

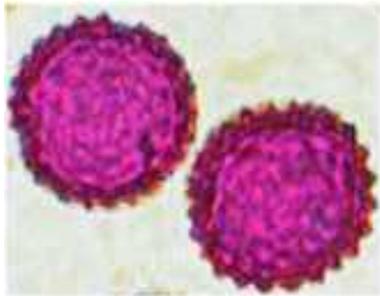
Rapport final

Hausse des concentrations des particules organiques (pollens) causée par le changement climatique et ses conséquences potentielles sur les maladies respiratoires des populations vulnérables en milieu urbain

Numéro projet : A571

Présenté au

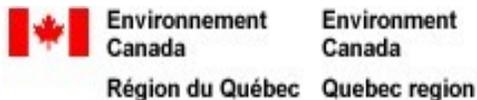
Fonds d'Action au Changement Climatique
Sous-composante Impacts et Adaptation (FACC)
SANTÉ HUMAINE



Par

Michelle Garneau, Marie-Claude Breton, Frédéric Guay,
Isabel Fortier, Marie-France Sottile et Diane Chaumont

Décembre 2006



Numéro de la proposition : A571

Titre du projet : Hausse des concentrations des particules organiques (pollen) causée par le changement climatique et ses conséquences potentielles sur les maladies respiratoires des populations vulnérables en milieu urbain.

Chercheur principal : Dr. Michelle Garneau, Professeur au département de géographie et membre de l'Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, Montréal, H3C 3P8; Tél. 987-3000 poste 1933; garneau.michelle@uqam.ca

Noms et affiliations d'autres chercheurs qui ont été impliqués dans la demande :

- Jennifer Milton et Gérald Vigeant; SMC-Québec (Données météorologiques)
- Louis Drouin et Yvette Bonvalot; Direction de la Santé Publique de Montréal-Centre (Santé environnementale)
- Elaine Barrow / Jeanna Goldstein; respectivement CCIS et SMC-Québec (Scénarios climatiques)
- Yves Baudoin; Département de géographie, UQAM (SIG)
- Abdel Maarouf; SMC-AIRG et université de Toronto (Changements atmosphériques, santé humaine et biodiversité)
- Aerobiology Research Laboratory, Nepean, Ontario (données aéropalynologiques)

Participants à la réalisation au projet :

Chercheurs :

- Isabel Fortier; Direction de la Santé Publique de Montréal-Centre
- Jean-Pierre Blanchet; SCT et ISE, UQÀM

Professionnels :

- Frédéric Guay; UQÀM/Ouranos (SIG)
- Marie-France Sottile; Ouranos (Scénarios climatiques)
- Diane Chaumont; Ouranos (Scénarios climatiques)

Étudiants :

- Marie-Claude Breton (M.Sc.), ISE, UQÀM
- Léa Héguy (M.Sc.), Géographie, UQÀM
- Marie Raphoz (M.Sc.), Géographie, UQÀM
- Yan Coulombe-St-Gelais (M.Sc.), SCT, UQÀM
- Maria Morin (M.Sc.), ISE, UQÀM
- Jessica Banville-Lagacé (B.Sc.), Géographie, UQÀM

Résumé

Le changement climatique est un important problème environnemental. Parmi les enjeux identifiés sur l'environnement québécois, celui de la détérioration de la qualité de l'air par l'augmentation des concentrations polliniques et les problèmes potentiels de santé qui en découlent en milieu urbain a été retenu dans le cadre de ce projet. L'objectif principal de l'étude consiste à reconstituer entre 1994 et 2002, les variations spatio-temporelles liant les paramètres météorologiques, la productivité pollinique et les impacts sanitaires des populations à risque dans les Villes de Montréal et de Québec afin de valider l'hypothèse d'une hausse probable de la concentration pollinique avec le réchauffement climatique et des conséquences sur la santé.

D'une part, la caractérisation du contexte biophysique et socio-économique de Montréal et Québec est réalisée. D'autre part, des analyses descriptives, géographiques et des séries chronologiques de la fréquence des consultations médicales relatives à la rhinite allergique causée par le pollen sont effectuées. Les résultats sont synthétisés à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) permettant l'identification et la représentation spatio-temporelle des liens entre l'environnement biophysique, la productivité pollinique, le contexte socio-économique et la fréquence des allergies dans ces deux régions du Québec.

Sur le plan biophysique et socio-économique, les résultats obtenus présentent d'importantes distinctions entre les régions de Montréal et Québec. La région de Montréal, localisée entièrement dans les Basses-terres du Saint-Laurent, est caractérisée par un paysage de plaine surmonté d'une colline (Mont-Royal) appartenant aux Montérégiennes. La région de Québec est caractérisée par trois provinces géologiques : le Bouclier Canadien, les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Appalaches avec un relief beaucoup plus accentué que celui de la région de Montréal. Pour la série des années couvrant la présente étude, les températures moyennes annuelles de la région de Montréal sont toujours supérieures à celles de la région de Québec. Il en découle que ces deux régions appartiennent à des domaines bioclimatiques distincts : le domaine de l'Érablière à Caryers cordiformes et le domaine de l'Érablière à Tilleul d'Amérique. La superficie du couvert végétal est 17 fois plus importante dans la région de Québec qu'à Montréal. La disparité socio-économique de la région de Québec est inférieure à celle de Montréal avec des variations beaucoup moins importantes selon les unités administratives. La densité de population de la région de Montréal (7 020 hab/km²) est plus que le double de celle de Québec (927 hab/km²).

Les résultats obtenus concernant la fréquence de la rhinite allergique démontrent une augmentation de la fréquence des consultations médicales, des concentrations polliniques et un allongement de la saison de croissance des végétaux au cours de la période étudiée (1994-2002). Les liens entre les concentrations polliniques, les températures maximales et moyennes et les consultations médicales indiquent une relation assez significative entre ces paramètres pendant la saison pollinique. Cependant, en raison du manque de puissance statistique, les analyses d'associations statistiques pour la Ville de Québec ne sont pas réalisées.

Table des matières

Résumé.....	3
Tables des matières.....	4
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	10
Liste des abréviations.....	11
Introduction.....	12
Objectifs de la recherche.....	14
Chapitre 1 : État des connaissances.....	15
1.1 Allergies saisonnières.....	15
1.2 Processus allergènes.....	16
1.3 Causes des maladies respiratoires.....	18
1.4 Relation entre la productivité pollinique et la rhinite allergique.....	19
1.5 Relation entre la productivité pollinique et le changement climatique.....	20
1.6 Relation entre les conditions météorologiques et la productivité pollinique.....	21
1.7 Les répercussions sur l'hospitalisation, la consultation médicale, la médication, l'absentéisme et la perte d'efficacité au travail.....	22
1.8 Coûts reliés à la rhinite allergique.....	23
1.9 Incidence de la rhinite allergique selon l'âge des individus.....	24
1.10 Synthèse des liens existants entre la productivité pollinique, le climat et la rhinite allergique.....	24
Chapitre 2 : Méthodologie.....	25
2.1 Description des données utilisées.....	27
2.1.1 Données épidémiologiques.....	27
2.1.2 Données météorologiques.....	27
2.1.3 Données polliniques.....	28
2.1.4 Données de végétation.....	30
2.1.5 Données socio-économiques.....	30
2.1.6 Limites administratives et occupation du sol.....	30
2.2 Méthodes d'analyses des données.....	31
2.2.1 Analyse des données épidémiologiques.....	31
2.2.2 Analyse des données météorologiques.....	32
2.2.3 Analyse des données polliniques.....	32
2.2.4 Analyse des données de végétation.....	33
2.2.5 Analyse des indicateurs socio-économiques.....	33
2.3 Analyses des associations statistiques.....	35
2.3.1 Association entre les données polliniques et météorologiques.....	35
2.3.2 Corrélation entre les données polliniques et épidémiologiques.....	35
2.4 Scénarios climatiques.....	36
2.4.1 Méthode des « deltas ».....	36

Chapitre 3 : Caractérisation biophysique et socio-économique de Montréal et Québec ...38

3.1	Caractérisation physiographique des régions de Montréal et Québec.....	38
3.1.1	Localisation.....	38
3.1.2	Hydrographie.....	39
3.1.3	Géologie et géomorphologie.....	41
3.1.4	Comparaison physiographique entre les régions de Montréal et Québec.....	44
3.2	Caractérisation bioclimatique des régions de Montréal et Québec.....	45
3.2.1	Domaines bioclimatiques.....	45
3.2.2	Répartition de la végétation.....	46
3.2.3	Localisation du nombre de plants et des sources d'émissions d'herbe à poux.....	48
3.2.4	Comparaison écologique des régions de Montréal et Québec.....	49
3.3	Caractérisation du profil météorologique.....	49
3.3.1	Profil météorologique de la région de Montréal entre 1994 et 2002.....	51
3.3.2	Profil météorologique de la région de Québec entre 1994 et 2002.....	56
3.3.3	Comparaison des paramètres météorologiques entre les régions de Montréal et Québec.....	59
3.4	Caractérisation des profils socio-économiques de Montréal et de Québec.....	60
3.4.1	Population.....	61
3.4.2	Sexe.....	63
3.4.3	Âge.....	63
3.4.4	Revenu moyen par ménage.....	65
3.4.5	Chômage.....	67
3.4.6	Scolarisation.....	68
3.4.7	Corrélation entre le revenu, la scolarisation et le chômage.....	69
3.4.8	Comparaison socio-économique des régions de Montréal et Québec.....	71
3.4.9	Résumé de la caractérisation biophysique et socio-économique des régions de Montréal et Québec.....	74

Chapitre 4 : Caractérisation des allergies respiratoires dues au pollen (rhinite allergique) dans les régions de Montréal et de Québec.....75

4.1	Analyses descriptives des consultations médicales.....	75
4.1.1	Variation temporelle des consultations médicales.....	75
4.1.2	Variation chronologique des consultations médicales selon les mois.....	76
4.1.3	Fréquence des consultations médicales selon le sexe.....	77
4.1.4	Fréquence des consultations médicales selon le l'âge.....	78
4.1.5	Nombre de consultations médicales pour un même individu par année.....	80
4.1.6	Analyses géographiques des consultations médicales.....	81

Chapitre 5 : Présentation des résultats.....83

5.1	Volet 1 : Lien entre la productivité pollinique et le climat.....	83
5.2	Volet 2 : Lien entre la dynamique environnementale et les allergies respiratoires...85	
5.2.1	Variation annuelle et saisonnière des consultations médicales.....	85

5.2.2 Association entre les consultations médicales et les données polliniques.....	88
5.2.3 Association entre la surconsultation et les concentrations polliniques.....	90
5.2.4 Association entre les consultations médicales et le revenu moyen par ménage en fonction des RTA.....	92
5.3 Résultats des scénarios climatiques et projections.....	94
5.3.2 La saison de croissance actuelle et projetée à Montréal selon 3 horizon..	98
5.3.2 La variabilité climatique future à Montréal.....	99
5.3.3 Projections en lien avec les résultats de l'étude.....	101
Discussion.....	102
Conclusion.....	104
Référence.....	105
Annexe A : Format d'enregistrement des données.....	115
Annexe B : Détermination de la concentration de particules.....	116
Annexe C : Mini atlas cartographique des zones d'émissions potentielles de pollens allergènes dans la région de Montréal.....	118
Annexe D : Totales des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, selon le mois, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002.....	128
Annexe E : Patron saisonnier de croissance.....	131
Annexe F : Comparaison de l'évolution des températures minimales par rapport à maximales ..	132

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1	Plant d' <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	15
-------------------	---	----

Chapitre 2

Figure 2.1	Démarche méthodologique de l'étude.....	26
Figure 2.2	Capteur GRIPST-2000.....	29
Figure 2.3	Localisation de la station de captage pollinique de Montréal (Lasalle) et de Québec (arrondissement Ste-Foy-Sillery).....	29
Figure 2.4	Région de référence comportant au moins 4 points de grille de chaque MCG	37

Chapitre 3

Figure 3.1	Localisation géographique des régions de Montréal et Québec.....	38
Figure 3.2	Régions hydrographiques du Fleuve Saint-Laurent.....	39
Figure 3.3	Tronçon fluvial du Fleuve Saint-Laurent.....	39
Figure 3.4	Ensemble hydrographique de tronçon fluvial du Fleuve Saint-Laurent.....	40
Figure 3.5	Estuaire fluvial du Fleuve Saint-Laurent.....	40
Figure 3.6	Rivière Saint-Charles.....	41
Figure 3.7	Provinces géologiques du Québec.....	41
Figure 3.8	Ensemble géologique de la région de Montréal.....	42
Figure 3.9	Les Montérégiennes.....	43
Figure 3.10	Le Mont Royal.....	43
Figure 3.11	Ensemble géologique de la région de Québec.....	44
Figure 3.12	Coupe de la région de Québec.....	44
Figure 3.13	Végétation de la région de Montréal.....	47
Figure 3.14	Végétation de la région de Québec.....	48
Figure 3.15a	Longueur de la saison de croissance entre 1994 et 2002, à Montréal.....	52
Figure 3.15b	Moyenne des températures maximale, minimale et moyenne entre 1994 et 2002, à Montréal durant la saison de croissance.....	52
Figure 3.15c	Moyenne des températures annuelles entre 1994 et 2002, à Montréal.....	53
Figure 3.15d	Moyenne des températures saisonnières entre 1994 et 2002, à Montréal.....	54
Figure 3.16	Image thermique ETM+ 11 août 2001 des arrondissements de la Ville de Montréal en °C.....	55
Figure 3.17	Précipitations annuelles totales entre 1994 et 2002, à Montréal.....	55
Figure 3.18	Précipitations saisonnières totales entre 1994 et 2002, à Montréal.....	56
Figure 3.19a	Longueur de la saison de croissance entre 1994 et 2002 à Québec.....	56
Figure 3.19b	Moyenne des température maximale, minimale et moyenne entre 1994 et 2002 durant la saison de croissance, à Québec.....	57
Figure 3.20	Températures annuelles entre 1994 et 2002, à Québec.....	57
Figure 3.21	Moyenne des températures saisonnières entre 1994 et 2002, à Québec.....	58
Figure 3.22	Précipitations annuelles totales entre 1994 et 2002, à Québec.....	58
Figure 3.23	Précipitations saisonnières totales entre 1994 et 2002, à Québec.....	59
Figure 3.24	Températures moyennes annuelles entre 1994 et 2002, à Montréal et à Québec.....	60
Figure 3.25	Moyenne des précipitations journalières entre 1994 et 2002, à Montréal et à Québec.....	60

Figure 3.26	Ville de Montréal et ses 27 arrondissements.....	61
Figure 3.27	Ville de Québec et ses 8 arrondissements.....	61
Figure 3.28	Répartition de la population totale et densité de la population, Montréal, 2001.....	62
Figure 3.29	Répartition de la population totale et densité de la population, Québec, 2001... ..	62
Figure 3.30	Structure d'âge de la population de Montréal, 2001.....	64
Figure 3.31	Structure d'âge de la population de Québec, 2001.....	65
Figure 3.32	Revenus moyen par ménage de Montréal, 2001.....	66
Figure 3.33	Revenus moyen par ménage de Québec, 2001.....	66
Figure 3.34	Taux de chômage à Montréal, 2001.....	67
Figure 3.35	Taux de chômage à Québec, 2001.....	68
Figure 3.36	Taux d'étude universitaire à Montréal, 2001.....	68
Figure 3.37	Taux d'étude universitaire à Québec, 2001.....	69
Figure 3.38	A. Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage de chômage B. Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage d'étude universitaire complété, Montréal, 2001.....	72
Figure 3.39	A. Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage de chômage B. Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage d'étude universitaire complété, Québec, 2001.....	73
 Chapitre 4		
Figure 4.1	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, à Montréal et Québec, de 1994 à 2002.....	76
Figure 4.2	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du mois, à Montréal et à Québec, de 1994 à 2002.....	77
Figure 4.3	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du sexe, à Montréal, de 1994 à 2002.....	77
Figure 4.4	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction le sexe, à Québec, de 1994 à 2002.....	78
Figure 4.5	Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction l'âge, à Montréal et à Québec, de 1994 à 2002.....	79
Figure 4.6	Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction de l'âge et le sexe à Montréal, de 1994 à 2002.....	79
Figure 4.7	Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction de l'âge et le sexe à Québec, de 1994 à 2002.....	79
Figure 4.8	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du nombre de consultations par individu, à Montréal, de 1994 à 2002.....	80
Figure 4.9	Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du nombre de consultations par individu, à Québec, de 1994 à 2002.....	80
Figure 4.10	Taux moyen de consultations médicales dues au pollen, Montréal de 1994 à 2002 pour 10 000 habitants.....	81
Figure 4.11	Taux moyen de consultations médicales dues au pollen, Québec de 1994 à 2002 pour 10 000 habitants.....	82

Chapitre 5

Figure 5.1	Durée des saisons polliniques de l' <i>Ambrosia</i> spp. à Montréal entre 1994 et 2002.....	84
Figure 5.2	Durée de la saison pollinique des cinq types de végétaux à l'étude, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002.....	89
Figure 5.3	Quantité de pollens enregistrés pour les cinq végétaux à l'étude, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002.....	89
Figure 5.4	Surconsultations médicales relative à la rhinite allergique et la concentration pollinique d' <i>Ambrosia</i> spp., 1994 (sans décalage - 0 jours).....	92
Figure 5.5	Surconsultations médicales relative à la rhinite allergique et la concentration pollinique d' <i>Ambrosia</i> spp., 1994 (décalage – 4 jours).....	92
Figure 5.6	Revenu moyen par ménage selon les RTA de la Ville de Montréal, 2001.....	93
Figure 5.7	Consultations médicales selon les RTA au cours des saisons polliniques d' <i>Ambrosia</i> spp., 1994-2002.....	93
Figure 5.8	Diagrammes de dispersion pour chaque horizon futur de 30 ans, pour 5 MCG et 2 scénarios d'émissions de GES.....	95
Figure 5.9	Projection des précipitations par saison par la méthode des deltas pour les 5 modèles et les 2 scénarios d'émissions.....	96
Figure 5.10	Projection de la température par saison par la méthode des deltas pour les 5 modèles et les 2 scénarios d'émissions.....	97
Figure 5.11	Projection de la longueur de la saison de croissance des végétaux par rapport à la période de référence, pour 3 horizons, région de Montréal.....	98
Figure 5.12	Diagramme des distributions de saisons de croissance, pour 3 périodes.....	100

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 2.1	Sources de données utilisées pour la réalisation du projet.....	27
Tableau 2.2	Description des stations météorologiques.....	28
Tableau 2.3	Modèles de circulation générale utilisés dans l'étude.....	37

Chapitre 3

Tableau 3.1	Influence de certains éléments topographiques sur la définition du climat.....	50
Tableau 3.2	Matrice de corrélation, Montréal (Coefficient de Pearson).....	70
Tableau 3.3	Matrice de corrélation, Québec (Coefficient de Pearson).....	70

Chapitre 5

Tableau 5.1	Corrélation entre la concentration pollinique et la température maximum, moyenne, minimum et la précipitation à Montréal, entre 1994 et 2002.....	84
Tableau 5.2	Rang occupé par les Villes de Montréal et de Québec par rapport aux 100 plus grandes Villes canadiennes, en fonctions des vents.....	87
Tableau 5.3	Relation entre les consultations médicales et le niveau de pollen d' <i>Ambrosia</i> spp..	91
Tableau 5.4	Relation entre les consultations médicales et le niveau de pollen d' <i>Ambrosia</i> spp. ajusté en fonction de la température maximum et de la précipitation.....	91
Tableau 5.5	Relation entre les consultations médicales et le revenu moyen par ménage....	94

Liste des abréviations et des sigles

AAIQ	Association des Allergologues et Immunologues du Québec
AIRG	<i>Adaptation and Impacts Research Group</i>
APC	Association Pulmonaire du Canada
BDIU	Banque de données et d'information urbaine
BDR	Base de données des archives régionales
BDTQ	Base de données topographiques du Québec
CICS	<i>Canadian Institute for Climate Studies</i>
CIM 9	Classification internationale des maladies, 9 ^e version
CLSC	Centre local de services communautaires
CMM	Communauté Métropolitaine de Montréal
CSL	Centre Saint-Laurent
CUM	Communauté Urbaine de Montréal
DSC	Départements de Santé Communautaires
DSP	Direction de Santé Publique
ETM	<i>Enhanced Thematic Mapper</i>
FACC	Fonds d'Action au Changement Climatique
FCCP	Fichier de conversion des codes postaux
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GRS	<i>Geodetic Reference System</i>
GTM	Greenwich Mean Time
HNE	Heure normale de l'Est
INSEEF	Institut National de la Statistique et des Études Économiques en France
IgE	Immunoglobuline E
MENVQ	Ministère de l'Environnement du Québec
MCG	Modèles de circulation générale
MRCC	Modèle régional canadien du climat
MRN	Ministère des Ressources Naturelles du Québec
MTM	Mercator Transverse Modifiée
MTQ	Ministère des Transports du Québec
NAD	<i>North American Datum</i>
NAM	Numéro d'assurance maladie
NMM	Niveau Moyen de la Mers
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PPM	Partie par millions
RAMQ	Régie de l'Assurance Maladie du Québec
RMQA	Regroupement montréalais pour la qualité de l'air
SCOPQ	Système de coordonnées planes du Québec
SDSM	Statistical DownScaling Model
SIG	Système d'information géographique
SMC	Service Météorologique du Canada
SNRC	Système National de Référence Cartographique
SQRC	Système Québécois de Référence Cartographique
RTA	Région de Tri d'Acheminement
USDA	Département d'Agriculture des États-Unis

Introduction

Le changement climatique est devenu, au cours des dernières années, un des plus grands enjeux environnementaux de la planète (Ressources Naturelles Canada, 2002). Les scientifiques s'entendent au niveau international pour affirmer que le climat se réchauffe (Gouvernement du Canada, 2001). Selon le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2001), une élévation de 1,4 à 5,8°C de la température planétaire moyenne de l'air en surface est prévue pour la période 1990-2100. Cette hausse des températures pourrait potentiellement modifier la durée des saisons de croissance et la dynamique écologique des populations végétales actuelles engendrant notamment une hausse des concentrations de pollens dans l'atmosphère.

Parmi les différents enjeux identifiés dans le contexte de l'impact des changements climatiques sur l'environnement québécois celui de la détérioration de la qualité de l'air par l'augmentation des concentrations polliniques et les problèmes de santé (rhinite allergique due aux pollens) qui en découlent chez les populations vulnérables vivant en milieu urbain est étudié.

Selon l'Association Canadienne pour la Santé des Adolescents (ACSA), cet enjeu est prioritaire, du point de vue de la santé publique et mérite d'être étudié étant donné que les maladies respiratoires sont en croissance dans la population des pays industrialisés et que leur impact sur la morbidité et la mortalité est important. Des données québécoises sur la rhinite allergique (inflammation de la muqueuse nasale d'étiologie allergique) ont été colligées dans l'Enquête sociale et de santé réalisée en 1998 (ACSA, 2000). Selon ces données, la rhinite allergique due au pollen, à d'autres substances allergènes ou résultant d'une cause non précisée (Classification internationale des maladies, CIM-9), se situe au 5^e rang de problèmes de santé déclarés par la population (9,4 %). Cette prévalence est en augmentation depuis 1987 où elle se situait à 6 % pour l'ensemble de la population. Ce problème de santé touche surtout les 15 à 24 ans (14,6 % de la population Québécoise) et les 25 à 44 ans (13,6 % de la population Québécoise) ce qui situe ces deux groupes d'âge respectivement au 1^{er} et 2^e rang des maladies déclarées. Ces chiffres démontrent bien l'ampleur d'un important problème de santé malgré le fait qu'il faille en plus tenir compte de la gratuité des soins et de certains changements dans les habitudes diagnostiques pour interpréter pleinement les résultats.

Les résultats d'analyses polliniques effectuées à partir de sédiments holocènes ont permis de reconnaître une hausse de productivité pollinique de plusieurs espèces végétales associées à des conditions climatiques plus chaudes (1-2°C) au cours des derniers millénaires (Kettles *et al.*, 2000; Lavoie et Richard, 2000; Lavoie *et al.*, 1995; Gajewski, 1998, 1987; Garneau, 1998; Richard, 1998). Partant de ces résultats de conditions passées, une modification des assemblages polliniques sous des conditions climatiques modifiées par une augmentation de la concentration de Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère pourrait survenir. En conséquence, il serait probable qu'on assiste au cours des prochaines décennies à une hausse de productivité pollinique stimulée par les conditions climatiques changeantes. Ce phénomène pourrait alors engendrer des conséquences sur la santé des populations vulnérables. Plus récemment, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a aussi émis l'hypothèse que les changements climatiques planétaires pourraient favoriser un climat plus chaud et plus humide augmentant la concentration atmosphérique

de certains pollens ayant comme conséquence possible des affections allergiques telles une hausse de la rhinite allergique et l'asthme (McMichael *et al.*, 2003).

Dans le contexte du changement climatique actuel provoqué par une hausse de la concentration du CO₂ et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, différents facteurs environnementaux sont considérés afin de comprendre l'incidence de leurs actions sur la santé humaine. Ces facteurs sont:

1. l'allongement de la saison de croissance influencée par une hausse de la température moyenne annuelle (Garneau, 2001);
2. la hausse de la productivité pollinique stimulée par une augmentation du CO₂ atmosphérique (effet fertilisant selon Teranishi *et al.*, (2000) et Ziska et Caulfield, (2000)). De plus, le déplacement vers le nord des zones actuelles de végétation pourrait également contribuer à une hausse de la productivité pollinique;
3. la dynamique environnementale (incluant la météorologie, les paramètres biophysiques et le contexte socio-économique) associée à la prévalence de la rhinite allergique (Santé Canada, 2001a et b; Lewis *et al.*, 2000; Regroupement montréalais pour la qualité de l'air, 1998).

Une meilleure compréhension appuyée par une cartographie des facteurs probables de risque pourra permettre aux intervenants de la santé publique ainsi qu'aux décideurs de moduler leurs interventions. Une telle approche permettra le développement d'outils d'aide à la décision favorisant l'adaptation ou la diminution de la vulnérabilité face à ces changements. En effet, l'avancement des connaissances dans ce domaine vise l'adaptation d'une collectivité urbaine durable aux vulnérabilités engendrées par les répercussions du changement climatique dans la vie quotidienne.

Objectifs de la recherche

Parmi les différents enjeux identifiés dans le contexte de l'impact des changements climatiques sur l'environnement québécois (Garneau, 2001), celui de la détérioration de la qualité de l'air par l'augmentation de la concentration des poussières atmosphériques (notamment les pollens) et des problèmes de santé qui en découlent chez les populations vulnérables vivant en milieu urbain a été retenu. Les différentes études énumérées précédemment, ont permis de vérifier l'existence d'un lien réel entre la productivité pollinique et le climat.

L'objectif principal de ce projet est donc de démontrer l'impact du changement climatique actuel sur la qualité de l'air en milieu urbain et d'amorcer l'identification des seuils de vulnérabilités et des répercussions sanitaires qu'il pourra engendrer sur les populations à risque. Plus précisément, les objectifs de ce projet sont de :

1. démontrer clairement les impacts du changement climatique sur la détérioration de la qualité de l'air, notamment par la hausse du contenu en poussières organiques (pollens) dans la région de Montréal et de Québec;
2. lier ces changements avec les différents paramètres environnementaux qui influent sur cette dynamique dans la région de Montréal et de Québec;
3. analyser l'impact des concentrations polliniques sur les maladies respiratoires (rhinite allergique).

Le projet se divise en deux volets:

-Volet 1 : La dynamique spatio-temporelle liant la productivité pollinique et le climat dans la région de Montréal et de Québec et la projection de cette dynamique à partir de l'utilisation de scénarios climatiques pour Montréal.

