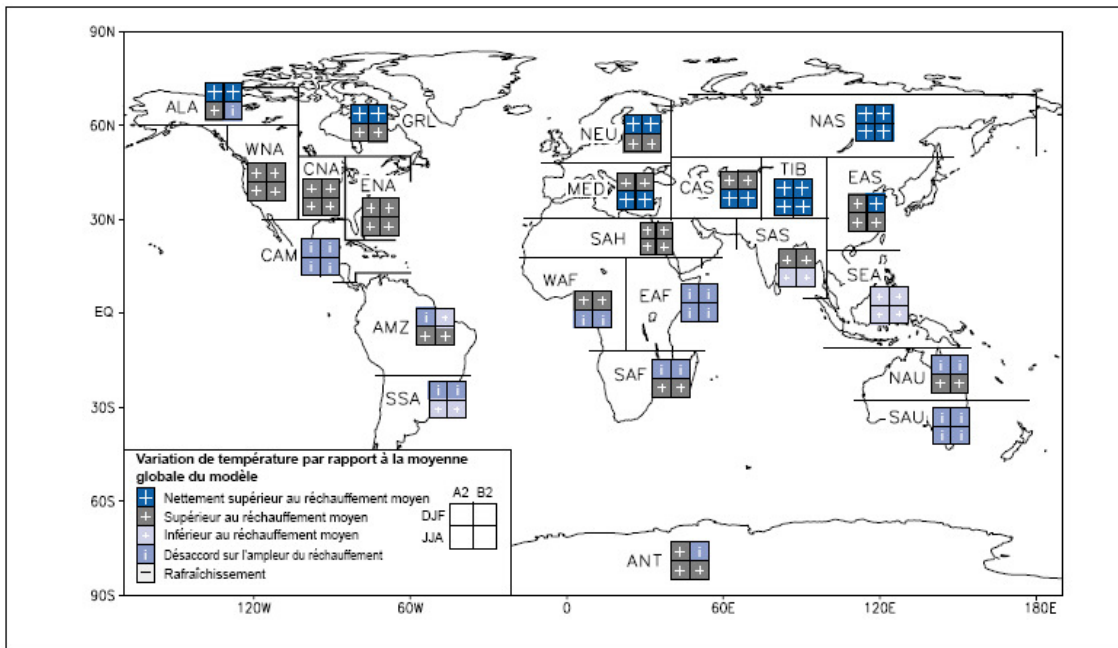


Figure 2.3 Distribution des écarts de température anticipés sur toute la surface du globe selon les scénarios du GIEC

Source : Tiré de GIEC (2001), p. I-65

2.2.1 Tendances observées et scénarios : Patrons de température

Une récente étude, réalisée par le Consortium OURANOS, a mis en évidence le fait que les températures annuelles moyennes du sud du Québec suivent une tendance à la hausse. L'étude a également permis d'établir que cet accroissement est variable d'une région à l'autre à l'intérieur du Québec. L'ouest, le sud et le centre du Québec sont les régions les plus grandement affectées alors qu'elles ont subi un réchauffement de l'ordre de 0,5 °C à 1,2 °C de 1960 à 2003. L'est du Québec pour sa part a fait place à un réchauffement plus modeste qui varie de 0,5 °C dans la région des basses terres du Saint-Laurent à presque 0 °C en Gaspésie et sur la Côte Nord (OURANOS 2006). Tel que l'illustre la figure 2.4, il semble y avoir un gradient décroissant d'ouest en est pour l'augmentation des températures moyennes annuelles.

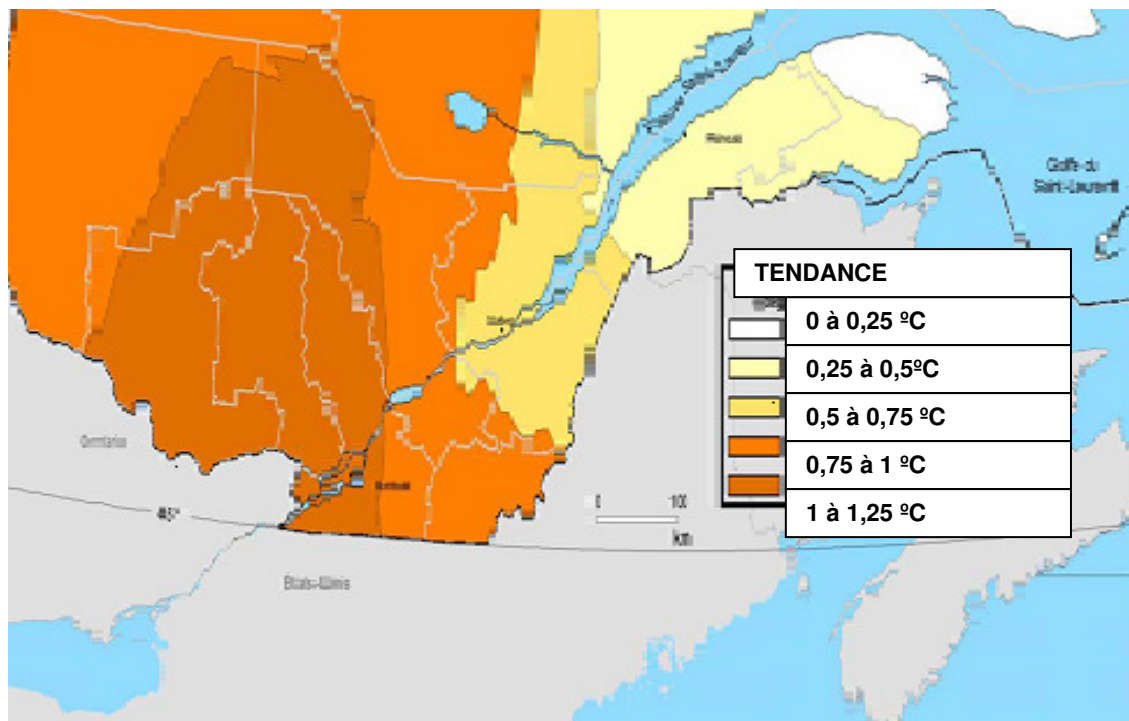


Figure 2.4 Tendance des températures annuelles moyennes dans le sud du Québec de 1960 à 2003

Source : Tiré de OURANOS (2006), p. 49

En plus de varier à l'échelle régionale, on constate également que l'augmentation des températures dans le sud du Québec a tendance à suivre certains patrons spécifiques saisonniers. D'abord, les augmentations sont significatives pour les saisons de l'hiver et de l'été alors qu'elles deviennent beaucoup moins marquées pour les saisons

intermédiaires, le printemps et l'automne. Pour la période estivale, on constate que les températures minimums sont en plus forte augmentation que les températures maximales. Le contraire se produit pendant la période hivernale, alors que ce sont les températures maximales qui augmentent de façon plus importante. De plus, le rapport d'OURANOS démontre qu'il existe une tendance à la baisse de la longueur de la période de gel en hiver ainsi qu'une diminution des vagues de froid hivernaux. Autre fait intéressant, une tendance à la baisse dans le nombre de jours où il y a, à l'intérieur de 24 heures, une alternance de gel et de dégel est remarquée. Cette tendance est plus fortement significative pour les régions de l'ouest, du sud et du centre du Québec (en symétrie avec l'ampleur plus marquée du réchauffement dans ces régions). De plus, il a été établi que le phénomène est plus marqué au printemps qu'à l'automne (OURANOS 2006).

Des scénarios pour l'augmentation future des températures ont été récemment développés en fonction de prédictions pessimistes et optimistes, variant selon l'intensité des concentrations de gaz à effet de serre attendues (OURANOS 2004 et Chaumont 2005). Le tableau 2.2 présente les prédictions sur trois horizons temporels (2015-2045, 2035-2065 et 2080-2100) pour l'évolution des températures dans le sud du Québec en été et en hiver. Encore une fois, puisqu'il a été démontré par des tendances historiques qu'il y a des différences régionales importantes dans les tendances d'augmentation des températures (OURANOS 2006), il est probable que les augmentations prédites se traduisent par des élévations plus importantes dans certaines régions et moins importantes dans d'autres.

Tableau 2.2 Prédications pour l'augmentation des températures moyennes (°C) estivales (juin à août) et hivernales (décembre à février) dans le sud du Québec sur trois horizons temporels (2015-2045, 2035-2065 et 2080-2100)

	2015 – 2035 ⁽¹⁾			2035 – 2065 ⁽¹⁾			2080 – 2100 ⁽²⁾		
	O	M	P	O	M	P	O	M	P
Été	1.6	2.0	2.5	2.1	3.1	4.0	1.5	2.0 à 3.0	4.5 à 5
Hiver	1.0	2.6	3.3	1.7	3.5	4.6	2.0	3.0 à 4.0	6.0 à 7.0

O : Prédications selon les scénarios les plus optimistes

M : Prédications selon les scénarios moyens

P : Prédications selon les scénarios les plus pessimistes

(1) Chaumont (2005)

(2) OURANOS (2004)

2.2.2 Tendances observées et scénarios : Patrons de précipitations

La modification du climat par un changement des le patron des températures annuelles et saisonnières aura également pour effet de modifier les patrons de précipitations. Tout comme l'augmentation des températures, les modifications dans le régime des précipitations sont et seront probablement ressenties à l'échelle régionale et à l'échelle saisonnière.

Pour l'est de l'Amérique du Nord, le dernier rapport publié par le GIEC (GIEC 2007) affirme qu'il existe une forte tendance générale vers l'augmentation de la quantité des précipitations totales annuelles au cours du siècle dernier (1900 à 2005). Environnement Canada rapporte également, en territoire canadien, une augmentation marquée de 12 % de la moyenne des précipitations annuelles au cours des 50 dernières années. Cette augmentation varie de 5 à 35 % selon les régions dans le sud du pays (EC 2003).

Les prédictions futures pour le changement des patrons de précipitations avancées par le GIEC dans son dernier rapport laissent envisager une continuité de cette tendance. En fait, on envisage une hausse des précipitations annuelles moyennes pour les hautes latitudes du globe (GIEC 2007). La figure 2.5 présente la distribution mondiale des changements de précipitations appréhendés pour le 21^{ième} siècle au cours de la saison hivernale et de la saison estivale. Selon ces prédictions, le sud du Québec serait susceptible d'expérimenter, d'ici 2100, une hausse marquée des précipitations en hiver de l'ordre de 5 à 20 %. Par contre, on ne prévoit que de légères augmentations (au plus 5 %) des précipitations pour la période estivale, voire même aucun changement.

Les prédictions proposées par le consortium OURANOS abondent dans le même sens que celles du GIEC. Effectivement, un rapport publié en 2004 prévoit d'ici la fin du présent siècle, spécifiquement pour le sud du Québec, une augmentation des précipitations hivernales variant de 10 à 35 % et une augmentation des précipitations estivales de 0 à 10 % selon l'optimisme des scénarios utilisés (OURANOS 2004). Le tableau 2.3 résume ces prédictions en fonction d'une gamme de scénarios des plus optimistes aux plus pessimistes. Notons toutefois que la modélisation des régimes locaux de précipitations est difficile à réaliser et engendre un certain niveau d'incertitude. Il est effectivement très

laborieux de prévoir le déplacement des trajectoires des tempêtes qui sont à l'origine de la majeure partie des précipitations (EC 2005b).

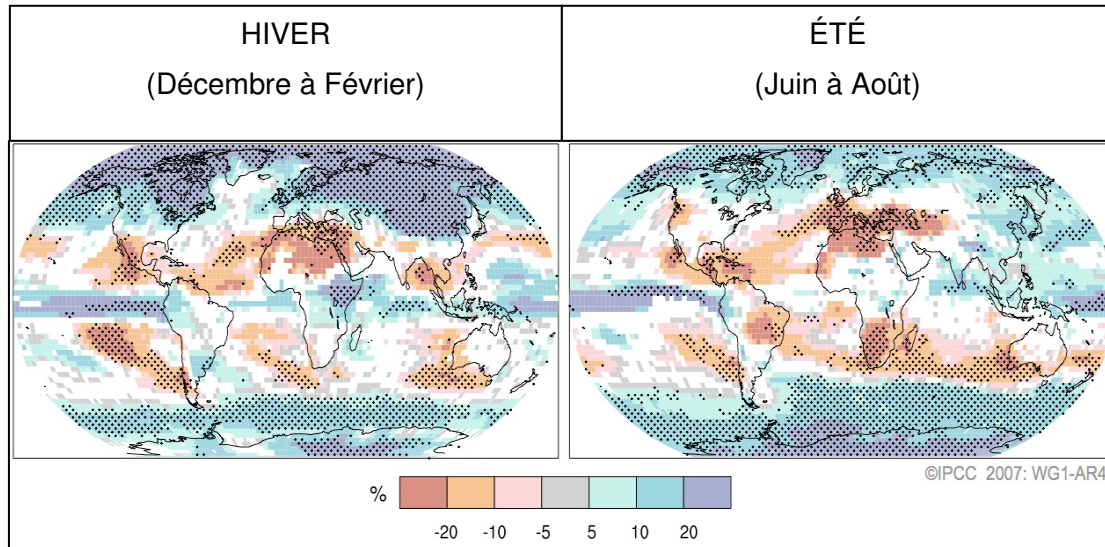


Figure 2.5 Projections mondiales de changement dans les patrons de précipitations d'ici 2100 en hiver et en été

Source : Tiré de GIEC (2007), p. 20

Tableau 2.3 Prédications pour l'augmentation des précipitations estivales (juin à août) et hivernales (décembre à février) dans le sud du Québec pour la période 2080-2100 selon des scénarios optimistes, moyens et pessimistes

	Scénarios optimistes	Scénarios moyens	Scénarios pessimistes
ÉTÉ	0%	0 à 5%	0 à 10%
HIVER	10%	10 à 20%	25 à 35%

Source : OURANOS (2004)

Il est intéressant de noter que malgré une augmentation prévue dans les précipitations hivernales, une importante diminution de l'épaisseur du couvert de neige est appréhendée pour le Québec. Une modélisation réalisée par le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique prévoit, d'ici 2050, des diminutions de la couverture neigeuse pouvant atteindre 50 % dans le sud du Canada (EC 2005a). La carte de la figure 2.6 présente les diminutions appréhendées de la couverture de neige en hiver sur le territoire canadien d'ici 2050. On constate que le sud du Québec pourrait expérimenter des baisses très importantes, parmi les plus drastiques appréhendées en sol canadien.

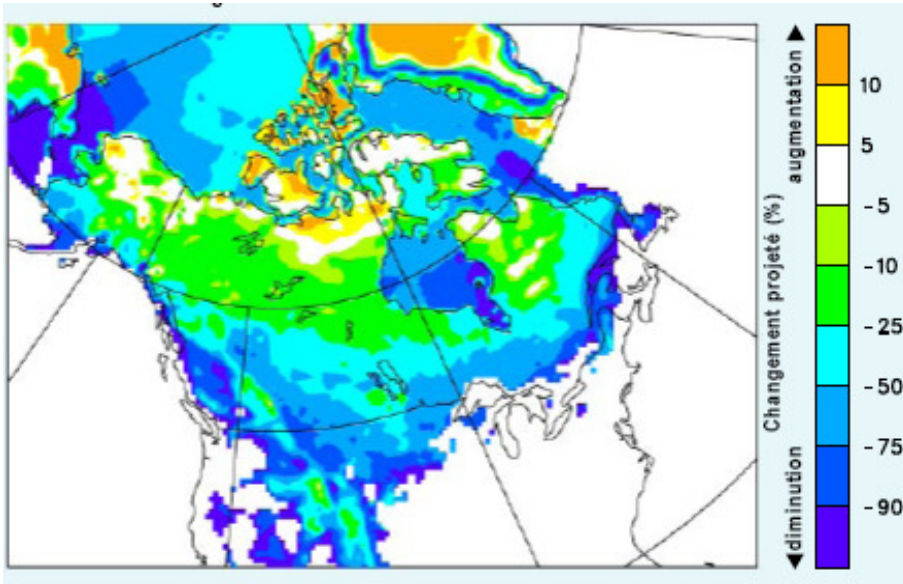


Figure 2.6 Diminution de la couverture de neige hivernale sur le territoire canadien d'ici 2050

Source : Tiré de EC (2005a), p. 3

2.2.3 Tendances observées et scénarios : Phénomènes climatiques extrêmes

Les phénomènes climatiques extrêmes tels que les tempêtes, le verglas, les vagues de froid ou les canicules sont aussi plus difficiles à prévoir. La raison principale derrière cette source d'incertitude est la rareté de leur observation qui rend la détermination de tendances plus difficile, surtout à l'échelle régionale (Hengeveld 2000).

Certaines tendances sont tout de même avancées par le GIEC dans son troisième rapport en ce qui a trait aux températures extrêmes. Selon ce rapport, on note sur l'ensemble du globe une diminution des vagues de grand froid qui n'est toutefois pas accompagnée à l'heure actuelle par une diminution des grandes chaleurs de façon significative (GIEC 2001). Une étude réalisée par le consortium OURANOS dévoile effectivement une tendance actuelle à la baisse des vagues de froid pour le Québec (OURANOS 2006). Des modélisations réalisées à l'échelle canadienne prévoient que les extrêmes de froid au Canada devraient devenir moins rigoureux dans l'ensemble, mais qu'il y en aura encore (EC 2005b, Sousounis et Grover 2002, Hengeveld 2000). Les épisodes de chaleur extrême, les canicules, devraient devenir plus importants, en fréquence comme en intensité (EC 2005b, Sousounis et Grover 2002). Certaines simulations prévoient d'ailleurs

que d'ici la fin du siècle, les canicules extrêmes pourraient être augmentées de l'ordre de 4 à 5 °C (Hengeveld 2000).

Toujours selon le troisième rapport du GIEC, on expérimenterait actuellement au niveau mondial une tendance à l'accroissement des épisodes de fortes précipitations (GIEC 2001). Au niveau de l'Amérique du Nord, on prédit également une recrudescence des épisodes de précipitations destructrices qui pourraient doubler en fréquence au cours du siècle prochain (Hengeveld 2000). Des analyses réalisées par Environnement Canada à l'échelle de l'Amérique du Nord abondent en ce sens en prévoyant que les fortes tempêtes de pluie soudaines vont devenir de plus en plus fréquentes et intenses d'ici 2100 (EC 2005a). Le graphique de la figure 2.7 illustre l'augmentation prévue dans la fréquence des épisodes de fortes précipitations en Amérique du Nord.

Pour ce qui est des autres extrêmes tels que les vents violents ou les verglas, les dernières conclusions du GIEC ne conduisent pas à des scénarios fiables pour la région du Québec. On soulève cependant le fait que l'état actuel des connaissances laisse envisager une légère diminution du nombre de systèmes perturbateurs accompagnée d'une hausse dans l'intensité de ces derniers. Les tempêtes pourraient donc être moins fréquentes mais plus fortes dans le futur (GIEC 2007).

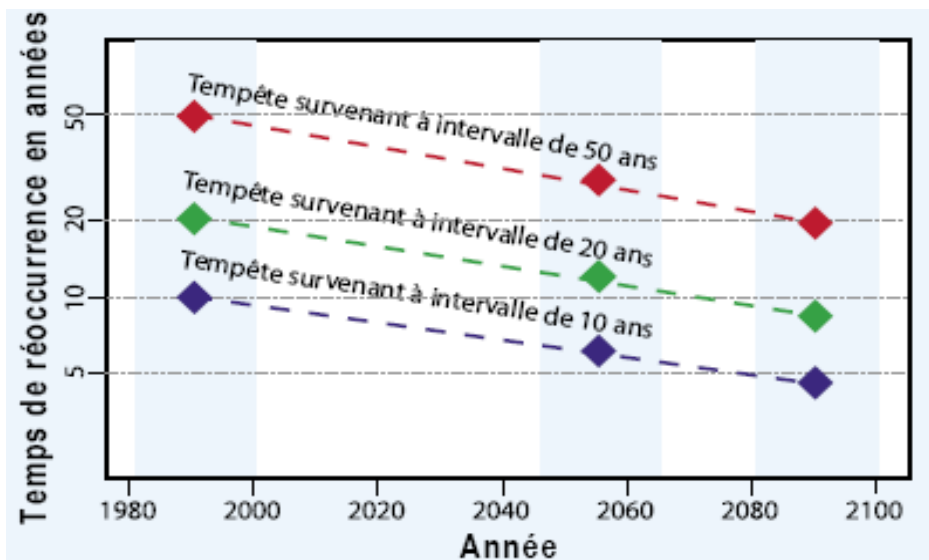


Figure 2.7 Diminution prévue du temps de réoccurrence de fortes précipitations en 24 heures en Amérique du Nord entre 25 ° et 65 ° de latitude
Source : Tiré de EC (2005a), p. 5

Une revue de littérature réalisée par le consortium OURANOS relève les possibilités suivantes pour l'évolution des événements climatiques extrêmes : une augmentation probable des orages électriques en Amérique du Nord, une augmentation probable des vents violents et des tornades et enfin une possible augmentation de la fréquence des épisodes de verglas accompagnée d'une migration vers le nord des régions habituellement atteintes par ce phénomène (Forget et *al.* 2003).

2.3 Phénologie de l'érable à sucre du Québec

Comme toutes les espèces de milieu tempéré, l'érable à sucre doit conjuguer avec un environnement changeant et parfois même hostile : saison de croissance limitée, grands écarts de température entre les saisons, régime hydrique instable. Comme toutes les autres espèces de milieu tempéré, il s'est adapté à ces conditions en développant des mécanismes physiologiques qui régulent son état en fonction des saisons et des différentes conditions de l'environnement auxquelles il est exposé.

La phénologie de l'érable à sucre est semblable à celle des autres arbres décidus d'Amérique du Nord. De façon très vulgarisée, on peut dire que l'érable à sucre s'éveille au printemps pour effectuer sa croissance pendant la période estivale avant de se préparer à l'automne pour le retour de l'hiver, saison pendant laquelle il s'endort tranquillement dans l'attente d'un nouveau printemps. Les différents stades de développement de l'érable à sucre sont ici détaillés en fonction des quatre saisons. Il est établi que les facteurs environnementaux les plus importants pour la régulation de la phénologie des végétaux de milieu tempéré sont la température de l'air, la photopériode et la quantité de précipitations (Badeck et *al.* 2004, Wielgolaski 2001). Les stimuli connus impliqués dans la succession des différents stades de développement de l'érable à sucre seront ici présentés.