-Volet 2 : La dynamique environnementale (incluant la météorologie, la végétation, la géographie et le contexte socio-économique) associée à la prévalence des allergies respiratoires dans la région de Montréal et de Québec et la projection de cette dynamique dans un contexte de réchauffement climatique (à partir de l'utilisation des scénarios climatiques).

Le projet a permis d'évaluer la dynamique entre la productivité pollinique, le climat et certains aspects de la santé chez la population de Montréal et de Québec afin que soient définis des seuils de vulnérabilité lors d'épisodes polliniques critiques et ainsi de développer des mesures d'adaptation sous ce contexte de climat changeant.

Chapitre 1 : État des connaissances

1.1 Allergies saisonnières

Il existe trois saisons polliniques au Québec : celle du printemps (pollen des arbres et arbustes : mi-avril à la fin juin), celle du commencement de l'été (pollen des Graminae : mi-mai à la fin juillet) et celle de fin d'été et d'automne (pollen d'*Ambrosia* spp. (herbe à poux): fin juillet à la fin octobre) (Goulet *et al.*, 1996). La période de rhinite allergique saisonnière dans l'est du Canada, se subdivise donc en trois sous-saisons estivales.

La saison de l'herbe à poux (*Ambrosia* spp.) est celle qui, de nos jours, est à l'origine de près de 75 % de causes d'allergies saisonnières. Il existe au Québec trois espèces d'*Ambrosia* spp. Ce sont l'*Ambrosia psilostachya* L., l'*Ambrosia trida* L. et l'*Ambrosia artemisiifolia* L. De ces trois espèces, la distribution de l'*Ambrosia psilostachya* L. est très limitée dans le Québec méridional (Vincent, 1990). Des deux autres, l'*Ambrosia artemisiifolia* L. (figure 1.1) est largement dominante sur l'Île de Montréal (Comtois, 1990).

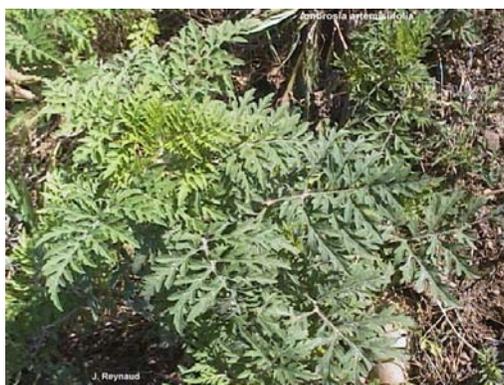


Figure 1.1: Plant d'*Ambrosia artemisiifolia*

Le pollen d'*Ambrosia* spp. est le pollen auquel est associé le plus grand pourcentage de symptômes. Les manifestations associées à ce pollen représentent en effet 75 % de tous les symptômes des allergies saisonnières (Goulet *et al.*, 1996) et affecte près de 10 % des citoyens (Regroupement montréalais pour la qualité de l'air (RMQA), 1998). Le pollen d'*Ambrosia* spp. compte pour 8 à 30 % du total de pollen recueilli annuellement. Pendant sa période de pollinisation, il compte en moyenne pour 75 % (et jusqu'à 89 %) du total pollinique quotidien et 96 % de ce pollen est reconnu comme étant allergène (Comtois, 1995). C'est donc pour cette raison que les analyses statistiques réalisées dans cette étude ont été plus approfondies avec le pollen d'*Ambrosia* spp. plutôt que pour les autres groupes et saisons de pollens.

L'*Ambrosia* spp. (groupant les trois espèces mentionnées précédemment) est une plante annuelle herbacée qui fait partie de la famille des Composées tubuliflores et dont la taille varie entre 30 et 180 cm (Guérin, 1993). Son pollen est tricolore, hérissé d'épines et son diamètre moyen est de 25 μm (Laaidi *et al.*, 1997). Il a été démontré que les espèces du genre *Ambrosia* spp. sont allergisantes (Laaidi *et al.*, 1997) et donc que leur pollen est susceptible de provoquer des réactions allergiques chez les individus sensibles.

L'*Ambrosia* spp. est une plante thermophile, héliophile et elle est souvent la première à s'installer dans les milieux fraîchement perturbés. Elle concurrence très mal avec d'autres espèces herba-

cées telles que le Trèfle (*Trifolium* spp.) et les Graminae fourragères (Campagna, 1945). En conséquence, elle est généralement délogée lorsque le couvert végétal se diversifie. La densité de l'occupation de l'*Ambrosia* spp. sur les terrains vacants peut atteindre 70 % (Vincent et Bergeron, 1985). Ces secteurs sont surtout reliés à des activités industrielles, routières et ferroviaires (Collins, 1990).

Dans le sud du Québec, la saison de croissance de l'*Ambrosia* spp. s'étend de la mi-mai jusqu'au premier gel automnal. Les plants germent à partir de la mi-mai et la progression de la germination est fonction de la température, avec un optimum entre 20 et 25°C et une germination maximale à 30°C (Comtois, 1995). Selon l'habitat et l'exposition (de préférence plein soleil avec un substrat très bien drainé), la plante demeure petite ou croît de façon importante (jusqu'à 180 cm environ). Elle arrive généralement à maturité vers la mi-août, période correspondant à l'épanouissement des fleurs mâles (Vincent, 1990). La maturation des organes reproducteurs s'effectue de la fin juillet à fin septembre. Les épis des fleurs mâles sont visibles au sommet de la plante, et les fleurs femelles demeurent discrètes à l'aisselle des feuilles.

De la fin juillet à la fin septembre, se produit la libération du pollen (anthèse). La période correspondant à l'anthèse dure en moyenne six semaines et sa date d'initiation varie d'une année à l'autre en fonction de la température saisonnière (Solomon, 1984). L'*Ambrosia* spp. est une plante anémophile (la pollinisation est assurée par le vent) pouvant produire plusieurs millions de grains de pollen très légers avec une grande capacité de transport sur de longues distances (Solomon, 1984). Toutefois, la distance à laquelle le pollen est aéroporté est déterminée par la dimension de la source. Un faible pourcentage de la concentration émise est retrouvé à plus de 50 m de la source. Les concentrations extra-locales se rencontrent à une distance moyenne de 4 fois le diamètre de la source (Raynor et Haynes, 1970).

En septembre, la plante commence à produire ses graines. Un plant d'*Ambrosia* spp. peut produire jusqu'à 3 000 achaines et chaque achaines renferme une seule graine (Vincent, 1990). Ces graines relativement lourdes tombent près du plant mère et assurent la survie de l'espèce au cours des années subséquentes (Aberg, 1989).

Au premier gel automnal les plants d'*Ambrosia* spp. meurent car les individus ont complété leur cycle de vie. Les graines entrent en dormance à partir du premier gel automnal jusqu'à la mi-mai et attendront les conditions propices pour germer. Elles peuvent rester plusieurs années viables et la durée de cette dormance peut même atteindre 40 ans (MENVQ, 2002; Toole et Brown, 1946).

1.2 Processus allergènes

L'air est indispensable à l'être humain. Nous en respirons en moyenne 15 m³ par jour, soit près de 20 kg (à comparer à 2 kg d'eau potable et 1 kg d'aliments divers) (Guérin *et al*, 2003). Cependant, l'appareil respiratoire constitue une voie d'exposition privilégiée pour les aérocontaminants biologiques ou chimiques, qu'il s'agisse de gaz, de particules inertes ou biologiques qui peuvent avoir des effets nocifs se manifestant à court ou à long terme. Parmi ces effets, on compte les conséquences sur la santé des voies respiratoires de la hausse des allergies causées par l'inhalation de pollens.

Les maladies respiratoires d'origine environnementale peuvent être classées selon la durée de l'exposition et le type prédominant d'effets. Il existe deux grandes catégories de maladies respiratoires, les maladies aiguës qui surviennent dans les minutes, heures et jours qui suivent l'exposition, et les maladies chroniques qui surviennent après plusieurs mois et parfois plusieurs années d'exposition. Sont classés, parmi les maladies aiguës, les problèmes respiratoires susceptibles de se présenter de façon ponctuelle et relativement isolée chez un individu. Les effets aigus prédominants sont des quatre types : irritatifs, allergiques, infectieux et toxique. L'inhalation de grains de pollens fait parti des problèmes allergiques aigus. Il a été démontré qu'il existe une relation étroite entre les symptômes de rhinite allergique et la concentration de pollens de l'air (Sears *et al.*, 1989). Ces grains de pollens dont la taille varie entre 50 à 200 μm sont libérés par différents végétaux, qui sont ensuite absorbés par l'être humain et qui sont la cause de la pathologie (Guérin *et al.*, 2003).

Selon le National Pollen Network (2001), il n'y a aucun symptôme particulier qui se manifeste la première fois que le pollen se trouve dans un organisme humain. Le système immunitaire déclenche la production d'anticorps (les immunoglobulines de classe E: IgE) dirigés contre ces allergènes. Des millions d'IgE se répandent dans le sang et vont se fixer sur des cellules nommées mastocytes situées dans les parois des voies respiratoires, du système digestif, dans la peau et dans les tissus conjonctifs. Ce système est prêt à déclencher une réaction lorsque l'allergène se représentera à nouveau. Au deuxième contact, divers symptômes sont ressentis. L'allergène est capté par les anticorps fixés à la surface des mastocytes. Le signal déclenche la synthèse et la libération des médiateurs chimiques. Les manifestations cliniques de ces substances provoquent la démangeaison des yeux, du nez et de la gorge, éternuement, écoulement nasal, œdème et gonflement des tissus.

Le pollen représente 80 % des causes de rhinites allergiques (Aberg, 1989) alors que chez les asthmatiques l'irritation par le pollen vient en second derrière les acariens (Broder *et al.*, 1962, Gergen *et al.*, 1992). Les patients souffrant de rhinite allergique sont plus à risque d'être asthmatique. Les allergies causées par le pollen et leurs processus physiologiques sont des aspects connus dans le domaine médical, cependant il n'existe pas encore de définition de seuils polliniques déclenchant les réactions allergiques.

Pendant l'été, le groupe d'experts de la firme Aerobiology Research Laboratories publie sur le réseau télévisuel canadien de MétéoMédia (Weather Network), les prévisions des niveaux de pollens pour le lendemain. Ces prévisions sont établies en relation avec les prévisions météorologiques. Les niveaux polliniques bas (< 20 grains de pollen/ m^3), moyen (entre 21 à 80 grains de pollen/ m^3) et élevé (> 80 grains de pollen/ m^3) sont déterminés selon les seuils établis par des analyses statistiques mettant en relation les concentrations de pollens et plusieurs facteurs météorologiques (température et précipitation). Vu la complexité d'analyser chaque espèce au sein de chaque groupe pollinique saisonnier (arbres, graminées et herbe à poux), les recherches se poursuivent dans ce domaine (Aerobiology Research Laboratories, 2005).

1.3 Causes des maladies respiratoires

Selon l'Association des Allergologues et Immunologues du Québec (AAIQ), les deux principales causes des maladies respiratoires sont l'hérédité et les facteurs environnementaux. En ce qui

concerne l'hérédité, un enfant ayant un des deux parents atteint d'allergies posséderait entre 30 et 40 % de probabilité de devenir allergique au cours de sa vie. Si les deux parents souffrent d'allergies, ce risque s'élèverait entre 60 et 80 % (Des Roches, 2001).

Une étude réalisée en Angleterre (Higham, 1998) a démontré un lien entre l'avènement d'un orage et une épidémie d'asthme survenue entre les 24 et 25 juin 1994. Les fortes rafales de vent associées à l'orage ont soulevé le pollen et l'ont très largement disséminé. De plus, le phénomène aurait été amplifié par un brusque renforcement du vent à l'heure du pic habituel d'émission du pollen des graminées de type Poaceae soit, en début de soirée. Une importante épidémie d'asthme a alors été déclenchée dans les secteurs touchés par cet orage. Une hausse des appels téléphoniques pour une demande de visite d'un praticien à domicile a suivi de près le passage de l'orage. Higham (1998) mentionne au cours de l'interprétation de ses résultats qu'il resterait à évaluer le rôle éventuel de la pollution atmosphérique susceptible d'abaisser le seuil de déclenchement d'une crise d'asthme ou d'en renforcer la sévérité dans le cadre d'un pareil événement.

Le Centre d'Épidémiologie de Population de la faculté de médecine de l'Université de Bourgogne étudie la synergie entre le pollen et les polluants. Laiidi (2001a) a constaté que les grains de pollens pollués induisent une plus grande libération d'histamine par les mastocytes que les grains non pollués. À la suite de nombreuses études concernant les particules de diesel, il est apparu que ces dernières stimulent la synthèse des IgE et donc facilitent la sensibilisation allergique des sujets prédisposés. La synergie entre le pollen et les polluants pourrait abaisser la concentration pollinique ou le seuil à partir duquel une personne allergique développerait des symptômes d'asthme.

Une autre étude (Lewis *et al.*, 2000) concernant les effets des aéroallergènes, des conditions météorologiques et des polluants atmosphériques extérieurs sur les admissions quotidiennes et la présence aux urgences pour cause d'asthme a été réalisée en Angleterre entre 1994 et 1996. Les aéroallergènes retenus pour cette étude étaient les graminées (Graminae), le bouleau (*Betula* spp.), les basidiospores hyalins, les basidiospores colorées ainsi que les spores des champignons (*Didymelle*, *Alternaria* et *Cladosporium*). Les variables météorologiques considérées étaient les températures maximales et minimales, l'humidité relative, les précipitations, la vitesse et la direction du vent ainsi que les orages. Les résultats démontrent notamment que les graminées et les spores de *Cladosporium* sont des aéroallergènes pour lesquels une augmentation du nombre de grains pendant la saison végétative est associée à une augmentation significative de consultation à l'urgence et d'admission à l'hôpital pour cause d'asthme. Le pollen de graminées par exemple augmente avec la température, diminue lorsqu'il y a un orage et augmente les jours de pluie faible. Les spores de *Cladosporium*, quant à eux, augmentent avec la température et avec un orage. Cependant, il n'y a pas d'interaction significative constatée entre la morbidité, les aéroallergènes et les polluants.

1.4 Relation entre la productivité pollinique et la rhinite allergique

En 2002, une synthèse de l'état des connaissances sur la productivité pollinique et son impact potentiel sur la santé a été réalisée par Jossart *et al.*, 2002. en collaboration avec l'université du Québec à Montréal et le Service Météorologique du Canada – région du Québec. Cette synthèse a permis de réaliser que la fréquence des allergies et des maladies des voies respiratoires causées par le pollen semblent être en croissance dans les pays industrialisés.

Selon Fountain (2002) entre 20 à 30 % de la population des pays développés répondrait immunologiquement à un pollen ou une source inhalée. Aux États-Unis, Donahue *et al.* (1999) ont pu affirmer que la prévalence de la rhinite allergique est estimée à 16 % de la population soit plus du double que celle de l'asthme. Au Québec, la rhinite allergique provoquée par le pollen affecte 8,4 % de l'ensemble de la population (Institut de la statistique du Québec, 2000). Un rapport du RMQA (1998) révélait une augmentation de plus de 40 % de la prévalence des allergies pulmonaires entre les années 1978 et 1991. Une étude portant sur la prévalence et la gravité des symptômes d'allergies respiratoires chez les résidents de l'Île de Montréal, réalisée par la Direction de la Santé Publique (DSP) de Montréal-Centre (Goulet *et al.*, 1996), indiquait qu'à cette époque, un ménage sur trois abritait au moins une personne souffrant d'allergies et que le nombre moyen de personnes allergiques par ménage était de 1,4. Le nombre de Montréalais susceptibles de souffrir d'allergies avait été estimé, à ce moment à 336 000 personnes, soit 19,2 % de la population montréalaise.

La relation entre les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et leur impact sur l'incidence et la prévalence de la rhinite allergique a déjà été étudiée (Cashel *et al.*, 2004; Cakmark *et al.*, 2002; Kadocsa *et al.*, 1991; Lévesque *et al.*, 2003). Ces études démontrent clairement la relation étroite entre les symptômes de rhinite allergique et la concentration de pollen d'*Ambrosia* spp. Cashel *et al.*, (2004) ont étudié le lien entre les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et les symptômes de rhinite allergique à Tulsa en Oklahoma, entre le 1^{er} septembre et le 31 octobre 2000. Les mois analysés correspondent à la période où le pollen de l'*Ambrosia* spp. est prédominant avec une concentration élevée. Vingt-quatre individus ont participé à l'étude. Ces individus devaient remplir un questionnaire à chaque jour, décrire leurs symptômes ainsi que les médicaments consommés. Les résultats ont fait ressortir une association statistiquement significative entre les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et les symptômes de rhinite allergique ($r = 0,513$, $p < 0,001$).

Cakmark *et al.* (2002) ont analysé les liens entre les visites à l'urgence pour conjonctivite et rhinite allergique et les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et de spores de basidiomycètes entre 1993 et 1997 en Ontario. Les résultats montrent qu'avec une augmentation de plus de 550 spores de basidiomycètes et de 70 grains de pollens/m³ d'*Ambrosia* spp., nous assistons à une hausse de 10 % des visites à l'urgence ($p < 0,01$). Ces résultats suggèrent donc que la conjonctivite et la rhinite allergique peuvent être influencées par la présence de pollens et de spores dans l'air ambiant.

Kadocsa *et al.* (1991) ont réalisé une étude à Szeged, en Hongrie, portant sur les résultats de tests d'allergie de patients souffrant de rhinite allergique pendant la période estivale. Les tests ont été réalisés auprès de 69 patients. Les résultats démontrent, chez les patients souffrant de rhinite allergique, une sensibilité aux pollens de l'*Ambrosia* spp. Parmi ces patients, 83 % d'entre eux réagissaient aux pollens d'*Artemisia* spp. et 33 % aux spores ascomycètes d'*Alternaria* spp.

Dans la région de Québec, Lévesque *et al.* (2003) ont analysé, entre 1994 et 1998, les liens entre les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et le nombre de consultations médicales pour rhinite allergique pour la population totale. Les données cumulées sur une base hebdomadaire ont démontré une association entre les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. et les consultations médicales pour rhinite allergique avec des facteurs de détermination significatifs de

13 % à 14 %. Les résultats suggèrent de plus un temps de latence entre l'exposition aux particules de pollens et les consultations.

1.5 Relation entre la productivité pollinique et le changement climatique

Des études plus spécifiques portant sur la productivité pollinique dans un contexte de changement climatique ont également été réalisées. Une étude effectuée par le Département d'Agriculture des États-Unis (USDA) a permis d'analyser l'influence de l'augmentation du niveau de CO₂ atmosphérique sur la production du pollen de l'*Ambrosia* spp. La méthode utilisée dans cette étude consistait à réaliser, à l'intérieur d'une chambre de croissance, des tests entre la concentration pollinique d'*Ambrosia* spp. et différents niveaux de CO₂ pré-établis (Ziska et Caulfield, 2000). Les niveaux de CO₂ retenus correspondaient aux valeurs des niveaux pré-industriels (280 ppmv), actuels (370 ppmv) et anticipés pour le milieu de 21^{ième} siècle (600 ppmv).

Les résultats de cette étude rapportent que la production de pollen augmente avec l'augmentation de CO₂. Entre 280 ppmv et 370 ppmv, le nombre de fleurs par plants n'a pas changé, mais la production de pollen par fleur a augmenté. Entre 370 ppmv et 600 ppmv la production de pollen par fleur n'a pas augmenté mais le nombre de fleurs a presque doublé sur les plants. Au total, la production de pollen entre le niveau de CO₂ pré-industriel et le niveau actuel a presque doublé et un autre doublement des valeurs est à prévoir entre le niveau de CO₂ actuel et celui prévu pour le milieu du 21^{ième} siècle.

Une étude réalisée en Suisse entre 1969 et 1996 et portant sur les effets du changement climatique sur la saison de croissance et la concentration pollinique du noisetier (*Corylus* spp.), du bouleau et des graminées montre qu'au cours de la période étudiée la température moyenne annuelle est passée de 8,9 à 10°C avec un réchauffement plus prononcé au cours du mois de décembre alors que les quantités de précipitations annuelles n'ont pas changé de façon significative (Frei, 1998). Les résultats de l'étude démontrent une relation entre les paramètres polliniques et météorologiques pour le noisetier : plus l'hiver est chaud, plus le noisetier produit du pollen. Pour le bouleau, le cycle bisannuel tend à annuler l'effet de la température, mais la tendance sur les 28 années recensées montre quand même une augmentation de la concentration. Pour les graminées, les liens semblent avoir été plus difficiles à établir vu que la productivité pollinique serait stimulée par les précipitations mais qu'inversement ces précipitations provoquent une sédimentation des grains au niveau du sol. Pour toutes les espèces, une difficulté bien réelle a été soulevée dans l'étude soit celle de distinguer les apports locaux des apports extra locaux ou régionaux influencés par les mécanismes de transport aériens.

Une autre étude publiée dans la littérature a porté sur l'influence des changements climatiques sur la saison pollinique du cèdre japonais (*Cryptomeria japonica*) entre 1983 et 1998 (Teranishi *et al.*, 2000). Les résultats démontrent une augmentation du nombre de grains de pollen associée à la hausse de la température du mois de juillet précédant la saison de floraison. La pollinisation du cèdre japonais a donc été associée à la température moyenne du mois de juillet de l'année précédente et puisque cette température est à la hausse, la quantité de grains de pollens dénombrés a augmenté au cours de la période de l'étude.

Au Royaume-Uni (Emberlin *et al.*, 2003), des résultats de recherche associant le réchauffement climatique et le rhume des foins ont été présentés. L'étude démontre que le pollen provoque le

rhume des foins (rhinite allergique) et que la saison de pollinisation commence de 5 à 10 jours plus tôt comparativement au 30 dernières années. Selon l'étude publiée par le National Pollen Research Unit, «le nombre de personnes souffrant du rhume des foins a augmenté depuis 1965. À cette époque entre 10 et 12 % de la population du Royaume-Uni était affectée tandis qu'aujourd'hui environ 15 à 25 % de la population est touchée» (National Pollen NetWork, 2001).

1.6 Relation entre les conditions météorologiques et la productivité pollinique

Des études mettant en lien les conditions météorologiques et la productivité pollinique ont aussi été publiées dans la littérature. Une étude réalisée entre les années 1996 et 1998 en Bourgogne en France démontre l'influence des conditions météorologiques sur la productivité pollinique du bouleau en tenant compte des types météorologiques, de la concentration de pollens dans l'air et des symptômes du pollinose (Laaidi, 2001a). Les types météorologiques retenus dans cette étude furent ceux défini par Bénichou (1995). En effet, 15 champs météorologiques (variables qui décrivent l'état physique et dynamique de l'atmosphère dans le temps et l'espace) et 10 types météorologiques (situations météorologiques caractérisées par des critères spécifiques) pour chaque champs ont été identifiés. Les résultats obtenus montrent que certaines conditions météorologiques, même si elles ne favorisent pas la dispersion pollinique, peuvent agir directement sur le développement des symptômes. En effet, une chute de température peut contribuer à rendre la muqueuse nasale plus sensible et provoquer des rhinites allergiques même lorsque le niveau de pollen est très bas.

Une autre étude portant sur la comparaison des comptages polliniques de plusieurs taxons d'arbres et d'espèces herbacées a été effectuée à Dijon en France, au cours des années 1996 et 1997 (Laaidi, 1998). Les résultats démontrent le rôle entre divers paramètres météorologiques et le processus de pollinisation. Ainsi, la productivité pollinique est diminuée ou retardée par le gel, la chute des températures, les précipitations (lorsqu'elles sont supérieures à 5 mm), l'insolation et le rayonnement global faible et ce, même s'il existe des variantes selon les taxons. Il a été possible dans cette étude de reconnaître les paramètres météorologiques ayant une influence sur les concentrations polliniques malgré que des valeurs de seuils soient difficilement attribuables. Il existe en effet des variations d'un taxon à l'autre et de plus, l'émission pollinique pour une même plante varie d'une année à l'autre. Cependant, les résultats de l'étude de Laaidi (1998) démontrent que, de façon générale, les conditions météorologiques favorisant la productivité pollinique sont :

- Peu de précipitations (inférieures à 2 mm). Les précipitations favorisent le dépôt du pollen au niveau du sol (lessivent l'atmosphère) et peuvent aussi fragmenter les grains (Laaidi, 2001a, Lewis *et al.*, 2000);
- Faible humidité relative (inférieure à 70 %). Par contre, selon Laaidi (2001a), une forte humidité relative favorise en revanche le développement des spores et des levures;
- Présence de vent (inférieur à 4 sur l'échelle de Beaufort, i.e. inférieur à 28 km/h). La présence de vent favorise la dispersion pollinique (Waugh *et al.*, 2001);

- Présence de courants de dispersions. La présence de courants de dispersion est privilégiée par certains types de reliefs qui influencent positivement le transport des grains de pollen;
- Durée d'insolation suffisante. Selon Laaidi (1998) une durée d'insolation suffisante a été caractérisée comme «bonne» sans que des valeurs plus précises ne soient mentionnées;
- Courte durée de gel. Laaidi (1998) a constaté une hausse de productivité pollinique lorsque la durée de gel a diminué, passant de 55 jours à 35 jours à Dijon en France;
- Présence d'orages. Higham (1998) a constaté une hausse de la concentration des grains de Poaceae associée à un système orageux. Quarante journées orageuses sur une période de 4 ans on suffi à Lewis *et al.* (2000) pour démontrer une augmentation de spores de *Didymella* et de *Cladosporium* associée à l'avènement d'orages.

De plus, des effets combinés de divers paramètres météorologiques peuvent influencer la concentration pollinique dans l'atmosphère. Par exemple, la concentration pollinique peut augmenter lorsque la température augmente mais diminuer lorsqu'il y a des précipitations. Donc, lors d'une journée chaude et pluvieuse, il est possible que l'effet total sur la concentration de pollen soit en diminution (Jossart, 2002).

1.7 Les répercussions sur l'hospitalisation, la consultation médicale, la médication, l'absentéisme et la perte d'efficacité au travail

Étant donné la forte prévalence de la rhinite allergique, les impacts sur l'hospitalisation, la consultation médicale, la médication, l'absentéisme et la perte d'efficacité au travail sont majeurs. La fréquence des hospitalisations ou des visites à l'urgence pour des maladies cardiorespiratoires, asthme et rhinite allergique est présentement à la hausse au Québec (Symposium sur la Pollution de l'Air et la Santé Publique à Montréal, 2002). L'asthme constitue actuellement un problème majeur de santé publique et on remarque depuis une vingtaine d'années, une augmentation de la prévalence de cette affection dans les pays industrialisés (Guérin. *et al.*, 2003). La morbidité augmente comme en témoignent de plus l'accroissement des taux d'hospitalisation, de l'utilisation des services médicaux et de la consommation de médicaments (Sears, 1997).

Plusieurs études menées en Grande-Bretagne, en Suède, en Finlande, en France, à Taiwan, en Israël, aux États-Unis, en Australie et en Nouvelle-Zélande démontrent que la prévalence de l'asthme et de la rhinite allergique a doublé en 10 ou 15 ans (Weiss, 1996). Par exemple, à Paris, la prévalence de l'asthme chez les jeune adultes âgés en moyenne de 21 ans est passée de 3,3 % en 1968 à 4,4 % en 1982 et à 13,9 % en 1992 (Liard *et al.*, 1995). Cette tendance a également été observée pour la rhinite allergique et l'eczéma dans deux cohortes d'adolescents suivies en Grande-Bretagne (Butland *et al.*, 1997).

Aux États-Unis, les décès provoqués par l'asthme ont presque doublé au cours de la période entre 1978 et 1989 (Arrighi, 1995). Les cas d'hospitalisation d'enfants à la suite d'une crise d'asthme ont augmenté de 4,5 % par année entre 1979 et 1987 et le taux de mortalité imputable à cette affection a augmenté de 31 % au cours de la même période (Gergen *et al.*, 1990).

Au Canada, le nombre de canadiens souffrant d'asthme a plus que doublé en 20 ans et le nombre d'hospitalisations pour l'asthme entre les années 1980 et 1988 a augmenté de 40 % par rapport à la décennie précédente (Praud, 1993). Ces tendances concernent principalement les enfants, les adolescents et les jeunes adultes. L'asthme entraîne chaque année le décès d'environ 20 enfants et 500 adultes (Association Pulmonaire du Canada, 2001a) alors que 75 à 80 % des jeunes canadiens qui souffrent d'asthme souffrent aussi d'autres allergies respiratoires (Association Pulmonaire du Canada, 2001b). Dans les pays industrialisés, il y a donc une tendance générale à l'augmentation du nombre de décès et des hospitalisations dus à l'asthme et à la rhinite allergique. En ce qui a trait à la consultation médicale et à la médication, l'étude de Goulet *et al.* (1996) réalisée à Montréal a démontré que seulement 30 % des individus allergiques ont consulté un professionnel de la santé entre les mois d'août et de septembre de l'année à l'étude, soit en 1995.

D'autres études traitant de l'absentéisme et de la perte d'efficacité au travail ont également été réalisées. Au Canada, l'asthme est responsable du quart de l'absentéisme (APC, 2001a). Selon une étude publiée dans le *Journal of Clinical Epidemiology* de juin 2001 (Blanc *et al.*), plus du tiers des gens souffrant d'allergies mentionnent que la rhinite allergique diminue leur efficacité à travailler. Pour l'Île de Montréal, Goulet *et al.* (1996) ont montré que 10 % des individus ont dû s'absenter du travail ou de l'école à cause des allergies. Ce pourcentage représente donc plus de 10 000 Montréalais qui n'ont pu poursuivre normalement leurs activités professionnelles ou académiques pendant la période de productivité pollinique de 1995. De façon générale, 43,5 % des individus allergiques ont remarqué une baisse d'efficacité dans leurs activités de la vie quotidienne.

1.8 Coûts reliés à la rhinite allergique

Jolicoeur *et al.* (1994) ont réalisé une étude portant sur l'estimation des coûts (coût total annuel minimal) associés aux effets allergènes de l'*Ambrosia* spp. au Québec. Leurs résultats démontrent que le coût total serait estimé à 49 millions \$ en considérant le moindre coût pour chaque élément évalué soit : le coût de consultation médicale, celui du test d'allergie, des injections de vaccins, de la consommation de médicaments et du transport (aller-retour en transport en commun). De plus, les frais suivant n'ont pu être estimés dans le montant total :

- Le nombre de patients suivis depuis plus d'un an chez les allergologues ou spécialistes et traités contre l'herbe à poux, ainsi que les frais associés à leur traitement (consultation annuelle, test d'allergie, vaccins et nombre de visites chez le ou les spécialistes de la santé);
- Les frais associés aux 226 066 malades sur 565 166 québécois allergiques à l'herbe à poux qui ne semblent pas consulter (médicament en vente libre);
- Les frais d'hospitalisation;
- Les frais associés aux consultations, aux traitements et aux médicaments de médecines douces;
- Les frais associés à l'absentéisme au travail.

Cette étude retient l'intérêt car elle présente des résultats concrets d'impacts de la pathologie sur l'économie québécoise.

1.9 Incidence de la rhinite allergique selon l'âge des individus

La rhinite allergique et l'asthme sont des problèmes de santé qui affectent principalement les enfants et les jeunes adultes. Banken *et al.*, (1990) rapportent que l'incidence maximale de la rhinite allergique due à l'herbe à poux dans deux municipalités des Laurentides, se retrouve chez le groupe des 0 à 24 ans, groupe qui inclut 70,2 % de tous les cas. Dans l'enquête effectuée en 1987 par le Ministère de la santé et des services sociaux du Québec, la rhinite allergique affectait 6,1 % de la population du Québec répartie comme suit : 3,3 % des enfants entre 0-14 ans, 10,1 % entre 15-24 ans et 8,4 % des adultes âgés entre 25 et 44 ans (Goulet *et al.*, 1996). Selon Lévesque *et al.* (2003), les consultations pour rhinite allergique se répartissent assez également dans les différents groupes d'âge jusqu'à 49 ans; la catégorie modale (par 5 ans) est le groupe des 15-19 ans, lequel représente 11,3 % de toutes les consultations.

1.10 Synthèse des liens existants entre la productivité pollinique, le climat et la rhinite allergique

La fréquence des allergies et des maladies des voies respiratoires étant en croissance dans les pays industrialisés et le fait que nous vivions à une époque où les conséquences du changement climatique sont de plus en plus évidentes et préoccupantes, il est probable qu'on assiste au cours des prochaines décennies à une hausse de productivité pollinique stimulée par les conditions climatiques changeantes (Garneau, 2001). Le changement climatique provoqué par l'augmentation des GES dans l'atmosphère pourrait donc engendrer des effets sur la santé des voies respiratoires des populations vulnérables (Jossart *et al.*, 2002).

À l'aide d'assemblages polliniques reconstitués à partir de sédiments accumulés au cours de la période Holocène, des épisodes climatiquement plus chauds où les assemblages polliniques différaient des conditions actuelles ont été identifiés (Garneau, 1998; Kettles *et al.*, 2000). Partant de ces résultats de conditions passées, il devient donc probable d'envisager une modification des assemblages polliniques influencée par des modifications climatiques dues à une augmentation de la concentration des GES dans l'atmosphère. Une modification de la productivité pollinique pourrait générer des impacts sur la période et l'intensité des allergies provoquant une accentuation des problèmes respiratoires comme l'asthme, l'emphysème et la bronchite chronique (Projet Jeunes Visionnaires, 2001; Santé Canada, 2001b). Ces problèmes de santé entraîneraient des coûts importants pour la société en terme d'hospitalisation, de consultation médicale, de médication, d'absentéisme et de perte d'efficacité au travail. La préoccupation du système de santé à ce sujet n'en est donc que croissante.

Chapitre 2 : Méthodologie

La présente étude a été effectuée afin d'analyser les données des régions de Montréal et de Québec. Les territoires définis correspondent aux limites des arrondissements du regroupement municipal de 2001. Le projet s'étale sur neuf ans (1994 à 2002) et a pour but de démontrer la variation spatio-temporelle des concentrations polliniques, des paramètres météorologiques et de la fréquence de la rhinite allergique dans les deux régions.

Dans la première partie du projet (volet 1), les impacts du changement climatique sur la détérioration de la qualité de l'air par la hausse du contenu pollinique sont clairement démontré. Le lien entre le pollen et la météorologie est réalisé à partir d'analyses statistiques (la méthode est décrite à section 2.3, page 35).

À partir de la réalisation de ces analyses statistiques et de bases de données déjà existantes, la caractérisation des contextes biophysique et socio-économique ainsi que l'intégration du nombre quotidien de consultations médicales relative aux rhinites allergiques causées par le pollen est effectuée (volet 2). Les résultats sont synthétisés à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) permettant l'identification et la représentation des liens entre la productivité pollinique, le contexte socio-économique et les consultations médicales pour causes de rhinite allergique dans ces deux régions du Québec. L'utilisation d'un SIG permet de représenter les variations spatio-temporelles des consultations médicales au cours de la période d'étude. La superposition des indicateurs socio-économiques, des superficies de couverture végétale, de l'occupation anthropique du sol et du taux des consultations médicales par arrondissement est effectuée. La comparaison entre les Villes de Montréal et de Québec est par la suite réalisée afin de valider les résultats. La démarche méthodologique est schématisée à la figure 2.1.

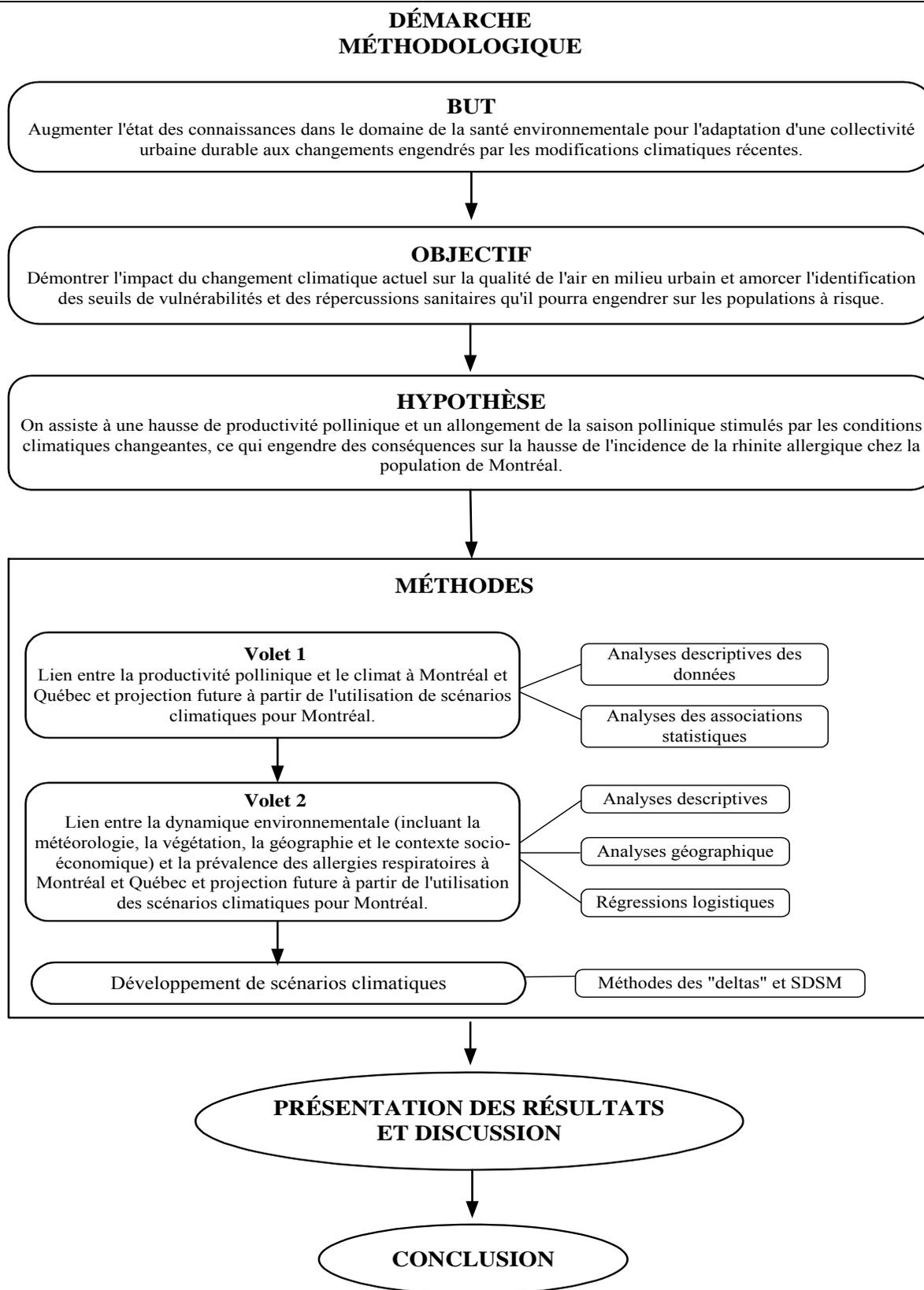


Figure 2.1 : Démarche méthodologique de l'étude

2.1 Description des données utilisées

Les données utilisées pour réaliser les volets 1 et 2 du projet proviennent principalement de cinq sources (tableau 2.1)

Tableau 2.1 : Sources de données utilisées pour la réalisation du projet

Données utilisées	Sources	Dates
Données épidémiologiques	Régie de l'Assurance Maladie du Québec (RAMQ)	1994 à 2002
Données météorologiques	Service Météorologique du Canada (SMC)	1994 à 2002
Données polliniques	Aerobiology Research Laboratories	1994 à 2002
Données physiographiques	Ministère des Ressources Naturelles du Québec (MRN)	2003
Données socio-économiques et limites RTA	Statistiques Canada	2001
Limites d'occupation du sol et limites d'arrondissements	Villes de Montréal et Québec	2001

2.1.1 Données épidémiologiques

Les données épidémiologiques utilisées dans cette étude ont été achetées auprès de la Régie de l'Assurance Maladie du Québec (RAMQ). Elles contiennent le nombre de consultations médicales déclarées à la RAMQ sur les territoires de Montréal et de Québec, entre le 1^{er} janvier 1994 et le 31 décembre 2002, pour cause de rhinite allergique due aux pollens. Le diagnostic correspond au code d'acte 477.0 de la Classification internationale des maladies, 9^e version (CIM 9). La base de données contient également le numéro d'assurance maladie (NAM) brouillé du bénéficiaire, le groupe d'âge, le sexe, le code postal à 6 positions du patient, la date de consultation et le numéro de l'établissement visité.

Les consultations comptabilisées ne concernent que les actions médicales posées par les médecins rémunérés à l'acte ce qui représente la grande majorité des consultations médicales. Lors d'une même consultation, seuls les actes d'examen sont considérés. Les actes diagnostiques, dont les radiographies (un acte par cliché) et les actes thérapeutiques et chirurgicaux (un par médecin impliqué : un chirurgien, anesthésiste, etc...) sont exclus.

2.1.2 Données météorologiques

La base de données météorologique qui est utilisée dans le cadre de ce projet est la Base de données des archives régionales (BDR) qui provient du Service météorologique du Canada d'Environnement Canada (SMC). Les données de la BDR proviennent essentiellement de deux types de programmes d'observations. Le premier comprend les stations météorologiques, gérées conjointement par le SMC et le Ministère de l'environnement du Québec (MENVQ). Ces sta-

tions météorologiques sont des stations manuelles (avec observateurs) où la prise de données se fait deux fois par jour (8h00 et 18h00 HNE). Le second programme d'observation comprend les stations coordonnées par Environnement Canada (stations horaires automatisées ou avec observateurs) dont certaines se situent à des aéroports. Les données constituant la BDR sont archivées à intervalles horaire (pas de temps) (enregistrement de données obtenues sur l'heure) et quotidien (mesures quotidiennes correspondant à une plage de 01h00 à 01h00 pour les stations d'Environnement Canada et de 8h00 à 8h00 HNE pour le réseau météorologique). Les formats d'enregistrements des données sont présentés à l'annexe A.

Pour les renseignements horaires, il y a 24 observations par ligne (une observation par heure). Pour les renseignements quotidiens, il y a un maximum de 31 observations par ligne selon le mois (une observation par jour). Dans le cadre de cette étude, ce sont les données quotidiennes qui ont été utilisées puisqu'elles ont été couplées aux données polliniques qui sont récoltées une fois par jour. Pour la région de Montréal, les données météorologiques utilisées proviennent de la station de Dorval et pour la région de Québec, elles proviennent de la station située à l'aéroport Jean Lesage (tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Description des stations météorologiques

Identification de la station	Localisation	Hauteur	En opération depuis
7025250 Montréal/Dorval Int. A	Latitude 45°28' Longitude 73°45'	36 m	9/1/1941
701S001 Québec	Latitude 46°47' Longitude 71°23'	74 m	9/6/1995
7016294 Québec A	Latitude 46°48' Longitude 71°23'	74 m	3/1/1943

2.1.3 Données polliniques

Les données polliniques pour les années 1994 à 2002 ont été achetées auprès de la compagnie Aerobiology Research Laboratories à Nepean en Ontario. Depuis 1994, cette compagnie fait la collecte et le comptage d'échantillons de pollens et de spores à partir d'échantillonneurs d'impaction de rotation du type «GRIPST-2000» distribués dans différentes Villes du Canada (figure 2.2). L'échantillonneur «GRIPST-2000» a été conçu principalement pour les études portant sur les aéroallergènes. Il est composé d'une enveloppe imperméable à l'eau fabriquée pour résister à tous les types de temps extrêmes. Le poteau de support de la tête de l'échantillonneur est d'une longueur de 3,8 cm et il est ainsi positionné afin de réduire les effets de la turbulence de l'air et optimiser la collecte de pollens et de spores. L'échantillonneur «GRIPST-2000» est muni d'une minuterie de relais réglée à un taux d'échantillonnage de 10 %. La synchronisation des intervalles peut être ajustée. Le contact (*ON-OFF-TEST*) est monté sur l'extérieur de l'échantillonneur pour permettre la facilité d'accès. Les capteurs utilisés par Aerobiology sont placés à environ 2,4 m du sol, à une distance suffisamment grande de tout obstacle afin de prélever les particules provenant de toutes directions (Aerobiology Research Laboratories, 2005).

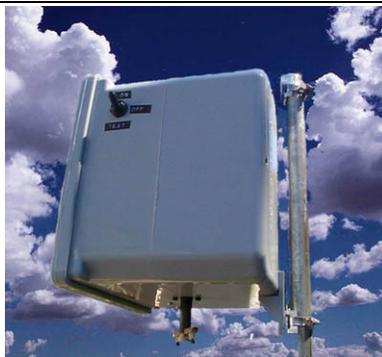


Figure 2.2 : Capteur GRIPST-2000

La station de captage pollinique de la région Montréalaise est située à Lasalle à environ 1 km au nord du fleuve Saint-Laurent et à 9 km au sud de l'aéroport de Dorval (figure 2.3). Les échantillons sont changés quotidiennement entre 7 heures et 8 heures locales, soit à environ 12 GTM (Aerobiology Research Laboratories, 2005). La station de la région de Québec, a plusieurs fois été changée d'emplacement. De 1994 à 1997, la station était située sur le Boulevard Laurier à Sainte-Foy, en 1998 sur le Chemin Sainte-Foy à Québec, entre 1999 et 2001 sur la rue Lavalette à Charlesbourg et de 2002 à 2003 sur la rue Carré de Bon-Accueil, près de l'Université Laval à Sainte-Foy (figure 2.3). La méthode de collecte et d'analyse de données n'a cependant pas changé depuis 1994. Les échantillons sont changés quotidiennement entre 7 heures et 8 heures locales, soit à environ 12 GTM (Aerobiology Research Laboratories, 2005).

Tant à Québec qu'à Montréal, la localisation des stations polliniques et météorologiques présentent un portrait représentatif de l'ensemble de la région.

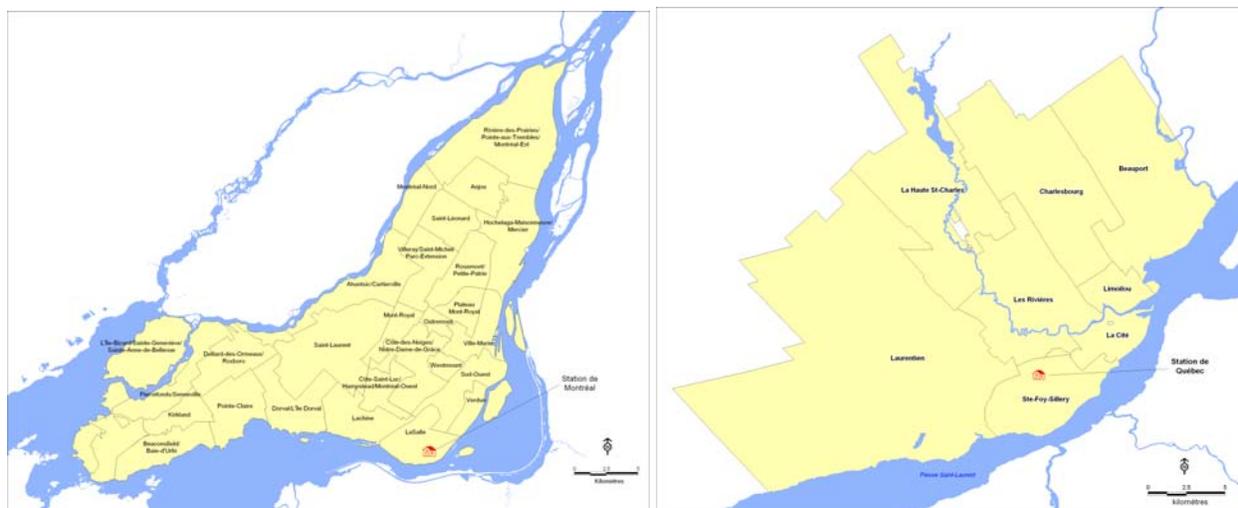


Figure 2.3 : Localisation de la station de captage pollinique de Montréal (arrondissement Lasalle) et de Québec (arrondissement Ste-Foy-Sillery)

2.1.4 Données de végétation

Les données de végétation proviennent de la Base de données topographiques du Québec (BDTQ) du Ministère des Ressources Naturelles (MRN). Il s'agit de cartes numériques à l'échelle 1/20 000 produites par le Service de la cartographie topographique du MRN et mises à jour en 2003. Le découpage de ces cartes a été fait par feuille (fichier) selon le Système Québécois de Référence Cartographique (SQRC), compatible avec le Système National de Référence Cartographique (SNRC). La superficie moyenne par feuille est de 250 km². Les données utilisées pour réaliser les cartes proviennent de photographies aériennes verticale (échelle 1/40 000) (planimétrie et hypsométrie), de la Commission de toponymie du Québec (nomenclature géographique), du Ministère des Transports (classification fonctionnelle du réseau routier) et d'Hydro-Québec (réseau de transport d'énergie électrique et cotes d'exploitation des réservoirs hydroélectriques).

Les caractéristiques techniques des bases de données cartographiques sont les suivantes :

- Système de référence géodésique : NAD 83 ; ellipsoïde GRS 80
- Projection : Mercator Transverse modifiée (MTM), fuseaux de 3°
- Système de coordonnées : système de coordonnées planes du Québec (SCOPQ)
- Origine des altitudes : niveau moyen des mers (NMM)
- Plates-formes supportées (formats) : ArcInfo (binaire et E00) et MapInfo (MID, MIF),
- Courbes de niveau : équidistance de 10 m; point cotés et surfaces d'exclusion.

2.1.5 Données socio-économiques

Les données socio-économiques proviennent du Recensement canadien réalisé par Statistiques Canada en 2001. Le profil socio-économique de la Ville de Montréal et de ses arrondissements a été effectué par le Service de développement économique et urbain de la Ville de Montréal. Les données ont été compilées et traitées à l'aide de la Banque de données et d'information urbaine (BDIU). Le profil de la Ville de Québec et de ses arrondissements a été effectué et compilé par le Service de l'aménagement du territoire, Division de l'urbanisme, de la Ville de Québec. Certaines de ces données sont arrondies de façon aléatoire à zéro ou à cinq. En conséquence, les totaux peuvent ne pas correspondre à l'addition des nombres contenus dans chacune des subdivisions.

2.1.6 Limite administratives et occupation du sol

Les couches géographiques du découpage des limites administratives d'arrondissements proviennent de la Communauté Urbaine de Montréal, (2002) et du Ministère des Transports, (2002). Les limites administratives des Villes de Montréal et de Québec, sont composées respectivement d'un fond de carte de 27 et de 8 arrondissements. La projection utilisée est : Mercator Transverse modifiée (MTM), Nad 83. Ces données servent à diviser le territoire afin de corréliser le profil socio-économique de chaque arrondissement aux fréquences de consultation pour cause de rhinite allergique.

2.2 Méthodes d'analyses des données

2.2.1 Analyse des données épidémiologiques

L'utilisation du programme informatique Excel pour la saisie des données a permis une première validation des informations. Les codes postaux ne correspondant pas à la zone d'étude et les codes postaux non valides ou manquant ont été éliminés de la base de données.

La première étape du traitement a consisté à éliminer les doublons afin de bien identifier et compiler un seul diagnostique par consultation médicale. Un seul diagnostique par jour de rhinite allergique a été même si plus d'un établissement a été visité. Pour réaliser cette étape, les consultations médicales ont été groupées avec les numéros d'assurance maladie brouillés des bénéficiaires et ont été associées avec la date de consultation à l'aide du logiciel MapInfo.

La deuxième étape a consisté à valider les codes postaux. Cette étape visait à s'assurer que les codes postaux renvoient exclusivement à des lieux de résidence¹, à vérifier que le code postal déclaré lors de la consultation était toujours valide et n'avait pas été retiré préalablement et que les consultations avaient été enregistrées après la création du code postal. Cela ne garantit aucunement que le code postal déclaré était bien celui de la résidence du patient, cependant ce traitement a permis d'éliminer certains codes postaux erronés. Pour extraire les codes postaux utiles, des requêtes de groupement ont été réalisées à l'aide du logiciel MapInfo.

Par la suite, des analyses descriptives ont été réalisées afin de déterminer le profil des consultations médicales pour rhinite allergiques causée par le pollen à Montréal et à Québec. Les variables étudiées comprennent la fréquence des consultations médicales entre 1994 et 2002, selon les années, les mois, le sexe, le groupe d'âge et le nombre de consultations pour un même individu. Les méthodes statistiques utilisées pour effectuer ces analyses sont les taux moyens. Les taux moyens par année correspondent au nombre de consultations médicales pour 10 000 individus sans tenir compte de l'âge ni d'autres facteurs de confusion possible. Les taux moyens ont été utilisés afin de distinguer les Villes et les arrondissements.

Une approche par analyses géographiques a également été utilisée. Ces analyses ont permis d'étudier la fréquence des consultations médicales par zones géographiques (arrondissements ou RTA). L'objectif de ces analyses était de connaître la répartition des consultations pour rhinite allergique sur les territoires étudiés, soit Montréal et Québec.

Le géocodage des données des consultations médicales a été réalisé par l'entremise du code postal associé au lieu de résidence des patients. Le code postal canadien offre un système de référence unique qui permet d'identifier la destination du courrier. Dans les régions urbaines de Canada, le même code postal sert généralement pour environ 30 personnes qui résident habituellement sur un même côté d'îlot et dans un même secteur de recensement (Wilkins, 1993).

¹ Les codes postaux correspondant au genre de mode de livraison E (distribution par un facteur à un immeuble commercial), G (distribution par un facteur à un gros destinataire de courrier, y compris les établissements institutionnels), J (poste restante (bureau poste urbain)), K (prise de courrier dans un groupe de boîtes postales), M (prise de courrier dans une seule boîte postale) et Z (codes postaux retirés) ont été supprimés.

Le géocodage a été réalisé à l'aide du Fichier de conversion des codes postaux de Statistiques Canada (FCCP). Le FCCP est un fichier numérique qui permet d'établir un lien entre les codes postaux à six caractères et les unités géographiques normalisées de Statistiques Canada pour lesquelles les données du recensement et d'autres statistiques sont produites. Les données annuelles couvrant la période d'étude n'étant pas disponibles, ce sont les fichiers de janvier 2003 qui ont été sélectionnés.

Les taux moyens de consultations médicales ont ensuite été cartographiés à l'aide du logiciel en fonction du lieu de résidence des patients (arrondissements). Cette méthode cartographique a pour objectif de représenter la distribution spatiale des personnes ayant consulté pour cause de rhinite allergique due à la présence de pollen, au cours des années entre 1994 et 2002. L'analyse des cartes, l'évolution des consultations ainsi que la comparaison des résultats pour Montréal et Québec a aussi été effectuée.

2.2.2 Analyse des données météorologiques

Les profils météorologiques des régions à l'étude ont été réalisés à l'aide des données de températures et de précipitations car ce sont les variables qui influencent le plus directement la productivité pollinique. Comtois *et al.*, (1989) ont démontré que l'indice pollinique d'une région est déterminée avec le cumul annuel des degrés-jours de croissance; alors que la somme pollinique annuelle est déterminée par les températures et les précipitations du printemps. Les concentrations polliniques quotidiennes sont, quant à elles, principalement déterminées par la température moyenne de l'air deux jours avant (Comtois *et al.*, 1991, Raynor *et al.*, 1970). Ces températures et les probabilités de précipitations permettent de prédire, avec un succès de plus de 85 %, les concentrations polliniques. En raison de leur grande variabilité quotidienne, aucun lien n'a pu être mis en évidence avec l'humidité relative et l'insolation.