2.3.1 L'éveil du printemps

L'arrivée du printemps réveille l'arbre endormi. Le passage de l'état de dormance à l'état actif nécessaire à la croissance se nomme désacclimatation ou désendurcissement. Le stimulus nécessaire à l'enclenchement du phénomène est l'augmentation des

températures ambiantes. Le désendurcissement de l'arbre fait place au débourrement des bourgeons au mois de mai qui deviennent alors physiologiquement actifs (Roy 1998). L'atteinte de cet état est irréversible. Une fois les bourgeons activés, ils ne peuvent plus se réendurcir pour faire face au gel (Saxe et *al.* 2001). Le système racinaire est également activé en réponse à l'augmentation des températures du sol. La croissance racinaire, interrompue pendant la période hivernale, reprend et serait grandement dépendante de la disponibilité en eau du sol (Plamondon 1977).

La mise en place des feuilles est réalisée très tôt au printemps par rapport aux autres espèces feuillues. Ceci procure à l'érable à sucre un avantage compétitif sur ses voisins puisqu'il profite alors d'un maximum de lumière pendant une certaine période. Dans les faits, 90 % de la croissance de l'érable à sucre s'effectue dans les 75 jours suivant le débourrement printanier. Au cours de cette période de croissance printanière, la formation et l'étalement des feuilles ainsi que la croissance en hauteur de l'arbre se font aux dépens des réserves accumulées l'année précédente (QUÉBEC et CANADA 1995). Une étude a démontré que la mise en place des feuilles serait stimulée, entre autres, par une augmentation des températures combinée à un temps d'exposition au froid (Raulier et Bernier 2000).

L'amidon accumulé dans les racines au cours de la précédente saison de croissance est au printemps progressivement hydrolysé en maltose, puis continuellement converti en sucrose. Vers la fin de mai, les réserves d'amidon racinaire sont à leur plus bas (QUÉBEC et CANADA 1995).

2.3.2 La croissance estivale

Au début de l'été, l'érable à sucre poursuit sa croissance pendant une certaine période. Cet arbre est une espèce à croissance déterminée. Il fabrique donc pendant une saison de croissance les primordia des feuilles qui seront disponibles pour la prochaine saison. Les sucres fabriqués via la photosynthèse pendant les deux premiers mois de l'été (mai et juin) sont utilisés pour la croissance de l'arbre et la réparation des tissus endommagés (Roy 1997). Vers le milieu de l'été, l'arbre arrête sa croissance alors que la photosynthèse est toujours en fonction. Le signal pour cet arrêt de croissance est la diminution de la longueur du jour, la photopériode (QUÉBEC et CANADA 1995). Mais l'arbre est loin d'être

en vacances. Les sucres fabriqués sont stockés sous forme de grains d'amidon (Roy 1997). Il accumule alors des réserves de sucres dont certains carbohydrates soupçonnés d'être en cause dans le phénomène d'acclimatation au froid et dans la coulée printanière de la sève (QUÉBEC et CANADA 1995). Les réserves ainsi accumulées sont telles qu'elles peuvent permettre à l'arbre de survivre même après deux années de défoliation totale (Roy 1997). Vers la fin de l'été, il forme les bourgeons terminaux et c'est également dès ce moment que prend place le début de la préparation de l'arbre pour son entrée en dormance. En fait, l'arbre atteint alors le premier stade d'acclimatation ou d'endurcissement. L'atteinte de ce stade est dictée par la longueur du jour alors que les températures sont encore chaudes.

2.3.3 La préparation automnale

Dès le début de l'automne, les bourgeons de l'érable à sucre entrent en dormance et deviennent insensibles à une augmentation des températures ou à la photopériode. On a observé que le contenu en eau des bourgeons diminuait de façon progressive en réponse à un abaissement de la température du sol. Les réserves d'amidon contenues dans le système racinaire, qui sont alors à leur maximum, diminuent progressivement de octobre à décembre jusqu'à l'atteinte d'un minimum. Les concentrations de sucrose sont alors maximales. Le déclencheur pour activer la transformation de l'amidon pourrait être l'abscission des feuilles et/ou l'abaissement des températures (QUÉBEC et CANADA 1995).

C'est également en automne, à partir du mois de septembre, que l'érable à sucre atteint progressivement le deuxième stade d'acclimatation nécessaire à sa survie hivernale. Ceci se produit en réponse à des températures gravitant autour du point de congélation et est indépendant de la photopériode. Deux mécanismes ont été identifiés pour l'atteinte de ce stade : la déshydratation et la surfusion. La déshydratation cellulaire est réalisée en sortant une certaine quantité d'eau des cellules vivantes. Celle-ci gèle alors à l'extérieur des cellules (gel extracellulaire) sans causer de dommages. La surfusion implique des changements dans la composition de la solution aqueuse des cellules et fait en sorte que l'eau encore présente dans les cellules vivantes demeure sous forme liquide même à des températures sous le point de congélation. L'arbre peut ainsi tolérer des températures de

-38 °C à -47 °C. Au-delà de ces températures, le gel prend place et mène à la mort des cellules par un bris de ses composantes (QUÉBEC et CANADA 1995).

2.3.4 L'engourdissement hivernal

Pendant les mois d'hiver, l'arbre est en dormance. L'endurcissement réalisé vers la fin de l'été et pendant les mois d'automne lui permet de résister aux températures froides et à l'hostilité du climat. Le désendurcissement de l'arbre pendant l'hiver est possible si certaines périodes plus clémentes au niveau des températures prennent place (Saxe et *al.* 2001, QUÉBEC et CANADA 1995).

Il a également été observé que de la mi-janvier à la mi-février, le potentiel de débourrement est déplacé des bourgeons axillaires vers les bourgeons terminaux. Ces bourgeons sont réalimentés en eau et deviennent physiologiquement actifs (QUÉBEC et CANADA 1995). L'arbre se prépare donc pour le retour du printemps. Le signal pour l'activation des bourgeons serait une combinaison des températures qui se réchauffent et de la photopériode qui s'allonge (Saxe et *al.* 2001).

La figure 2.8 présente un schéma qui résume les éléments discutés dans la précédente section, soit la succession des différents stades de développement de l'érable à sucre et les signaux externes impliqués dans sa phénologie.

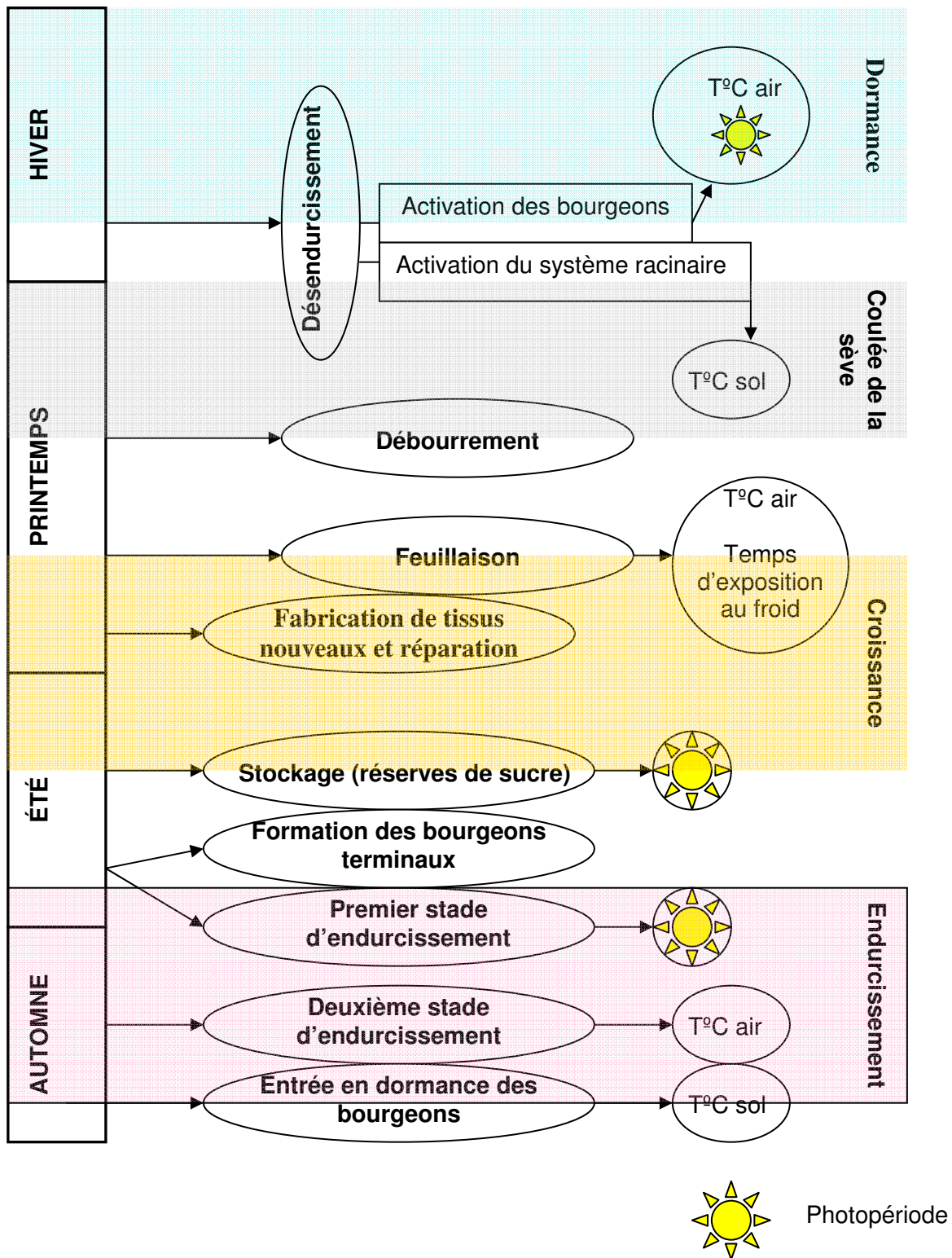


Figure 2.8 Schématisation de la succession des différents stades de développement de l'érable à sucre et des signaux externes impliqués dans sa phénologie
 Source : Auteur

2.4 Physiologie de la coulée de la sève chez l'érable à sucre

Pour que la sève de l'érable à sucre puisse être récoltée au printemps, il faut que celle-ci soit en circulation dans l'arbre. Pendant la saison de croissance ou la phase active, la sève circule des racines aux feuilles dans le xylème via la création d'une différence de potentiel hydrique entre la cime de l'arbre et ses racines. Cette différence de potentiel est intimement liée au processus de la transpiration qui fait en sorte que l'arbre perd de l'eau au niveau de ses feuilles et qu'un appel d'eau vers le haut de l'arbre s'installe (Proulx 2007). Il est logique que la montée de la sève dans l'érable à sucre au printemps ne puisse pas être expliquée par un différentiel de pression créé par la transpiration puisqu'au moment où l'on récolte la sève, le débourrement et le déploiement des feuilles ne s'est pas encore produit dans l'arbre (Thibault 2004). La pression racinaire est aussi un processus qui participe à faire circuler la sève vers la cime de l'arbre et qui ne requiert pas la présence des feuilles. De façon vulgarisée, les minéraux accumulés activement dans les racines de l'arbre créent une pression osmotique qui pousse l'eau à entrer dans les racines. La nouvelle eau qui entre pousse sur l'eau déjà présente et provoque son ascension dans l'arbre (Proulx 2007). Contrairement à d'autres essences, comme le bouleau par exemple, l'ampleur des pressions générées par ce phénomène est insuffisante pour expliquer l'ascension de la sève observée au printemps chez l'érable à sucre (Thibault 2004, Johnson et al 1987). Il apparaît donc évident que certains dispositifs spécifiques sont nécessaires pour permettre la circulation de la sève dans l'érable à sucre au printemps.

Les mécanismes impliqués dans la coulée de la sève printanière chez l'érable à sucre sont complexes et encore aujourd'hui imparfaitement maîtrisés, malgré les nombreuses études réalisées sur le sujet (Johnson et al. 1987, Tyree 1983, Plamondon 1977, Marvin et Erickson 1956). On sait cependant depuis un certain temps que le phénomène est intimement lié à la température (Kim et Leech 1985, Marvin et Erickson 1956) et plus précisément à des conditions où il y a alternance d'une période de gel et d'une période de dégel (QUÉBEC et CANADA 1995, Plamondon 1977).

Les plus récents ouvrages qui traitent du sujet (Thibault 2004, Roy 1998, QUÉBEC et CANADA 1995) associent la coulée printanière de la sève chez l'érable à sucre à un phénomène physique cyclique impliquant une variation de la pression interne de l'arbre.

De manière très simplifiée, pendant la période de gel la sève monte dans l'arbre en réponse à une pression positive et ensuite elle redescend pendant la période de dégel en réponse à une pression négative. On parle donc d'un cycle en deux phases : une phase d'absorption ou phase froide et une phase d'exsudation ou phase chaude (Plamondon et Bernier 1980). La variation de la pression interne de l'arbre est donc intimement liée à la variation de la température ambiante. La figure 2.9 schématise le mécanisme de la coulée de la sève en fonction de la température et des pressions dans l'arbre.

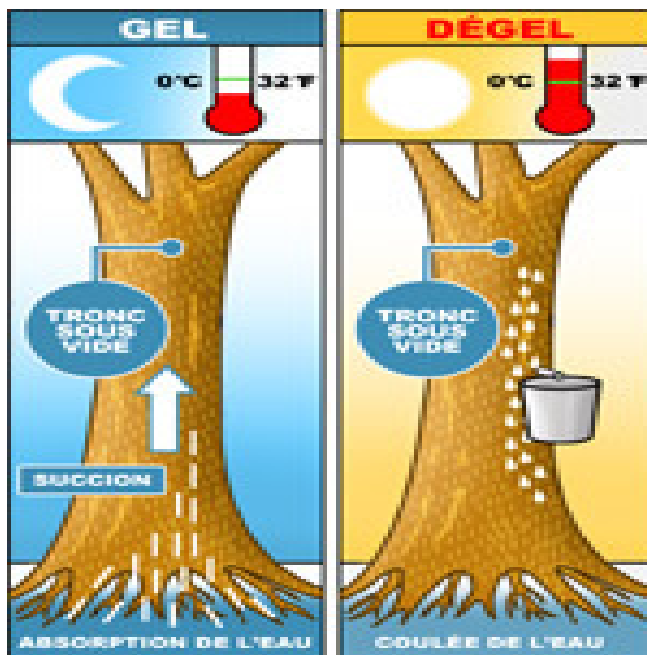


Figure 2.9 Schématisation du mécanisme de la coulée de la sève en deux phases : absorption et coulée

Source : Tiré de SIROPCOOL.COM (s.d.), <http://www.siropcool.com/professeurs/fr/production.html>

La composition du xylème de l'érable à sucre est un élément important dans la création des pressions internes impliquées dans la coulée. Le xylème de l'érable à sucre est en fait composé de vaisseaux et de fibres (Proulx 2007). Les vaisseaux sont élastiques et remplis d'eau et de différents solutés (Roy 1998). Les fibres quant à elles sont vides ou plutôt remplies de différents gaz (QUÉBEC et CANADA 1995). Les fibres et les vaisseaux sont des longues cellules étanches connectées les unes aux autres pour former de longs tubes qui parcourent l'arbre des racines aux feuilles (Grondin 2004). Cette anatomie du xylème, spécifique aux acéracées (famille de l'érable à sucre), est un élément essentiel à

l'établissement de pressions négatives et positives au sein de l'arbre (Thibault 2004, QUÉBEC et CANADA 1995).

Mais comment donc exactement la pression interne de l'arbre varie-t-elle ? Les scientifiques ont à ce jour identifié deux mécanismes physiques indépendants qui expliquent la création des pressions nécessaires à la montée et la descente de la sève dans l'arbre : la contraction des gaz présents dans les fibres du xylème et la formation de glace dans celui-ci (Tyree 1983). Ces mécanismes sont ici détaillés en fonction des deux phases du cycle de la coulée : l'absorption et l'exsudation.

2.4.1 Phase d'absorption

Le printemps québécois est typiquement caractérisé par des nuits froides qui alternent avec des journées chaudes et est incomparable pour obtenir d'abondantes coulées (Grondin 2004). La phase d'absorption est réalisée à base température et généralement la nuit. Lorsque la nuit arrive et que la température baisse, les gaz présents dans les fibres du xylème se contractent et ils perdent du volume. Cette perte de volume crée une succion dans les tubes étanches formés par les fibres (Roy 1997). Ce mécanisme est le premier à intervenir pour créer une pression interne positive qui engendre un appel d'eau vers la cime de l'arbre.

Par la suite, si la température s'abaisse sous le point de congélation, il y a formation de glace dans le xylème, notamment sur les parois des fibres. Cette glace contribue à contracter les gaz de façon encore plus importante en réduisant l'espace dans lequel ils sont contenus et donc à augmenter la pression positive déjà installée. Puisque la périphérie du xylème est plus rapidement atteinte par le froid, celui-ci gèle de l'extérieur vers l'intérieur (Thibault 2004). Aussi, la cime de l'arbre est plus rapidement atteinte que le tronc puisque le rapport surface/volume des branches est plus grand (Roy 1997). Aussi, puisque l'eau perd de l'énergie en passant de l'état liquide à l'état solide, la formation de glace en périphérie du xylème et dans la cime crée un appel hydrique vers le haut de l'arbre qui se répercute dans les colonnes d'eau des couches plus internes (Grondin 2004, QUÉBEC et CANADA 1995).

La pression positive engendrée par la formation de glace est plus importante que celle créée par la contraction des gaz (Tyree 1983). Les deux mécanismes contribuent toutefois à l'établissement d'une pression positive qui s'installe graduellement dans l'arbre à mesure que la température chute. Ce phénomène fait donc en sorte qu'un certain volume d'eau est prélevé du sol et emmagasiné dans l'arbre. La présence d'eau dans le sol est donc nécessaire pour une phase d'absorption efficace (Proulx 2007, Thibault 2004). Cet élément est rarement limitant puisqu'au printemps, la couverture de neige fond et rend l'eau disponible en bonne quantité (Plamondon 1977).

Des études ont démontré que le volume absorbé est directement proportionnel à la vitesse à laquelle le gel se produit dans l'arbre. Plus lent est le refroidissement, plus important est le volume d'eau absorbé (Tyree 1983). Ceci est probablement relié au fait que la période d'absorption est limitée dans le temps et déterminée par la vitesse à laquelle l'arbre est affecté par le gel. À un certain moment, alors que la totalité du xylème est gelé, la circulation d'eau dans l'arbre n'est plus possible et c'est ce qui met fin à la phase d'absorption (Thibault 2004).

2.4.2 Phase d'exsudation

Au matin, la température qui augmente fait en sorte que la glace formée durant la nuit fond. La fonte de la glace contribue à décompresser les gaz des fibres du xylème en augmentant le volume dans lequel ils sont contenus. La pression positive préalablement installée est donc inversée en pression négative et pousse la sève à descendre le long de l'arbre. L'expansion des gaz et des tissus, qui se dilatent sous l'effet d'une augmentation de la température, fait également en sorte que la sève est poussée vers l'extérieur de l'arbre et qu'elle cherche à s'échapper de l'arbre (Grondin 2004, Roy 1997). Aussi, la chaleur se déplace au travers du tronc de l'arbre de l'extérieur vers l'intérieur. Alors que la chaleur progresse, son intensité diminue et la masse de cellules atteintes augmente. Les pressions engendrées en périphérie du tronc, soit là où se retrouve le xylème, sont donc plus importantes (Plamondon et Bernier 1980). La force gravitationnelle contribue évidemment à faire descendre la sève le long du tronc. (Roy 1998, QUÉBEC et CANADA 1995).

Les parties de l'arbre qui ont gelé en premier, les branches de la cime, sont aussi celles qui dégèlent en premier. La réponse des branches de la cime au dégel peut être encore plus décalée que celle observée lors du gel car le soleil peut contribuer à réchauffer ces parties de l'arbre très rapidement (Kim et Leech 1985). Il a été observé que le taux de coulée est de huit à neuf fois plus important pendant une journée ensoleillée que pendant une journée nuageuse (Plamondon 1977). D'autres études ont d'ailleurs démontré que le volume des coulées est davantage corrélé à la température interne des branches qu'à la température ambiante (Tyree 1983, Marvin et Erickson 1956).

2.4.3 Un cycle qui se répète

Le phénomène de la coulée de la sève tel que présenté ici est donc cyclique. Il prend habituellement place sur une période de 24 heures mais peut aussi se dérouler sur une période de plus d'une semaine (Plamondon et Bernier 1980). Des études ont démontré que le volume prélevé dans la phase d'absorption est légèrement plus élevé que le volume extrait dans la phase d'exsudation (Thibault 2004, Tyree 1983). Donc, alors que le cycle se répète, l'arbre se gorge tranquillement de sève et l'alternance des cycles prend fin lorsque toutes les cellules sont remplies d'eau. Le débourrement des bourgeons, un stade de développement réglé par la température et la photopériode, vient également mettre fin au cycle en modifiant les conditions internes de l'arbre (QUÉBEC et CANADA 1995).

2.4.4 La mystérieuse présence du sucre

Le mécanisme strictement physique ici détaillé pour expliquer la coulée de la sève est probablement incomplet. Effectivement, on pense que certains mécanismes chimiques et/ou biologiques seraient également impliqués (Grondin 2004). Le xylème des végétaux fait place à la circulation de la sève brute qui ne contient habituellement pas de sucres ou alors une quantité infime (Grondin 2004). Or, on retrouve au printemps entre 0,5 et 10 % de sucres dans le xylème de l'érable à sucre (Thibault 2004).

Certaines études ont démontré que la présence de sucrose dans le xylème de l'érable à sucre favorise la phase d'absorption et est essentiel à la phase d'exsudation (Roy 1997,

QUÉBEC et CANADA, Johnson et *al.* 1987). D'autres études ont démontré que la teneur en sucres de la sève récoltée était intimement reliée au nombre de jours présentant des oscillations de température autour de 0 °C (Pothier 1995) et que la quantité de sucrose libérée dans le xylème augmente avec la température. Cette dernière constatation laisse supposer que le métabolisme de certaines cellules pourrait être impliqué (Sauter et *al.* 1973). De fait, des chercheurs sont parvenus à identifier des cellules spécifiques responsables de la translocation des sucres dans le xylème (Plamondon et Bernier 1980, Sauter et *al.* 1973). On sait donc maintenant que ce transfert est actif et nécessite l'activité de cellules vivantes.

On sait également que la concentration en sucres varie au cours des saisons en fonction de la température et que deux pics de concentration surviennent : un premier pic vers les mois de novembre et décembre et un second pic plus important vers les mois de mars et avril (Gregory et Wargo 1986). Le rôle des sucres dans le mécanisme de la coulée est donc bien identifié mais demeure à ce jour incompris.

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS : L'ACÉRICULTURE FACE AUX CHANGEMENTS POTENTIELS DU CLIMAT

À ce point de la réflexion, il a été établi et expliqué à quel point les changements du climat dans le sud du Québec seront majeurs. Il a également été démontré que la phénologie et le mécanisme physiologique de la coulée de la sève chez l'érable à sucre sont grandement dépendants des conditions climatiques qui influencent directement les facteurs hydrométéorologiques (Plamondon 1977). Cette dépendance fait en sorte que l'acériculture est une des productions agricoles québécoises la plus sensible au climat (Lemieux 2006).

Il reste maintenant à établir un lien entre ces deux réalités afin de déterminer quels sont les impacts potentiels des changements appréhendés du climat sur les érablières et leur exploitation par l'homme. Dans cet ordre d'idée, le présent chapitre a pour but d'analyser les informations disponibles précédemment exposées pour en faire ressortir les impacts potentiels et leurs conséquences. L'analyse est réalisée en fonction de trois échelles : la réponse de l'écosystème de l'érablière, la réponse de l'érable à sucre en tant qu'organisme vivant et enfin la réponse du mécanisme physiologique spécifique à la coulée de la sève. Un condensé des impacts potentiels et des conséquences identifiées pour chaque échelle analysée est présenté dans la dernière section du chapitre sous forme de tableaux synthèses (tableaux 3.2, 3.3 et 3.4).

3.1 La réponse de l'érablière, un écosystème complexe

Les érablières exploitées en acériculture ne sont pas que des champs d'érables à sucre. Ce sont des écosystèmes complexes, des forêts mixtes, dont la composition est déterminée par un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques spécifiques à chaque site (MRNFP 2004). Les érables à sucre d'une érablière dominant généralement au niveau de la strate arborescente tout en partageant leur environnement avec différentes essences (QUÉBEC et CANADA 1995). Les espèces d'arbre les plus souvent rencontrées dans les érablières sont le caryer cordiforme, le frêne d'Amérique, le tilleul, le chêne rouge, l'orme d'Amérique, le noyer cendré, l'érable argenté, l'érable rouge, le bouleau jaune, le hêtre à grandes feuilles, la pruche du Canada et le pin blanc (MRNFP 2004). Aussi, les érablières

contiennent habituellement une strate arbustive et une strate herbacée composées d'une grande variété d'espèces végétales. À cette importante diversité végétale, s'ajoute une faune diversifiée et spécifique à chaque érablière. Comme dans tous les écosystèmes, les éléments vivants (biotiques) et les éléments non vivants (abiotiques) établissent un équilibre via leurs interrelations à travers les différents niveaux trophiques. Des facteurs externes, tels que l'activité humaine ou le climat, peuvent interférer à différents paliers dans les relations de l'écosystème (MRN 2000).

Puisque les conditions climatiques ont une influence certaine sur l'équilibre des écosystèmes en affectant à la fois les composantes vivantes et les composantes non vivantes, il est évident qu'une modification de celles-ci est susceptible d'entraîner un déséquilibre menaçant pour les érablières (Lemieux 2006). Il sera donc ici expliqué que cette perte d'équilibre pourrait se traduire par une éventuelle modification dans la structure et la composition en espèces, une possible perturbation des processus du sol qui rendent disponibles l'eau et les nutriments, des changements probables dans la fréquence et l'intensité des perturbations naturelles affectant les érablières et finalement par un potentiel déplacement de l'habitat favorable à l'érable à sucre.

3.1.1 Modification dans la structure et la composition en espèces

Les changements appréhendés du climat risquent de modifier la structure des écosystèmes forestiers de manière quantitative, en modifiant le nombre d'espèces présentes, et qualitative, en modifiant la composition en espèces via des pertes et des gains difficiles à prévoir (Van Der Maarel 2005). Globalement, on prévoit que le changement du climat est susceptible d'entraîner une perte de biodiversité dans l'ensemble des systèmes forestiers (Lemieux 2006).

Plus spécifiquement, on croit que chaque espèce va répondre différemment aux facteurs externes de l'environnement en changement (Wielgolaski 2001). Puisque les conditions nouvelles feront en sorte que certaines espèces seront favorisées aux dépens de d'autres espèces, les agencements actuels d'espèces qui façonnent le portrait des érablières québécoises pourraient être altérés. On sait que les espèces qui partagent l'environnement de l'érable à sucre, les espèces compagnes, contribuent à maintenir l'équilibre et la pérennité des érablières tout en favorisant une meilleure résistance de

l'écosystème face aux stress environnementaux tels que les épidémies ou les extrêmes climatiques (MRNFP 2004). On sait aussi que ces espèces sont importantes pour conserver la fertilité du sol (Roy 1997). Un de leurs rôles est en fait de recycler et mettre en circulation les nutriments nécessaires à la croissance de l'érable à sucre (QUÉBEC et CANADA 1995). Par exemple, la présence du bouleau jaune favorise le recyclage du bore qui est un élément nutritif essentiel de l'érablière (MRNFP 2004). Si les changements dans la structure et la composition des érablières devaient mener à la perte ou la diminution en importance de certaines espèces compagnes, des carences nutritives défavorables à la croissance et au développement de l'érable à sucre pourraient survenir.

3.1.2 Modification des processus du sol

Les éléments chimiques du sol proviennent de l'altération de la roche mère et sont déterminés par l'acidité du sol, la température et l'humidité (QUÉBEC et CANADA 1995). Un changement des températures et du régime des précipitations qui influence directement la teneur en eau du sol pourrait altérer la composition chimique actuelle des sols des érablières et donc, la nature et la disponibilité des éléments nutritifs.

D'abord, l'augmentation des températures pourrait causer une déstabilisation importante du cycle du carbone dans les sols (QUÉBEC et CANADA 1995). L'origine de ce bouleversement serait l'augmentation du taux de décomposition de la matière organique dans le sol résultant d'une activité plus intense des organismes décomposeurs dynamisés par la chaleur (Forget et *al.* 2003). Une récente étude a d'ailleurs démontré qu'une augmentation de 0,3 à 6 °C de la température ambiante engendrait un accroissement du taux de respiration moyen du sol de 20 % ainsi qu'un accroissement du taux de minéralisation de l'azote de 46 % (Rustad et *al.* 2001). Bien que le phénomène pourrait contribuer à rendre disponible plus rapidement et en plus grande quantité les nutriments pour les arbres (Forget et *al.* 2003), certains impacts négatifs sont également à prévoir.

D'une part, cette accélération dans la décomposition pourrait mener à une diminution de la quantité de matière organique présente dans la couche morte du sol et à la formation de sols minces qui limitent l'enracinement. Une telle perturbation du système racinaire chez l'érable à sucre aurait pour conséquence de nuire à l'absorption de l'eau et des nutriments nécessaires à sa croissance et à son développement (QUÉBEC et CANADA 1995).

Aussi, certains scientifiques croient qu'une augmentation des températures ambiantes risque de provoquer un accroissement dans l'immobilisation de l'azote par les bactéries du sol. Ce phénomène aurait pour cause de limiter la disponibilité de l'azote, un élément essentiel pour la croissance des végétaux qui limite la productivité des forêts bien plus que les autres nutriments (Saxe et *al.* 2001). Cette hypothèse doit toutefois être envisagée avec discernement. De fait, les expériences concluant à cet accroissement de l'immobilisation de l'azote ont été réalisées sur de courtes périodes et en fonction d'augmentations drastiques des températures. Dans la réalité, l'augmentation des températures se fera graduellement et il est possible que les microorganismes s'adaptent aux nouvelles conditions et remettent l'azote en circulation de façon continue (Saxe et *al.* 2001).

Finalement, il faut également considérer l'hypothèse admissible d'une diminution de l'activité des décomposeurs sous l'effet d'un assèchement du sol (Dale et *al.* 2001). Des températures plus chaudes auront effectivement pour effet d'augmenter le taux d'évapotranspiration ce qui pourrait mener à une diminution de l'humidité du sol puisque l'augmentation prévue des précipitations en saison estivale (0 à 5 %) ne pourra pas compenser les pertes en eau (Forget et *al.* 2003). Cette baisse d'activité engendrerait alors une diminution du recyclage et de la disponibilité des nutriments.

Les changements appréhendés dans le régime des précipitations auront certainement pour effet de modifier le bilan hydrique des sols. La disponibilité de l'eau, un élément vital et limitant pour les plantes, pourrait être drastiquement réduite lors d'épisodes de sécheresses estivales (Forget et *al.* 2003). On a remarqué que les déficits hydriques étaient associés à de faibles concentrations d'ions ammonium dans la solution du sol et à une diminution de la croissance radiale chez l'érable à sucre (QUÉBEC et CANADA 1995). L'eau du sol règle également la disponibilité de plusieurs autres nutriments qui doivent être mis en solution pour être absorbés par le système racinaire des plantes (Roy 1998). Une diminution de la disponibilité des nutriments et de l'eau dans le sol via des déficits hydriques plus ou moins fréquents pourrait évidemment compromettre la croissance et le développement des érables à sucre.

3.1.3 Des perturbations naturelles de plus en plus menaçantes

Les perturbations naturelles sont, tout comme la structure, la composition en espèces et les processus du sol, des facteurs importants qui contribuent à façonner le portrait des écosystèmes forestiers (Dale et *al.* 2001). Les érablières du Québec n'échappent pas à cette réalité. Les perturbations naturelles auxquelles elles sont soumises sont les épidémies d'insectes et de maladies, les feux de forêts, les tempêtes de verglas et les chablis (QUÉBEC et CANADA 1995). On prévoit que les changements du climat sont susceptibles d'influencer la fréquence, la durée et l'intensité des perturbations naturelles actuelles (Dale et *al.* 2001).

D'abord, les changements climatiques pourraient rendre les forêts plus sensibles aux insectes et aux maladies. Dans les faits, certaines études ont démontré qu'une augmentation des concentrations de CO₂ atmosphérique diminuait la résistance des arbres aux pestes actuelles (Lemieux 2006). Les sécheresses anticipées en période estivale pourraient aussi contribuer à augmenter la vulnérabilité des arbres (Forget et *al.* 2003). En plus de faire face à une diminution de leurs capacités à résister aux insectes et aux maladies actuelles, les arbres pourraient devoir affronter de nouvelles pestes jusque-là inconnues. On prévoit effectivement une migration très probable des insectes et maladies du sud vers le nord. Migration qui s'opérera à une vitesse beaucoup plus grande que celle des arbres étant donné la mobilité de ces organismes et leur taux de reproduction parfois faramineux (Dale et *al.* 2001). Les érables à sucre québécois pourraient bien se retrouver affaiblis dans leur résistance aux pestes actuelles et sans défense face à de nouveaux envahisseurs, jusque-là repoussés par notre climat (Lemieux 2006, OURANOS et MRN 2005).

On sait que les effets d'une défoliation par les insectes peuvent être dramatiques chez les érables à sucre. En fait, une défoliation en début de saison de croissance est susceptible d'augmenter la sensibilité de l'arbre aux stress climatiques hivernaux, de diminuer la teneur en sucres de la sève et de provoquer un dessèchement de la cime. Une défoliation plus tardive peut aller jusqu'à provoquer la mort des rameaux du tiers supérieur de la cime et compromettre sa croissance et son développement pour l'année subséquente (QUÉBEC et CANADA 1995). Les érablières des régions plus chaudes du sud du Québec

pourraient être plus gravement perturbées par les insectes et les maladies dans le contexte du changement climatique (AAC 2006).

Les feux de forêts sont actuellement plus ou moins fréquents dans le sud du Québec mais représentent tout de même un facteur non négligeable dans la structure des écosystèmes actuels. L'augmentation des températures prévue, additionnée à des sécheresses estivales plus fréquentes, pourrait faire en sorte que la fréquence des feux de forêt soit augmentée dans le futur (Lemieux 2006). Les modélisations concernant ce sujet indiquent que l'importance des feux de forêts dans le sud du Québec (fréquence et sévérité) pourrait être augmentée de l'ordre de 10 à 20 % au cours du prochain siècle (Dale et *al.* 2001). Il est évident qu'un feu de forêt ne pardonne pas et peut compromettre la productivité d'une érablière sur une longue période, soit jusqu'à ce qu'elle se régénère (MRN 2007c).

Les tempêtes de verglas majeures sont actuellement de faible récurrence au sud du Québec mais tout de même existantes. Des épisodes de verglas qui dépassent 25 millimètres d'accumulation sont susceptibles de causer d'importantes blessures aux arbres qui sont alors plus vulnérables aux insectes et aux maladies. Elles ont aussi pour conséquence d'affaiblir les arbres qui, suite à cette perturbation, consacrent beaucoup d'énergie pour la réparation et la cicatrisation. Enfin, elles sont susceptibles de créer de grandes trouées qui favorisent la régénération d'espèces souvent moins intéressantes (MRN 2007a). Bien que leur évolution dans le futur soit très incertaine et difficile à prévoir (Forget et *al.* 2003, Dale et *al.* 2001), certains prédisent que les tempêtes de verglas pourraient gagner en fréquence et en intensité en réponse aux changements climatiques (Lemieux 2006). On croit en fait que les tempêtes actuellement expérimentées plus au sud, qui sont plus fréquentes et plus intenses, pourraient être déplacées vers les régions nordiques (Dale et *al.* 2001). Les acériculteurs québécois sont bien au courant de l'ampleur des dommages pouvant résulter d'une tempête de verglas majeure suite à l'expérience du verglas de 1998 qui a affecté près de 1.8 millions d'hectares de forêts québécoises et dont les peuplements les plus gravement affectés furent les érablières du sud (MRN 2007a).

Finalement, les chablis constituent également un type de perturbation naturelle pouvant modifier les écosystèmes forestiers (Dale et *al.* 2001). Au nord-est de l'Amérique du Nord, ce type de perturbation naturelle est prédominant dans les forêts tempérées.

Normalement, les petits chablis sont des phénomènes normaux qui permettent le renouvellement d'une petite partie d'un peuplement. Des chablis plus importants, engendrés par des vents violents, peuvent toutefois affecter jusqu'à 100 km² de forêt à la fois. Ils peuvent avoir des impacts majeurs tels que la disparition du couvert forestier, des blessures aux arbres restés debout en périphérie de la zone affectée ainsi qu'une perturbation importante du sol via la formation de monticules et de dépressions (MRN 2007b). Le réchauffement climatique anticipé est associé à une modification du régime des vents susceptible d'augmenter la fréquence et l'intensité des chablis (Forget et *al.* 2003). Certains acteurs du domaine acéricole sont particulièrement inquiets du phénomène et appréhendent des impacts négatifs considérables sur les érablières du Québec (Bernier 2007). Un chablis peut décimer plusieurs érables à sucre en peu de temps et le producteur doit vivre avec les conséquences pendant longtemps, soit jusqu'à ce que de nouveaux arbres s'installent pour remplacer les arbres morts.

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité à divers degrés de l'ensemble des perturbations naturelles susceptibles d'affecter les érablières du Québec est un phénomène important à considérer. Bien que les écosystèmes soient normalement adaptés à ce genre de dérangement, une augmentation de la récurrence et de l'intensité des perturbations pourrait leur causer plus de tort qu'à l'habitude. Ceci dans le cas où le laps de temps entre deux perturbations n'est pas suffisant pour permettre aux arbres de récupérer (Dale et *al.* 2001). Des perturbations naturelles plus fréquentes et plus intenses pourraient donc contribuer à affaiblir les érablières en compromettant la croissance et le développement des érables à sucre. Une baisse du taux de croissance et des dérangements dans le développement des arbres engendreraient certainement une baisse dans la productivité de l'érablière en terme de volume et de qualité de sève printanière.

3.1.4 Un habitat favorable en mouvement

Les modifications appréhendées dans la composition en espèces, la structure, les processus du sol et le régime des perturbations naturelles des écosystèmes forestiers pourraient faire en sorte que les conditions favorables à l'établissement des différentes espèces végétales changent aux différentes latitudes de l'Amérique du Nord. Pour le Québec, on prévoit un déplacement vers le nord des forêts tempérées froides qui

envahiront une certaine portion de l'aire actuelle de répartition de la forêt boréale. On prévoit également un accroissement de l'étendue des forêts tempérées modérées dans le sud-ouest (Forget et al. 2003).

Plusieurs chercheurs s'accordent pour dire que l'habitat favorable de l'éérable à sucre devrait migrer vers le nord en réponse à l'augmentation des températures et à la modification du régime des précipitations (Golblum et Rigg 2005, Forget et al. 2003, Saxe et al. 2001). Une étude réalisée aux États-Unis prévoit effectivement que l'emplacement de l'habitat favorable actuel pourrait faire un bond de 200 à 600 kilomètres vers le Canada par rapport à sa limite sud actuelle. Il pourrait même disparaître du territoire américain (Iverson et Prasad 2002). La figure 3.2 illustre les résultats de cette étude.

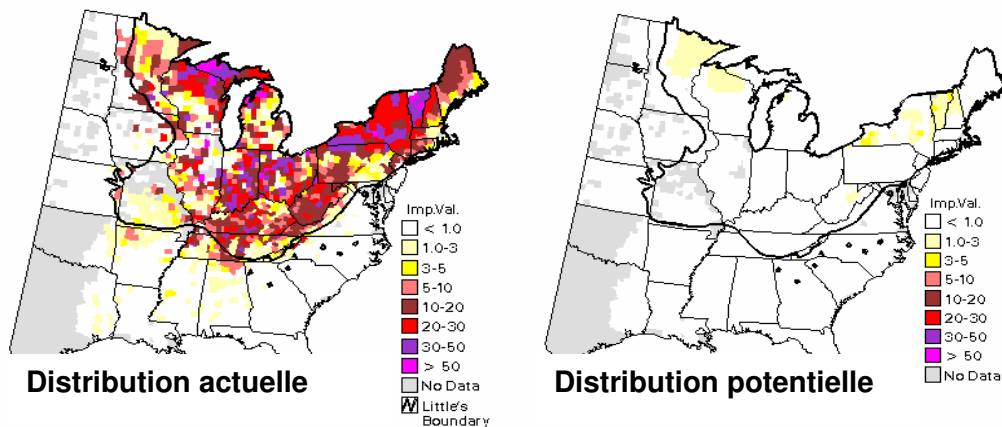


Figure 3.1 Distribution actuelle de l'éérable à sucre et distribution potentielle de son habitat favorable en réponse aux changements du climat en sol américain
Source : Tiré de Prasad et Iverson (2002), <http://www.fs.fed.us/ne/delaware/atlas/index.html>

En sol canadien, une étude réalisée sur le territoire des Grands Lacs prévoit que les changements du climat attendus d'ici la fin du siècle, même selon les scénarios les plus pessimistes du GIEC, devraient non seulement assurer le maintien de l'éérable à sucre dans cette région mais améliorer son statut à sa limite nordique et favoriser son expansion vers le nord (Goldblum et Rigg 2005).

Il faut réaliser ici qu'un déplacement de l'habitat propice à l'établissement d'une espèce n'est pas garant d'une migration de celle-ci dans ses nouvelles limites favorables. Alors qu'on prévoit que l'habitat de l'éérable à sucre pourrait être transposé jusqu'à

600 kilomètres au nord en moins d'un siècle (Iverson et Prasad 2002), le taux de migration historique des arbres expérimenté lors de la dernière période post glaciaire est de 50 kilomètres par siècle et ce en terrain vierge (OURANOS et MRN 2005). L'actuelle vitesse du réchauffement est de 10 à 40 fois supérieure à la moyenne depuis le dernier maximum glaciaire. La capacité migratrice de l'érable à sucre pourrait s'avérer insuffisante pour qu'il profite à court terme des nouvelles superficies favorables à son établissement (Forget et *al.* 2003). En fait, la migration de l'érable à sucre en réponse au déplacement de son habitat favorable sera conduite par sa capacité migratrice qui est fortement déterminée par son taux de croissance, son mode de dispersion des semences et sa résilience aux perturbations (Forget et *al.* 2003). De plus, il est établi au sein de la communauté scientifique que les différentes espèces végétales ne migrent pas à l'unisson. La vitesse et la direction de migration sont spécifiques à chaque espèce de sorte que le résultat final peut mener à de nouveaux assemblages d'espèces, de nouveaux écosystèmes (Iverson et Prasad 2002).

Théoriquement, une espèce peut être présente à un endroit si les individus sont capables d'y survivre et d'y produire des semences viables (Chuine et Beaubien 2001). Une récente expérience de transplantation d'érables à sucre dans la forêt boréale a démontré que l'espèce possède la capacité de s'établir au nord de son actuelle limite de distribution si les semences sont présentes (Kellman 2004). L'étude ne démontrait pas cependant la capacité de l'arbre d'y produire des semences viables. On sait depuis longtemps que l'érable à sucre est une espèce extrêmement agressive qui peut s'installer dans une grande variété d'habitats (Roy 1998). Cette espèce est très tolérante à l'ombre et se développe facilement sous un couvert dense d'arbres matures (Grondin 2004). De plus, ses samares, dont la forme et le poids facilitent la dispersion par le vent, peuvent franchir des distances considérables pouvant atteindre 100 mètres (Boily 2004, QUÉBEC et CANADA 1995). Il est donc plus que probable que celui-ci profite, dans le futur, des nouvelles conditions favorables plus au nord de sa limite actuelle pour étendre sa distribution. Mais il faudra certainement attendre plusieurs dizaines d'années avant de pouvoir exploiter un érable nouvellement implanté là où se trouve actuellement la forêt boréale. Il est néanmoins encourageant de constater que le sud du Québec devrait conserver ses érables à sucre pour encore un bon bout de temps, ce qui ne semble pas être tout aussi probable pour les États-Unis.