La description des conditions météorologiques a été effectuée à partir de l'analyse des distributions statistiques. Les moyennes annuelles et saisonnières ont été calculées afin de dresser un portrait climatique global pour la période comprise entre 1994 et 2002. Les mois caractérisant les saisons sont : saison hivernale : décembre, janvier et février; saison printanière, mars, avril et mai; saison estivale: juin, juillet et août; saison automnale: septembre, octobre et novembre. L'examen des graphiques des distributions chronologiques a constitué également une des techniques employées afin d'identifier les maxima et les minima, ainsi que les variations annuelles et saisonnières des variables météorologiques retenues.

2.2.3 Analyse des données polliniques

Parmi les trois principaux groupes de végétaux allergènes (1. arbres et arbustes, 2. graminées et 3. herbe à poux) ce sont les genres les plus allergènes qui ont été retenus soient: *Acer* spp., *Betula* spp., *Quercus*, la famille des Graminae et *Ambrosia* spp. (Comtois *et al.*, 1988).

Le calcul de la concentration de particules de pollen a été effectué par la compagnie Aerobiology Research Laboratories. Afin de déterminer la concentration de particules (particules par mètre cube, P/m³), trois opérations séparées sont effectuées (annexe B) :

1. Calculer le nombre de particules dans l'échantillon;
2. Calculer tout le volume d'air prélevé;
3. Calculer le nombre de particules par mètre cube en utilisant le #1 et le # 2.

Afin d'identifier les patrons saisonniers de croissance et de mettre en lien les données polliniques et épidémiologiques, des débuts et fins de saisons polliniques ont été déterminés pour chaque groupe de végétaux à l'étude. La méthode suivante est retenue: *Début de la saison pollinique*: Premier jour où ≥ 5 grains de pollen/m³ dans l'air étaient dénombrés suivi d'au moins 5 jours consécutifs et où ≥ 5 grains de pollen/m³ étaient comptés. *Dernier jour de la saison pollinique* : Premier jour où ≤ 5 grains de pollen/ m³ étaient dénombrés suivi de 5 jours consécutifs où ≤ 5 grains de pollen/m³ étaient comptés.

Les données polliniques ont été analysées à partir de la valeur de tendance centrale sélectionnée (la médiane). Cette analyse consiste à déterminer les caractéristiques de distributions pour chaque espèce végétale retenue pour l'étude au cours des années 1994 à 2002.

2.2.4 Analyse des données de végétation

Afin de représenter la distribution spatiale de la végétation sur les territoires à l'étude, une cartographie est réalisée à l'aide du logiciel MapInfo. Cependant, aucune distinction entre les surfaces boisées, arborescentes et herbacées n'est effectuée. La cartographie n'a pas pour objectif de représenter des espèces allergènes, mais la représentation du couvert végétal de Montréal et Québec. À partir de la base de données de végétation obtenue par la BDTQ, les superficies occupées par les milieux boisés, arborescents et herbacés sont calculées pour l'ensemble des territoires à l'étude et pour chacun de leurs arrondissements.

2.2.5 Analyse des indicateurs socio-économiques

La présence d'écarts au niveau de la santé et du bien-être reliés aux inégalités sociales est maintenant bien connue (OMS, 1985-2002). Les études de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques en France (INSEE) ont démontré des disparités au niveau de la mortalité selon les groupes sociaux d'appartenance. Ainsi, les cadres et professions libérales sont les mieux protégés, suivis de professions intermédiaires, des agriculteurs, des artisans, des commerçants, des employés et enfin des ouvriers. À la lumière de ces études. Il apparaît donc important de caractériser le territoire à l'étude en fonction du profil socio-économique.

Une analyse descriptive de la population occupant les territoires à l'étude (population des Villes et des arrondissements ainsi que la densité de population) est effectuée afin de connaître le profil démographique de chaque Ville.

Les indicateurs sélectionnés pour définir les niveaux socio-économiques des différents arrondissements sont déterminés à l'aide de l'indice de défavorisation pour la qualité de la santé et du bien-être au Québec (Pampalon *et al.*, 1998). Cet indice intègre six indicateurs reconnus en raison 1) de leurs relations avec un grand nombre de problématiques du secteur de la santé et du bien-être et 2) de leurs disponibilités dans le recensement canadien par secteur de dénombrement. Ces indicateurs sont : 1) la proportion de personnes n'ayant pas de certificat d'études se-

conitaires, 2) le rapport emploi/population, 3) le revenu moyen, 4) la proportion de personnes séparées, divorcées ou veuves, 5) la proportion de familles monoparentales et 6) la proportion de personnes vivant seules et comprennent deux forme de défavorisation : 1) matérielle et 2) sociale.

Les variables retenues dans le cadre de cette étude font référence à la défavorisation matérielle. Les variables analysées sont donc : 1) le revenu moyen des ménages, 2) le taux de chômage et 3) la scolarité.

Afin de déterminer la variation de fréquence de la maladie selon ces indicateurs, le sexe et le groupe d'âge sont également analysés. L'examen des variations de fréquence en fonction du sexe permet régulièrement d'évoquer des hypothèses sur le rôle possible de facteurs médicaux liée au sexe (hormones) ou de facteurs environnementaux: habitude de vie (consommation de tabac, d'alcool) ou encore d'exposition professionnelles agissant séparément ou en combinaison. Selon Goulet *et al.*, (1996), la fréquence de nombreuses pathologies aurait tendance à augmenter avec l'âge, toutefois l'observation des pointes d'incidences à des âges plus jeunes permettrait d'identifier des groupes d'étiologies a priori différentes.

Les données socio-économiques sont compilées et cartographiées pour chaque arrondissement des Villes de Montréal et de Québec. L'analyse des distributions statistiques des données permet l'identification des variabilités entre les territoires pour chacun des indicateurs socio-économiques. Afin d'établir les liens entre les variables socio-économiques et les consultations médicales, les RTA de 2001 sont retenues comme l'unité géographique plutôt que les nouveaux regroupements municipaux associés eux fusions et défusions. Les RTA permettent une représentation cartographique davantage précise.

Les limites et le nombre de classes utilisées ont pour objectif de déterminer les différents groupes d'âge et d'effectuer les représentations cartographiques des variables démographiques et socio-économiques. Cette sélection est fondée sur l'analyse des histogrammes de fréquences. De plus, elle repose sur le principe que les valeurs d'une variable, statistiquement voisines les unes des autres, vont apparaître groupées sur les histogrammes de fréquences alors que les écarts significatifs entre ces valeurs se traduisent par des discontinuités. De plus, selon Raveneau (1996), la détermination des limites de classes selon les discontinuités observables sur un histogramme de fréquence, qui présente une courbe de distribution bimodale, s'avère généralement la plus appropriée. Les limites des classes utilisées permettent ainsi des comparaisons visuelles adéquates des indicateurs socio-économiques.

2.3 Analyses des associations statistiques

En raison du manque de puissance statistique (valeur de n trop faible), les analyses d'associations statistiques pour la Ville de Québec ne sont pas présentées. En effet, la puissance repose sur différents facteurs, dont la taille de l'échantillon. Une taille d'échantillon trop faible, (ce qui est le cas dans la présente étude), engendre une diminution de la puissance statistique et aucune association entre les concentrations polliniques et les consultations médicales pour rhinites allergiques ne peuvent être observées. Tenant compte de ce facteur, l'analyse des associations statistiques a été effectuée seulement pour la Ville de Montréal.

2.3.1 Association entre les données polliniques et météorologiques

Une analyse du test de corrélation de Spearman (ρ) a été effectuée. Cette analyse avait pour but de reconnaître une relation entre la concentration de pollens et les variables météorologiques. D'autres tests ont été effectués, notamment Pearson, ARMA, GARCH.

2.3.2 Corrélation entre les données polliniques et épidémiologiques

La méthode qui a été utilisée afin de déterminer les relations entre les consultations médicales et les données socio-économiques a consisté à effectuer une analyse de régression logistique. Le nombre de consultations médicales varie selon un profil hebdomadaire systématique. Le « lissage » des données de consultations a donc été effectué afin de tenter de diminuer l'impact de cette variation naturelle entre les données polliniques et épidémiologiques. À cette fin, c'est la surconsultation qui a été utilisée comme variable de référence et qui représente la différence entre le nombre de consultations à une date donnée (j) et la moyenne des consultations enregistrées au cours de la saison pollinique pour le même jour de la semaine (i).

$$(\text{Surconsultation} = \text{consultations } (j) - (\text{moyenne } i))$$

En se basant sur sa distribution, la variable « surconsultation » a été groupée en deux classes : (0) les jours où trois consultations ou moins ont été observées par rapport au niveau de base attendu (70 % des jours) et (1) les jours où plus de trois consultations ont été observées (30 % des jours). D'autres méthodes (50 %, 60 % et 80 % des jours) ont été utilisées, toutefois en raison des résultats peu significatifs, ces méthodes ne sont pas retenues. La présence ou non d'une association entre la surconsultation et les niveaux polliniques de *Ambrosia* spp. a été investiguée à l'aide d'une analyse de régression logistique et ce, en tenant compte de la température maximum, de la précipitation totale et de l'indicateur de revenu par ménage.

Afin de prendre en considération le délai possible entre le début des symptômes de la rhinite et le moment de la consultation, les surconsultations observées dans les 5 jours suivant le jour (j) d'exposition ont aussi été investiguées (soit J+1, J+2, J+3, J+4 et J+5). Les 5 jours précédant le jour (j) ont également été considérés, à titre de comparaison (soit J-1, J-2, J-3, J-4 et J-5).

2.4 Scénarios climatiques

Les scénarios climatiques ne sont pas une prévision des conditions climatiques futures. Elles sont plutôt une représentation plausible du climat futur reposant sur un ensemble cohérent de relations entre les variables météorologiques (GIEC, 2001). La véritable fonction des scénarios est de dissiper une part de l'incertitude. Ils aident à déterminer les ramifications possibles d'un enjeu (dans le cas présent, les changements climatiques) à la lumière d'une ou de plusieurs situations plausibles (mais non déterminées) (Mearns *et al.*, 2001).

En considérant les besoins, le temps et les ressources disponibles que nous avons à notre disposition, nous avons construit les scénarios climatiques avec la méthode dite des « deltas ». Cette méthode offre l'avantage d'être relativement rapide et simple à effectuer, ce qui permet d'établir une gamme de scénarios climatiques plausibles à partir d'un ensemble de simulations de modèles climatiques planétaires ayant fait l'objet d'une évaluation reconnue par le GIEC. Notons toutefois que le consortium Ouranos a participé à l'évaluation de méthodes de mise à l'échelle statistique sur l'Est du Canada (Gachon *et al.*, 2005) et exploite également un modèle climatique dynamique à haute résolution spatiale, le Modèle régional canadien du climat (MRCC). Ces outils permettent de construire des scénarios climatiques à plus haute résolution pour les besoins des études d'impact et d'adaptation aux changements climatiques. Au moment de réaliser ce projet, nous ne disposons malheureusement pas de simulations du MRCC validées sur l'horizon de temps souhaité. Par contre, dans le but de documenter la variabilité climatique future, nous avons exploré la méthode de mise à l'échelle statistique SDSM.

2.4.1 Méthode des « deltas »

Les modèles de circulation générale (MCG) simulent numériquement le passé, le présent et le futur des processus physiques de l'océan, du sol et de l'atmosphère pour tout le Globe et ce, à plusieurs profondeurs et altitudes, en tenant compte de l'évolution des GES. Compte tenu de la capacité de calcul des ordinateurs actuels par rapport à l'envergure et à la complexité de cette représentation, un compromis sur la précision spatiale est nécessaire. Ainsi, les MCG ont des résolutions horizontales de l'ordre de 300 km². Sur chacune de ces tuiles (ou point de grille), on simule d'abord le climat de référence (1961-1990), puis le futur jusqu'en 2100, sur des périodes de 30 ans, aussi appelés horizons (2010-2039, 2040-2069 et 2070-2099). La différence entre le présent et le futur simulé est appelée « delta »; ces deltas calculés mensuellement sont ensuite additionnés aux observations quotidiennes de la période de référence pour une station donnée.

La méthode des deltas a l'avantage d'éliminer les biais systématiques des MCG et d'être facile d'application. Par contre, les résultats ne reflètent pas la variabilité future du climat; ils suivent les fluctuations des observations de la période de référence. Ainsi, les résultats ne peuvent nous renseigner sur les changements d'intensité, de durée ou de fréquence des événements météorologiques.

Pour la présente étude, les sorties mensuelles (ex : moyenne de 30 mois de janvier) des températures et des précipitations ont été extraites du Centre de Distribution des Données du Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat (2005). Les deltas calculés ont ensuite été additionnés aux observations quotidiennes de la station de Montréal-Dorval d'Environnement Canada pour la période de référence 1961-90.

Afin d'améliorer la représentativité et la robustesse des résultats des MGC, chaque delta est le résultat d'une intégration spatiale d'au moins 4 points de grille autour de la zone étudiée (figure 2.4). Un poids proportionnel à la surface de la tuile qui est comprise dans la région de référence est appliqué aux points de grille.

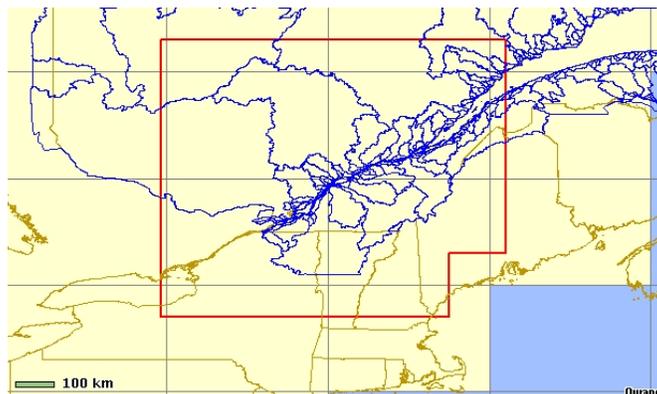


Figure 2.4 : Région de référence comportant au moins 4 points de grille de chaque MCG

Chaque modèle a ses propres limites, approximations et hypothèses. La performance des modèles varie aussi en fonction des variables et des régions étudiées. Un MCG qui reproduit bien le climat présent, n'est pas nécessairement un bon simulateur du futur. En somme, on ne peut établir lequel est le meilleur. Voilà pourquoi il est recommandé de prendre plusieurs MCG pour avoir un éventail de futurs plausibles. Le tableau 2.3 présente la sélection des MCG qui ont été utilisées dans ce rapport et recommandations par le GIEC (2001).

Tableau 2.3 : Modèles de circulation générale utilisés dans l'étude

MCG	Provenance	Résolution (latitude x longitude)
CGCM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	3,75° x 3,75°
ECHAM	Max-Planck-Institut für Meteorology (Allemagne)	2,8° x 2,8°
GFDL-R30	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (Etats-Unis)	2,25° x 3,75°
HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research (Angleterre)	2,5° x 3,75°
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australie)	3,2° x 5,6°

Chapitre 3 : Caractérisation biophysique et socio-économique de Montréal et Québec

Une description des composantes biophysiques et socio-économiques est présentée afin d'exposer le contexte global des différences et similitudes qui caractérisent les deux régions.

3.1 Caractérisation physiographique des régions de Montréal et Québec

Les deux principales régions urbanisées de la province de Québec (figure 3.1), Montréal et Québec, ont été retenues pour l'étude. De nombreux paramètres socio-environnementaux contribuent à faire de ces agglomérations des régions distinctes: climat, physiographie, végétation régionale et locale (espaces verts), densité de population, etc.



Figure 3.1 : Localisation géographique des régions de Montréal et Québec
(Source : Département de géographie, UQÀM, 2003)

3.1.1 Localisation

La superficie de la Ville de Montréal (après les fusions) (45°30 N, 73°30 O), couvre 500,05 km² (longueur maximale de 50 km et de et une largeur 16 km (Ville de Montréal, 2003). L'altitude moyenne du territoire par rapport niveau moyen de la mer (NMM) est de 57 mètres au dessus du NMM (Environnement Canada, 1987). La Ville de Québec (après les fusions) (46°48 N, 71,23° O) occupe une superficie de 542,71 km² (longueur maximale de 27 km et de et une largeur 20 km) (Ville de Québec, 2002). L'altitude moyenne est de 73 mètres au-dessus du NMM (Environnement Canada, 2002).

3.1.2 Hydrographie

Le fleuve Saint-Laurent se divise en trois régions hydrographiques : le tronçon fluvial, l'estuaire (fluvial, moyen et maritime) et le golfe (figure 3.2).

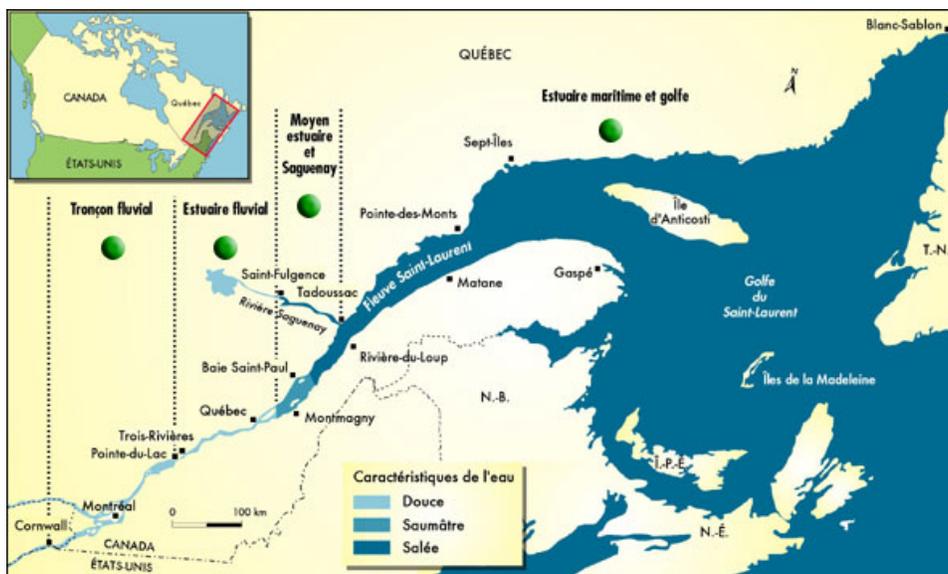


Figure 3.2 : Régions hydrographiques du Fleuve Saint-Laurent (Source : Centre Saint-Laurent, 1996)

Montréal est situé dans la région hydrographique du tronçon fluvial du Saint-Laurent qui s'étend sur 240 km entre de Cornwall (Ontario) et l'exutoire du lac Saint-Pierre (figure 3.3). Cette partie du fleuve, qui peut atteindre jusqu'à 10 km de largeur, est caractérisée par la présence de rapides, de lacs, d'îles et d'îlots ainsi que par plusieurs aménagements hydrauliques (Centre Saint-Laurent, 1996). Cette région hydrographique se distingue du reste du fleuve Saint-Laurent par sa faible influence des marées et son contenu en eau douce (Centre Saint-Laurent, 1996).

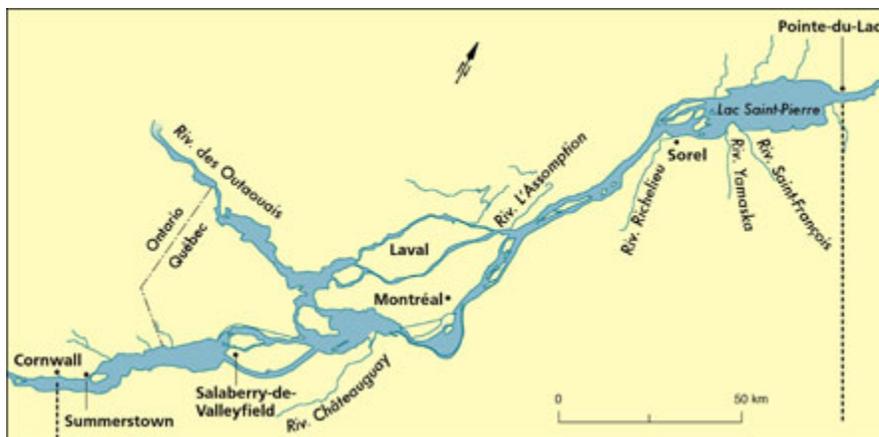


Figure 3.3 : Tronçon fluvial du Fleuve Saint-Laurent (Source : Centre Saint-Laurent, 1996)

Le fleuve Saint-Laurent coule au sud de l'île de Montréal alors que la rive nord est bordée par la Rivière des Prairies. Le Lac Saint-Louis et les Rapides de Lachine se trouvent au sud-ouest de l'île et le Lac des Deux Montagnes à l'ouest (figure 3.4). Le réseau hydrographique suit un an-

ancien système de failles d'effondrement, le rift du Saint-Laurent, qui s'est formé au Précambrien, il y a environ 600 millions d'années (Ressources Naturelles du Canada, 2003).

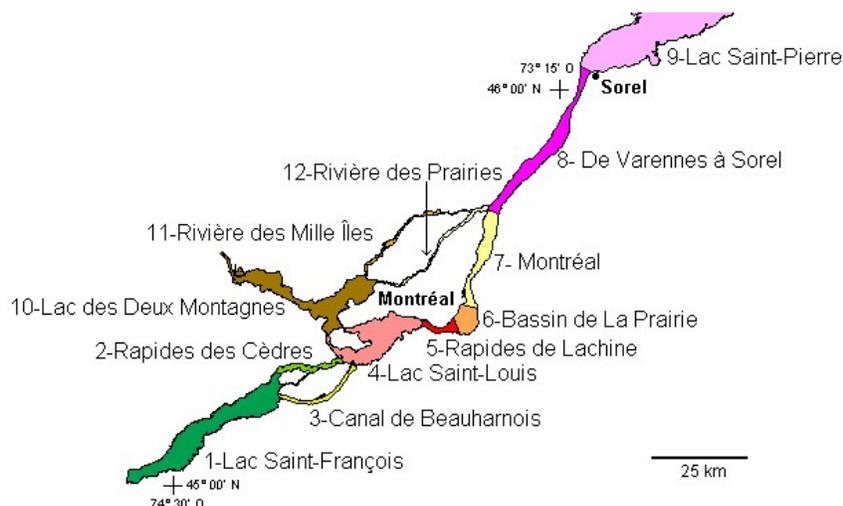


Figure 3.4 : Ensemble hydrographique de tronçon fluvial du Fleuve Saint-Laurent (Source : Environnement Canada, 2002)

La région de Québec se situe dans l'estuaire fluvial qui s'étend sur 160 km à partir de l'extrémité est du lac Saint-Pierre (Pointe-du-Lac) jusqu'à la pointe est de l'Île d'Orléans (figure 3.5). Cette région hydrographique est caractérisée par un corridor fluvial peu sinueux à l'intérieur duquel s'écoule de l'eau douce ou de l'eau légèrement saumâtre et influencées par des marées parfois fortes. Sa largeur de l'estuaire fluvial varie de 870 m, au pont de Québec, à 15 km à l'extrémité est de l'Île d'Orléans. La profondeur du chenal principal de l'estuaire fluvial varie en moyenne de 13 à 40 m même si à Québec elle atteint 60 m à cause de la présence d'une fosse. Les rives du Saint-Laurent dans la région de Québec sont très escarpées et elles ont été presque entièrement été artificialisées lors de l'aménagement du boulevard Champlain et de l'autoroute Dufferin-Montmorency au début des années 1970.

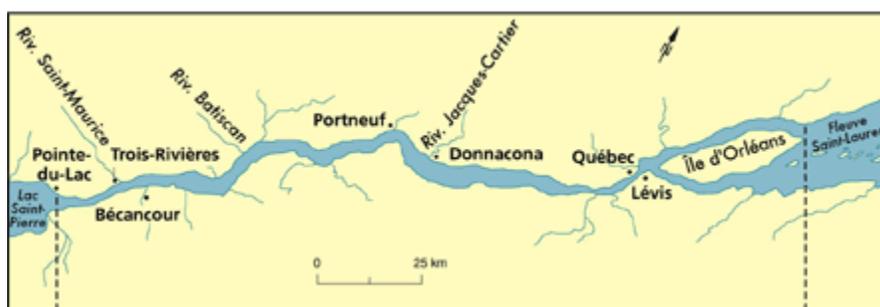


Figure 3.5. Estuaire fluvial du Fleuve Saint-Laurent (Source : Centre Saint-Laurent, 1996)

La rivière Saint-Charles est le principal tributaire qui traverse la communauté urbaine de Québec (figure 3.6). Du lac Saint-Charles jusqu'au Saint-Laurent, la rivière coule sur plus de 33 km et draine un territoire de 550 km². La rivière Saint-Charles coule dans le bassin versant le plus densément peuplé au Québec (près de 650 h/km²) (Collin, 2002), marqué par une importante activité urbaine et industrielle.

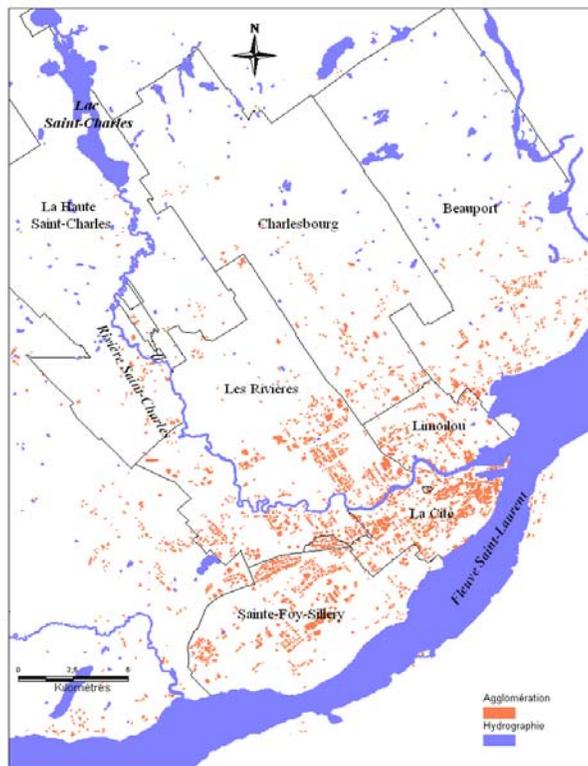


Figure 3.6 : Rivière Saint-Charles
(Source: Ressources naturelles, Faunes et Parcs, 2003)

3.1.3 Géologie et géomorphologie

Le sud-est du Québec se compose actuellement de quatre provinces géologiques : le Bouclier canadien, (province du Grenville), (formé au Précambrien), les Basses-terres du Saint-Laurent (aussi appelée Plate-forme du Saint-Laurent) et les Appalaches (formées au Paléozoïque et les Montérégiennes (formées au Mésozoïque (figure 3.7).

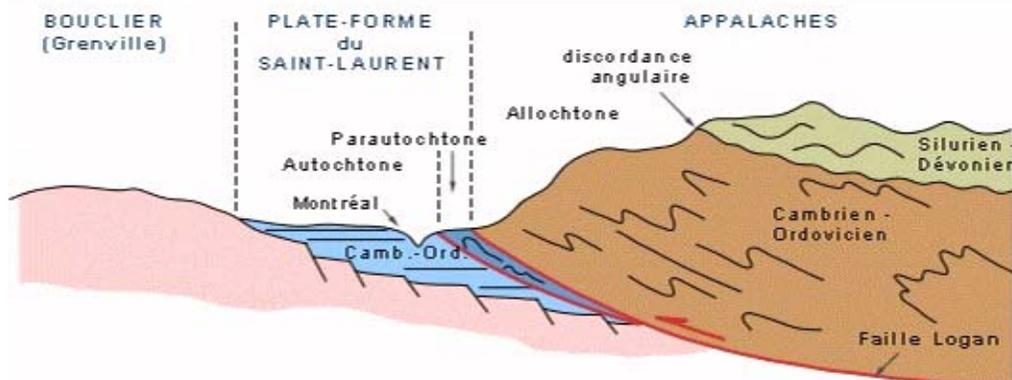


Figure 3.7 : Provinces géologiques du Québec
(Source : Bourque, 1991)

La région de Montréal est située dans la province géologique des Basses-terres du Saint-Laurent et est caractérisée, entre autres, par un paysage de plaine parsemé d'un massif intrusif appartenant

nant aux collines Montérégiennes (Mont Royal), par son caractère insulaire et sa localisation dans le tronçon fluvial (figure 3.8).

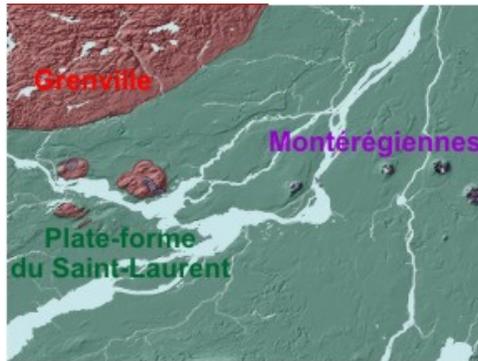


Figure 3.8 : Ensemble géologique de la région de Montréal
(Source: Commission géologique du Québec, 2002)

Les Basses-terres du Saint-Laurent orientée du sud-ouest vers le nord-est, varient en largeur entre 100 à 500 km. A l'exception des quelques collines volcaniques, le relief est très peu prononcé s'élevant entre 30 et 45 m au-dessus du NMM et ne dépassant rarement 185 m (Ressources naturelles Canada, 2003b). Les Basses-terres du Saint-Laurent sont enchâssées entre les contreforts des Laurentides (province géologique de Grenville) qui à 50 km au nord-ouest de l'Île, n'atteignent pas plus de 400 m d'altitude. Cette configuration topographique favorise la canalisation des vents le long de la vallée.

Le Mont Royal, situé au centre de l'Île (figure 3.9), constitue un massif circulaire de trois kilomètres de diamètre et est formé par trois sommets de 201, 211 et 233 mètres d'altitude (Ville de Montréal, 2001). L'étalement en couronne du Mont Royal se traduit par des versants escarpés ou abrupts vers l'extérieur qui sont adoucis par des talus d'éboulis et de nombreux replats et, par une portion interne en pente douce s'abaissent progressivement vers la plaine qui s'ouvre à l'ouest. La figure 3.10 présente une vue aérienne d'ensemble du parc du Mont Royal avec en avant plan le lac des Castors puis en direction sud, le Centre-Ville de Montréal et le fleuve Saint-Laurent. On peut distinguer le Chemin de la Côte des Neiges à droite ainsi que le chemin Remembrance et la Voie Camillien-Houde qui traversent la montagne. Le Cimetière Notre Dame de Grâce est situé à gauche de la photo.

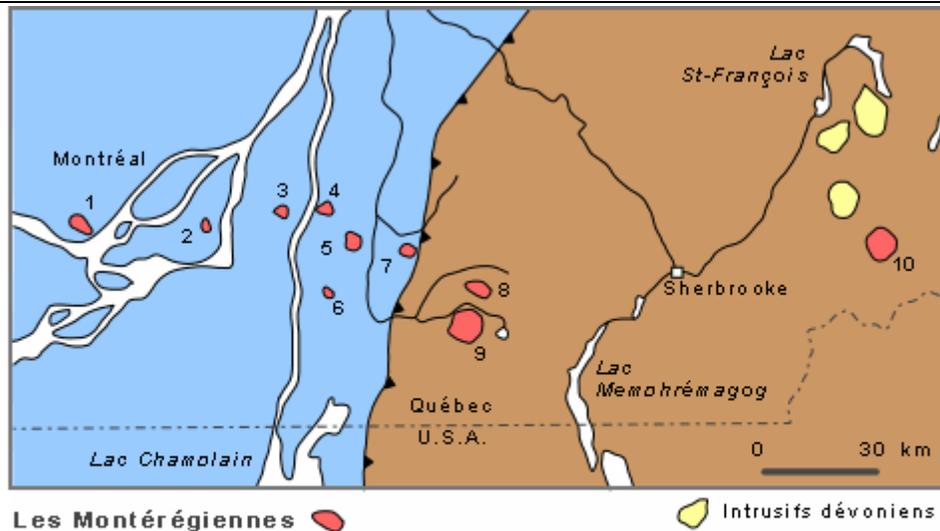


Figure 3.9 : Les Montérégiennes
(Source : Bourque, 1991)



Figure 3.10 : Mont Royal
(Source : Ville de Montréal, 2003)

La région de Québec se situe à la convergence des trois principaux ensembles géologiques soient: le Bouclier canadien, les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches (figure 3.11 et 3.12). À 15 km au nord de la Ville de Québec, se trouve la formation précambrienne du Bouclier Canadien. La chaîne de montagnes des Laurentides ainsi que la Côte de Beaupré marquent le début de cet ensemble géologique. Au sud de cette dernière, se localisent les basses-terres du Saint-Laurent occupées par la Basse Ville de Québec, Beauport et Charlesbourg.

Dans le contexte du développement des Appalaches, trois grandes nappes se sont formées. Ce sont les nappes de la Chaudière, du Promontoire de Québec et de Bacchus (Commission géologique du Canada, 2002). Les Villes de Sainte-Foy et de Sillery ont été érigées sur la nappe de la Chaudière. La Haute-Ville de Québec occupe la nappe du Promontoire de Québec et l'Île d'Orléans celle de la nappe de Bacchus. La province géologique des Appalaches couvre donc la rive sud du fleuve Saint-Laurent, l'Île d'Orléans, la Haute-Ville de Québec, Sainte-Foy et Sillery. Les côtes de la région de Québec (côtes de Salaberry, d'Abraham, du boulevard Henri IV, tout comme les escaliers de la Basse-Ville de Québec) font également partie de cette formation appalachienne.



Figure 3.11 : Ensemble géologique de la région de Québec
(Source: Commission géologique du Québec, 2002)

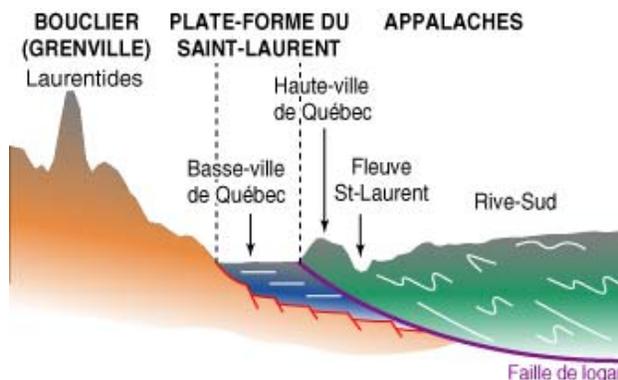


Figure 3.12 : Coupe de la région de Québec
(Source: Atlas de Québec, 2001)

3.1.4 Comparaison physiographique entre les régions de Montréal et Québec

Les Villes de Montréal et de Québec occupent des superficies relativement semblables soit de l'ordre de 500 km² et de 542 km² même si la région de Montréal est nettement distincte de la région de Québec. En effet, la région de Montréal est localisée dans la province géologique des basses-terres du Saint-Laurent et est caractérisée, tel que mentionné précédemment, par son paysage de plaine parsemé d'un massif intrusif appartenant aux collines Montérégiennes (Mont Royal), par son caractère insulaire ainsi que par son emplacement au sein du tronçon fluvial du Saint-Laurent.

La Ville de Québec, est située à 250 km au nord de la région de Montréal, à l'embouchure de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent et aux confins du piedmont des Laurentides. La région a été développée au sein de trois ensembles géologiques soient : les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches qui séparent la Haute-Ville de la Basse-Ville par un important dénivelé causé par une faille et le Bouclier canadien.

3.2 Caractérisation bioclimatique de Montréal et Québec

3.2.1 Domaines bioclimatiques

La répartition des groupements végétaux est très diversifiée sur le territoire québécois et elle est fonction du climat (écarts de températures variant en fonction de la latitude) et du relief (la température diminue en altitude). Ainsi, la végétation des hauts sommets dans les Appalaches est semblable à celle du Nord québécois.

Dans l'ensemble au Québec, on distingue dix zones bioclimatiques caractérisées par formations végétales associées à des types de relief ainsi qu'à des valeurs moyennes d'isothermes annuels de températures. L'équilibre entre la végétation et le climat est le principal critère de distinction de ces domaines. Les domaines bioclimatiques du Québec méridional sont: l'érablière à caryer cordiforme, l'érablière à tilleul, l'érablière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau blanc et la pessière à mousses. Dans la partie septentrionale, les domaines bioclimatiques sont : la pessière à lichens, la toundra forestière, la toundra arctique arbustive et la toundra arctique herbacée (réf.. Richard, 1998).

La Ville ou la région de Montréal est située dans le domaine bioclimatique de l'érablière caryers (Grandtner, 1966). Ce domaine bioclimatique couvre le sud-ouest de la province (14 500 km²) où le climat est le plus clément. Il renferme la flore la plus méridionale du Québec, dont plusieurs espèces thermophiles. Les forêts y sont très diversifiées (MRN, 2002).

Les espèces dominantes de l'érablière à caryers sont : l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*), le noyer cendré (*Juglans cinerea*), le caryer ovale (*Carya ovata*), le caryer cordiforme (*Carya codiformis*) et le charme de Caroline (*Carpinus caroliniana*). D'autres espèces accompagnent ces espèces dominantes, comme le chêne rouge (*Quercus rubra* var. *borealis*), le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*), le cerisier noir (*Prunus nigra*) et l'hêtre à grande feuille (*Fagus grandifolia*) (Grandtner, 1966).

On trouve également d'autres espèces qui sont presque exclusives au domaine de l'érablière à caryers comme le chêne à gros fruit (*Quercus macrocarpa*), l'orme rouge (*Ulmus rubra*), l'orme de Thomas (*Ulmus thomasi*), le micocoulier occidental (*Celtis occidentalis*) et l'érable noir (*Acer nigrus*) (Labre, 1987; Durand, 1986).

Une étude portant sur la spora (caractérisation des sources polliniques) de l'Île de Montréal et sa représentativité géographique a été réalisée par Gagnon (1989). Cette étude avait pour but de déterminer l'importance des apports polliniques locaux sur les concentrations recueillies par un réseau de cinq échantillonneurs sporopolliniques. Pour cette étude, des relevés de végétation ont été effectués à proximité de chaque station pollinique, soit dans un rayon de 200 mètres. D'après ces relevés, les genres ou familles les plus représentatifs sont (par ordre décroissant): l'érable (*Acer*), le cèdre (*Thuja* sp.), le genévrier (Cupressaceae), l'épinette (*Picea* sp.), les rosacées (Rosaceae), le pin (*Pinus* sp.), le peuplier (*Populus* sp.), l'orme (*Ulmus* sp.), le tilleul (*Tilia* sp.), le févier (*Gleditsia* sp.), le frêne (*Fraxinus* sp.), le bouleau (*Betula* sp.), le saule (*Salix* sp.), des liliacées (Liliaceae) et le cerisier (*Prunus* sp.), etc. D'autres genres appartenant au domaine de l'érablière à caryers n'ont pas été identifiés par cette étude. Ce sont : le caryer (*Carya* sp.), le chêne (*Quercus* sp.) et le micocoulier (*Celtis* sp.).

Le domaine bioclimatique de la région de Québec est celui de l'érablière à tilleul (Grandtner, 1966). Il couvre 31 000 km² (MRN, 2002). Plusieurs espèces de ce domaine bioclimatique telles que *Acer saccharum*, *Fagus grandifolia*, *Tilia americana*, *Ostrya virginiana*, *Fraxinus americana*, *Juglans cinerea* et *Ulmus americana* se retrouvent aussi dans le domaine de l'érablière à caryer. Le frêne noir (*Fraxinus nigra*) est également présent dans les stations humides de la région, le bouleau jaune (*Betula lutea*) dans les stations froides et de hautes altitudes; le chêne boréal (*Quercus rubra* var. *borealis*) sur les sols plus secs et acides et finalement le saule fragile (*Salix fragilis*) et l'érable negundo (*Acer negundo*), deux espèces introduites colonisent parfois les rives argileuses (Grandtner, 1966).

Les résineux sont rares dans les domaines des deux régions, toutefois on trouve le pin blanc (*Pinus strobus*) dans les dépôts sableux, le cèdre (*Thuja occidentalis*) sur les tourbes eutrophes ou sur les affleurements calcaires et ainsi que l'épinette noire (*Picea mariana*) et le mélèze laricin (*Larix laricina*) dans les tourbières. La pruche (*Tsuga canadensis*), le sapin baumier (*Abies balsamea*) et l'érable rouge (*Acer rubrum*) sont aussi présents mais de façon plus sporadique (Grandtner, 1966).

3.2.2 Répartition de la végétation

Selon les cartes réalisées à partir de l'image satellite du 10 mai 1992, (service de la Planification du territoire de la Communauté urbaine de Montréal), les surfaces boisées et les arbres isolés représentent 13,5 % de l'utilisation du sol à Montréal. Les surfaces herbacées (incluant la famille des graminées qui comprend la production céréalière et les gazons) occupent 20 % de la superficie des surfaces du sol des municipalités (DSP, 1998).

L'occupation de la surface du sol par la végétation est incluse dans la base de données topographiques du MRN. Cependant, aucune distinction n'est faite entre les surfaces boisées, la végétation arborescente ou herbacée. La cartographie permet une approximation du pourcentage occupé par la végétation pour chaque région. Soulignons que depuis 2004, la Ville de Montréal réalise un inventaire de la végétation présente sur son territoire et des données plus spécifiques seront donc disponibles au cours des prochaines années.

La superficie de végétation sur l'Île de Montréal occupe 34,63 km² soit, 6,92 % du territoire. L'extrême ouest (Pierrefonds, l'Île-Bizard/Saint-Geneviève/Sainte-Anne-de-Bellevue et Beaconsfield/Baie-d'Urfé) et l'extrême est de la Ville (Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles/Montréal-Est) sont des parties où se concentrent les plus grandes superficies d'espaces verts avec respectivement 52 % et 8 % de la végétation totale de la région, Montréal (figure 3.13). Par ordre décroissant l'Île-Bizard/Saint-Geneviève/Sainte-Anne-de-Bellevue, Pierrefonds, Outremont, Ville-Marie et Beaconsfield/Baie-d'Urfé sont les arrondissements où la végétation occupe les superficies les plus importantes soient entre 10,94 % à 28,03 %. Sur le Mont Royal, environ 700 espèces végétales dont environ 108 000 arbres ont été dénombrés (Ville de Montréal, 2001). Parmi les arbres feuillus, les espèces les plus fréquentes sont le frêne blanc (*Fraxinus alba*), l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le chêne rouge (*Quercus rubra* var. *borealis*), le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*) (Ville de Montréal, 2001). À l'opposé, dans les arrondissements de Saint-Léonard, Villeray/Saint-Michel/Parc Extension, Montréal Nord, Mont-Royal et Mercier/Hochelage-Maisonneuve, les d'espaces verts occupent entre 0,15 à 0,83 % du territoire.

De plus, soulignons que 22 % des arrondissements de l'agglomération de Montréal ont moins de 1 % de la surface de leur territoire couvert de végétation et 85 % des arrondissements en ont moins de 8 %.



Figure 3.13 : Végétation de la région de Montréal
(Source : Ville de Montréal, 2001 et Ministère des Ressources Naturelles du Québec, 2003)

La couverture végétale de la Ville de Québec couvre 41 % de la superficie totale du territoire. La superficie de la partie nord de la Ville est occupée par 50 % de végétation et correspond, en partie, au territoire de la chaîne de montagne des Laurentides. Les arrondissements de Beauport, Charlesbourg, Haute Saint-Charles et Laurentien sont les arrondissements où le couvert végétal est le plus dense dans la région de Québec (figure 3.14) avec 88 % de recouvrement. Par contre, dans la partie sud de la Ville, on trouve seulement une partie minime du territoire couvert par des espaces verts (figure 3.14). Dans les arrondissements de Sainte-Foy/Sillery, la Cité, les Rivières et Limoilou, la végétation occupe 9,8 km² du territoire soit 12 % de sa superficie totale. À Limoilou, seulement 1 % du territoire n'est couvert par des espaces végétalisés.

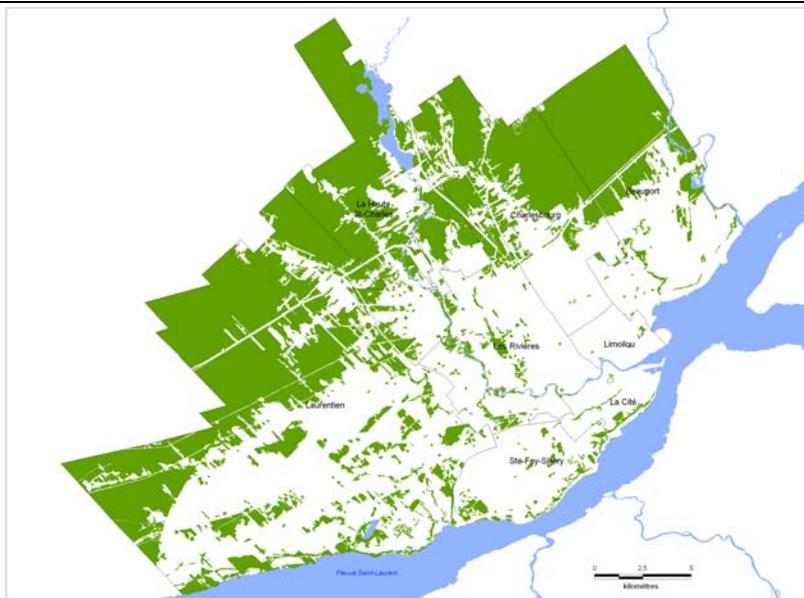


Figure 3.14 : Végétation de la région de Québec
(Source : Ville de Québec, 2002 et Ministère des Ressources Naturelles du Québec, 2003)

3.2.3 Localisation du nombre de plants et des sources d'émissions d'herbe à poux

Le développement d'un SIG a permis de réaliser un mini-atlas cartographique présentant les zones d'émissions potentielles de pollens allergènes (arbres, arbustes, graminées, herbacées) dans la région métropolitaine de Montréal (annexe C). L'objectif était d'acquérir une meilleure connaissance de l'occupation du sol et d'identifier les secteurs les plus à risque en ce qui a trait aux émissions de pollens allergènes. Cette démarche avait aussi comme objectif de reconnaître des liens entre les différents types l'occupation du sol et les zones potentielles d'émissions de pollens allergènes (ex. répartition des sources d'émissions parmi les zones résidentielles, industrielles ou les espaces verts).

Ce SIG a permis de compiler et croiser des résultats dans des bases de données géoréférencées. A la suite de cette étape, des cartes à différentes échelles ont été réalisées et groupées dans un atlas. Cet atlas contient des cartes à l'échelle régionale (1 / 35 000) (carte 1 : territoire de la CMM) et locale (1 / 2 000) (cartes 2, 3 et 4 : Ville de Laval et cartes 5, 6, 7, et 8 : Ville de Montréal). La validation des liens potentiels entre les types d'occupation du sol et les sources d'émissions de pollen ont été réalisées avec l'aide de cet atlas ainsi avec une revue de littérature et des travaux réalisés antérieurement. Le traitement des données, confection de chaque carte et les résultats sont présentés dans l'annexe C.

Le développement de SIG a également été utilisé pour l'intégration et la représentation dynamique (spatio-temporelle) des données épidémiologiques, socio-économiques, de végétation et d'utilisation du sol. Le traitement et la superposition des différentes sources de données ont été effectués pour qu'elles soient intégrées sous forme de cartes.

3.2.4 Comparaison écologique des régions de Montréal et Québec

Les régions de Montréal et de Québec appartiennent à des domaines bioclimatiques distincts, soit celui de l'érablière caryers cordiformes et celui de l'érablière à tilleul. Toutefois, malgré des superficies sensiblement similaires, la superficie de la couverture végétale est nettement supérieure dans la région de Québec. En effet, les espaces verts occupent une couverture 17 fois plus importante dans la Ville de Québec que dans la Ville de Montréal.

3.3 Caractérisation météorologique

Les régions de Montréal et de Québec connaissent un climat de type continental humide. Les conditions météorologiques observées varient beaucoup d'une saison à l'autre : le secteur est caractérisé par un hiver très froid et humide, un printemps tardif et court, un été chaud et parfois humide et un automne pluvieux (Proulx *et al*, 1987).

La vaste région nordique formée par l'ouest, le nord et le centre de la province de Québec transporte des masses d'air froid et sec. L'air froid de Montréal et Québec provient de cette région et amène du temps ensoleillé, mais frais. Si cette masse d'air passe au-dessus des Grands Lacs ou d'une autre étendue humide au cours de la saison froide, il se charge alors d'humidité et entraîne la formation de nuages et d'averses de neige.

Le golfe du Mexique est la source première de l'humidité qui précipite (pluie ou neige) sur l'Est de l'Amérique du Nord. En hiver, les vents en altitude en provenance du sud amènent de l'humidité sur Montréal et Québec qui, au contact avec l'air plus froid, tombe sous forme de neige ou de pluie. En été, ces vents soufflent en basse atmosphère et occasionnent des périodes de temps chaud et humide. Sans l'abondante humidité originant du golfe du Mexique, Montréal et une grande partie de la plaine centrale de l'Amérique du Nord seraient marqués par des déficits de précipitation.

La latitude, la circulation atmosphérique, la topographie avoisinante et la proximité relative de vastes étendues d'eau contribuent à influencer le climat des deux régions qui sont localisées à des latitudes différentes quoique rapprochées (respectivement de 45° et de 47° Latitude Nord). Sous ces latitudes, l'air se déplace généralement d'ouest en est. À ce mouvement s'ajoute une circulation influencée par la distribution inégale des pressions atmosphériques et l'influence des éléments topographiques locaux. La topographie avoisinante des deux régions et la présence des plans d'eau jouent un rôle important dans la définition de leur climat respectif. Bien que difficiles à quantifier, les conséquences de ces différences sont décrites au tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Influence de certains éléments topographiques sur la définition du climat

Éléments topographiques	Températures	Vents	Précipitations
En montagne	plus basses	plus forts; très variables; plus de rafales	plus fréquentes et plus abondantes
Dans une vallée	plus élevées de jour; possibilité d'un drainage d'air froid la nuit	s'alignent selon l'axe de la vallée	plus faibles dans les vallées de grande dimension
Près d'une nappe d'eau	plus élevées en automne et en hiver; plus basses au printemps et en été	plus forts moins de rafales	moins fréquentes en été, plus fréquentes en automne et en hiver (sans effet si elles sont entièrement couvertes de glaces)
Végétation	minimum plus chaud et maximum plus frais là où la végétation est abondante	plus forts là où la végétation est absente (peu de vent en pleine forêt)	accumulation de neige plus importante en forêt

(Source : Environnement Canada, 1987)

Le climat de Montréal est fortement influencé par les trois formations géologiques à proximité: les Laurentides au nord, la chaîne des Appalaches au sud et au sud-est ainsi que la plaine du Saint-Laurent. Sous l'influence de la vallée du Saint-Laurent, les vents tendent à souffler de l'ouest-nord-ouest ou du nord-est, c'est-à-dire parallèlement à la vallée. De plus, l'interaction de la vallée du Saint-Laurent, de la chaîne des Appalaches et de la chaîne des Laurentides oriente la direction des tempêtes : les centres de basses pressions ont tendance à suivre les vallées des rivières plutôt que de s'élever sur les régions montagneuses. Les tempêtes venant de la vallée du Mississippi ont donc tendance à se diriger vers l'est en empruntant le corridor formé par les Grands Lacs ou la vallée de l'Ohio et à longer le Saint-Laurent jusqu'à l'océan Atlantique. Si l'Est de l'Amérique du Nord était une grande plaine, les tempêtes ne seraient pas dirigées aussi fréquemment dans la région de Montréal.

Pendant la saison estivale, les averses locales et les orages qui prennent naissance dans les Laurentides sont emportés par les vents dominants au-dessus de Montréal et les régions avoisinantes. Pendant la saison hivernale, le relief du Sud du Québec, qui longe la frontière des États-Unis, empêche parfois les courants d'air chauds venant du sud de remplacer les masses d'air froid installées dans la vallée du Saint-Laurent. Il arrive que l'air chaud s'avance vers les Cantons de l'Est, en passant par le lac Champlain et la Vallée du Richelieu, toutefois cet air chaud est remplacé par une masse d'air froid avant d'avoir atteint Montréal. Quelquefois, à Montréal, le vent tourne brusquement du nord-est au sud en générant alors une période de temps doux. Les Grands Lacs jouent un rôle sur les conditions atmosphériques de la région de Montréal, et plus particulièrement au cours de l'automne et de l'hiver. Pendant ces saisons, la chaleur et l'humidité qui se dégagent des Grands Lacs rejoignent l'air froid en altitude. Cette masse d'air se déplace vers l'est et donc vers Montréal apporte du temps couvert et neigeux.

La région de Montréal se distingue par son caractère thermophile avec une température moyenne annuelle avoisinant 7°C. Au niveau des précipitations moyennes annuelles, Montréal reçoit

736,2 mm de pluie et 214,2 mm de neige (Environnement Canada, 2002). Cette région représente la partie thermophile de la province de Québec (Marie-Victorin, 1964).

Pour la région de Québec, la présence des Laurentides, l'élargissement du fleuve Saint-Laurent vers le Golfe et l'action des grandes marées d'eau douce créent un régime thermique particulier de vents et de précipitation. La dépression de la vallée de la rivière Saint-Charles constitue un élément topographique majeur de la Ville de Québec. L'orientation Est-Ouest de cette vallée a pour conséquence de canaliser des vents de l'Est et du Nord-Est. Ainsi, l'emplacement de quatre sources importantes de pollution de l'air², à l'extrémité Est de cette dépression, revêt une importance particulière en ce qui concerne l'exposition de la population de la vallée de la rivière Saint-Charles aux polluants (Lajoie *et al.*, 1992).

Les profils météorologiques des régions de Montréal et de Québec ont été réalisés à l'aide des valeurs de températures et de précipitations observées aux stations d'Environnement Canada (station 7025250 pour Montréal; stations 7016294 et 701S001 pour Québec). Les moyennes annuelles et saisonnières sont calculées afin d'obtenir le portrait global de la période comprise entre 1994 et 2002. Les mois inclus dans chaque saison sont les suivants : saison hivernale = décembre, janvier et février; saison printanière = mars, avril et mai; saison estivale = juin, juillet et août et saison automnale = septembre, octobre et novembre. Ce sont les deux seuls paramètres météorologiques qui ont été traités étant donné qu'ils représentent les principales variables météorologiques influençant le comportement de la productivité pollinique. Comtois et Sherknies (1989) ont démontré que le cumul annuel des degrés-jours de croissance détermine l'indice pollinique d'une région alors que les températures et les précipitations du printemps influencent la somme pollinique annuelle. Les concentrations polliniques quotidiennes sont fonction de la température moyenne de l'air deux jours avant (Comtois et Sherknies, 1991; Raynor and Haynes, 1970). Ces températures et les probabilités de précipitations permettent donc de prédire, avec un succès évalué à plus de 85% (87 %) les concentrations polliniques anticipées. Ainsi, l'analyse des variables météorologiques permet de prévoir la fluctuation quotidienne des valeurs polliniques et ainsi prédire l'influence de ces variables sur le nombre de consultations pour rhinite allergique due au pollen.