3.2 La réponse de l'érable à sucre, une espèce vivante unique

L'érable à sucre est la composante des érablières qui est exploitée en acériculture. En tant qu'organisme vivant possédant un bagage génétique particulier, cet arbre est susceptible de répondre aux changements climatiques de façon spécifique. Certains des signaux environnementaux et des conditions nécessaires à sa croissance et à l'alternance de sa phase active et de sa phase dormante (Lane et *al.* 1993) sont appelés à changer. Cette section tente donc de déterminer quelle sera la réponse spécifique de l'érable à sucre face aux changements appréhendés du climat.

3.2.1 Une saison de croissance allongée?

Logiquement, l'augmentation des températures annuelles moyennes devrait avoir pour effet d'allonger la saison de croissance des espèces végétales de milieu tempéré en devançant la dernière gelée printanière et en retardant la première gelée de l'automne (Lemieux 2006). Des chercheurs ont effectivement démontré que l'actuelle augmentation des températures moyennes annuelles est associée à un allongement de la saison de croissance pour les forêts des milieux tempérés (Richardson et *al.* 2006, Norby et *al.* 2003, Schwartz et Reiter 2000, Menzel et Fabian 1999). Ces scientifiques du monde entier ont étudié les données de la phénologie de plusieurs espèces végétales pour établir des tendances dans l'alternance des saisons.

En Europe, une étude réalisée avec des données récoltées sur 30 ans (1960 à 1990) a établi que le printemps avait été devancé de six jours en moyenne sur cette période alors que l'automne avait été retardé de 4,8 jours en moyenne pour un allongement total de la saison de croissance de 10,8 jours (Menzel et Fabian 1999). Dans le cadre de cette même étude, des travaux de modélisation ont démontré que les événements phénologiques printaniers sont sensibles au changement climatique et sont susceptibles d'être devancés de six jours pour chaque degré Celsius gagné (Menzel et Fabian 1999). Une autre étude réalisée avec des données phénologiques d'une espèce de lilas de l'Amérique du Nord démontre que l'arrivée du printemps a avancé de cinq à six jours entre 1959 et 1993 au nord du continent (Schwartz et Reiter 2000). Une expérience en environnement contrôlé, dont l'érable à sucre était une des espèces étudiées, a démontré qu'une augmentation de

4 °C par rapport aux températures ambiantes devançait de quatre à douze jours le débourrement des bourgeons au printemps et retardait l'abscission des feuilles à l'automne. Cette étude a aussi permis de démontrer une augmentation de la productivité chez l'érable à sucre suite à un allongement artificiel de sa saison de croissance (Norby et *al.* 2003).

À première vue, une saison de croissance allongée aurait certainement une influence positive sur la productivité des érables à sucre en leur permettant d'augmenter leur croissance annuelle et les réserves stockées au cours de la saison (OURANOS et MRN 2005). Mais la situation n'est pas aussi simpliste. Plusieurs variables doivent être considérées pour conclure à un effet global positif à long terme sur la productivité de l'érable à sucre.

D'abord, l'augmentation des températures prévue ne sera pas accompagnée d'un changement concordant de la photopériode qui est indépendante des conditions climatiques. On s'inquiète donc d'un risque de désynchronisation entre ces deux stimuli qui agissent normalement en synergie sur la phénologie des érables (Norby et *al.* 2003). On pense aussi qu'étant donné cette synergie entre la photopériode et la température, les arbres pourraient ne pas profiter pleinement des bénéfices engendrés par une saison de croissance allongée (Saxe et *al.* 2001). Aussi, puisque les arbres ont une programmation génétique qui synchronise leur stade de développement avec le climat local, l'adaptation à de nouvelles conditions pourrait ne pas se produire et provoquer un déséquilibre dans la croissance et le développement des arbres (OURANOS et MRN 2005).

On sait cependant que le désendurcissement de l'érable à sucre au printemps, préalable au débourrement qui actionne le début de la croissance estivale, est plus fortement influencé par la température que par la photopériode (Forget et *al.* 2003). Certains travaux ont d'ailleurs démontré que plus de 70 % de la variabilité interannuelle dans le débournement printanier chez des espèces végétales européennes était expliquée par la température journalière (Menzel et Fabian 1999). À l'inverse, on sait que les premières phases de l'endurcissement qui s'enclenchent à l'automne sont majoritairement dirigées par la photopériode qui intervient dans le premier stade de l'endurcissement (figure 2.9) et moins par la température (Saxe et *al.* 2001). Selon ces affirmations, l'érable à sucre pourrait donc profiter d'un allongement de sa saison de croissance au printemps (Forget et

al. 2003). Bien que certaines études concernant d'autres espèces végétales démontrent que les plantes réussissent généralement à profiter de l'allongement de la saison de croissance tant à l'automne qu'au printemps (Schwartz et Reiter 2000, Menzel et Fabian 1999), l'allongement de la saison de croissance de l'érable à sucre à l'automne reste toutefois incertain.

La première partie de la saison de croissance de l'érable à sucre est cruciale pour la croissance et le développement de l'arbre. Un débourrement précoce en réponse à un printemps plus hâtif aurait donc des répercussions plus importantes sur la croissance annuelle qu'une abscission foliaire tardive en réponse à un automne plus tardif (Saxe et *al.* 2001). Mais la deuxième partie de la saison de croissance est également importante puisqu'elle est consacrée à l'accumulation de réserves pour la prochaine saison de croissance (QUÉBEC et CANADA 1995). L'allongement de la saison à l'automne aurait donc aussi une influence importante sur la croissance de l'érable à sucre en favorisant l'accumulation de réserves (Norby et *al.* 2003). Il a d'ailleurs été observé, dans une étude spécifique à l'érable à sucre, que les conditions favorisant un allongement de la saison de croissance à l'automne augmentaient la croissance et la productivité des arbres l'année subséquente (Lane et *al.* 1993).

Pour que l'érable à sucre profite au maximum de l'allongement de sa saison de croissance en réponse au réchauffement climatique, il devra être en mesure de s'adapter pour coordonner son endurcissement et son désendurcissement avec les nouvelles conditions. Cette adaptation devra être réalisée selon un compromis serré qui lui permettra de maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques de dommages par le gel (Saxe et *al.* 2001). Les résultats des expérimentations dont il a été question précédemment semblent indiquer qu'il est en mesure de le faire. Voyons maintenant quelles seront les nouvelles conditions de cette saison allongée et comment elles affecteront l'érable à sucre dans sa phase de croissance.

3.2.2 Des conditions de croissance nouvelles

Les changements appréhendés du climat auront évidemment pour effet de modifier les conditions climatiques dans lesquelles l'érable à sucre effectue sa croissance et son développement. On pense que l'augmentation des températures moyennes, combinée à

l'effet fertilisant du CO₂ atmosphérique en constante augmentation, devrait favoriser la croissance des arbres (OURANOS et MRN 2005). Mais ces deux facteurs doivent être considérés séparément car ils affectent les espèces végétales de façon distincte (Shaver et *al.* 2000)

D'abord, le CO₂ atmosphérique est effectivement un facteur limitant pour la productivité des forêts québécoises en général (Forget et *al.* 2003). En tant que substrat primaire de la photosynthèse, son augmentation devrait stimuler ce mécanisme et mener à un meilleur taux de croissance (Van Der Maarel 2005). Alors que certaines études concluent à une forte augmentation de la croissance chez certaines espèces végétales, d'autres indiquent que l'effet est faible ou même nul pour d'autres espèces. C'est notamment le cas pour l'érable à sucre (Forget et *al.* 2003). De plus, même si l'effet s'avérait positif à court terme, on soulève le fait que les arbres pourraient s'habituer à ces concentrations élevées de CO₂ et revenir à moyen ou long terme à leur niveau de croissance initial (OURANOS et MRN 2005). Ce phénomène d'acclimatation à des conditions nouvelles est d'autant plus probable chez les espèces qui ont un long cycle vital (Van Der Maarel 2005), ce qui est le cas de l'érable à sucre. De plus, il est probable que d'autres éléments essentiels à la croissance deviennent des facteurs limitants et annulent à plus long terme l'effet bénéfique du CO₂ (OURANOS et MRN 2005, Forget et *al.* 2003).

Pour ce qui est du facteur température, l'effet d'une augmentation semble plus positif sur la croissance de l'érable à sucre selon certaines études (Forget et *al.* 2003, Wan et *al.* 2004). Mais d'autres expériences ont permis de constater, à l'inverse, une baisse de productivité des arbres sous l'effet d'une augmentation des températures de 3 à 4 °C (Saxe et *al.* 2001). On observe, comme il est attendu, que le réchauffement engendre une augmentation du taux de la photosynthèse. Ceci est toutefois accompagné d'une augmentation du taux de la respiration. Le taux de respiration qui augmente plus rapidement que la photosynthèse engendre un bilan négatif en gain de carbone et donc, une baisse de productivité globale. Les expériences à l'origine de ces observations sont cependant réalisées sur de courtes périodes. On pense qu'elles pourraient ne pas témoigner de la réalité à long terme alors qu'il pourrait s'établir un équilibre (Saxe et *al.* 2001).

Un autre aspect important à considérer, en plus de la concentration atmosphérique de CO₂ et de la température, est la modification appréhendée dans le régime des précipitations. De fait, les différents scénarios pour le changement dans les précipitations indiquent qu'en période estivale les épisodes de sécheresse sont susceptibles d'augmenter. Une plus grande évapotranspiration sous l'effet des températures plus chaudes pourrait tout autant contribuer à modifier à la baisse ce bilan hydrique (Wan et al. 2004). Cette réalité est susceptible d'altérer de façon importante le bilan hydrique des sols forestiers par un apport en eau diminué en été alors que l'érable à sucre est en pleine période de croissance.

Une diminution de la quantité en eau du sol augmente le potentiel de rétention de l'eau par le sol et rend son absorption par les racines plus laborieuse (QUÉBEC et CANADA 1995). Les stress hydriques engendrés par des sécheresses estivales et une baisse générale de la disponibilité en eau du sol pourraient annuler les gains procurés par des températures plus chaudes. Les conséquences connues du stress hydrique chez l'érable à sucre sont le dérèglement des processus physiologiques et l'accentuation de la mortalité racinaire (Roy 1998). Plus spécifiquement, la réponse de l'arbre est de fermer ses stomates pour diminuer les pertes en eau ce qui a pour effet de diminuer les réserves de carbohydrates accumulés via la photosynthèse (Lemieux 2006).

Une récente étude sur l'espèce *Fagus sylvatica*, un chêne européen, indique que cette espèce a subi un déclin de 49 % de sa croissance annuelle de 1975 à 2003. Au cours de cette période, les températures moyennes annuelles ont augmenté alors qu'il n'y a eu aucun changement significatif dans les précipitations (Jump et al. 2006). Fait encourageant, on ne note pas une telle tendance chez l'érable à sucre dont la croissance annuelle est considérée stable depuis 50 ans. On pense que le facteur température pourrait être plus important que le facteur précipitations chez cette espèce (Lane et al. 1993). Reste toutefois que les changements actuellement expérimentés au niveau du régime des précipitations pourraient être minimes par rapport à ce qui pourrait survenir à moyen et long terme. Notons finalement que les semis de l'érable à sucre et les jeunes arbres qui ont un système racinaire peu développé, donc un besoin d'humidité plus important, pourraient être plus grandement affectés par des stress hydriques que les arbres matures qui ont un système racinaire plus développé (Grondin 2004).

Contrairement à la saison estivale, on appréhende au printemps des excès de pluies inhabituels qui pourraient avoir comme conséquence de mener à un développement en surface des racines (Lemieux 2006). Des conditions anoxiques (absence d'oxygène), engendrées par une sursaturation en eau du sol, mènent à une diminution de la profondeur de sol exploré par les racines, provoquent un élagage racinaire dans la zone inondée et poussent l'arbre vers un déséquilibre du rapport cime/racines (QUÉBEC et CANADA 1995). Une telle perturbation du système racinaire ne ferait qu'aggraver les conséquences d'éventuels épisodes de sécheresse, en plus d'augmenter la sensibilité de l'arbre face aux vents forts à l'origine des chablis. L'anoxie est également associée à une hausse du pH du sol qui diminue la disponibilité des éléments nutritifs nécessaires à la croissance (QUÉBEC et CANADA 1995).

Finalement, advenant le fait que la croissance de l'érable à sucre soit favorisée en dépit des sujets jusqu'ici discutés, on s'inquiète de la capacité des sols à fournir les éléments nécessaires pour supporter une croissance accrue à long terme (OURANOS et MRN 2005). Les réserves du sol pourraient effectivement s'épuiser petit à petit et devenir critiques.

3.2.3 Une saison de dormance instable

Tel que discuté dans le chapitre deux du présent ouvrage, les changements globaux du climat seront vécus différemment en fonction des régions mais aussi en fonction des saisons. Les hivers québécois sont appelés à changer de façon plus importante que les autres saisons.

Dans un premier temps, une augmentation des températures hivernales est susceptible d'engendrer des redoux plus fréquents au cours de la saison (Lemieux 2006). On pense que ces épisodes de redoux pourraient mettre en péril l'état physiologique de résistance au gel de l'érable à sucre en provoquant un désendurcissement prématuré (Saxe et *al.* 2001) ou un bourgeonnement hâtif (Lemieux 2006). Dans les deux cas, le risque de dommage par le gel serait ensuite augmenté (Lemieux 2006).

Effectivement, des températures assez chaudes pour sortir l'arbre de l'état résistant au gel suivies d'un retour à des conditions froides pourraient causer le gel des cellules et tissus

de l'arbre et engendrer des dommages majeurs aux érables qui sont reconnus pour être très sensibles à ce genre de stress (QUÉBEC et CANADA 1995). On a d'ailleurs observé sur le terrain qu'en période hivernale, des températures nocturnes supérieures à 2 °C pendant plus de quatre jours consécutifs provoquent un débourrement prématuré. Le retour aux conditions froides fait alors place à la mort des jeunes tissus, la mort de cellules impliquées dans le transport de la sève et ultimement, une réduction de la croissance radiale (Roy 1998). Les risques de dommages par le gel pourraient être encore plus importants à la fin de l'hiver alors que le désendurcissement se fait de façon irréversible et plutôt rapidement. Des fins d'hiver plus clémentes au niveau des températures pourraient donc amener l'arbre à ne plus pouvoir résister aux épisodes de gel toujours existants à la fin de la saison (Saxe et *al.* 2001).

La diminution anticipée du couvert de neige pourrait contribuer à aggraver l'effet d'un désendurcissement prématuré. Le couvert de neige agit comme un manteau protecteur contre le froid hivernal pour le sol forestier. Il contribue en fait à éviter le gel en profondeur du sol (Roy 1998). En plus d'être moins présente en quantité, la neige pourrait aussi perdre de son pouvoir isolant en réponse à des précipitations liquides plus fréquentes puisqu'on sait que la pluie diminue le pouvoir isolant de la neige. Un gel en profondeur du sol pourrait provoquer la mort des racines et perturber grandement le système racinaire impliqué directement dans la croissance de l'érable à sucre (Lemieux 2006, Roy 1998). Le gel en profondeur du sol pourrait aussi nuire au transport de la sève dans l'arbre en handicapant gravement son système racinaire (AAC 2006). Finalement, la diminution du couvert de neige pourrait également mener à un déchaussement des semis et compromettre la régénération de l'érable à sucre à long terme (Forget et *al.* 2003).

Dans un autre ordre d'idée, il est connu que l'érable à sucre a besoin d'un temps d'exposition au froid pour briser son état de dormance à la fin de l'hiver, soit de 2500 heures sous 7 °C (Norby et *al.* 2003). Il a été démontré que le temps d'exposition au froid est une variable importante pour prédire la date d'émergence des feuilles chez cette espèce (Raulier et Bernier 2000). Advenant le fait que les températures hivernales augmentent suffisamment pour empêcher l'atteinte de cette période, l'érable à sucre pourrait être grandement perturbé dans ses mécanismes physiologiques. Une expérience réalisée en environnement contrôlé où la température était augmentée artificiellement de 4 °C n'a cependant démontré aucun effet négatif. On a supposé que l'augmentation de

4 °C n'était pas suffisante pour compromettre le temps d'exposition au froid nécessaire (Norby et *al.* 2003). Cependant, pour certaines régions, le réchauffement à long terme pourrait être supérieur à 4 °C.

3.3 La réponse de la coulée de la sève, un mécanisme physiologique particulier

Le changement du climat qui risque de perturber le plus la coulée printanière est la diminution du nombre de jours d'alternance de gel et de dégel anticipée pour le printemps (Lemieux 2006). Les expériences terrain démontrent que cette condition est directement reliée au volume des coulées et à la teneur en sucres de la sève (Pothier 1995). En plus d'écourter la saison de coulée et de diminuer les volumes récoltés, le phénomène pourrait donc également diminuer la qualité de la sève en terme de concentration en sucres. On prévoit que la diminution du nombre de jours avec des conditions de température favorables à la coulée (alternance gel et dégel) sera plus importante dans les régions productrices du sud du Québec et que certaines régions plus au nord pourraient même bénéficier d'une augmentation (AAC 2006).

On a également remarqué que le volume annuel d'eau d'érable récoltée était fortement corrélé aux précipitations hivernales (Pothier 1995). Ceci peut être dû à deux choses. D'abord, les précipitations augmentent l'épaisseur du couvert de neige et contribuent à protéger le système racinaire de l'érable directement impliqué dans la phase d'absorption de la coulée. Ensuite, la quantité de neige totale au sol à la fin de l'hiver fond et fait en sorte qu'il y a une bonne disponibilité d'eau dans le sol, un facteur nécessaire pour une phase d'absorption efficace. Une augmentation des précipitations hivernales serait donc un point positif pour la productivité en terme de volume à condition toutefois que les précipitations tombent sous forme solide. Or, ce n'est pas ce qui est prévu et la diminution du couvert de neige pourrait bien contribuer à réduire les volumes de sève printanière en causant du tort au système racinaire et/ou en diminuant la quantité d'eau disponible du sol au printemps.

Une expérience a démontré que l'amidon, précurseur des sucres retrouvé dans la sève (Roy 1997), est accumulé au printemps et à l'automne en réponse à l'alternance des températures au-dessus et au-dessous du point de congélation (Gregory et Wargo 1985).

Puisqu'on prévoit que les saisons intermédiaires pourraient être écourtées et que le nombre de jours d'alternance de gel et dégel va diminuer (Lemieux 2006), on peut penser que la réponse de l'érable à sucre sera de diminuer l'amidon accumulé au cours des saisons intermédiaires. Logiquement, puisque l'amidon est la matière première pour la fabrication des sucres retrouvés dans la sève, cette baisse pourrait se traduire par une réduction de la teneur en sucres de la sève. Une expérience sur des érables à sucre a toutefois démontré qu'une baisse dans les réserves d'amidon, provoquée par le stress d'une défoliation, n'apportait aucun changement dans la concentration en sucres de la sève. On explique ces résultats en posant l'hypothèse que la quantité d'amidon nécessaire à la fabrication des sucres de la sève est minime (Gregory et Wargo 1985). Notons que les résultats de cette expérience représentent une situation à court terme et qu'à long terme il pourrait en être tout autrement.

Finalement, le réchauffement du climat aura pour effet de devancer le printemps qui se présente déjà quelques journées plus tôt (AAC 2006). Ces printemps hâtifs auront pour effet de donner place à une saison des sucres plus hâtive.

3.4 Des réponses variables au sein d'une même espèce

Jusqu'ici, les érables à sucre ont été considérés comme une espèce particulière répondant à des conditions climatiques spécifiques. L'analyse serait incomplète si l'on ne discutait pas d'une éventuelle variabilité dans la réponse aux changements du climat parmi les différents individus de cette espèce. Effectivement, on appréhende une variation intraspécifique en fonction des différents écotypes et des différents stades de développement (Wielgolaski 2001).

Il existe trois écotypes différents chez l'érable à sucre déterminés par des degrés variables de résistance au froid et à des conditions de sécheresse : l'écotype appalachien du sud du Québec, l'écotype de la région centrale américaine et l'écotype du sud (QUÉBEC et CANADA 1995). Le tableau 3.1 indique les degrés de résistance au froid et à la sécheresse de chacun. L'écotype typique du territoire québécois, l'appalachien, est très résistant au froid et susceptible à la sécheresse. Les érables du Québec risquent donc d'être plus grandement affectés par les potentiels épisodes de déficit hydrique en été que

les deux autres écotypes qui possèdent un certain degré de tolérance face à ce genre de stress. Par contre, puisqu'ils sont actuellement bien adaptés pour faire face aux froids hivernaux, on peut penser que les risques de dommages par le gel suite à un gel en profondeur du sol ou un désendurcissement prématuré sont réduits.

Tableau 3.1 Degré de résistance au froid et à la sécheresse des trois écotypes de l'érable à sucre

		Degré de résistance ⁽¹⁾	
		Froid	Sécheresse
ÉCOTYPES	Appalachien	Tolérance élevée	Susceptible
	Région centrale américaine	Tolérance élevée	Tolérance élevée
	Du sud	Tolérance faible	Tolérance moyenne à faible

(1) QUÉBEC et CANADA (1995)

Pour ce qui est du stade de développement, on sait que les semis et les jeunes gaules d'érables à sucre sont plus sensibles aux stress engendrés par des déficits hydriques que les arbres matures (Dale et *al.* 2001). La situation s'explique d'une part par l'état de développement du système racinaire des arbres qui est peu développé chez les semis et les jeunes arbres. D'autre part, la quantité de carbohydrates est beaucoup plus importante chez les arbres matures et leur permet de survivre plus longtemps en cas d'arrêt ou de ralentissement momentané des processus photosynthétiques (Forget et *al.* 2003). Évidemment, tel que discuté précédemment, les semis et les jeunes érables à sucre sont aussi plus sensibles aux risques de gel.

Tableau 3.2 Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau des écosystèmes des érablières

ÉLÉMENTS DE L'ÉCOSYSTÈME	IMPACTS POTENTIELS	CONSÉQUENCES IDENTIFIÉES	SOURCE (S)
Structure et composition en espèces de l'érablière	Perte de biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte d'équilibre 	Lemieux (2006) Van Der Maarel (2005)
	Modification de l'agencement en espèces	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte d'équilibre 	Wielgolaski (2001)
	Perte d'espèces compagnes impliquées dans le recyclage des éléments nutritifs essentiels	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte d'équilibre ▪ Carences nutritives ▪ Diminution du degré de résistance aux perturbations 	MRNFP (2004) QUÉBEC et CANADA (1995)
Processus du sol	Augmentation du taux de décomposition de la matière organique en réponse à une élévation des températures moyennes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure disponibilité des nutriments 	Forget et al. (2003) QUÉBEC et CANADA (1995)
	Diminution de la quantité de matière organique composant la couche morte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formation de sols minces et limitation de l'enracinement ▪ Moins bonne absorption de l'eau et des nutriments 	QUÉBEC et CANADA (1995)
	Accroissement des quantités d'azote immobilisées par les bactéries du sol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carence en azote 	Saxe et al. (2001)
	Diminution du taux de décomposition de la matière organique en réponse à des conditions plus sèches	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moins bonne disponibilité des nutriments 	Dale et al. (2001)
	Déficits hydriques plus fréquents	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moins bonne disponibilité des nutriments ▪ Diminution de la croissance radiale des arbres ▪ Diminution du degré de résistance aux perturbations 	Forget et al. (2003) Roy (1998) QUÉBEC et CANADA (1995)

ÉLÉMENTS DE L'ÉCOSYSTÈME	IMPACTS POTENTIELS	CONSÉQUENCES IDENTIFIÉES	SOURCE (S)
Fréquence et intensité des perturbations naturelles	Migration des insectes et maladies du sud vers le nord (introduction de nouvelles pestes)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Affaiblissement de l'érablière ▪ Diminution de la teneur en sucres de la sève ▪ Assèchement des cimes ▪ Augmentation de la sensibilité aux stress climatiques hivernaux 	Lemieux (2006) Forget et <i>al.</i> (2003) QUÉBEC et CANADA (1995)
	Augmentation de la fréquence des feux de forêt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de superficies exploitables 	Lemieux (2006) Dale et <i>al.</i> (2001)
	Augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de verglas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Affaiblissement de l'érablière 	MRN (2007b) Lemieux (2006) Dale et <i>al.</i> (2001)
	Augmentation de la fréquence et de l'intensité des chablis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de superficies exploitables (jusqu'à 100 km² pour un épisode de vents violents) ▪ Blessures aux arbres ▪ Perturbation du sol 	MRN (2007b) Forget et <i>al.</i> (2003)
Habitat favorable	Migration vers le nord de 200 à 600 km de l'habitat favorable actuel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disparition ou diminution de la présence de l'érable à sucre des États-Unis ▪ Migration de l'érable à sucre dans les régions au nord de sa limite actuelle de distribution 	Golblum et Rigg (2005) Kellman (2004) Forget et <i>al.</i> (2003) Iverson et Prasad (2002) Saxe et <i>al.</i> (2001)

Tableau 3.3 Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau du fonctionnement de l'érable à sucre

ÉLÉMENTS DE L'ENVIRONNEMENT MODIFIÉ	IMPACTS POTENTIELS	CONSÉQUENCES IDENTIFIÉES	SOURCE (S)
Saison de croissance	Allongement de la saison de croissance	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmentation de la croissance annuelle ▪ Augmentation de la quantité des réserves accumulées 	OURANOS et MRN (2005)
	Désynchronisation des stimuli (température et photopériode) impliqués dans l'endurcissement et le désendurcissement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débalancement dans la croissance et le développement 	OURANOS et MRN (2005) Norby et <i>al.</i> (2003) Saxe et <i>al.</i> (2001)
Conditions de croissance estivales	Températures plus chaudes pendant la saison de croissance	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure croissance 	OURANOS et MRN (2005) Wan et <i>al.</i> (2004) Forget et <i>al.</i> (2003)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baisse de productivité (biomasse) 	Saxe et <i>al.</i> (2001)
	Concentrations atmosphériques de CO ₂ augmentées	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucun effet fertilisant démontré chez l'érable à sucre ▪ Augmentation de la vulnérabilité face aux insectes et maladies 	Lemieux (2006) Forget et <i>al.</i> (2003)
	Diminution de la quantité disponible d'eau dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Absorption de l'eau et des minéraux par les racines plus difficile 	QUÉBEC et CANADA (1995)
	Augmentation des épisodes de stress hydriques (sécheresses)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dérèglements physiologiques ▪ Accentuation de la mortalité racinaire ▪ Diminution des quantités de carbohydrates stockés ▪ Augmentation du taux de mortalité des semis et des jeunes arbres 	Lemieux (2006) Grondin (2004) Roy (1998)

ÉLÉMENTS DE L'ENVIRONNEMENT MODIFIÉ	IMPACTS POTENTIELS	CONSÉQUENCES IDENTIFIÉES	SOURCE (S)
Conditions de croissance estivales	Excès de pluies inhabituels au printemps	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement des racines en surface ▪ Élagage racinaire ▪ Dérèglement du rapport cime/racines ▪ Augmentation de la sensibilité aux sécheresses et aux vents violents ▪ Hausse du pH du sol et diminution de la disponibilité des nutriments 	Lemieux (2006) QUÉBEC et CANADA (1995)
Conditions de la saison de dormance hivernale	Températures plus chaudes et redoux plus fréquents	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bourgeonnement hâtif ▪ Désendurcissement prématuré ▪ Risques de dommages par le gel augmentés 	Lemieux (2006) Saxe et <i>al.</i> (2001) QUÉBEC et CANADA (1995)
	Diminution du couvert de neige au sol et du pouvoir isolant de la neige	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gel en profondeur du sol ▪ Mort d'une portion des racines ▪ Perturbation du transport de la sève ▪ Déchaussement des semis compromettant la régénération de l'érablière 	AAC (2006) Lemieux (2006) Forget et <i>al.</i> (2003) Roy (1998)
	Raccourcissement de la période d'exposition au froid	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perturbation des mécanismes physiologiques impliqués dans le bris de l'état de dormance et l'installation de la phase active 	Norby et <i>al.</i> (2003)

Tableau 3.4 Synthèse des impacts potentiels du phénomène des changements climatiques et des conséquences identifiées au niveau du mécanisme de la coulée de la sève au printemps

ÉLÉMENTS DU CLIMAT	IMPACTS POTENTIELS	CONSÉQUENCES IDENTIFIÉES	SOURCE (S)
Diminution du nombre de jours d'alternance de gel et de dégel au printemps	Saison des sucres écourtée	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminution des volumes annuels de sève récoltés 	Lemieux (2006) Pothier (1995)
Augmentation des précipitations hivernales	<p>SI SOUS FORME SOLIDE :</p> <p>Meilleure protection du système racinaire contre le gel par le pouvoir isolant de la neige Augmentation de la quantité d'eau disponible dans le sol au printemps</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coulée plus abondante via un fonctionnement optimal du système racinaire et une phase d'absorption efficace 	Pothier (1995)
	<p>SI SOUS FORME LIQUIDE :</p> <p>Moins bonne protection du système racinaire contre le gel par la perte du pouvoir isolant de la neige Diminution de la quantité d'eau disponible dans le sol au printemps</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coulées moins abondantes 	Auteur
Raccourcissement des saisons intermédiaires (printemps et automne)	Diminution des quantités d'amidon accumulées (matière première pour la fabrication des sucres présents dans la sève)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminution de la teneur en sucres de la sève printanière 	Lemieux (2006) Gregory et Wargo (1985)
Devancement du printemps	Premières coulées plus hâtives	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devancement de la saison de récolte 	AAC (2006)

CHAPITRE 4 : LES TENDANCES ACTUELLES, DES IMPACTS ACTUELLEMENT RESSENTIS

Maintenant que les impacts potentiels ont été identifiés et expliqués, ce chapitre tente de déceler des tendances existantes dans la production acéricole. L'analyse de ces tendances vise à déterminer s'il est possible, en fonction des informations disponibles, de supposer que les impacts appréhendés se font déjà ressentir sur le terrain. Pour ce faire, les données de productivité disponibles sont d'abord analysées, puis les résultats d'un sondage réalisé auprès de 63 producteurs acéricoles dans le cadre de ce travail sont présentés.

4.1 Tendances dans la productivité en fonction des rendements

La production acéricole a certainement augmentée au cours des dernières décennies. Mais on observe cependant depuis cinq ans une tendance au plafonnement de la production (se référer à la figure 1.3 du premier chapitre). Trois hypothèses sont avancées pour expliquer ce ralentissement dans l'accroissement de la production : 1) des températures moins favorables à la coulée, 2) l'autodiscipline des producteurs qui s'efforcent de respecter les quotas de production imposés par la FPAQ et 3) la hausse du coût des combustibles fossiles (AAC 2006). Mais les volumes de production ne témoignent pas vraiment de la productivité réelle des érablières.

À la base, la productivité acéricole dépend du volume de sève produit par l'érable à sucre et de sa teneur en sucres (Bernier et *al.* 2001). On peut donc l'évaluer en fonction de la quantité de sirop produit par entaille qui témoigne à la fois du volume de sève récolté par entaille et de sa concentration en sucres. Les arbres qui produisent les plus importants volumes de sève et dont la sève est plus sucrée produiront plus de sirop que les arbres qui produisent des petits volumes de sève moins sucrée. La figure 4.1 illustre les tendances observées dans le rendement en sirop produit par entaille de 1969 à 1998.

Les données présentées dans la figure 4.1 indiquent une tendance à l'augmentation dans la productivité en terme de quantité de sirop produit par entaille. Il ne faut pas oublier que cette productivité est aussi grandement dépendante des modes d'exploitation et des

méthodes de transformation de la sève en sirop. L'augmentation observée dans la productivité est donc, au moins en partie, causée par l'amélioration des techniques acéricoles. Il devient alors impossible de faire un quelconque lien entre le changement du climat et la productivité des érablières québécoises. Soulignons ici que malgré la tendance à la hausse illustrée sur la figure 4.1, en isolant les années 1990, on constate plutôt une stagnation des rendements à l'entaille. On s'étonne de ce fait vis-à-vis les améliorations considérables qui ont été apportées aux techniques de production au cours de ces années (Guay 2005).

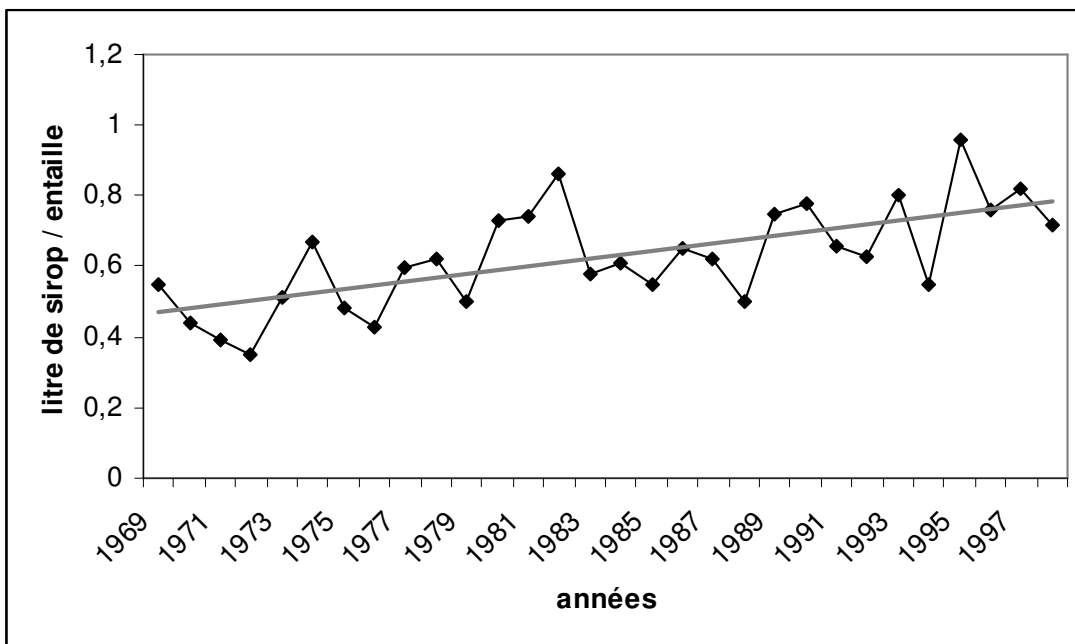


Figure 4.1 Tendances observées dans le rendement en sirop produit par entaille au Québec sur une période de trente années, de 1969 à 1998
 Soucre : Modifié de Allard (1998), p. 11

Une récente étude met à jour le fait que plusieurs producteurs mentionnent que malgré les innovations, leurs érablières sont en perte de production globale qui peut atteindre jusqu'à 30 % dans certains cas (Grondin 2004). L'auteur propose l'âge des peuplements et l'entailage subi au fil des années pour expliquer cette constatation. Mais peut-être la modification des conditions climatiques a-t-elle également un rôle à jouer. Un document publié par AAC révèle qu'on observe des modifications radicales de la production acéricole au niveau régional. On expérimente déjà une date d'entailage plus hâtive ainsi qu'une saison des sucres de plus en plus écourtée (AAC 2006). Ces observations

confirment donc que le climat en mutation pourrait déjà avoir un certain impact sur la production acéricole.

Mais pour en venir à démontrer de façon quantitative un lien entre le changement du climat et la productivité, il faudrait disposer de certaines données plus pointues. En fait, deux alternatives pourraient être envisagées. D'abord, il serait utile d'être en mesure de tracer la courbe des rendements en sirop par entaille pour des exploitations n'ayant pas modifié leurs modes d'exploitation depuis le début des opérations ou au moins sur une période minimale de trente ans. Ceci est peu réaliste puisqu'à l'heure actuelle, rares sont les producteurs qui n'ont pas apporté de changements à leurs modes d'exploitation (AAC 2006, FPAQ s.d.). Les plus petits producteurs qui exploitent de façon plus artisanale leurs érablières pourraient représenter une source prometteuse de données pour établir un lien entre le climat et la productivité. Cependant, ces petits producteurs ne tiennent pas nécessairement de registres de production précis et rigoureux pour plusieurs années d'exploitation. Une deuxième alternative possible serait de tenter de quantifier l'augmentation de productivité associée aux nouveaux modes d'exploitation. Une fois cette tâche réalisée, il serait possible de transformer les données de rendement pour éliminer les augmentations attribuables à l'amélioration des techniques. La variation résiduelle pourrait alors être mise en relation avec les changements du climat de façon plus réaliste. Cette alternative prometteuse requiert cependant une quantité de travail considérable et outrepassé les objectifs visés par cet essai. Pour palier à ce manque d'information, et aussi pour dresser le portrait de comment la situation est vécue sur le terrain, un sondage maison auprès de plusieurs producteurs acéricoles québécois a été réalisé.

4.2 Des producteurs inquiets : Résultats d'un sondage maison

Le sondage maison réalisé auprès des producteurs acéricoles québécois a consisté à envoyer, majoritairement par courrier électronique, un bref questionnaire qui est présenté à l'annexe un. Le questionnaire envoyé visait dans un premier temps à évaluer le niveau de connaissances des producteurs face aux changements climatiques et aux impacts potentiels sur l'acériculture. On cherchait ensuite à établir quels impacts étaient appréhendés avec le plus d'inquiétude par les producteurs. Finalement, pour tenter de déceler certaines tendances dans la productivité des érables à sucre, on demandait aux

producteurs d'évaluer différents aspects reliés à la productivité de leur propre érablière. Au total, 63 producteurs ont répondu au questionnaire. Voici donc les principaux résultats de cette enquête.

Les producteurs interrogés étaient, dans une grande majorité, relativement bien informés de la problématique des changements climatiques. En fait, 98 % des répondants ont affirmé avoir un niveau de connaissances élevé ou modéré du phénomène. Seulement un des 63 répondants (2 %) a dit avoir un niveau de connaissances pauvre du phénomène. Pour ce qui est des impacts potentiels du changement climatique sur l'acériculture, les niveaux de connaissances étaient plus partagés, bien que 81 % ont affirmé avoir un niveau de connaissances élevé ou modéré des impacts potentiels. Ce niveau de conscience de la problématique du changement climatique et de ses impacts potentiels sur l'acériculture s'accompagne d'un certain degré d'inquiétude face à la rentabilité future de la production acéricole. Dans les faits, 66 % des producteurs répondants ont affirmé être inquiets à un degré élevé ou modéré contre 34 % qui ont affirmé être inquiets à un degré pauvre ou nul. Le tableau 4.1 dévoile plus en détails les résultats ici présentés.

Tableau 4.1 Niveau de connaissances des producteurs acéricoles du phénomène des changements climatiques, des impacts potentiels sur leur production et degré d'inquiétude pour la rentabilité de leur production face à cette problématique

	Niveau			
	Élevé	Modéré	Pauvre	Nul
Niveau de connaissances des changements climatiques en général	41 %	57 %	2 %	0 %
Niveau de connaissances des impacts potentiels sur l'acériculture	21 %	60 %	11 %	8 %
Degré d'inquiétude pour la rentabilité de la production	11 %	55 %	21 %	13 %

Les producteurs ont identifié plusieurs impacts qui leur semblaient particulièrement inquiétants pour la productivité à long terme de leurs érablières. Certains des impacts identifiés étaient très partagés parmi les producteurs alors que d'autres n'étaient soulevés que par un ou deux des répondants. Le tableau 4.2 dresse la liste des principaux impacts potentiels du changement climatique identifiés par plus de un producteur.

Tableau 4.2 Liste des principaux impacts potentiels du changement climatique identifiés par les 63 producteurs qui ont répondu au questionnaire du sondage maison effectué

IMPACTS POTENTIELS IDENTIFIÉS	NOMBRE DE RÉPÉTITIONS
Épidémies (insectes, maladies et champignons actuels et exotiques)	13
Saison des sucres écourtée	11
Dépérissement des érables	9
Températures inadéquates pour favoriser de bonnes coulées de sève	7
Sécheresses estivales	5
Diminution des volumes de récolte	4
Saison des sucres plus hâtive	4
Épisodes de verglas	3
Épisodes de vents forts	3
Diminution du couvert de neige en hiver	2
Hivers doux	2
Mort des jeunes érables	2
Acidification des sols	2

L'enquête effectuée auprès des producteurs acéricoles québécois a également permis d'évaluer si des changements dans la productivité des érablières étaient actuellement ressentis par les producteurs. Le questionnaire interrogeait les répondants à propos de différents aspects déterminant la productivité d'une érablière : volume d'eau annuel récolté, rendement en sève à l'entaille, qualité de l'eau récoltée, qualité du sirop produit

et nombre de jours de coulée. Les producteurs devaient se prononcer sur le statut de chacun de ces aspects en indiquant s'ils avaient observé, selon leur expérience personnelle au cours de leur période d'exploitation, une diminution, une augmentation ou alors aucun changement. Dans les cas où un changement positif était noté, les producteurs devaient spécifier s'ils croyaient que la situation était attribuable à une modification des techniques d'exploitation utilisées.

En analysant les résultats du sondage maison effectué, on constate que pour tous les aspects questionnés, la majorité des répondants ont affirmé n'avoir observé aucun changement (42 % à 57 % selon les aspects). Toutefois, plusieurs des producteurs interrogés ont affirmé avoir observé une diminution pour chacun des aspects de la productivité (24 % à 45 % selon les aspects). Bien que certains aient également affirmé avoir constaté une augmentation (5 % à 26 % selon les aspects), la majorité de ceux-ci ont attribué cette augmentation à une modification des techniques d'exploitation employées (se référer à la figure 4.3).

L'aspect pour lequel le plus grand nombre de producteurs ont affirmé observer une diminution est le nombre de jours de coulée (45 %). Aussi, 39 % se sont accordés pour dire qu'ils avaient observé une diminution dans le rendement à l'entaille. Pour ce qui est de la qualité de l'eau récoltée, 37 % des répondants ont affirmé avoir observé une baisse. Ensuite, près du quart (24 %) des producteurs ont également constaté une baisse dans la qualité du sirop produit. Finalement, au niveau du volume d'eau récolté, 34 % des producteurs ont observé une diminution de cet aspect. La figure 4.3 illustre les résultats détaillés obtenus pour ces différents aspects de la productivité.

Ces résultats démontrent bien que plusieurs producteurs acéricoles observent à l'heure actuelle une certaine diminution de la productivité globale de leurs érablières. Bien qu'ils ne permettent pas de conclure à un lien direct entre la baisse de productivité ressentie et le changement du climat, l'analyse jusqu'ici effectuée permet de supposer que la modification du climat expérimentée au fil des dernières années est un élément de réponse à considérer.