3.3.1 Profil météorologique de la région de Montréal entre 1994 et 2002

Températures

Une analyse des températures pendant la saison de croissance a été réalisée. La saison de croissance débute lorsque la température moyenne est supérieure à 5°C pendant plus de 5 jours consécutifs et se termine lorsque la température moyenne est inférieure à 5°C pendant plus de 5 jours consécutifs. La longueur de la saison de croissance fut très variable durant la période à l'étude (figure 3.15a), avec une amplitude de plus de 40 jours, elle atteint un maximum de 227 jours en 1999 et un minimum de 183 en 1997. En moyenne, elle se situe près de la normale 1961-1990 qui est de 207 jours. La moyenne de la température maximum durant la saison de croissance se situe entre 19,1 et 21,7°C, la température moyenne entre 13,1 et 16,9°C et la température minimum entre 8,1 et 11,9°C (figure 3.15b).

² L'usine de pâtes et papiers Daishowa, l'incinérateur inter municipal de la Ville de Québec, le Port de Québec et Ciment Saint-Laurent.

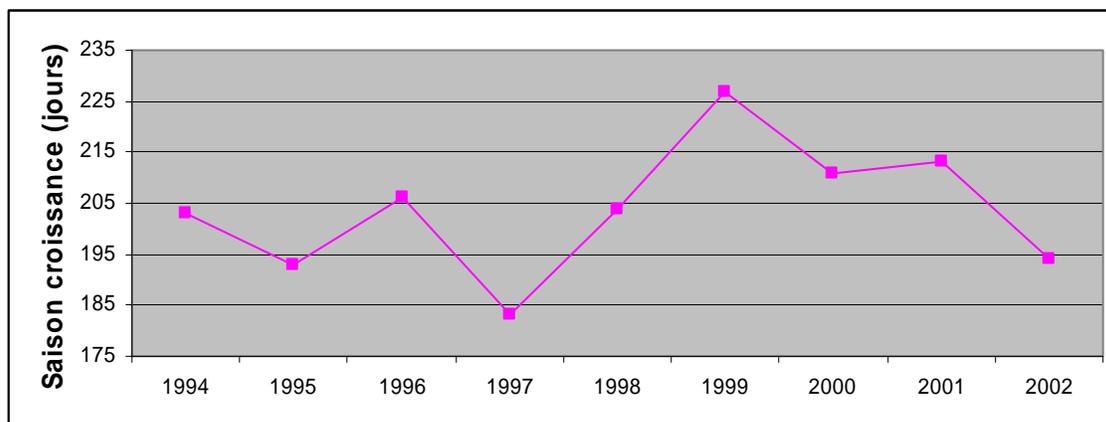


Figure 3.15a : Longueur de la saison de croissance entre 1994 et 2002 à Montréal.

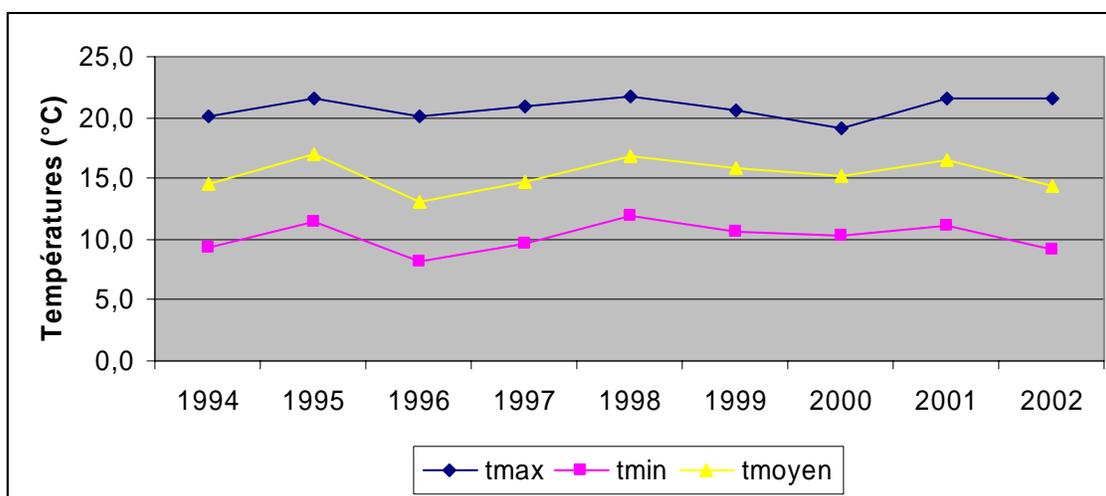


Figure 3.15b : Moyenne des températures maximale, minimale et moyenne entre 1994 et 2002 à Montréal durant la saison de croissance

La moyenne des températures pour l'ensemble des années à l'étude est de 7°C. Toutefois, la première moitié de la série temporelle (1994 à 1997) est caractérisée par des températures moyennes annuelles généralement inférieures à celles entre 1998 et 2002. Les températures moyennes les plus basses sont respectivement 5,8°C et 5,9°C et sont survenues en 1994 et en 1997. La deuxième moitié des années analysées est de façon générale plus chaude. Les années 1998, 1999 et 2001 se démarquent avec des températures moyennes annuelles plus élevées atteignant entre 8,0 et 8,5°C (figure 3.15c).

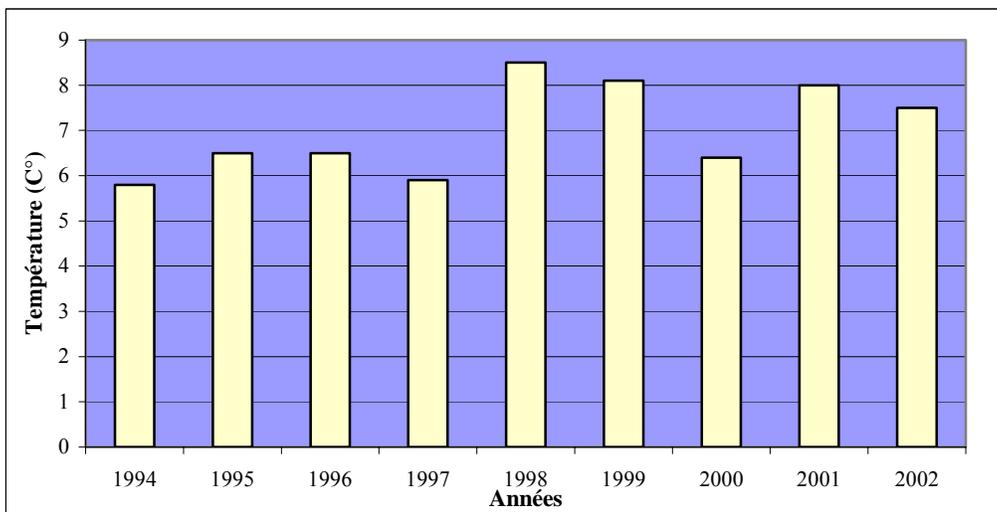


Figure 3.15c : Moyenne des températures annuelles entre 1994 et 2002, à Montréal

La température moyenne hivernale entre 1994 et 2002 gravite autour de $-7,0^{\circ}\text{C}$. Cependant, il y existe de vastes écarts selon les années: en 1994, la moyenne des températures hivernales moyennes avait atteint $-10,6^{\circ}\text{C}$ en comparaison à $-4,3^{\circ}\text{C}$ en 1998 (figure 3.15d).

Au cours des années à l'étude, la moyenne des températures printanières fut de $5,8^{\circ}\text{C}$ mais elle a aussi enregistré des variations selon les années. La température moyenne minimale enregistrée au printemps fut de $3,7^{\circ}\text{C}$ en 1997 et la température moyenne maximale de $8,1^{\circ}\text{C}$ en 1998 (figure 3.15d).

Les saisons estivales (juin, juillet, août) entre 1994 et 2002, ont enregistré une température moyenne de $20,3^{\circ}\text{C}$ et les variations sont minimales entre les années. Les températures moyennes minimale et maximale ont varié entre $19,0^{\circ}\text{C}$ en 2000 et $21,2^{\circ}\text{C}$ en 1999 (figure 3.15d). Pour l'ensemble des années étudiées, la moyenne de températures moyennes automnales fut de $9,0^{\circ}\text{C}$. Les écarts ont varié entre $7,8^{\circ}\text{C}$ en 1997 et $10,0^{\circ}\text{C}$ en 1999. Les saisons de 1998, 1999 et 2001 se démarquent par leurs moyennes de température automnale plus élevées (figure 3.15d).

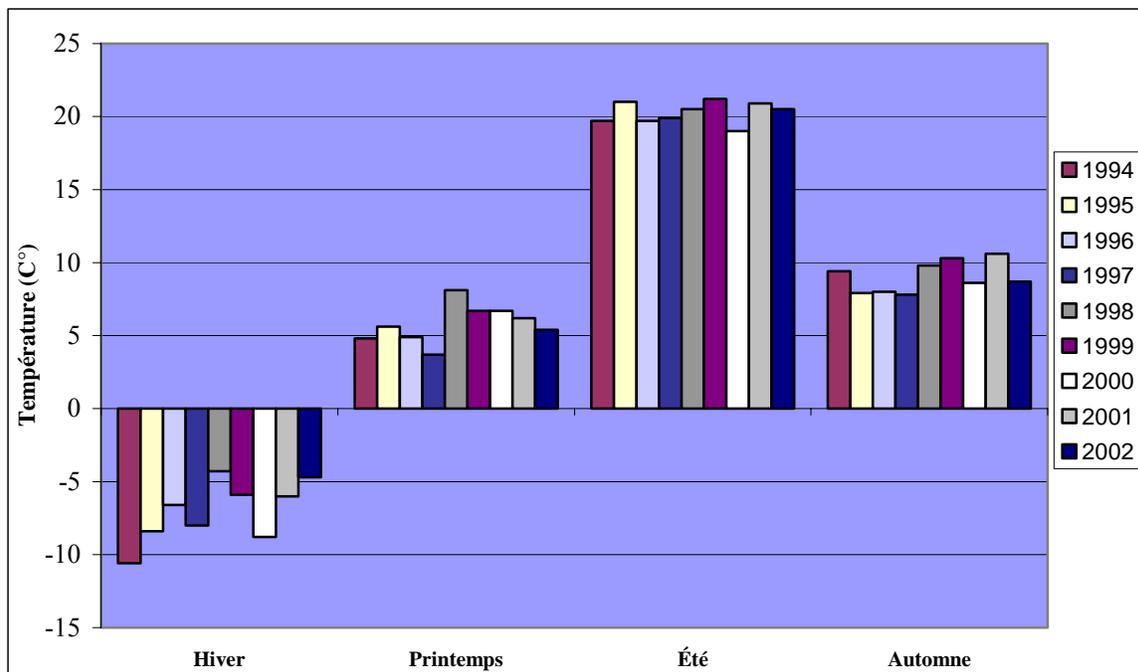


Figure 3.15d : Moyenne des températures saisonnières entre 1994 et 2002, à Montréal

Les valeurs de température peuvent varier de façon importante sur l'Île de Montréal. A cet effet, la figure 3.16 illustre la distribution des températures apparentes des matériaux de surface dans la région métropolitaine et telles qu'estimées par la thermographie du satellite Landsat-7, le 11 août 2001 (Guay, 2003). Les limites des 27 arrondissements ont été superposées à cette cartographie. Cette combinaison démontre clairement les propriétés thermiques reliées aux fonctions urbaines des unités administratives. Par exemple, la différence de propriété thermique entre le Mont Royal et le centre-Ville est très bien illustrée.

À partir de cette image thermique, on constate que les pointes Ouest et Est de l'Île enregistrent moins les effets thermiques des températures au cours de l'été. Les secteurs où les effets des températures sont élevés se situent principalement le long de l'autoroute 40, dans la zone industrielle de Ville Saint-Laurent et dans certaines parties du Centre-Ville. Ces différences de gradient thermique résultent du phénomène d'îlot de chaleur urbain causé par l'émission de chaleur par les habitations, par le stockage de chaleur diurne dans le béton des rues et des édifices et par une diminution des pertes de chaleur vers l'atmosphère, cette chaleur étant bloquée par la pollution urbaine.

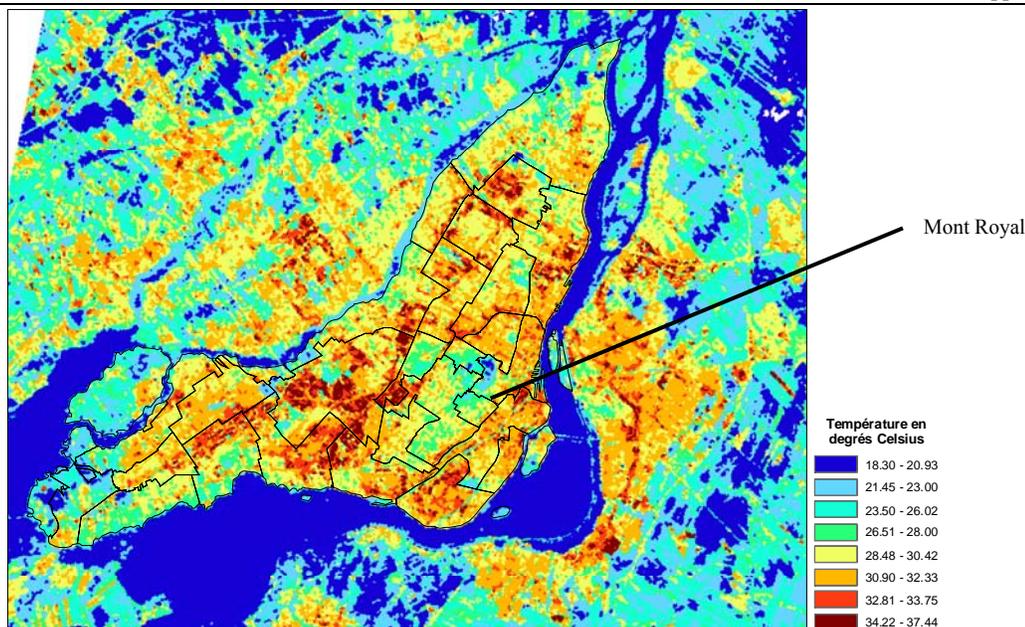


Figure 3.16 : Image thermique ETM+ 11 août 2001 des arrondissements de la Ville de Montréal en °C (Source : Guay, 2003)

Précipitations

La moyenne des précipitations annuelles moyennes se situent autour de 950 mm entre 1994 et 2002. Toutefois la variation est marquée entre les valeurs minimales (2001) et maximales (1995) soit une différence de 371 mm. Entre 1994 et 2002, les précipitations ont été plus abondantes entre 1994 et 1997 qu'entre 1997 et 2002, avec des moyennes respectives variant entre 1 064 mm et 859 mm (figure 3.17).

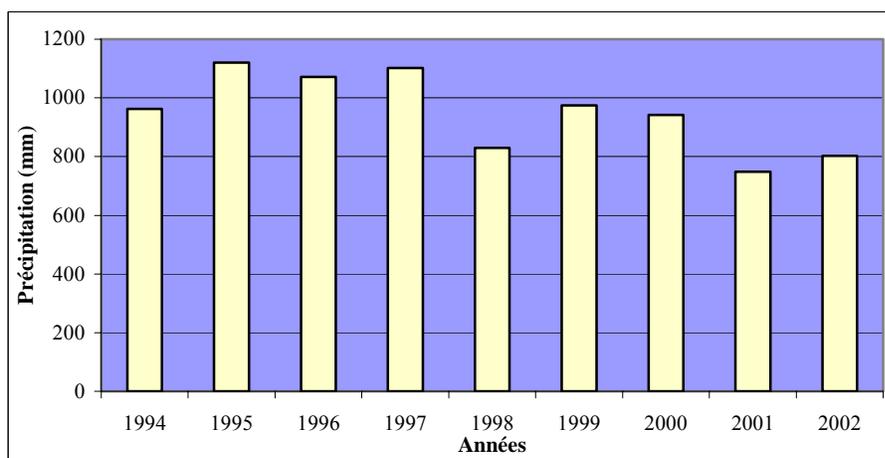


Figure 3.17 : Précipitations annuelles totales entre 1994 et 2002, à Montréal

Les précipitations moyennes hivernales pour la série d'années à l'étude sont de 224 mm. Les moyennes des précipitations saisonnières sont similaires, à l'exception de 2001 et 2002, où les précipitations ont été nettement inférieures par rapport à celles des autres années (figure 3.18). Les saisons printanières ont enregistré des précipitations moyennes 232 mm. Environ la moitié des années à l'étude ont des précipitations printanières relativement élevées tandis que l'autre

moitié a reçu des précipitations nettement inférieures. Ces années ne se suivent cependant pas dans la série temporelle (figure 3.18).

Les précipitations moyennes estivales sont de 243 mm. Les écarts sont très élevés selon les années avec des précipitations totales observables variant entre 173 mm (1997) et 348 mm (2002). Pour l'ensemble des années à l'étude, les précipitations moyennes automnales sont de 250 mm. Les automnes de 1995, 1996 et 1999 se démarquent avec des précipitations relativement élevées alors que 1998 et 2001 sont caractérisées par des saisons automnales avec de faibles précipitations (figure 3.18).

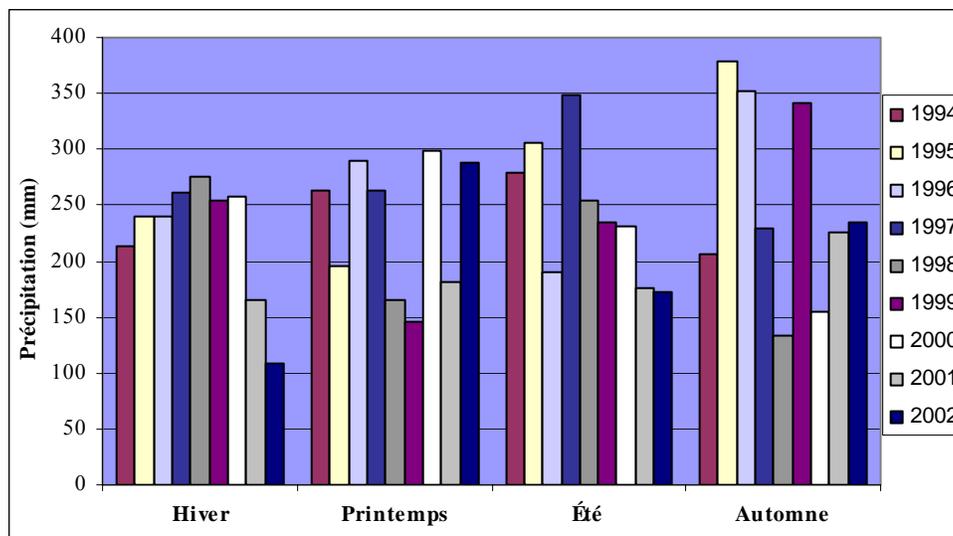


Figure 3.18 : Précipitations saisonnières totales entre 1994 et 2002, à Montréal

3.3.2 Profil météorologique de la région de Québec entre 1994 et 2002

Températures

Entre 1994 et 2002, la saison de croissance pour la station de Québec varie de 165 jours en 1997 (minimum) à 205 jours en 1998 (maximum) (figure 3.19a); la normale 1961-1990 est de 187 jours. La moyenne de la température maximum durant la saison de croissance varie de 18,6 à 21,0°C, celle de la température moyenne oscille entre 13,5 et 15,6°C et celle de la température minimum entre 8,6 et 10,2°C (figure 3.19b).

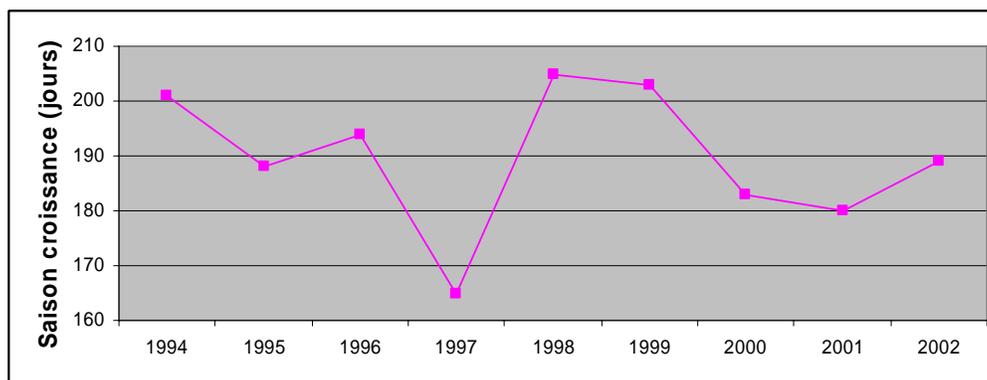


Figure 3.19a : Longueur de la saison de croissance entre 1994 et 2002 à Québec

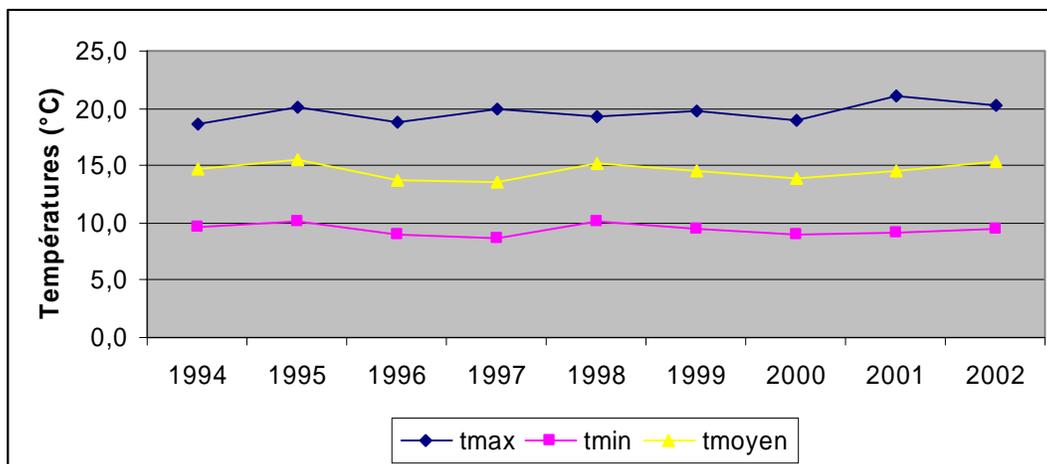


Figure 3.19b : Moyenne des températures maximale, minimale et moyenne entre 1994 et 2002 durant la saison de croissance, à Québec.

Pour l'ensemble des années étudiées, la température moyenne annuelle enregistrée à Québec est de 4,9 °C. La moyenne des températures est supérieure dans la deuxième moitié de la série temporelle soit entre 1998 et 2001. Les années 1998, 1999 et 2001 se démarquent par leurs valeurs de températures moyennes annuelles supérieures à 5°C. Inversement, les moyennes annuelles les plus basses ont été enregistrées en 1997 avec 3,7°C et en 1994 avec 4,0°C (figure 3.20).

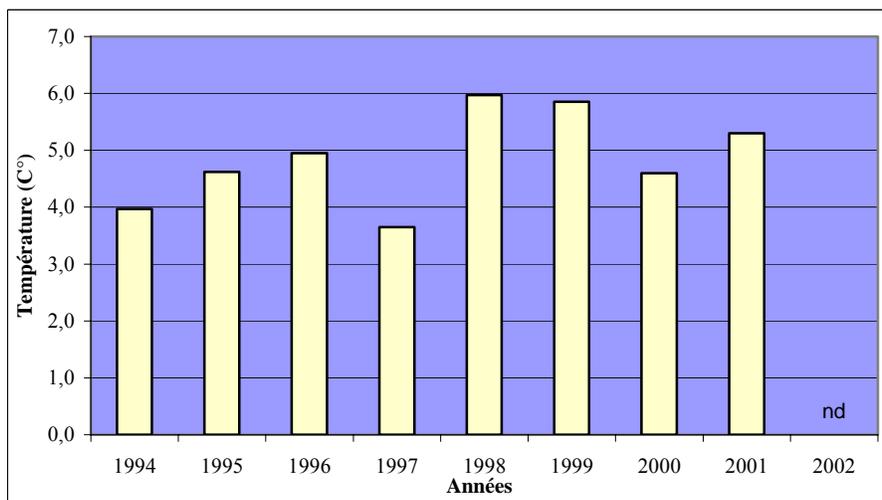


Figure 3.20 : Températures moyennes annuelles entre 1994 et 2002, à Québec (nd : non disponible)

Au cours des années 1994 à 2002, la température moyenne hivernale fut de -9,6°C. L'année 1994 a connu l'hiver le plus froid avec une température moyenne de -12,7°C alors que l'hiver le plus doux fut en 1998 avec une température moyenne de -6,8°C (figure 3.21). La température moyenne printanière fut de 3,9°C alors que les valeurs moyennes minimale et maximale ont varié entre 1,2°C (1997) et 5,6°C (1998) (figure 3.21). Quant aux saisons estivales, elles ont enregistré une température moyenne de 18,2°C. L'été le plus chaud fut en 1995 avec une moyenne de 19,3°C et le plus frais 2000 avec une moyenne de 17,6°C (figure 3.21). Pour l'ensemble des années à l'étude, les valeurs de températures moyennes automnales ont été de 6,8°C avec des minima de 6,1°C (1995-1997) et maxima de 7,8°C (1999) (figure 3.21).

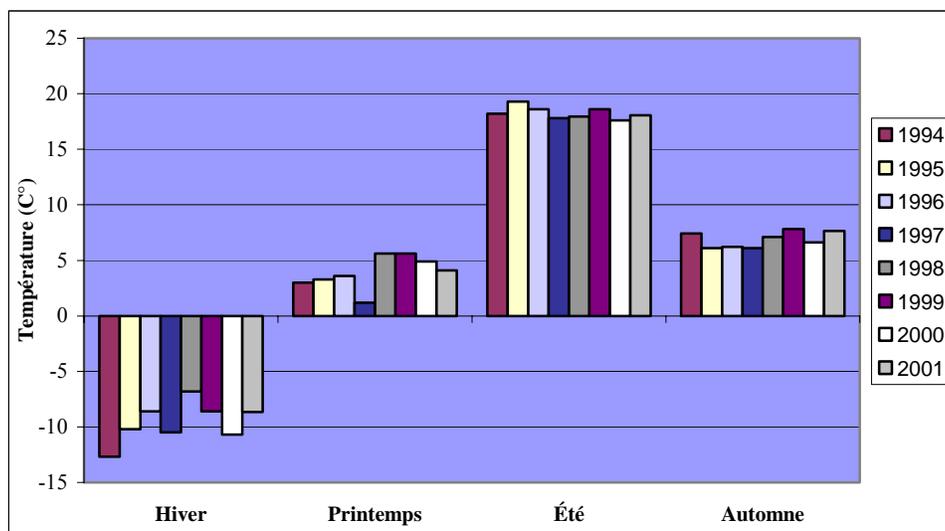


Figure 3.21 : Moyenne des températures saisonnières entre 1994 et 2002, à Québec

Précipitations

La moyenne des précipitations annuelles enregistrées à Québec au cours des années à l'étude est de 1 094 mm. Les précipitations maximales se sont produites en 1996 et les minimales en 1997. L'amplitude des précipitations annuelles est peu marquée et gravite autour de 206 mm (figure 3.22).