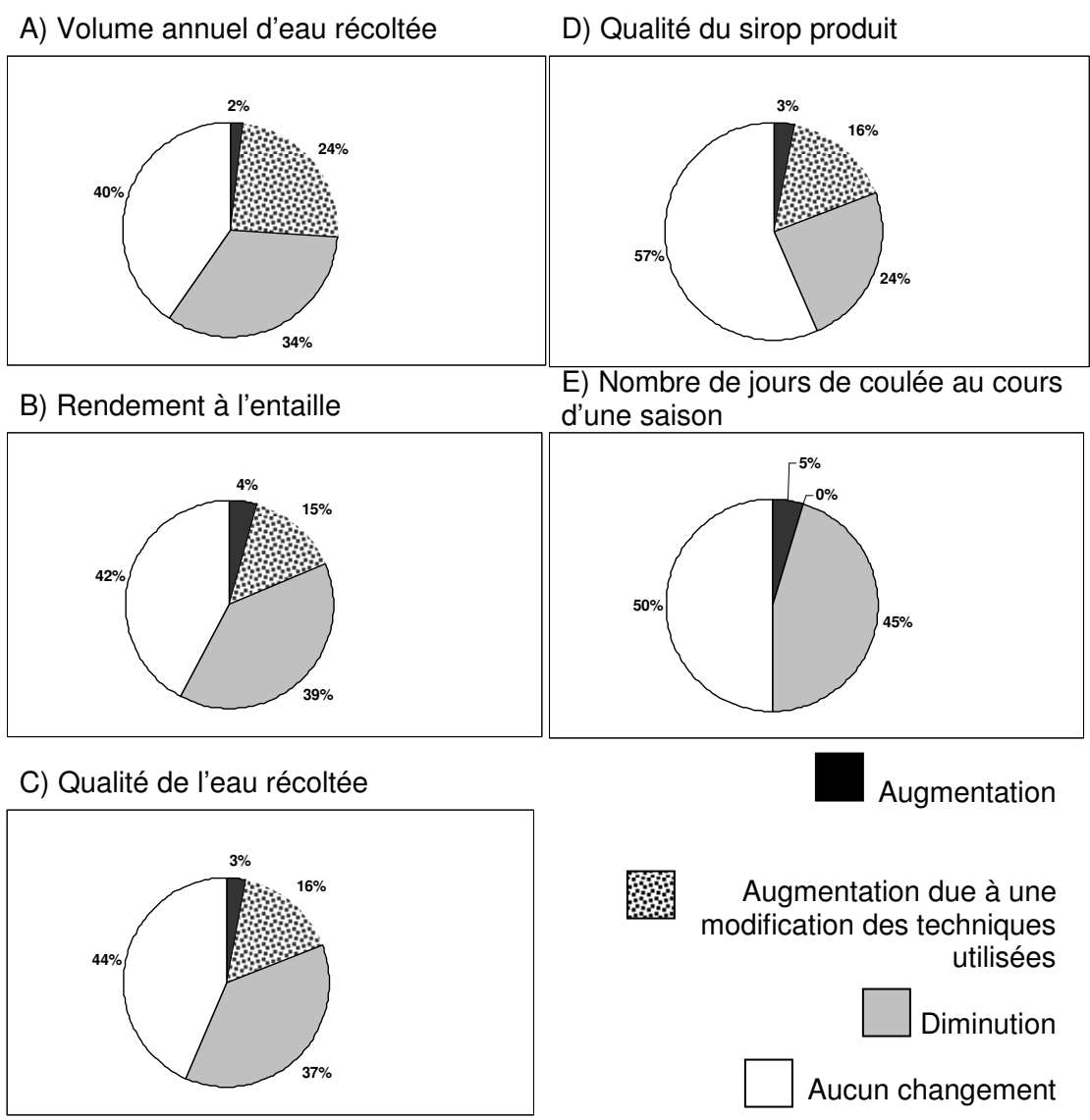


Figure 4.2 Résultats issus du sondage maison auprès de 63 acériculteurs québécois concernant leurs impressions personnelles pour différents aspects de la productivité de leurs érablières : A) Volume annuel d'eau récoltée, B) Rendement à l'entaille, C) Qualité de l'eau récoltée, D) Qualité du sirop produit et E) Nombre de jours de coulée au cours d'une saison

Source : Auteur

CHAPITRE 5 : RECOMMANDATIONS POUR UNE ADAPTATION ET UNE EXPLOITATION DURABLE DE LA RESSOURCE ACÉRICOLE

La question suivante a été posée aux producteurs acéricoles dans le cadre du sondage maison réalisé : Advenant une baisse dans les rendements et/ou dans la rentabilité de votre exploitation, continueriez-vous tout de même l'exploitation de votre érablière ? À cette question, 86 % des répondants ont répondu oui contre 11 % qui ont répondu non et 3 % qui ne le savaient pas. Face à ce constat, il semble que les exploitants d'érablières n'ont pas que des motifs d'ordre économique qui les amènent à pratiquer cette activité. En fait, au Québec, plusieurs exploitations acéricoles sont gérées dans un contexte d'entraide familiale et le temps des sucres s'avère en quelque sorte une période de retrouvailles et l'occasion de passer du temps en famille (Whitney et Upmeyer 2004). S'ajoute à cette caractéristique le caractère traditionnel et culturel de la production des produits de l'érable expliqué au premier chapitre. D'ailleurs, 75 % des producteurs qui ont répondu au sondage maison ont affirmé que l'acériculture était une tradition familiale qui se transmettait de génération en génération et depuis plus de trois générations pour la moitié de ceux-ci (52 %).

Plusieurs acériculteurs québécois ont donc le désir et l'intention de poursuivre leurs activités pour encore plusieurs années. Dans le contexte des changements climatiques, la gamme d'impacts potentiels présentés dans le chapitre trois pourrait faire en sorte qu'à moyen ou long terme la productivité soit diminuée. Le dernier chapitre de cet essai se veut donc un outil à l'intention des intervenants du secteur acéricole pour permettre une continuité de la production et de la rentabilité économique de cette activité. En ce sens, des recommandations sont formulées au niveau des méthodes d'exploitation, des activités sylvicoles pratiquées dans l'érablière, de la gestion des perturbations naturelles, de la protection de l'intégrité des sols forestiers, du potentiel d'entailles à développer, de la mise en marché des produits de l'érable et finalement de la recherche nécessaire.

5.1 Des modes d'exploitation à préconiser

Le raffinement des techniques d'exploitation est un outil précieux pour l'acériculteur qui veut maximiser le rendement de son érablière. Vis-à-vis les impacts négatifs qui guettent

la productivité des érablières, c'est le moment ou jamais de conformer les pratiques acéricoles aux dernières avancées technologiques afin de maximiser sa productivité et diminuer l'impact d'une éventuelle baisse. Des ouvrages très complets ont été réalisés sur le sujet.

Le Centre de recherche, de développement et de transfert en acériculture (CENTRE ACER) a récemment publié le *Cahier de transfert technologique en acériculture* (CENTRE ACER 2004). Cet ouvrage de référence, disponible auprès du Centre de Référence et de transfert en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), rassemble l'ensemble des technologies modernes ayant trait à l'installation et à la gestion des composantes du système de production acéricole, tant au niveau des infrastructures que des équipements. L'usage des méthodes recommandées dans cet ouvrage garantit au producteur une maximisation du rendement de son érablière. Un guide intitulé *Exploitation acéricole des érablières du domaine de l'état : Guide de bonnes pratiques* a également été publié en 2004 par le MRNFP. Cet ouvrage s'adresse au départ aux exploitants d'érablières situées sur les terres du domaine de l'état et il a été conçu dans le souci de favoriser une cohabitation harmonieuse des différents utilisateurs de la forêt publique et un aménagement forestier durable. Il contient tout de même une revue des bonnes pratiques préconisées par l'ensemble des travailleurs et des spécialistes du milieu acéricole, des informations aussi utiles pour les exploitants d'érablière en territoire privé. D'autres ouvrages plus spécialisés sont également disponibles pour les producteurs sur l'entaillage (Guay 2005, Allard 1999) et sur les systèmes de récolte sous vide (Allard 1996). Une foule d'informations est aussi disponible sur le site Internet du CENTRE ACER.

Devant cette masse d'informations disponible, les meilleures technologies ne seront donc pas ici présentées de façon exhaustive. Deux exemples sont tout de même exposés pour permettre au lecteur de saisir toute l'importance de l'utilisation des meilleures technologies. Le premier exemple concerne l'entaillage. Un entaillage dans les règles de l'art minimise le stress des arbres engendré par la blessure (Houston et al. 1990). Le deuxième exemple se rapporte au système de collecte. Un système de collecte à la fine pointe de la technologie et installé selon les recommandations du fabricant permet d'une part de maximiser le volume d'eau récoltée et d'éviter les blessures aux arbres (Houston et al. 1990). Le tableau 5.1 présente les règles de l'art pour l'entaillage et pour l'installation du système de collecte.

Tableau 5.1 Quelques règles à suivre pour l'entaillage des érables et pour l'installation du système de collecte

	Moment ^{(1) (2)}	Équipement à utiliser ^{(1) (3)}	Autres ^{(1) (2)}
Entaillage	Entaillage le plus près possible de la saison de récolte Désentaillage le plus tôt possible après la saison de récolte	Chalumeau à diamètre réduit Instruments aseptisés	Ne pas surentailler les érables (Respecter le nombre d'entailles recommandé en fonction du diamètre de l'arbre) Répartir d'année en année les entailles sur le tronc de manière à éviter le chevauchement des zones intérieures blessées Ne pas entailler les arbres qui sont sous l'effet d'un stress
Installation du système de collecte	Le plus près possible de la saison de récolte	Système de tubulure de qualité et d'étanchéité maximale branché à un système de vacuum Système de démarrage et d'arrêt des pompes automatisé	Effectuer une vérification régulière pour prévenir les fuites et un dysfonctionnement des pompes

(1) Houston et *al.* (1990)

(2) GUAY (2005)

(3) Bernier et *al.* (2001)

5.2 La pratique des activités sylvicoles en harmonie avec les pratiques acéricoles

L'acériculteur qui exploite aussi son boisé pour la récolte de matière ligneuse se doit de le faire dans un souci de protection de la ressource acéricole. Des travaux sylvicoles adaptés sont même reconnus pour favoriser le maintien de la productivité des érablières et peut-être l'augmenter (MRNFP 2004, QUÉBEC et CANADA 1995, Houston et *al.* 1990).

D'abord, il est primordial pour l'exploitant de réaliser ses travaux sylvicoles dans un souci de protection de la régénération puisqu'elle est le gage de pérennité de l'érablière (QUÉBEC et CANADA 1995). Dans une érablière en santé, on devrait compter au moins 5 000 semis et 400 gaules d'érable à sucre par hectare (MRNFP 2004). Il a été expliqué

dans le chapitre trois que les semis et les jeunes arbres pourraient être plus sensibles aux effets du changement climatique. Afin de contrer cet impact potentiel, il faudrait éviter de couper les semis et les jeunes tiges d'érable à sucre afin de donner la chance à un maximum d'individus de pouvoir atteindre le stade mature. En effectuant les travaux sylvicoles, il faudrait donc aussi éviter d'endommager les jeunes tiges avec la machinerie et lors de l'abattage des arbres. Pour éviter de perturber de façon trop importante l'érablière et favoriser une régénération optimale du peuplement, les éclaircies réalisées doivent être répétitives mais de faible intensité. On recommande habituellement d'effectuer des coupes qui découvrent moins de 11 à 15 % de la surface terrière (Roy 1997) ou une surface dont le diamètre ne dépasse pas la hauteur des arbres dominants (MRNFP 2004). Aussi, le défi pour l'exploitant dans la sélection des tiges à abattre est de trouver un équilibre qui permet de minimiser la compétition entre les arbres et de maximiser le nombre d'entailles exploitables.

L'acériculteur qui pratique la sylviculture dans son érablière a donc l'avantage de pouvoir sélectionner et favoriser la croissance de certaines tiges d'érable à sucre qui présentent un rendement moyen supérieur. En favorisant ainsi des individus caractérisés par une teneur en sucres élevée de leur sève, il augmente la productivité globale de son érablière (Roy 1997). La sélection des arbres ne peut pas être faite par une simple inspection visuelle car aucune caractéristique physique de l'érable à sucre n'a été corrélée avec sa teneur en sucres de façon significative (Laing et Howard 1990, Blum 1973). Le meilleur moyen d'identifier les tiges d'érable ayant les plus fortes concentrations de sucres dans leur sève printanière est de mesurer sur le terrain cette caractéristique à l'aide d'un réfractomètre (Houston et al. 1990). Idéalement, on devrait prendre cette mesure lorsque les arbres ont atteint quatre à huit pouces en diamètre (Laing et Howard 1990). Un document sur l'utilisation du réfractomètre en acériculture est inséré à l'annexe deux.

Une fois les tiges sélectionnées, le producteur peut éliminer la compétition de manière à permettre un développement optimal de la cime et du système racinaire (Laing et Howard 1990). Ce genre de pratique est communément appelé une coupe de jardinage acéricoforestier (MRNFP 2004) Il est ici important de noter que cette sélection doit tout de même se faire dans le souci de conserver une certaine diversité. L'idée n'est pas de conserver seulement des arbres dont la sève est plus sucrée car la diversité génétique des érables à sucre est considérée comme une police d'assurance dans le contexte du

changement climatique. C'est effectivement cette diversité génétique qui confère aux arbres la capacité d'évoluer et de s'adapter à de nouvelles conditions (OURANOS et MRN 2005)

5.3 La prévention comme outil pour diminuer les conséquences des perturbations naturelles

Les perturbations naturelles, que ce soient les épidémies, les feux, les tempêtes de verglas ou les chablis, sont hors du contrôle de l'homme. Heureusement, certaines pratiques préventives peuvent aider à amoindrir les conséquences de certaines de ces perturbations.

Pour ce qui est des épidémies d'insectes et de maladies, il importe de porter une attention particulière aux arbres que l'on coupe. Le maintien d'une bonne diversité d'essences et l'évitement de trop grandes trouées diminuent les risques d'épidémies. On sait que les pestes ont une préférence pour les peuplements purs et ouverts où l'ensoleillement est maximal (QUÉBEC et CANADA 1995). On recommande également aux exploitants d'érablières de se renseigner sur l'historique de leur peuplement et de connaître les principaux ravageurs des érablières (comportement, cycle vital, circonstances favorisant leur développement) afin d'être en mesure de détecter rapidement une épidémie et de réagir en conséquence (QUÉBEC et CANADA 1995).

Le longicorne asiatique est un insecte ravageur des arbres feuillus originaire de la Chine introduit en Amérique du Nord. Au Canada, il a été détecté en Ontario. Bien qu'absent du Québec pour le moment, sa menace sur l'acériculture est réelle et inquiétante car cet insecte affectionne particulièrement l'érable à sucre (Dagenais et Boily s.d.). Avec le climat qui se réchauffe, il pourrait bien faire son entrée au Québec dans les prochaines années. Plusieurs des producteurs qui ont répondu au sondage maison ont manifesté de l'inquiétude face à cette éventualité. De l'information pertinente sur ce ravageur est disponible à l'annexe trois.

Les conséquences d'un chablis ou d'un épisode de verglas majeur peuvent également être amoindries par certaines mesures préventives. La conservation d'une lisière boisée

non éclaircie autour de l'érablière aura l'effet d'une haie brise-vent et protégera l'érablière contre des vents violents (QUÉBEC et CANADA 1995). On recommande une lisière d'un minimum de huit mètres de profondeur avec une densité de 158 tiges à l'hectare (Houston et *al.* 1990). Aussi, les individus plus susceptibles aux coups de vents ou à l'accumulation de verglas sur leurs branches (principalement les arbres morts ou affaiblis), peuvent être retirés en partie (Dale et *al.* 2001). Le producteur doit toutefois s'assurer de conserver certains chicots et arbres morts car ceux-ci ont un rôle important à jouer dans l'écosystème de l'érablière, que ce soit en tant qu'abri et source de nourriture pour la faune ou simplement comme apport de matière organique au sol (MRNFP 2004).

5.4 L'importance de l'intégrité des sols forestiers

Pour atténuer l'effet potentiel d'une diminution de la quantité de matière organique dans la couche morte et la formation de sols minces, peu favorables au développement du système racinaire, deux mesures peuvent être adoptées. En effet, pour conserver une couche de couverture morte, il est possible de faire l'épandage de bois raméaux fragmentés sur la portion de sol correspondant à l'environnement de l'érable à sucre. Aussi, le maintien du hêtre dans les érablières où cette espèce est présente devrait être favorisé car la litière produite est plus réfractaire à la décomposition (QUÉBEC et CANADA 1995).

Ensuite, pour contrer une éventuelle diminution de la disponibilité en eau du sol, trois mesures peuvent être envisagées. D'abord, l'épandage d'un paillis autour des érables à sucre pourrait aider le sol à conserver son humidité (Plamondon 1977). Le maintien d'une régénération dense et fermée permettrait également de conserver la fraîcheur et l'humidité des sols (Roy 1997). La dernière mesure qui peut être envisagée est l'installation d'un système d'irrigation (Plamondon 1977). Cette mesure est toutefois coûteuse et devrait être envisagée en dernier recours.

Une modification dans la nature et la quantité des nutriments disponibles peut être corrigée par un épandage de fertilisant. Cette opération est cependant à effectuer avec une grande précision. Il est primordial de déterminer le dosage adéquat des nutriments apportés par une fertilisation en fonction d'une analyse foliaire accompagnée de

préférence d'une analyse du sol. Un mauvais dosage peut engendrer un déséquilibre du sol et provoquer plus de tort que de bien (QUÉBEC et CANADA 1995). La fertilisation doit donc être envisagée en dernier recours et réalisée avec précautions (Houston et *al.* 1990). D'ailleurs les autres mesures proposées précédemment devraient permettre d'équilibrer le sol et un sol bien équilibré fournit habituellement un réapprovisionnement efficace des réserves d'éléments essentiels à la croissance des végétaux (QUÉBEC et CANADA 1995).

Enfin, la compaction du sol est un élément qui nuit à la bonne croissance de l'érable à sucre. L'acériculteur doit contrer ce phénomène en réduisant le passage de la machinerie et en empêchant la fréquentation de son érabièrre par les animaux domestiques (QUÉBEC et CANADA 1995).

5.5 Un potentiel d'entailles intéressant à développer

Le Québec est actuellement le champion mondial de l'acériculture. Sa domination actuelle pourrait être encore plus importante. On prévoit que la situation de l'érable à sucre chez le deuxième plus grand producteur de sirop d'érable, les États-Unis, pourrait se détériorer avec les changements climatiques anticipés. Si l'érable à sucre devait disparaître du territoire américain, ou si les conditions climatiques devaient ne plus y être favorables pour son exploitation, le Canada deviendrait le seul pays au monde à fabriquer des produits de l'érable. Le Québec devrait y voir une opportunité intéressante d'augmenter les bénéfices réalisés par son industrie acéricole.

À l'heure actuelle, seulement 30 % du potentiel acéricole du Québec est exploité (Labrecque 2003). On estime que la production pourrait être doublée si tous les érables exploitables commercialement étaient entaillés (Boily et Lepage 2003). Une étude sur la contribution du territoire public québécois au développement de l'acériculture réalisée par un comité interministériel (MRN et MAPAQ) a été publiée en 2000. Le comité confirme que les superficies disponibles, en territoire privé et public, sont suffisantes pour doubler la production (MRN et MAPAQ 2000). Malgré cette opportunité, le nombre d'entailles tend à se stabiliser depuis 2004 (Julien et Richard 2006) tel qu'illustré à la figure 1.7 du chapitre

un. Il serait avantageux pour le Québec de promouvoir le développement de nouvelles érablières afin d'exploiter pleinement son potentiel acéricole.

Certaines considérations devraient cependant être prises en compte dans le choix de l'emplacement de ces nouvelles exploitations. D'abord, on croit que les érablières qui seront le moins affectées par les changements climatiques sont celles qui sont implantées sur des sites favorables (Lemieux 2006). Ensuite, une forte densité d'entailles à l'hectare est un facteur qui diminue les coûts de production et qui augmente la rentabilité économique d'une exploitation acéricole. Une érablière rentable contient habituellement une densité de 150 à 350 entailles à l'hectare (Bernier et *al.* 2001). Finalement, plusieurs éléments laissent croire que les érablières du sud du Québec sont menacées de façon plus importante par les changements climatiques, que ce soit par une augmentation plus marquée des températures qu'ailleurs ou par une plus grande exposition aux insectes et maladies en provenance du sud (chapitre trois). La sélection d'un site idéal pour l'emplacement d'une nouvelle érablière serait donc un site au nord, affichant un ensemble de conditions favorables à la croissance de l'érable à sucre et présentant une forte densité d'entailles à l'hectare. La répartition des superficies des érablières à potentiel acéricole en fonction des différentes régions du Québec est présentée à l'annexe quatre.

5.6 La mise en marché des produits de l'érable

L'industrie acéricole a éprouvé dans le passé certaines difficultés face à la mise en marché de ses produits. Le déséquilibre entre l'offre et la demande a forcé la FPAQ à mettre au point un système de contingentement de la production (AAC 2006). En 2005, c'est 60 millions de livres de sirop d'érable qui garnissaient les surplus accumulés (Labrecque 2005). Face à cette situation, des efforts considérables ont été déployés pour développer la mise en marché des produits québécois de l'érable. Si le Québec envisage profiter pleinement de son potentiel acéricole, il devra redoubler d'efforts non seulement dans le développement de nouveaux marchés mais aussi dans le resserrement des marchés actuels.

Les principaux défis à relever pour assurer une mise en marché adéquate des produits de l'érable sont les suivants : développement du marché international étant donné la

petitesse du marché potentiel québécois, diminution du taux de non conformité sur le plan de la saveur et de la classe de couleur (Labrecque 2003), vieillissement de la population, croissance de l'obésité et diminution de la consommation de sucres dans les pays occidentaux (Julien et Richard 2006). Cependant, une nouvelle réalité dans le domaine alimentaire pourrait aider la cause des produits de l'érable : la tendance actuelle du consommateur à rechercher des produits fins et gourmets, de qualité supérieure et ayant un caractère unique (Labrecque 2005). Le tableau 5.2 présente un inventaire des différentes solutions proposées par les intervenants du domaine acéricole pour pallier au problème de la mise en marché et rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande.

Tableau 5.2 Solutions proposées par les intervenants du domaine acéricole pour pallier au problème de la mise en marché et rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande et responsable de leur réalisation

SOLUTIONS PROPOSÉES	INTERVENANT (S) RESPONSABLE (S)*
Développer une bonne connaissance et une capacité d'anticipation des marchés nationaux et internationaux ^{(1) (2)}	FPAQ, Agence de vente
Développer des relations d'affaire harmonieuses et serrées ⁽¹⁾	Producteurs, FPAQ, Agence de vente, Syndicats des producteurs acéricoles régionaux
Adapter l'offre aux besoins et exigences des consommateurs ⁽¹⁾	FPAQ, Agence de vente, Filière acéricole provinciale
Analyser et mettre en valeur les vertus potentielles du sirop d'érable sur la santé ⁽²⁾	FPAQ, Filière acéricole provinciale, CENTRE ACER
Élaborer une stratégie pour concurrencer avec les autres produits édulcorants (miel, sucre, sirop de table, sirop de maïs) ⁽¹⁾	FPAQ, Agence de vente, Filière acéricole provinciale
Disponibilité permanente des produits dérivés de l'érable ⁽¹⁾	Agence de vente, Transformateurs
Éducation du consommateur sur les usages et la conservation des produits de l'érable ⁽¹⁾	FPAQ, Agence de vente, Filière acéricole provinciale
Promotion des produits de l'érable dans le réseau de l'hôtellerie et de la restauration ⁽¹⁾	FPAQ, Agence de vente, Filière acéricole provinciale
Développement de nouveaux produits et procédés ⁽³⁾	Centre acer, Transformateurs, AAC
Instauration d'un système d'assurance qualité ⁽³⁾	FPAQ, Filière acéricole provinciale, AAC, producteurs, Clubs acéricoles régionaux

* Selon l'auteur

(1) AAC (2006)

(2) Julien et Richard (2006)

(3) Labrecque (2003)

5.7 La recherche nécessaire

La réalisation de cet essai a fait ressortir plusieurs lacunes sur le niveau de connaissances des conséquences des impacts du changement climatique sur l'érable à sucre. Bien que les informations disponibles permettent de dresser une liste des impacts potentiels, aucun de ceux-ci n'est associé à un certain niveau de certitude. Les chercheurs qui étudient l'acériculture devraient concentrer leurs efforts pour l'obtention d'un certain niveau de fiabilité pour prédire dans quelle ampleur les impacts potentiels soulevés dans cette analyse seront vécus. Il faut étudier très spécifiquement l'impact d'un changement des conditions climatiques appréhendé sur l'érable à sucre et sur son écosystème. La tâche est colossale, mais nécessaire. Aussi, pour évaluer les impacts à l'échelle régionale, il faut être en mesure de prévoir les changements de température, les niveaux de précipitations et les bilans hydriques engendrés avec un niveau de résolution spatiale suffisamment élevé (OURANOS et MRN 2005). Les travaux de modélisation réalisés, notamment par le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique, sont en progression et devraient permettre d'obtenir des prévisions régionales fiables.

Dans une perspective à plus long terme, il serait intéressant de développer des cultivars d'érable à sucre mieux adaptés aux futures conditions climatiques. On connaît actuellement trois écotypes qui résistent aux sécheresses et au froid à divers degrés (QUÉBEC et CANADA 1995). Un cultivar adapté à des conditions hivernales instables, qui résiste bien au gel, capable de profiter d'une saison de croissance allongée et qui tolère les conditions de sécheresse serait probablement bien adapté pour faire face aux changements climatiques. Une piste intéressante à examiner est la potentielle exploitation des autres espèces d'érable actuellement peu exploitées mais tout de même intéressantes : l'érable rouge et l'érable noir. L'érable noir a une sève comparable à celle de l'érable à sucre au niveau de sa concentration en sucres. Il est actuellement très peu exploité pour l'acériculture étant donnée sa distribution limitée au sud du Québec (Grondin 2004). Mais dans le contexte des changements climatiques, il pourrait, tout comme l'érable à sucre, être appelé à se déplacer plus au nord et/ou devenir plus abondant. Bien que l'érable rouge possède une sève moins sucrée, sa distribution plus étendue fait en sorte qu'il est plus exploité que l'érable noir actuellement. Il serait intéressant d'étudier quelle sera sa réponse aux changements du climat et quelles seront les conséquences sur son exploitation pour l'acériculture.

CONCLUSION

Au Québec, l'acériculture est une production importante tant sur le plan économique que culturel. Le portrait historique présenté au début de cet essai a bien illustré à quel point l'histoire de la production de sirop d'érable au fil des différentes époques, des amérindiens jusqu'à aujourd'hui, confère à l'acériculture québécoise un riche patrimoine historique et culturel. Aussi, le portrait économique a bien démontré à quel point cette pratique s'est bien développée au cours des dernières décennies et l'ampleur actuelle des recettes économiques qu'elle engendre. Ensuite, il a été démontré clairement que la problématique des changements climatiques affectera le climat du Québec de façon spécifique et importante. On appréhende effectivement d'importants changements dans le régime des températures moyennes, celui des précipitations ainsi que celui des phénomènes climatiques extrêmes. Les quatre saisons typiques du climat québécois sont appelées à être modifiées. La démonstration du déroulement des différentes phases de croissance de l'érable à sucre au fil des saisons et du mécanisme impliqué dans la coulée de la sève au printemps a permis de confirmer que l'espèce est fortement adaptée pour répondre à des conditions climatiques particulières. Les changements anticipés dans le climat québécois auront donc de réels impacts sur l'acériculture au Québec.

L'analyse réalisée a permis d'inventorier plusieurs possibilités futures en révélant une gamme d'impacts potentiels susceptibles de toucher les érablières à différents niveaux. D'abord, un déséquilibre guette ces écosystèmes en ce qui a trait à leur structure et leur composition en espèces, aux processus du sol qui rendent disponibles l'eau et les nutriments et au degré de stress engendré par les perturbations naturelles qui les affectent. L'habitat favorable pour l'érable à sucre est appelé à se déplacer vers le nord et celui-ci pourrait à long terme disparaître du sol américain et repousser son actuelle limite de distribution nordique québécoise pour empiéter sur l'actuel territoire de la forêt boréale.

L'érable à sucre est une espèce qui répondra de façon spécifique aux changements appréhendés. Il pourrait profiter d'une saison de croissance allongée. Les conditions de cette saison de croissance risquent toutefois d'être profondément modifiées. Alors que l'augmentation prévue des températures pourrait, à première vue, favoriser la croissance de l'arbre, l'évolution du climat estival vers des conditions plus sèches aurait l'effet

contraire. Reste cependant à déterminer quel sera le bilan de ces deux effets antagonistes. De plus, les hivers plus doux et moins neigeux menacent le degré de résistance au gel de l'érable à sucre. Le devancement du printemps, qui est déjà observé, fera place à une saison des sucres de plus en plus hâtive. Le mécanisme impliqué dans la coulée de la sève printanière est aussi grandement menacé par l'effet d'un changement du climat. La diminution du nombre de jours d'alternance de gel et de dégel au printemps, une autre tendance observée à l'heure actuelle, laisse envisager une diminution dans le nombre de jours de coulée et donc une diminution dans les volumes de sève récoltés.

L'étude des données de rendement et des résultats issus du sondage maison met à jour le fait qu'on pourrait déjà observer certains effets du climat en mutation sur la production acéricole. Face à tous ces constats, il serait dommage d'en venir à une éventuelle disparition de la pratique de l'acériculture au Québec. Les États-Unis, principal pays compétiteur du Québec en matière de sirop d'érable, risquent d'être plus grandement affectés que le Québec dans le domaine de l'acériculture. Le Québec devrait y voir l'opportunité de confirmer et de renforcer son titre de champion mondial en matière de sirop d'érable. Bien que la gamme d'impacts potentiels présentés constitue une menace réelle pour la productivité des érablières, certaines mesures pourraient permettre d'en amoindrir les conséquences et de conserver la rentabilité des exploitations. En ce sens, le dernier chapitre présente une série de recommandations pour l'exploitation durable de la ressource acéricole québécoise.

Les objectifs poursuivis dans la réalisation de cet essai ont donc été atteints. Bien que l'adaptation aux changements climatiques en acériculture demandera aux producteurs un niveau d'effort supplémentaire, la mise en œuvre des mesures nécessaires devrait permettre au Québec de produire du sirop d'érable pour un certain temps encore. En fait, trois questions restent à solutionner. Est-ce que les acériculteurs et les intervenants du domaine acéricole mettront en œuvre les mesures nécessaires? Dans quelle ampleur le réchauffement climatique expérimenté à l'heure actuelle est attribuable aux activités anthropiques? Est-ce que la population mondiale et ses différentes sociétés sont prêtes à se relever les manches pour ralentir et éventuellement stopper l'effet néfaste des activités humaines sur le climat planétaire? Face à cette dernière question, le succès face au défi passé du trou dans la couche d'ozone indique qu'ils en ont la capacité. Reste à savoir si la volonté sera suffisante.

RÉFÉRENCES

- AAC (2006) Les produits canadiens de l'érable : Situation et tendances en 2005-2006, Gouvernement du Canada, Ottawa, 24 p.
- AAC (s.d.) L'industrie de l'agriculture, des aliments et des boissons au Canada : L'industrie acéricole canadienne, http://ats-sea.agr.gc.ca/supply/factsheets/3310_f.pdf. 2 p., Consulté le 2 mai 2007.
- ALLARD, G.B. (1999) Info fiche acéricole no 140a0599 : L'entaillage des érables, Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture, Publication no 140-FCH-0599, <http://www.centreacer.qc.ca/publications/infofiches/PDF/140a0599.pdf>. 10 p., Consulté le 18 avril 2007.
- ALLARD, G.B. (1998) L'industrie acéricole, une composante majeure de l'agro-alimentaire québécois, Centre de recherche et de transfert technologique en acériculture Inc., <http://www.centreacer.qc.ca/publications/transfert/industrie/Industrie.pdf>. Consulté le 29 janvier 2007.
- ALLARD, G.B. (1996) Ré-ingénierie des systèmes de collecte sous vide de l'eau d'érable, Conférence du colloque régional en acériculture à Victoriaville, Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture, Publication no 151-CNF-0196, <http://www.centreacer.qc.ca/publications/production/PDF/151-cnf-0196.pdf>. 4 p., Consulté le 18 avril 2007.
- ANONYME (s.d.) Histoire et Information sur l'érable, http://mapledelights.com//content/fr-ca/histoire_infos.aspx. Consulté le 14 février 2007.
- BADECK, F-W., BONDEAU, A., BOTTCHEK, K., DOKTOR, D., LUCHT, W., SCHABER, J. et SITCH, S. (2004) Responses of spring phenology to climate change, *New Phytologist*, vol. 162, no. 2, p.295-309.
- BERNIER, R. (2007) Communication personnelle. Ingénieur, Conseiller en acériculture, Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- BERNIER, R. (2006) Situation et tendance des marchés pour l'année 2006, Conférence – Journées acéricoles 2006, Québec – MAPAQ, http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Situation-et-tendances-au-Qu%C3%A9bec-en-2006_version-finale16122005-Raymond%20Bernier.pdf. 21 p., Consulté le 5 février 2007.
- BERNIER, R., BELLEGARDE, J. et GAUTHIER, R. (2001) L'efficacité et les facteurs de productivité en production acéricole, Journée acéricoles 2001, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/Documents/Effprod.pdf>. 25 p., Consulté le 8 février 2007.
- BLUM, B.M. (1973) Relation of sap and sugar yields to physical characteristics of sugar maple trees, *Forest Science.*, vol. 19, no. 3, p.175-179.

- BOILY, A. (2006) Le réfractomètre cet incompris, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Refrabab.doc>. Consulté le 20 avril 2007.
- BOILY, A. (2004) Acériculture : culture de l'érable à sucre, www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/cultarbab.doc. 3 p., Consulté le 2 mai 2007.
- BOILY, A. et LEPAGE, M. (2003) L'eau d'érable : bouillir ou vendre, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/Documentsbouvenab.htm>. Consulté le 8 février 2007.
- CARRIER, R. (2004) Histoire des sucres, <http://www.erabliere-lac-beauport.qc.ca/histoire.htm>. Consulté le 14 février 2007.
- CHAUMONT, D. (2005) Développement de scénarios climatiques à des fins de prévision de la demande énergétique au Québec pour les besoins de chauffage et de climatisation, OUR-102, http://www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/Chaumont_energie.pdf. 19 p., Consulté le 14 février 2007.
- CENTRE ACER (2004) Cahier de transfert technologique en acériculture, en vente auprès du Centre de Référence et de transfert en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 656 p.
- CHUINE, I. et BEAUBIEN, E.G. (2001) Phenology is a major determinant of tree species range, *Ecol. Lett.*, vol. 6, no. 5, p. 500-510.
- DAGENAIS, S. et BOILY, A. (s.d.) Un tueur d'érables : le longicorne asiatique, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Le%20longicorne%20asiatique.doc>. 4 p., Consulté le 18 avril 2007.
- DALE, V.H., JOYCE, L.A., McNULTY, S., NEILSON, R.P., AYRES, M.P., FLANNIGAN, M.D., HANSON, P.J., IRLAND, L.C., LUGO, A.E., PETERSON, C.J., SIMBERLOFF, D., SWANSON, F.J., STOCKS, B.J. ET WOTTON M.B. (2001) Climate change and forest disturbances, *BioScience*, vol. 51, no. 9, p. 723-734.
- EC (2005a) Le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique CCmaC, http://www.cccma.ec.gc.ca/20051116_brochure_f_pgs.pdf. 5 p., Consulté le 14 février 2007.
- EC (2005b) Une introduction au changement climatique : une perspective canadienne, http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/understanding/icc/icc_f.pdf. 55 p., Consulté le 22 janvier 2007.
- EC (2005c) Qu'est-ce que le changement climatique : Les gaz à effet de serre, sur le site Web La Voie verte d'Environnement Canada, http://www.ec.gc.ca/climate/overview_greenhouse-f.html. Consulté le 22 janvier 2007.
- EC (2003) La science du changement climatique : tendances du système climatique et biophysique de la terre au cours du 20^e siècle, La Voie verteMC, http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/understanding/trends/index_f.html. Consulté le 19 mars 2007.

- FORGET, E., DREVER, R. et LORENZETTI F. (2003) Changements climatiques : impacts sur les forêts québécoises – revue de littérature-, sur le site de l'Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue, http://www.iqaff.qc.ca/publications_IQAFF/Changements%20climatiques%20%20impacts%20sur%20les%20forets%20quebecoises.PDF. 57 p., Consulté le 24 janvier 2007.
- FPAQ (s.d.) Histoire du sirop d'érable, <http://siropderable.ca/fr/default.asp?section=2&IdArticle=73>. Consulté le 14 février 2007.
- GIEC (2007) Climate change 2007: The physical science basis, Summary for policymakers, Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report, http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf. 21 p., Consulté le 5 février 2007.
- GIEC (2001) Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques, Résumé technique, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/french/pdf/wg1sum.pdf. Consulté le 31 janvier 2007.
- GIEC (1995) Seconde évaluation du GIEC : Changement de climat 1995, Rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, [http://www.ipcc.ch/pub/sa\(F\).pdf](http://www.ipcc.ch/pub/sa(F).pdf). 64 p., Consulté le 19 mars 2007.
- GOLDBLUM, D. et RIGG, L.S. (2005) Tree growth response to climate change at the deciduous-boreal forest ecotone, Ontario, Canada, *Can J. For. Res.*, vol. 35, no. 11, p. 2709-2718.
- GREGORY, R.A. et WARGO, P.M. (1986) Timing of defoliation and its effect on bud development, starch reserves, and sap sugar concentration in sugar maple, *Can J. For. Res.*, vol. 16, p. 10-17.
- GRONDIN, J. (2004) Effet de phytohormones sur les réactions de défense de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh) suite à l'entaille et à d'autres types de blessure mécanique, Mémoire (M.Sc), Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, 111 p.
- GUAY, S. (2005) Bien entailler et aménager : un gage de pérennité, Journées acéricoles 2005, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Bien%20entailler%20-%20Andr%c3%a9%20Boucher-St%c3%a9phane%20Guay.doc>. Consulté le 8 février 2007.
- HENGEVELD, H.G. (2000) Projection du climat future du Canada: Discussion de simulations récemment effectuées avec le modèle canadien du climat du globe, Service météorologique du Canada, Environnement Canada, http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/understanding/ccd/ccd_0001/index_f.html. Consulté le 21 mars 2007.
- HOUSTON, D.R., ALLEN, D.C. et LACHANCE, D. (1990) Aménagement de l'érable : guide de protection de la santé des arbres, Région du Québec – Rapport d'information LAU-X-92F, Forêts Canada, 59 p.

- IVERSON, L.R. et PRASAD, A.M. (2002) Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US, *Forest Ecology and Management*, vol. 155, p. 205-222.
- JOHNSON, R.W., TYREE, M.T. et DIXON, M.A. (1987) A requirement for sucrose in xylem sap flow from dormant maple trees, *Plant Physiol.*, vol. 84, p. 495-500.
- JULIEN, S-S. et RICHARD, D. (2006) Monographie de l'industrie acéricole au Québec, Québec – MAPAQ, <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/B567EBAD-F349-4996-88E7E6EC42B797B8/0/Monographiedelindustrieacericole2006.pdf>. 56 p., Consulté le 29 janvier 2007.
- JUMP, A., HUNT, J. et UELAS, J. (2006) Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*, *Global Change Biology*, vol. 12, no. 11, p. 2163-2175.
- KELLMAN, M. (2004) Sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) establishment in boreal forest: results of a transplantation experiment, *J. Biogeogr.*, vol. 31, p. 1515-1522.
- KIM, Y.T. et LEECH R.H. (1985) Effects of climatic conditions on sap flow in sugar maple, *Forestry Chronicle*, vol. 61, no. 4, p. 303-307.
- LABRECQUE, J. (2005) L'industrie acéricole, constat et perspective, Journées acéricoles 2005, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Industrie%20ac%c3%a9ricole%20%20constats%20et%20perspectivesJulie%20Labrecque.doc>. Consulté le 8 février 2007.
- LABRECQUE, J-M. (2003) Profil de l'industrie manufacturière québécoise des produits de l'érable, Québec – MAPAQ – Direction du développement de la transformation alimentaire et des marchés, http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/3FC74F85-EFC7-447F-84BF-ADB3052D3CD6/0/produits_erable.pdf. 30 p., Consulté le 8 février 2007.
- LAING, F.M. et HOWARD, D.B. (1990) Sap sweetness consistency vs. growth rates in young sugar maples, *North. J. Appl. For.*, vol. 7, p. 5-9.
- LANE, C.J., REED, D.D., MROZ, G.D. et LIECHTY, H.O. (1993) Width of sugar maple (*Acer saccharum*) tree rings as affected by climate, *Can. J. For. Res.*, vol. 23, p. 2370-2375.
- LEMIEUX, N. (2006) L'érablière et les changements climatiques, sur le site Web du Ministère de l'Alimentation des Pêcheries et de l'Agriculture du Québec, <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/2006aout/changementsclimatiques.htm>. Consulté le 22 janvier 2007.
- MAPAQ (2006) Évolution de l'industrie acéricole - 1990 à 2005, Direction des études économiques et d'appui aux filières, <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/F77DC5873B32478CBC2CC90F78B3BE04/0/evolutiondelindustrieacericole19902005.pdf>. 1 p., Consulté le 29 janvier 2007.

- MARVIN, J.W. et ERICKSON, R.O. (1956) A statistical evaluation of some of the factors responsible for the flow of sap from sugar maple. *Plant Physiol.*, vol. 31, p. 57-61.
- MRN (2007a) Écosystèmes forestiers du Canada: Verglas, Service canadien des forêts, http://ecosys.cfl.scf.rncan.gc.ca/disturb/glazeice_f.asp. Consulté le 6 avril 2007.
- MRN (2007b) Écosystèmes forestiers du Canada: Chablis, Service canadien des forêts, http://ecosys.cfl.scf.rncan.gc.ca/disturb/windfall_f.asp. Consulté le 6 avril 2007.
- MRN (2007c) Écosystèmes forestiers du Canada: Feux, Service canadien des forêts, http://ecosys.cfl.scf.rncan.gc.ca/disturb/fire_f.asp. Consulté le 6 avril 2007.
- MRN (2003) Érable (*Acer spp.*), <http://www.cfl.scf.rncan.gc.ca/imfec-idecf/arbreshotes/feuillus/erable.html&h=128&w=200&sz=10&hl=fr&start=3&tbnid=aYeDP4MwZzQNvM:&tbnh=67&tbnw=104&prev=/images%3Fq%3Dr%25C3%25A9partition%2B%25C3%25A9able%2B%25C3%25A0%2Bsucre%26svnum%3D10%26hl%3Dfr>. Consulté le 22 février 2007.
- MRN et MAPAQ (2000) Contribution du territoire public québécoise au développement de l'acériculture, Rapport du comité MRN-MAPAQ sur l'acériculture, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/acericulture00-04-28.pdf>. 91 p., Consulté le 19 avril 2007.
- MRNFP (2004) Exploitation acéricole des érablières du domaine de l'état : Guide de bonnes pratiques environnementales, Gouvernement du Québec, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/amenagement/erablieres-2004.pdf>. 50 p., Consulté le 18 avril 2007.
- MENZEL, A. et FABIAN, P. (1999) Growing season extended in Europe, *Scientific correspondence, Nature*, vol. 397 (6721), 25 février, p. 659.
- MRN (2000) Présentation d'un schéma de connaissances, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/echo-foret/avril2000/schema.htm>. Consulté le 26 mars 2007.
- NORBY, R.J., HARTZ-RUBIN, J.S. et VERBRUGGE, M.J. (2003) Phenological responses in maple to experimental atmospheric warming and CO₂ enrichment, *Global Change Biology*, vol. 9, no. 12, p. 1792-1802.
- OURANOS (2006) Homogénéisation des séries de températures et analyse de la variabilité spatio-temporelle de ces séries au Québec méridional, Rapport no 4 : Homogénéisation des séries de températures du Québec méridional et analyse de l'évolution du climat à l'aide d'indicateurs, http://www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/Rapport_final_MDDEP_Ouranos_projet7%201%20.pdf. 40 p., Consulté le 14 février 2007.
- OURANOS (2004) S'adapter aux changements climatiques, <http://www.ouranos.ca/cc/changclim9.pdf>. 83 p., Consulté le 29 janvier 2007.