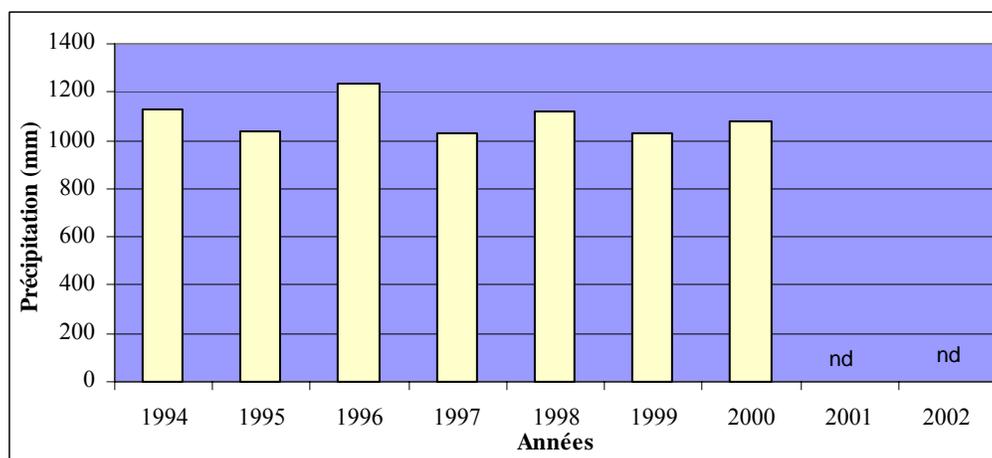


Figure 3.22 : Précipitations annuelles totales entre 1994 et 2002, à Québec
nd : non disponible

Au cours des années 1994 à 2002, les précipitations moyennes hivernales ont été de 220 mm. Les hivers des années 1996, 1997 et 2000 ont enregistré des précipitations supérieures à la moyenne soit entre 287 et 290 mm. L'hiver 2001 fut cependant fortement sous la moyenne avec un total de précipitations de seulement 147 mm (figure 3.23).

La moyenne des précipitations printanières est de 233 mm et subit des variations inter-saisonnières importantes selon les années. Les précipitations maximales printanières ont été enregistrées en 1994, 1995 et en 2000 (avec respectivement 280, 304 et 277 mm). Les prin-

temps de 1999 (190 mm) et 2001 (136 mm) sont les saisons qui ont reçu le moins de précipitations (figure 3.23).

La moyenne des précipitations estivales fut de 312 mm à Québec entre 1994 et 2002. Les différences sont très prononcées selon les saisons avec des valeurs maximales de 474 mm en 1994 et minimales de 129 mm en 2002 ce qui représente un écart de 345 mm (figure 3.23).

Pour l'ensemble des années étudiées, la moyenne des précipitations automnales est de 267 mm. Les automnes 1995, 1998 et 1999 se démarquent par leurs valeurs moyennes élevées (respectivement 312, 320 et 355 mm) et l'automne 1994 par ses valeurs les moins prononcées (174 mm) (figure 3.23).

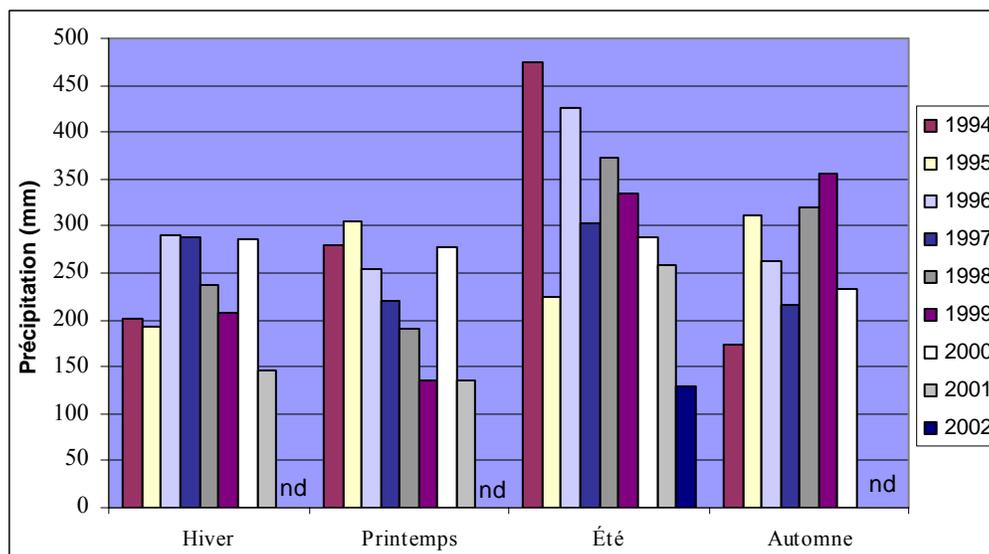


Figure 3.23 : Précipitations saisonnières totales entre 1994 et 2002, à Québec
nd : non disponible

3.3.3 Comparaison des paramètres météorologique entre les régions de Montréal et Québec

Saisons de croissance

Pour les périodes étudiées, la durée moyenne de la saison de croissance a varié entre 183 et 227 jours à Montréal et entre 165 et 205 jours à Québec. Dans les deux régions, les valeurs s'apparentent à la moyenne à la moyenne calculée pour la série 1961-1990.

Températures

Pour la totalité des années à l'étude, la région de Montréal a enregistré des températures moyennes annuelles supérieures de 2°C à celles de la région de Québec. Les fluctuations ont été relativement similaires pour les deux régions. L'année 1998 est celle qui fut la plus chaude autant à Montréal qu'à Québec. Pour les années les plus froides à Montréal, 1994 est suivie de 1997 alors qu'à Québec ce fut 1997 l'année la plus fraîche suivie de 1994 (figure 3.24).

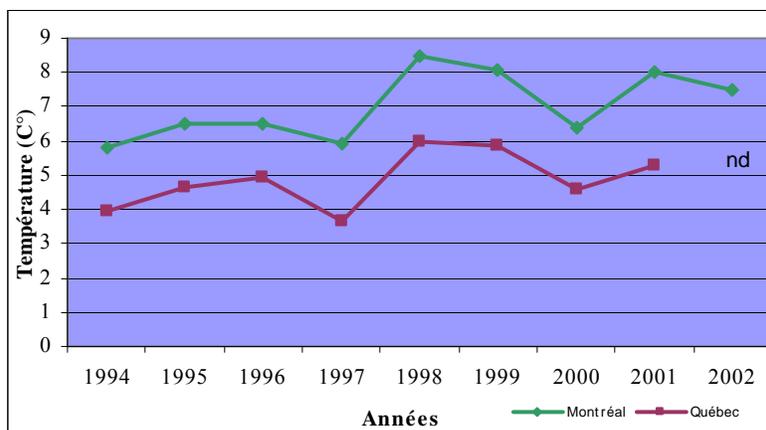


Figure 3.24 : Températures moyennes annuelles entre 1994 et 2002, à Montréal et à Québec (nd : non disponible)

Précipitations

Pour les régions à l'étude, les précipitations moyennes annuelles enregistrées sont généralement supérieures dans la région de Québec par rapport aux moyennes de Montréal. Toutefois, la variation annuelle des précipitations est plus importante à Montréal qu'à Québec (figure 3.25).

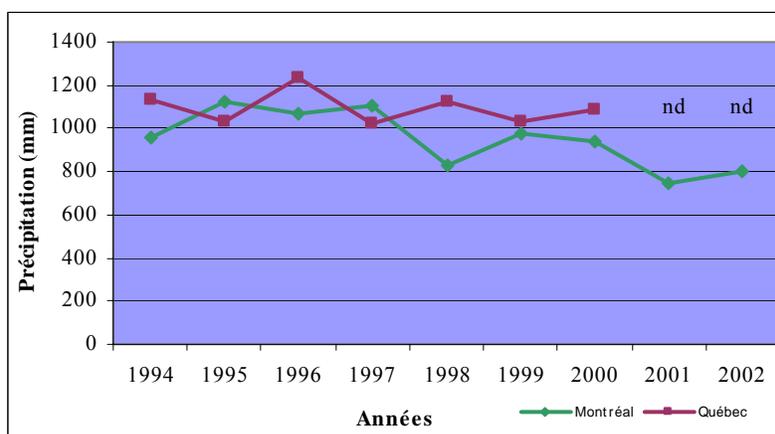


Figure 3.25 : Précipitations annuelles entre 1994 et 2002, à Montréal et à Québec (nd : non disponible)

3.4 Caractérisation des profils socio-économiques de Montréal et de Québec

Les Villes de Montréal et de Québec, comme les autres Villes importantes du Québec, ont subi une importante redéfinition de leurs territoires lors du dernier regroupement municipal, en 2001. La Ville de Montréal est passée de 16 quartiers municipaux, localisés dans la partie est de l'Île, à 27 arrondissements sur l'ensemble de l'Île de Montréal (figure 3.26). La structure administrative de la Ville de Québec a également été modifiée lors de ce regroupement municipal. Avant le projet des fusions municipales de 2001, la Ville de Québec se composait de 13 municipalités. Depuis les fusions, cette dernière se compose de huit arrondissements (figure 3.27). Cette redéfinition du territoire a engendré beaucoup de changements dans les caractéristiques des populations de Montréal et de Québec. Les données socio-économiques analysées sont celles du recensement de 2001.

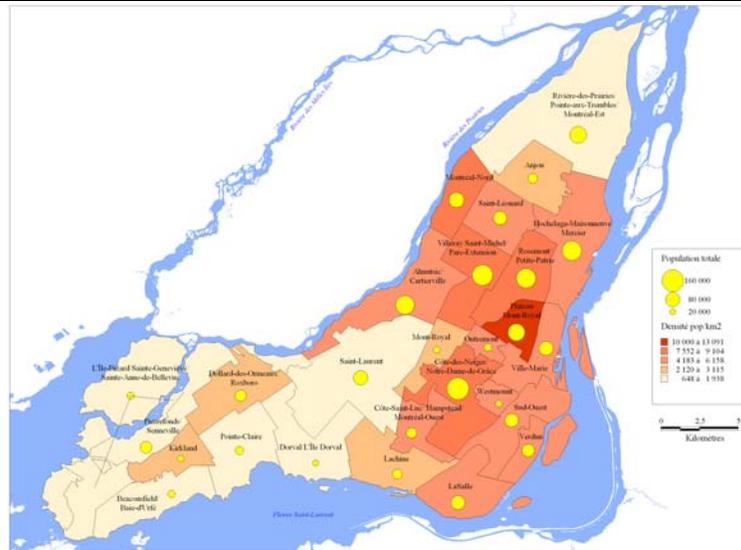


Figure 3.28 : Répartition de la population totale et densité de la population, Montréal, 2001
(Source : Ville de Montréal, 2001)

La population totale de la Ville de Québec était de 507 985 habitants lors de recensement de 2001. Elle s'est accrue de 0,7 % depuis 1996. Le total de la population des arrondissements de Québec se situe entre 44 980 habitants pour Limoilou et 82 965 habitants pour Laurentien. L'arrondissement Laurentien est nettement plus peuplé que les autres arrondissements de la Ville de Québec, par contre sa superficie est nettement supérieure à celle des autres arrondissements. De façon générale, les arrondissements de la Ville cumulent un pourcentage de population similaire variant entre 9,2 % et 13,8 % de la population totale de la Ville. La densité moyenne de population de la Ville de Québec est de 2 169,2 hab/km². Limoilou et La Cité sont les arrondissements les plus densément peuplés avec une densité de population environ 4 fois supérieure à celle de l'arrondissement Laurentien (figure 3.29).

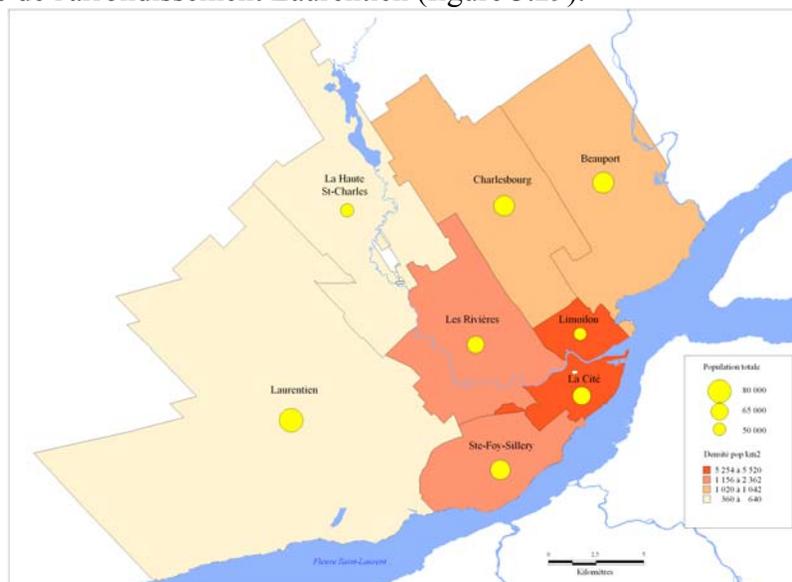


Figure 3.29 : Répartition de la population totale et densité de la population, Québec, 2001
(Source : Ville de Québec, 2001)

3.4.2 Sexe

À Montréal, la répartition des sexes (52 % de femmes et 48 % d'hommes) est légèrement différente de celle des moyennes québécoise et canadienne (toutes deux à 51 % de femmes et 49 % d'hommes) (Ville de Montréal, 2003). Certains arrondissements possèdent une population où l'équilibre de la représentation des sexes est nettement plus inégal. Par exemple, l'arrondissement Outremont compte 55 % de femmes et les hommes représentent 54 % de la population de Ville-Marie.

La Ville de Québec est composée en majorité de femmes. La répartition des sexes est identique à celle de la Ville de Montréal (52 % de femmes et 48 % d'hommes). Pour chaque arrondissement, les femmes sont représentées majoritairement. L'équilibre de la répartition des sexes est distinctement plus disproportionné dans l'arrondissement de Sainte-Foy/Sillery avec 55 % de femmes contre 45 % d'hommes.

3.4.3 Âge

La population la plus à risque dans le contexte de l'étude est âgée de 19 ans et moins, et elle compte pour 21,4 % de la population totale de la Ville de Montréal. Les plus fortes concentrations de jeunes se retrouvent aux extrémités est et ouest de la Ville, principalement dans les arrondissements Rivières-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles/Montréal-Est, l'Île-Bizard/Sainte-Geneviève/Sainte-Anne-de-Bellevue et Pierrefonds/Senneville. Proportionnellement, les enfants forment une part importante de la population de l'Ouest de l'Île. Dans les six arrondissements les plus à l'ouest une personne sur cinq a moins de 14 ans. Les jeunes sont particulièrement absents des zones où la densité de population est élevée, tel que l'arrondissement Plateau Mont-Royal. Cependant, on dénote une très forte concentration de population des 20 à 64 ans dans cet arrondissement ainsi que dans celui de Ville-Marie. Ce groupe est également fortement représenté dans une partie de l'arrondissement Verdun correspondant à l'Île des Sœurs. La population des 20 à 64 ans représente 63 % de la population de Montréal.

Les personnes âgées de 65 ans et plus forment 15,3 % de la population de Montréal. Les individus appartenant à ce groupe d'âge sont dispersés sur le territoire de la Ville de Montréal, mais il se dénote une légère concentration dans les arrondissements de Côte-Saint-Luc/Hampstead/Montréal-Ouest et de Westmount et en minorité sur le Plateau Mont-Royal et à Kirkland. Dans plusieurs cas, les concentrations correspondent à la localisation de centres d'accueil ou de logements pour personnes âgées (Ville de Montréal, 2002).

Dans la structure d'âge de la population de Montréal, on remarque l'importance de la population adulte. C'est dans le groupe des 20-44 ans que l'on trouve la plus importante concentration d'individu, soit 39,5 % de la population totale de l'Île. La population de 19 ans et moins et de 60 ans et plus est sous représentée comparativement celle de 20 à 59 ans (figure 3.30). On constate de plus une évolution de la génération vieillissante du *baby-boom*.

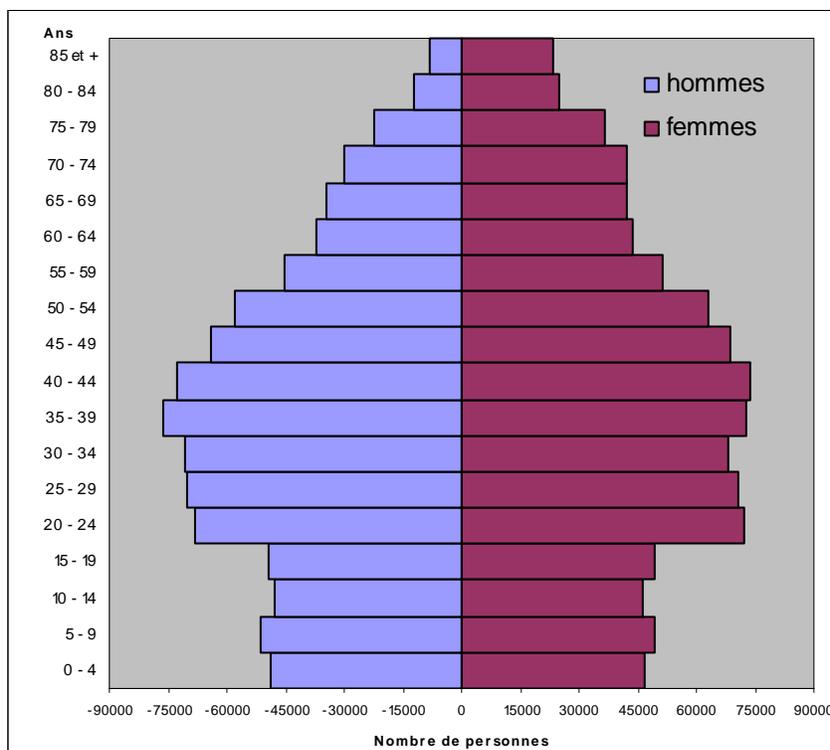


Figure 3.30 : Structure d'âge de la population de Montréal, 2001
(Source : Ville de Montréal, 2001)

La population âgée de 19 ans et moins compte pour 20,6 % de la population totale de la Ville de Québec. Les plus fortes concentrations de jeunes se trouvent dans les secteurs Laurentien, Haute-Saint-Charles et Beauport. Les jeunes sont généralement absents des zones où la densité de la population est élevée comme l'arrondissement La Cité. La population âgée entre 20 et 64 ans est dispersée parmi l'ensemble des arrondissements de la Ville avec des moyennes se situant entre 62,8 et 66,9 %. Cependant, on dénote une forte majorité de la population de 20 à 24 ans dans l'arrondissement Sainte-Foy/Sillery. C'est dans cet arrondissement que sont situés le campus de l'Université Laval et deux établissements d'études collégiales. La population de 20 à 64 ans représente 64,9 % de la population de la Ville de Québec.

Les personnes âgées de 65 ans et plus forment 14,5 % de la population de Québec. Les individus appartenant à ce groupe d'âge sont dispersés sur le territoire de la Ville de Québec, mais se retrouvent plus spécifiquement dans les arrondissements Les Rivières, Limoilou et de Charlesbourg et en minorité dans Laurentien et la Haute Saint-Charles.

Dans la structure d'âge de la population de Québec, la population de 19 ans et moins et de 60 ans et plus est sous représentée. On remarque l'importance de la population adulte allant de 35 à 59 ans. Dans le groupe d'âge des 20 à 24 ans, le nombre important d'individus correspond à la population étudiante. Cependant, le groupe des 25 à 35 ans diminue fortement ce qui est sûrement relié à l'exode des étudiants quittant la Ville pour se trouver du travail à l'extérieur de la région (figure 3.31). Tout comme Montréal, on constate une évolution de la population vieillissante.

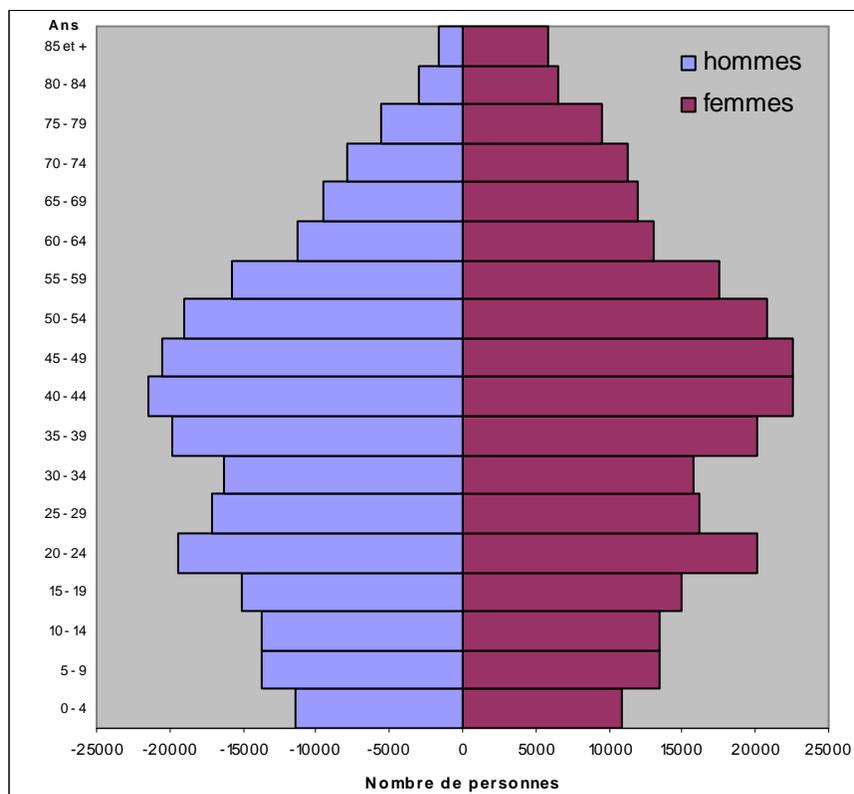


Figure 3.31 : Structure d'âge de la population de Québec, 2001 (Source : Ville de Québec, 2001)

3.4.4 Revenu moyen par ménage

Le revenu moyen des ménages, à Montréal, en 2001 correspondait à 61 545 \$. Les plus importantes concentrations de ménages à hauts revenus se trouvent dans la zone périphérique à la montagne, soit les arrondissements Mont-Royal, Outremont et Westmount ainsi que dans le secteur Ouest de la Ville plus précisément à Beaconsfield /Baie-d'Urfé. Environ 35 % de la population de Montréal fait partie de la catégorie des ménages à faibles revenus (Ville de Montréal, 2002). Ceux-ci sont localisés dans les arrondissements Villeray/St-Michel/Parc-Extension, Rosemont/Petite-Patrie, Sud-Ouest ainsi que Verdun pour le secteur est et dans les arrondissements Plateau Mont-Royal, Ville-Marie et Mercier/Hochelaga-Maisonneuve pour le secteur Ouest (figure 3.32).

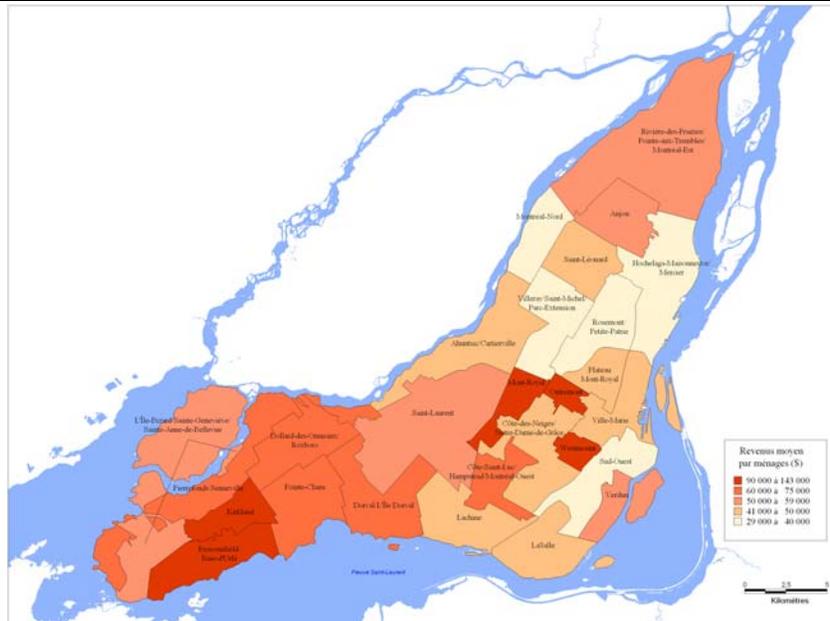


Figure 3.32 : Revenus moyen par ménage de Montréal, 2001
(Source : Statistique Canada, 2001)

La Ville de Québec a un revenu moyen par ménage de 42 786 \$ par année au recensement de 2001. L'arrondissement Laurentien englobe une population dont le revenu moyen est le plus élevé. Lui succèdent Sainte-Foy/Sillery, la Haute Saint-Charles et Beauport. Les Rivières et Charlesbourg se situent parmi les revenus moyens avec un peu plus de 40 000 \$ par année alors que les revenus les plus faibles se trouvent à proximité du Centre-Ville de Québec soit dans les arrondissements de La Cité et de Limoilou (figure 3.33).

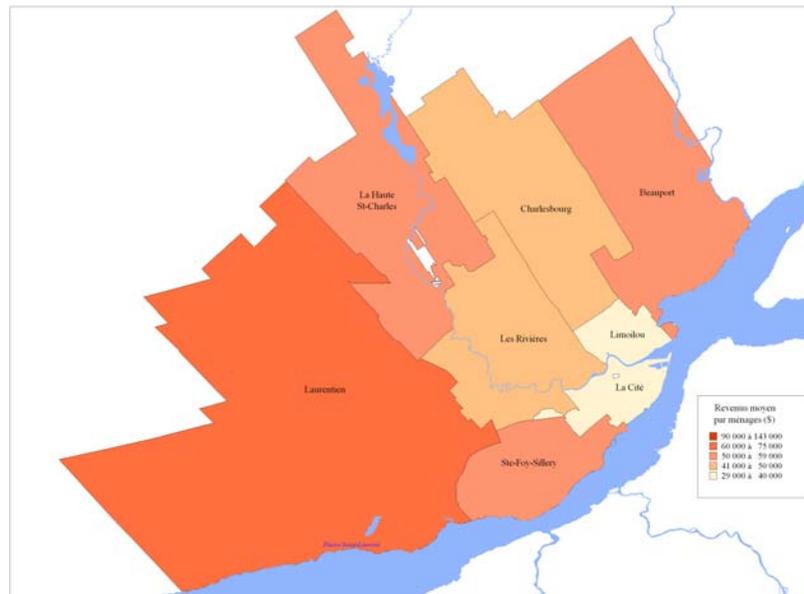


Figure 3.33 : Revenus moyen par ménage de Québec, 2001
(Source : Statistique Canada, 2001)

3.4.5 Chômage

A Montréal, le taux de chômage de la population de 15 ans et plus atteignait 9,2 % à Montréal lors du recensement de 2001. Les jeunes de 15 à 24 ans sont les plus affectés : 13,2 % de ceux-ci sont à la recherche d'emploi (Ville de Montréal, 2002). Les femmes ont un taux de chômage de 8,6 % comparativement à 9,8 % pour les hommes. Le taux de chômage est beaucoup plus élevé dans l'Est que dans l'Ouest de la Ville. Dans le centre de l'Île, on trouve des situations totalement opposées. Les arrondissements de Westmount, d'Outremont et de Mont-Royal ont des taux de chômage parmi les plus faibles de l'Île tandis que les unités administratives de Ville-Marie, Sud-Ouest et Côtes-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce présentent des taux de chômage parmi les plus élevés (figure 3.34).