- OURANOS et MRN (2005) Actes du colloque - Changements climatiques et foresterie : impacts et adaptation, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Houle-Daniel/actes-colloque-chang-climat-for-8-12.pdf>. 46 p., Consulté le 24 janvier 2007.
- PLAMONDON, A.P. (1977) Analyse préliminaire de quelques facteurs écologiques influençant la production de la sève de l'*Acer saccharum*, *Naturaliste can.*, vol. 104, p. 127-134.
- PLAMONDON A.P. et BERNIER P.Y. (1980) Modélisation de la coulée de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) à partir d'éléments météorologiques, *Can. J. For. Res.*, vol. 10, p. 152-157.
- POTHIER, D. (1995) Effets des coupes d'éclaircie et des variations climatiques interannuelles sur la production et la teneur en sucre de la sève d'une érablière, *Can. J. For. Res.*, vol. 25, no. 11, p. 1815-1820.
- PRASAD, A.M. et IVERSON, L.R. (2002) A climate change atlas for 80 forest tree species of the eastern United States, USDA Forest Service, <http://www.fs.fed.us/ne/delaware/atlas/index.html>. Consulté le 27 mars 2007.
- PROULX, C. (2007) Circulation chez les végétaux, <http://www.colvir.net/prof/chantal.proulx/702/chapitre1.htm>. Consulté le 5 avril 2007.
- QUÉBEC et CANADA (1995) L'érable à sucre : caractéristiques, écologie et aménagement, 394 p.
- RAULIER, F. et BERNIER, P.Y. (2000) Predicting the data of leaf emergence for sugar maple across its native range, *Can. J. For. Res.*, vol. 30, no. 9, p. 1429-1435.
- RICHARDSON, A.D., BAILEY, A.S., DENNY, E.G., WAYNE, M. et KEEFE, J. (2006) Phenology of a northern hardwood forest canopy, *Global Change Biology*, vol. 12, no. 7, p. 1174-1189.
- ROY, G. (1998) Rôle des facteurs climatiques dans le mécanisme du dépérissement des érablières appalachiennes, Thèse (Ph. D.), Sherbrooke, Université de Sherbrooke, faculté des sciences, 426 p.
- ROY, G. (1997) Aménagement forestier et la coulée de la sève, Colloque régional sur l'érable à Granby, <http://www.agrireseau.qc.ca/erable/Documents/acer42.pdf>. 3 p., Consulté le 19 janvier 2007.
- RUSTARD, L.E., CAMPBELL, J.L., MARION, GM., NORBY, R.J., MITCHELL, M.J., HARTLEY, A.E., CORNELISSEN, J.H.C. et GUREVITCH, J. (2001) A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming, *Oecologia*, vol. 126, no. 4, p. 543-562.
- SAUTER, J.J., ITEN, W. et ZIMMERMANN, M.H. (1973) Studies on the release of sugar into the vessels of sugar maple (*Acer saccharum*), *Can. J. Bot.*, vol. 51, no.1, p. 1-8.

- SAXE, H., CANNELL, M.G.R., JOHNSEN, O., RYAN, M.G. et VOURLITIS, G. (2001) Tree and forest functioning in response to global warming, *Transley review* no. 123, *New Phytologist*, vol. 149, no. 3, p. 369-400.
- SCHWARTZ, M.D. et REITER, B.E. (2000) Changes in North American spring, *International Journal of Climatology*, vol. 20, no. 8, p. 929-932.
- SHAVER, G.R., CANADELL, J., CHAPIN, F.S., GUREVITCH, J., HARTE, J., HENRY, G., INESON, P., JONASSON, S., MELILLO, J., PITELKA, L. et RUSTAD, L. (2000) Global warming and terrestrial ecosystems: a conceptual framework for analysis, *BioScience*, vol. 50, no. 10, p. 871-882.
- SIROPCOOL.COM (s.d.) La production du sirop d'érable: Fiche no1 Le phénomène de la coulée, <http://www.siropcool.com/professeurs/fr/production.html>. Consulté le 20 mars 2007.
- SOUSOUNIS, P.J. et GROVER, E.K. (2002) Potential future weather patterns over the great lakes region, *J. Great Lakes Res.*, vol. 28, no. 4, p. 496-520.
- THIBAUT, J-R. (2004) Physiologie de la coulée, <http://sylva.sbf.ulaval.ca/foret/acer>. Consulté le 8 février 2007.
- TURGEON, L. (s.d.) Le Québec, pays de l'érable et de la canne à sucre, <http://www.philagora.net/fete/du-sucre.htm>. Consulté le 14 février 2007.
- TYREE, M.T. (1983) Maple sap uptake, exudation, and pressure changes correlated with freezing exotherms and endotherms, *Plant Physiol.*, vol. 73, p. 277-285.
- VAN DER MAAREL, E. (2005) *Vegetation ecology*, UK, Blackwell Publishing, 395 p.
- WAN, S., NORBY, R.J., PREGITZER, K.S., LEDFORD, J. et O'NEIL, E.G. (2004) CO₂ enrichment and warming of the atmosphere enhance both productivity and mortality of maple tree fine roots, *New Phytologist*, vol. 162, no. 2, p. 437-446.
- WIELGOLASKI, F.E. (2001) Phenological modifications in plants by various edaphic factors, *Int. J. Biometeorol.*, vol. 45, no. 4, p. 196-202.
- WITHNEY, G.G. et UPMEYER, M.M. (2004) Sweet trees, sour circumstances: the long search for sustainability in the North American maple products industry, *Forest Ecology and Management*, vol. 200, p. 313-333.

ANNEXE 1

Questionnaire du sondage maison réalisé auprès de 63 producteurs acéricoles

RENSEIGNEMENTS EXPLOITATION :

Région administrative du Québec :

Nombre d'années d'exploitation de l'érable :

Nombre d'entailles à la dernière récolte (printemps 2006) :

1. De quelle nature sont les revenus générés par votre exploitation acéricole?

2. La production de sirop d'érables et autres produits de l'érable est-elle une tradition familiale qui se transmet de génération en génération?

Si oui, depuis combien de générations?

3. Advenant une baisse dans les rendements et/ou dans la rentabilité de votre exploitation, continueriez-vous tout de même l'exploitation de votre érable ?

4. Quel est le mode de récolte d'eau d'érable de votre exploitation?

5. Quel est le combustible que vous utilisez pour faire bouillir l'eau récoltée?

6. Quel est la principale voie de mise en marché du sirop d'érable généré par votre exploitation?

7. Êtes-vous au courant du phénomène des changements climatiques?

8. Si oui, êtes-vous au courant des impacts potentiels des changements climatiques sur la production d'eau d'érable et la santé générale des érablières du Québec?

Nommez les impacts potentiels qui vous inquiètent particulièrement :

9. Est-ce que le phénomène des changements climatiques vous inquiète en ce qui a trait à la rentabilité à long terme de votre exploitation acéricole?

10. Quel(s) facteur(s), autres que les changements du climat, pourrait (aient) selon vous menacer la productivité et/ou la rentabilité de votre exploitation à long terme?

11. En considérant votre expérience depuis le début de l'exploitation de votre érablière, remplir le tableau suivant en fonction de vos propres impressions et de vos observations personnelles sur les différents aspects liés à la production de votre exploitation.

Aspect de la production	Augmentation	Diminution	Aucun changement	Changement du à des modifications apportées aux techniques d'exploitation
Volume d'eau récolté	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rendement par entaille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualité de l'eau récoltée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualité du sirop produit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nombre de jours de coulée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Date de la première coulée printanière	Plus tôt <input type="checkbox"/>	Plus tard <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mortalité et/ou dépérissement des érables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Autres observations :

Commentaires :

Merci!!!

Renvoyez à : rondeau_audrey@hotmail.com

ANNEXE 2 :

Document d'informations sur l'utilisation du réfractomètre en acériculture

Source : Tiré de Boily (2006)

<http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Refrabab.doc>

Acériculture

Le réfractomètre, cet incompris

Alain Boily, agronome

Conseiller régional en acériculture

Le réfractomètre est un instrument qui utilise certains principes optiques pour estimer la concentration d'une solution. Il est primordial de bien savoir s'en servir et d'être vigilant pour pouvoir en obtenir des informations précises, car même le meilleur appareil au monde ne peut compenser une utilisation insouciante. Ainsi, il est important de vérifier périodiquement l'étalonnage de cet appareil et d'appliquer les consignes simples d'opération.

Chaque substance dissoute dans l'eau ou le sirop influence le déplacement de la lumière dans un certain volume de solution. En effet, chaque substance provoque un déplacement du parcours lumineux par rapport au parcours de l'eau pure. Le rapport entre ces deux directions est défini comme l'indice de réfraction de la substance dissoute. Plus la concentration d'une substance est élevée, plus la réfraction de la lumière est importante. Par conséquent, la mesure de l'indice de réfraction peut facilement devenir une mesure indirecte de la concentration de la substance dissoute.

Dans l'industrie acéricole, on utilise le réfractomètre pour des solutions composites (eau d'érable, concentré, sirop), c'est-à-dire composées de plusieurs produits en solution. Par exemple, l'eau d'érable contient différents produits dont des sucres (saccharose, glucose, fructose), des acides organiques (malique, fumarique, gluconique, etc.), des minéraux (calcium, potassium, phosphore, etc.) et d'autres composés organiques provenant des micro-organismes ou constituant ceux-ci. Selon sa concentration, chacune de ces substances a sa propre influence sur le parcours lumineux. L'indice de réfraction de l'eau d'érable est, en quelque sorte, la somme de l'effet de chaque constituant présent dans l'eau d'érable.

Le degré Brix d'une eau d'érable, lu au moyen d'un réfractomètre, n'indique pas strictement la teneur en sucre de l'eau d'érable. Il s'agit d'une approximation qui est d'autant plus juste lorsque cette eau d'érable ne contient presque pas d'éléments dissous autres que le sucre. Plus cette eau est minéralisée, plus elle contient de métabolites d'origine bactérienne et plus l'écart entre le véritable pourcentage de sucre et la mesure (degré Brix) risque de devenir appréciable. L'échelle «degré Brix» a été développée pour comparer plus facilement l'indice de réfraction d'une grande variété de solutions. Cette échelle utilise une solution pure de saccharose comme solution de référence. Un degré Brix représente 1% en poids de saccharose dans la solution.

Le choix de l'échelle de graduation du réfractomètre est fait en fonction de la concentration en sucre des solutions que l'on veut mesurer. Compte tenu de l'utilisation particulière à laquelle est destiné le réfractomètre (eau d'érable, concentré ou sirop), la lecture doit être dans la zone de l'échelle ayant la plus haute précision, soit dans la portion centrale de l'échelle. Cette zone se situe entre le 1/4 inférieur de l'échelle et le 3/4 supérieur de l'échelle. Ainsi, pour une échelle de 0 à 20 degrés Brix, la zone de lecture la plus précise se situe entre 5 et 15 degrés Brix. Un réfractomètre ayant une échelle de 0 à 20 degrés Brix convient pour l'eau d'érable, qui se situe habituellement entre 2 et 4 degrés Brix, et pour le concentré d'eau d'érable, qui se retrouve souvent entre 6 et 11 degrés Brix.

L'appareil doit posséder un ajustement oculaire pour faciliter la lecture de l'échelle, laquelle devrait présenter une graduation minimale au 0,5 degré Brix, bien espacée (1/16 à 1/8 de pouce). Le réfractomètre est un appareil optique de précision. Par conséquent, on devrait retrouver dans son emballage, lors de l'achat, les spécifications du fabricant: certificat d'étalonnage, manuel d'utilisation et d'entretien, mise en garde, table de correction de température, etc.

VÉRIFICATION DE L'ÉTALONNAGE

La vérification périodique de l'étalonnage doit être réalisée. Pour ce faire, certains appareils sont vendus avec une trousse d'étalonnage constituée de solutions de référence ou encore de prismes de verre de précision. Il arrive souvent que des réfractomètres soient vendus sans fiche individuelle d'étalonnage et sans trousse d'étalonnage complète (solutions de référence et procédure de vérification). Dans ce cas, nous vous proposons la procédure d'étalonnage suivante:

Les réfractomètres à eau d'érable et concentrés ont une échelle débutant à zéro (par exemple, l'échelle peut aller de 0 à 20 degrés Brix et plus). Utiliser de l'eau distillée. La lecture au réfractomètre doit être égale à zéro; sinon, ajuster à zéro selon les spécifications du fabricant avec la vis d'ajustement.

Dans le cas d'un réfractomètre dont l'échelle débute **au-dessus de zéro**, ce qui est souvent le cas des réfractomètres à sirop, dont l'échelle est de 40 à 80 degrés Brix, il faut recourir à une solution de référence vendue par un fabricant ou un distributeur d'équipements acéricoles. Cette solution de référence est à base d'huile et possède un indice de réfraction de 66 degrés Brix, permettant une lecture dans la zone de plus haute précision de l'appareil, soit entre 50 et 70 degrés Brix.

À défaut d'acheter une solution de référence, on peut la préparer soi-même, quoique la procédure de fabrication demande beaucoup de précision pour obtenir une solution de saccharose à la concentration désirée qui est de 66 degrés Brix. Le matériel requis comprend une plaque chauffante et un agitateur magnétique, qui peuvent aussi être remplacés par un élément de cuisinière et une spatule de

bois, de l'eau distillée, du sucre blanc et une balance de précision permettant de peser au gramme près.

EXEMPLE

En mettant 66 grammes de sucre dans 34 grammes d'eau distillée; cela produit une solution à 66 degrés Brix de sucre à 20 degrés Celsius. Chauffer lentement jusqu'à 60 degrés Celsius en utilisant un couvercle sur le contenant. Lorsque le sucre est complètement solubilisé, laisser refroidir à la température de la pièce (20 degrés Celsius). Garder la solution couverte pendant le refroidissement, afin d'éviter toute perte d'eau par évaporation. Placer la solution de référence dans de petits contenants.

PROCÉDURE POUR L'ÉTALONNAGE

Bien nettoyer le prisme du réfractomètre. La température du réfractomètre et celle de la solution de référence doivent être identiques et se situer à 20 degrés Celsius. Déposer 2 à 3 gouttes de solution de référence sur le prisme du réfractomètre à l'aide d'un cure-dent ou une pipette. Refermer l'appareil et attendre environ 30 secondes. Noter le degré Brix et ajuster le réfractomètre, s'il y a lieu, avec la vis d'ajustement. Ensuite, procéder à une nouvelle vérification.

LES ERREURS À ÉVITER

Lors de l'utilisation d'un réfractomètre et de la prise d'échantillons de sirop en vue de l'analyse, les erreurs les plus fréquemment observées sont les suivantes:

- un instrument mal étalonné;
- une acuité visuelle déficiente (graduation trop petite, mauvais angle de visée, etc.);
- un instrument souillé ou mal asséché;
- une eau de nettoyage trop froide ou trop chaude (la température idéale est de 20 degrés Celsius);
- un échantillon de sirop chaud placé dans un contenant non hermétique, durant la période de refroidissement précédant la lecture au réfractomètre;
- un contenant d'échantillonnage mal asséché avant d'y mettre du sirop;
- ne pas avoir agité le contenant d'échantillonnage avant son ouverture (récupération du condensat dans le bouchon);
- un échantillon de sirop trop chaud, trop froid ou mal filtré peut occasionner une lecture imprécise;
- application de l'échantillon de sirop sur le réfractomètre, directement du contenant, sans utilisation d'un cure-dent.

Refrabab.doc

Le 22 mars 2006, 07.02.15

1177mots

ANNEXE 3 :

Document d'informations sur le longicorne asiatique

Source : Tiré de Dagenais et Boily (s.d.)

[http:// www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Le%20longicorne%20asiatique.doc](http://www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Le%20longicorne%20asiatique.doc).

Consulté le 18 avril 2007

Un tueur d'érable : le longicorne asiatique

Le longicorne asiatique (*Anophophora glabripennis*) est un insecte de quarantaine au Canada. Il y a été découvert pour la première fois, en septembre dernier dans la région de Toronto, mais avait précédemment été découvert à New-York en 1996 et à Chicago en 1998. Cet insecte a une importance capitale sur l'avenir de l'acériculture au Canada et au Québec, puisqu'il se nourrit d'arbres feuillus sains et particulièrement de l'érable à sucre.

Origine et situation

Avec la multiplication des échanges internationaux, on voit augmenter les risques d'introduction de ravageurs dans nos cultures et nos forêts. Le longicorne asiatique a été introduit par le bois d'emballage et d'arrimage de marchandise en provenance d'Asie. C'est un insecte originaire de Chine et de Corée. C'est un résidant de Woodbridge, en banlieue de Toronto, qui a alerté l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA). C'est dans une zone industrielle de la métropole ontarienne que plusieurs arbres infestés ont été dépistés sur une superficie de 6 kilomètres carrés. À force de repérage, l'ACIA a également découvert la présence de l'insecte dans des quartiers résidentiels en périphérie de la zone fortement touchée.

Cet insecte a une apparence plutôt inoffensive, il n'en constitue pas moins une grave menace pour nos érablières. Mangeur et perceur de bois redoutable, le longicorne asiatique est capable de tuer un arbre en le trouant de la cime à la base de l'arbre en 2 ou 3 ans.

Description

Le longicorne adulte a un corps de 20 à 35 mm (1 pouce) tacheté d'une vingtaine de points blancs sur les élytres. Ses antennes sont très longues, composées de 11 articles noirs, chacun ayant à sa base un anneau bleu blanchâtre. Ses pattes sont noires et bleues. La largeur de son corps est de 7 à 12 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pouce). Ses œufs, placés dans des entailles sur l'écorce de l'arbre, sont de couleur blanchâtre et mesurent de 5 à 7 mm ($\frac{1}{4}$ pouce) de long. Ses larves sont de couleur jaune pâle; leur tête est brune et elles n'ont pas de pattes. Elles mesurent 50 mm (2 pouces) de long. La pupe est blanchâtre; sa longueur varie de 30 à 33 mm ($1\frac{1}{4}$ pouce).

Cycle de vie

Cet insecte a habituellement une génération par année. Parfois, il prendra 2 ans pour compléter son cycle. Les adultes sortent des arbres par des trous de 9 à 11 mm ($\frac{1}{2}$ pouce), de mai à novembre, avec un sommet en juillet. Les femelles pondent en moyenne 35 œufs, placés chacun dans des encoches qu'elles font avec leurs pièces buccales dans l'écorce de l'arbre. De l'œuf émerge une larve, d'abord placée entre l'écorce et l'arbre, puis qui forme des galeries dans le tronc, les branches et les racines en surface du sol. Ces galeries

empêchent la circulation de la sève, stressent l'arbre et permettent l'entrée chez lui d'autres organismes nuisibles.

Hôtes

La plupart des feuillus servent d'hôtes au longicorne asiatique. Les érables, les peupliers, les ormes, les saules, les frênes et les pommiers en sont quelques exemples. Les dégâts qu'il provoque sont dramatiques dans la mesure où il s'attaque sans discernement aux arbres sains, jeunes, vieux, stressé ou nouvellement abattus et de toutes dimensions. On ne le retrouve pas sur des arbres morts ou du bois sans écorce. Il tend à rester sur son hôte aussi longtemps que celui-ci est vivant. Sa dispersion est de 300 mètres (1000 pieds) par année, et elle atteint parfois 1200 mètres (4000 pieds). L'insecte préfère les arbres isolés ou en bordure d'un boisé.

Symptômes et signes d'infestation

Les adultes se nourrissent du feuillage et de l'écorce de l'arbre, en préférant les jeunes pousses qui se dessèchent et meurent. La ponte s'effectue surtout en août, dans des encoches de 10 mm (½ pouce) de longueur sur l'écorce d'où s'écoulera de la sève.

Les larves font des galeries dans le bois et produisent de la sciure qu'on observe à la base des arbres ou à la jonction des branches et du tronc. Les adultes émergent surtout en juillet, par des trous circulaires et un peu plus petits que la grosseur d'un dix sous (10 mm) sur le tronc, les branches et racines exposées.

D'ailleurs, certaines personnes qui ont aperçus des trous ont d'abord cru à des actes de vandalisme commis à la perceuse, tant les trous étaient impeccablement ronds!

Prévention et moyen de lutte

Depuis sa découverte, l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments et divers partenaires ont mis en place des mesures pour limiter sa propagation et pour éradiquer la population établie dans cette région. Certaines des mesures prises sont le dépistage des arbres atteints pour délimiter une zone d'infestation, la sensibilisation du public et des intervenants du milieu forestier et l'abattage des arbres. L'abattage des arbres situés dans la zone infestée a débuté récemment et le bois est transformé en copeaux. Dans le passé, l'ACIA avait mis en place des directives afin de prévenir l'introduction du longicorne asiatique au Canada en établissant, par exemple, des mesures de contrôle du bois de palette et du bois d'arrimage à l'importation. Il est très important que le public soit sensibilisé aux conséquences futures de ce ravageur sur l'ensemble du milieu forestier canadien.

Le longicorne est un danger potentiel pour nos forêts. Il est important que chacun participe à son dépistage, pour une éradication plus efficace si jamais on l'observe chez nous. L'Agence canadienne d'inspection des aliments demande de signaler à son personnel de protection des végétaux tous les symptômes qui apparaissent comme ceux du longicorne asiatique.

Pour connaître les plus récents développements, nous vous prions de vous référer au site Internet de l'Agence canadienne d'inspection des aliments à l'adresse suivante :

<http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/for/for/.shtml> ou de contacter votre bureau local de l'ACIA aux numéros suivants :
Secteur de Montréal Est : (514) 493-8859;
Secteur de Saint-Hyacinthe : (450) 773-6639;
Secteur de Québec : (418) 648-7373.

ANNEXE 4

Répartition des superficies d'érablières à potentiel acéricole en fonction des différentes régions du Québec

Source : Modifié de MRN et MAPAQ (2000), p. 5

RÉGIONS	SUPERFICIE (hectares)	POURCENTAGE
Bas Saint-Laurent	19 832	3 %
Capitale Nationale / Chaudières Appalaches	101 380	16 %
Mauricie / Centre-du-Québec	59 309	9,5 %
Estrie	73 272	12 %
Montérégie / Laurentides / Lanaudière	217 746	35 %
Outaouais	124 661	20 %
Abitibi-Témiscamingue	28 788	4,5 %
Gaspésie / îles de la Madeleine	1059	Moins de 0,5 %
TOTAL	626 047	100 %