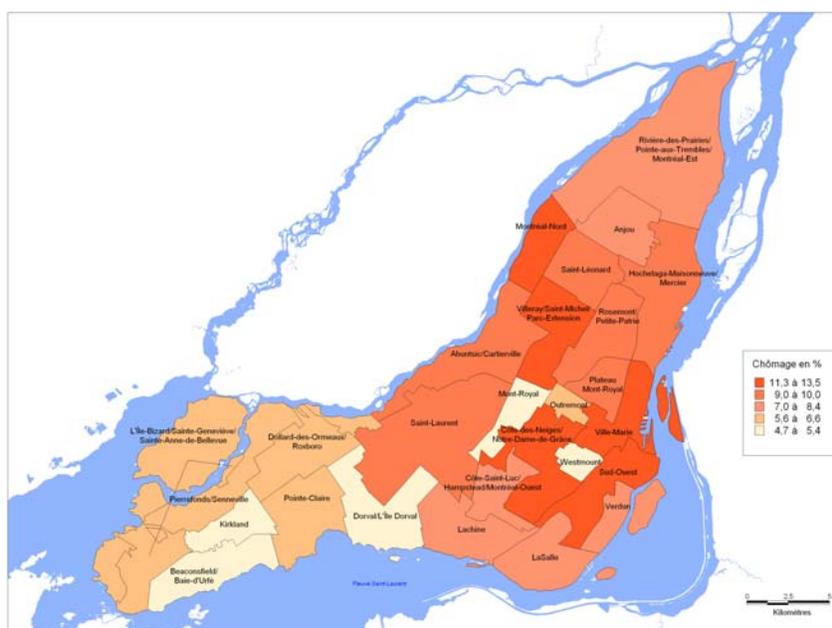


Figure 3.34 : Taux de chômage à Montréal, 2001
(Source : Statistique Canada, 2001)

Pour l'ensemble de la Ville de Québec, le taux de chômage moyen s'établit à 10% avec un maximum de 13,1% et un minimum de 4,8%. La distribution géographique des taux de chômage de la population âgée de 15 ans et plus indique un profil socio-économique correspondant à celui du revenu. En effet, l'Ouest de la Ville (Laurentien) présente le taux de chômage le plus faible comparativement aux arrondissements du centre (La Cité et Limoilou) qui se démarquent avec un taux de chômage élevé (figure 3.35).

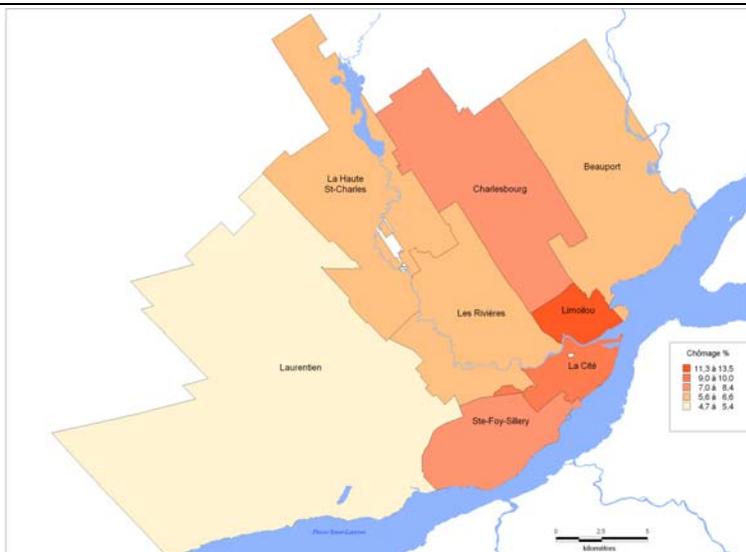


Figure 3.35 : Taux de chômage à Québec, 2001 (Source : Statistique Canada, 2001)

3.4.6 Scolarisation

Les études universitaires sont le plus haut niveau de scolarité atteint par 30 % de la population de Montréal âgée de 20 ans et plus. On dénote une nette démarcation Est-Ouest en ce qui concerne la population ayant effectué des études universitaires. Le pourcentage de personnes ayant complété des études universitaires est supérieur dans l’Ouest que dans l’Est de la Ville. Cependant, on remarque quelques exceptions, notamment dans les arrondissements de Lasalle et de Lachine où les pourcentages relativement faibles. Dans la partie centrale de l’Île, on trouve un pourcentage relativement élevé de personnes ayant complété des études universitaires à l’exception de l’arrondissement du Sud-Ouest. Westmount, Outremont et Mont-Royal présentent des pourcentages de personnes ayant complété des études universitaires parmi les plus élevés de l’Île suivis de près par les unités administratives de Ville-Marie, Côtes-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce, Plateau Mont-Royal et Côte-Saint-Luc/Hampstead/Montréal-Ouest (figure 3.36).

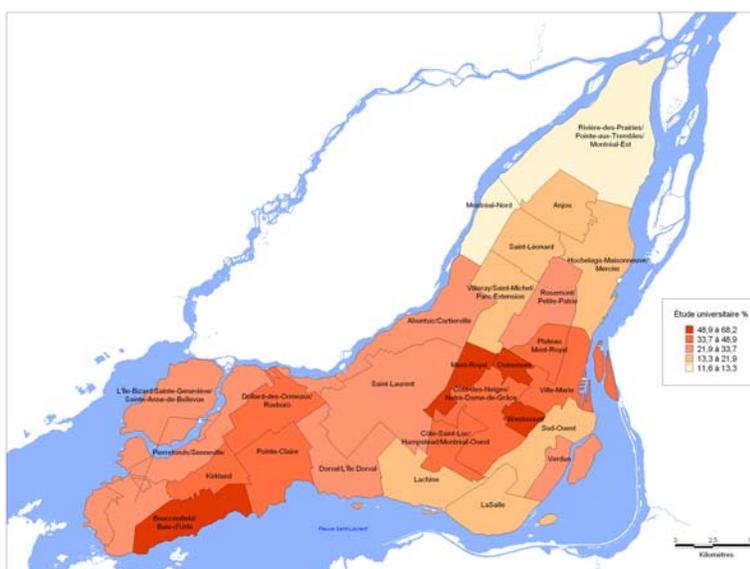


Figure 3.36 : Taux d’étude universitaire à Montréal, 2001 (Source : Statistique Canada, 2001)

A Québec, près de 13 % de la population de Québec de 15 ans et plus n'a pas atteint le niveau du secondaire III. La majorité de ce groupe se trouve dans les arrondissements de Limoilou et de Beauport. C'est dans l'arrondissement de Saint-Foy/Sillery que le pourcentage de la population de 15 ans et plus, ayant effectué des études universitaires est le plus élevé suivi par les arrondissements de La Cité et Laurentien (figure 3.37).

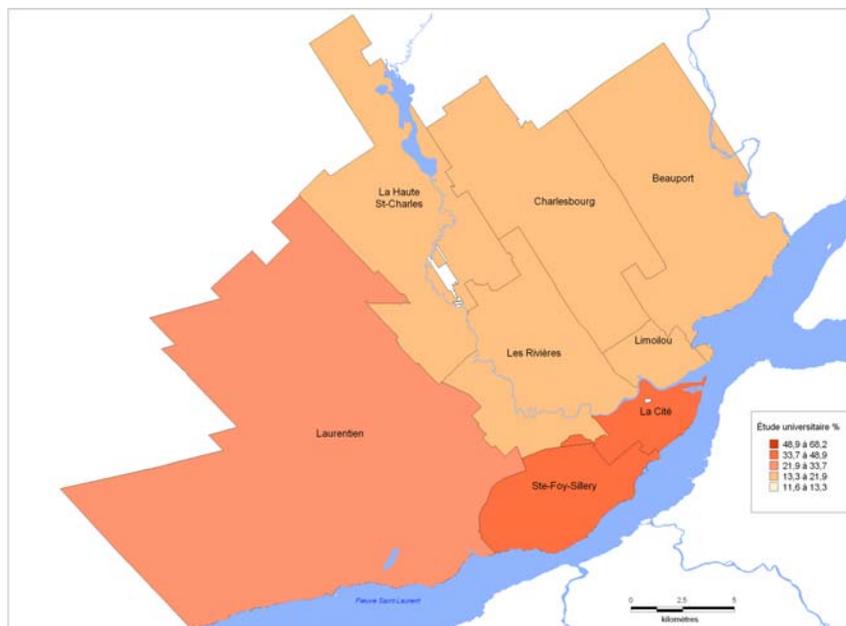


Figure 3.37 : Taux d'étude universitaire à Québec, 2001
(Source : Statistique Canada, 2001)

3.4.7 Relation entre le revenu, le niveau de scolarisation et le chômage

Le tableau 3.2 présente les relations entre les variables retenues: revenu, scolarisation et chômage effectuées à l'aide du coefficient de Pearson. Des liens entre le revenu et la scolarité sont observables : le revenu est supérieur lorsque le niveau de scolarité est élevé. De plus, des liens existent aussi entre le taux de chômage et la scolarisation : lorsque le niveau de scolarité est bas, les taux de chômage sont plus élevés.

La population ayant obtenu un diplôme d'études universitaires permet de dégager un profil socio-économique qui correspond à la distribution des revenus supérieurs des ménages. La dichotomie entre les secteurs riches et pauvres est donc très distincte. Par exemple, Westmount possède un taux de diplomation universitaire, un revenu moyen par ménage élevé ainsi qu'un taux de chômage bas. À l'opposé, le Sud-Ouest est caractérisé par une population ayant un taux de diplomation universitaire et un revenu moyen par ménage faible ainsi qu'un taux de chômage élevé.

Tableau 3.2 : Matrice de corrélation, Montréal (Coefficient de Pearson)

Variabes	Revenu	Taux de chômage
% de diplômés universitaire	0,806	-0,527
% de diplômés collégiaux	-2,08	-0,234
% de diplômés ayant atteint leur 13 ^{ième} année (5 ^e secondaire)	-0,720	0,405
% population n'ayant pas atteint leur 9 ^{ième} année (3 ^e secondaire)	-0,747	0,765

Au niveau géographique, on constate une nette distinction entre l'Ouest et l'Est de la Ville et des variations dans la partie centrale de l'Île. Selon Marois (1988, 1989), ce phénomène s'explique par la configuration spatiale classique opposant les extrémités de l'Île avec des variations importantes aux centres. Cependant, quelques nuances doivent être apportées. Certains secteurs de la partie Ouest et Sud-Ouest se rapprochent sur le plan socio-économique de plusieurs arrondissements de l'Est de la Ville. C'est le cas notamment des arrondissements de Verdun et de LaSalle. De plus, il existe des contrastes marqués dans la partie centrale de la Ville qui opposent par exemple les arrondissements de Westmount et Mont-Royal avec Hochelaga-Maisonneuve, Ville-roy et Saint-Michel (figure 3.38, p.72).

Des liens entre le revenu, le taux de chômage et la scolarité sont également observables pour la Ville de Québec. Le revenu est généralement supérieur lorsque le niveau de scolarité atteint est élevé. Cependant, on remarque que la relation entre le revenu et le niveau de scolarité est supérieure pour les diplômés de niveau collégial qu'universitaire. De plus, des liens entre le taux de chômage et la scolarisation sont également présents : lorsque le niveau de scolarité est inférieur, le taux de chômage est plus élevé, sauf en ce qui concerne les diplômés universitaires qui présentent un taux de chômage supérieur à celui des diplômés collégiaux.

Tableau 3.3 : Matrice de corrélation, Québec (Coefficient de Pearson)

Variabes	Revenu	Taux de chômage
% de diplômés universitaire	0,207	-0,01
% de diplômés collégiaux	0,582	-0,762
% de diplômés ayant atteint leur 13 ^{ième} année (5 ^e secondaire)	-0,010	-0,261
% population n'ayant pas atteint leur 9 ^{ième} année (3 ^e secondaire)	-0,747	0,765

La population sans diplôme d'études secondaires permet de dégager un profil socio-économique qui s'apparente à la distribution de faible revenu des ménages. En effet, la dichotomie entre les secteurs riche/pauvre est très nette. Par exemple, Sainte-Foy-Sillery, présente une concentration d'universitaires ayant un revenu moyen par ménage supérieur et un taux de chômage inférieur à la moyenne des arrondissements de la Ville de Québec contrairement à Limoilou qui englobe un

taux de diplômés universitaires et une population à revenu moyen par ménage plus faible avec un pourcentage plus élevé de chômeurs (figure 3.39, p.73).

3.4.8 Comparaison socio-économique des régions de Montréal et Québec

La population totale et la densité de population pour la région de Montréal est plus que deux fois supérieure à celle de Québec. La répartition des sexes est identique pour les deux régions et on observe une augmentation de la population vieillissante aux dépens de la population plus jeune.

Pour les régions de Montréal et de Québec, la distribution géographique des indicateurs socio-économique permet de dégager des relations entre le revenu, le niveau de scolarité et le taux de chômage. De plus, le coefficient de Pearson vient appuyer cette tendance en démontrant des corrélations entre ces variables.

Les disparités socio-économiques entre les arrondissements sont beaucoup plus importantes à Montréal qu'à Québec. Ce phénomène peut être expliqué en partie par le fait que les unités administratives sont beaucoup moins nombreuses à Québec et donc plus homogènes.

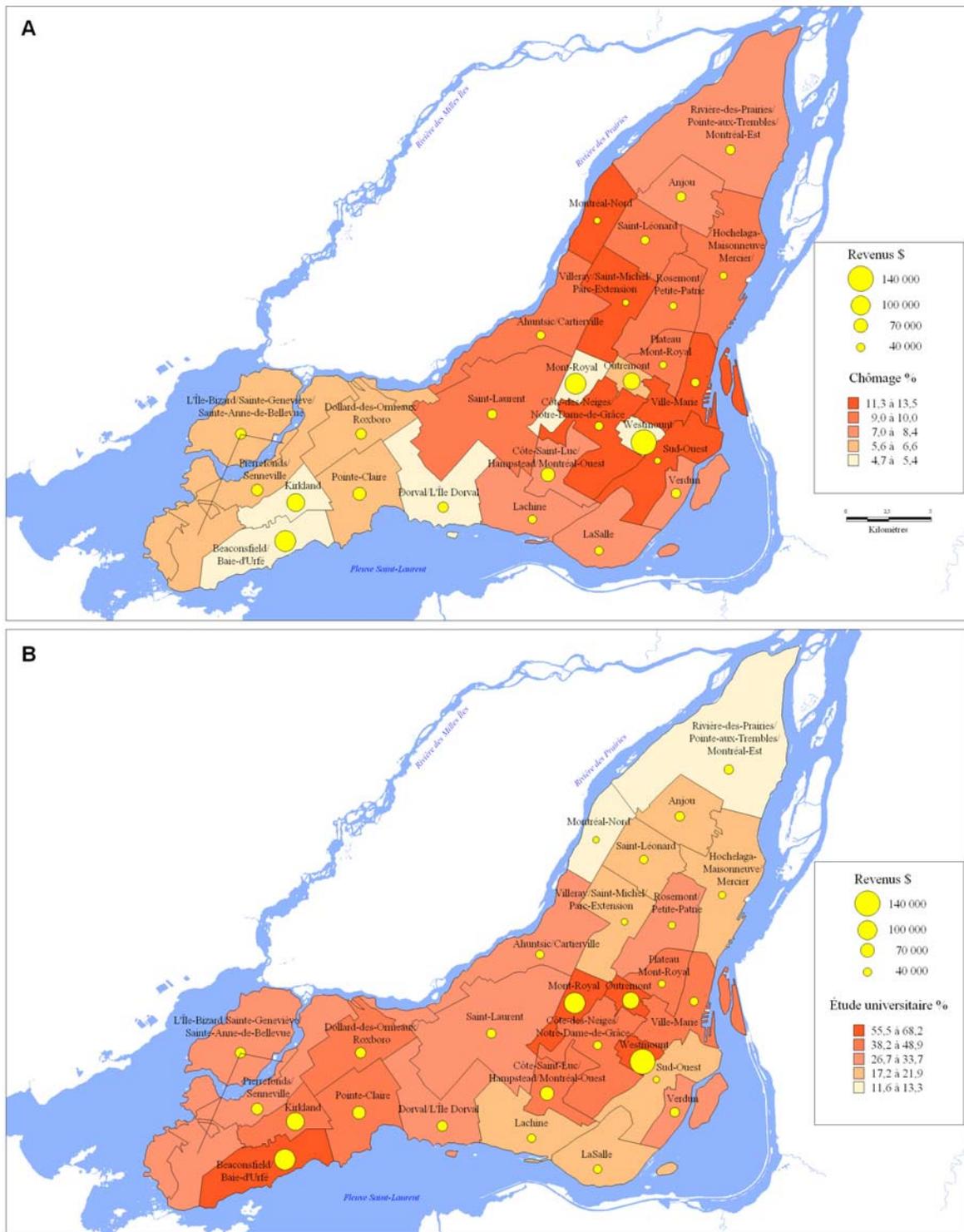


Figure 3.38 : **A.** Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage de chômage **B.** Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage d'études universitaires complétées, Montréal, 2001 (Source : Ville de Montréal, 2001)

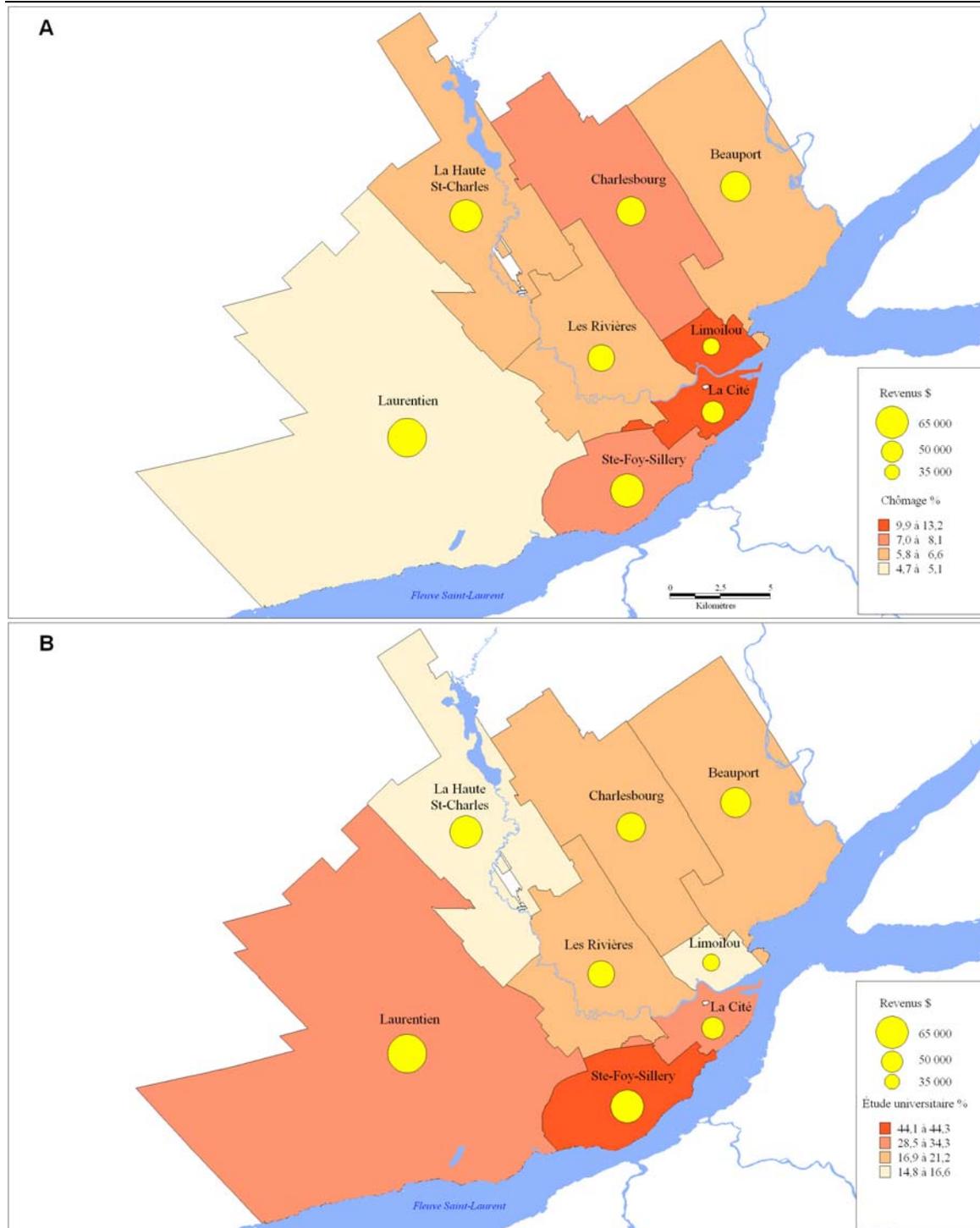


Figure 3.39 : **A.** Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage de chômage **B.** Distribution du revenu moyen par ménage et du pourcentage d'études universitaires complétées, Québec, 2001 (Source : Ville de Québec, 2001)

3.4.9 Résumé de la caractérisation biophysique et socio-économique des régions de Montréal et Québec

Les régions de Montréal et de Québec sont situées dans l'axe du Saint-Laurent, soit dans la direction des vents dominants (SO-NE). Ces deux régions se distinguent sur plusieurs aspects, notamment en ce qui concerne le climat, la géologie, la biogéographie et le contexte socio-économique.

La Ville de Montréal, sise dans les basses-terres du Saint-Laurent, est caractérisée par son paysage de plaine parsemé d'un massif intrusif appartenant aux collines Montérégiennes (Mont Royal). La moyenne annuelle de température varie autour de 7°C, ce qui en fait la région la plus thermophile du Québec. La région de Montréal est située à l'intérieur du domaine bioclimatique de l'érablière caryers. Cependant, les espaces verts occupent une faible superficie de l'Île en ne dépassant pas 35 km² soit 7 % du territoire. D'autre part, le profil socio-économique de l'Île démontre de fortes disparités entre l'Ouest et l'Est de la Ville avec des variations importantes au centre. De plus, la densité de population de Montréal gravite autour de 4 512 hab/km² ce qui est plus que le double de celle de Québec avec 2 169 hab/km².

En ce qui concerne la Ville de Québec, elle se situe à 250 km plus au nord que Montréal à l'embouchure de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent et aux confins du piedmont des Laurentides. Caractérisée par trois provinces géologiques, le Bouclier Canadien, les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches, son relief est beaucoup plus prononcé que celui de Montréal. La température moyenne annuelle de Québec est de 5°C et les précipitations sont légèrement plus élevées que sur l'Île de Montréal. Le domaine bioclimatique est celui de l'érablière à tilleul. La végétation occupe une proportion importante de la Ville avec 230 km² de milieux boisés, ce qui représente 41 % du territoire. La disparité socio-économique est cependant inférieure à celle de Montréal avec des variations beaucoup moins importantes selon les unités administratives.

Chapitre 4 : Caractérisation des allergies respiratoires dues au pollen (rhinite allergique) dans les régions de Montréal et de Québec

Le fichier initial représentant les consultations médicales pour rhinite allergique causée par le pollen entre 1994 et 2002 contient 41 372 enregistrements pour Montréal et 6 548 enregistrements pour Québec.

Après la validation des données, les enregistrements totaux ont diminué dans les deux régions. Sur les 41 372 consultations médicales effectuées à Montréal, aucun doublon n'a été identifié et seulement 56 cas ont été situés hors de la zone d'étude, ou avec des codes postaux non valides ou manquants. Deux cent sept enregistrements correspondaient à des codes postaux ne référant pas à un lieu de résidence: (E (immeuble commercial) : 60; G (gros destinataire de courrier) : 50; J (poste restante): 1; K (boîtes postales) : 53 et Z (codes postaux retirés): 43. À la suite de ce traitement, le fichier des consultations médicales a totalisé 41 109 enregistrements. De ces enregistrements, 23 506 consultations ont été effectuées par des femmes et 17 603 par des hommes.

Sur les 6 548 consultations médicales effectuées à Québec, aucun doublon n'a été identifié, trois avaient des codes postaux non valides, 1 065 étaient situés hors de la zone d'étude et cinq correspondaient à des codes postaux ne référant pas à un lieu de résidence: E (immeuble commercial): 60; K (boîtes postales): 3. À la suite de ce traitement, le fichier ne contenait plus que 5 475 enregistrements dont 3 110 étaient des consultations effectuées par des femmes et 2 365 par des hommes.

À l'aide des résultats obtenus par la validation des données, des analyses descriptives concernant la fréquence de consultations médicales et des analyses d'association entre les concentrations polliniques, les indicateurs socio-économiques et les consultations médicales ont été réalisées.

4.1 Analyses descriptives des consultations médicales

4.1.1 Variation temporelle des consultations médicales

La figure 4.1 présente les profils des consultations médicales pour cause de rhinite allergique pour Montréal et Québec. À Montréal, le taux moyen de consultations médicales entre les années 1994 et 2002, a connu un sommet en 1995 suivi d'une augmentation constante entre 1997 et 2002. Les années 1995 et 2002 représentent les années où les taux moyens de consultations ont été les plus élevés par opposition à 1997 et 1998 où les consultations ont été les plus faibles. La Ville de Québec, a enregistré une tendance croissante des consultations médicales au cours de la même période d'étude.

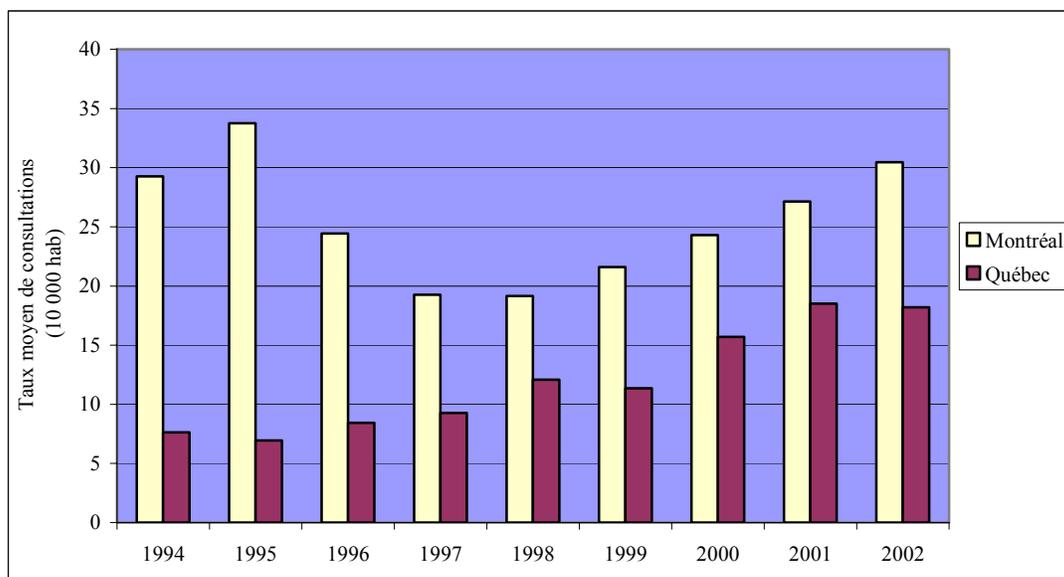


Figure 4.1 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, à Montréal et Québec, de 1994 à 2002

4.1.2 Variation chronologique des consultations médicales en fonction des mois

La fréquence des consultations médicales varie de façon importante en fonction du mois de l'année. Le taux moyen de consultations est en hausse pour la période allant de mai à octobre, ce qui correspond à la saison pollinique du sud du Québec (figure 4.2). Entre 1994 et 2002, au cours des saisons polliniques, la fréquence des consultations fut de 14,5 pour 10 000 habitants à Montréal et 6,6 pour 10 000 habitants à Québec.

Les taux moyens des consultations médicales sont élevés au début de la saison pollinique, (mai et juin), ce qui correspond à la productivité pollinique des arbres. Les mois d'août, septembre et octobre enregistrent également un nombre important de consultations médicales et ces mois correspondent à la période de pollinisation de l'*Ambrosia* spp.

Les deux mois où le taux moyen des consultations est le plus important sont ceux de mai et d'août avec respectivement 2,84 consultations pour 10 000 habitants et 2,57 consultations pour 10 000 habitants. Pour Québec, ce sont les mois de mai et octobre qui ont enregistré le plus importants taux moyen de consultations médicales avec respectivement, 1,3 consultations pour 10 000 habitants (mai) et 1,2 consultations pour 10 000 habitants (octobre). On constate une baisse des consultations médicales en juillet. Ce mois correspondant à l'intervalle entre la saison pollinique des arbres et celle de l'*Ambrosia* spp. Autrement, le nombre de consultations est relativement équivalent. Les résultats sont présentés à l'annexe D.

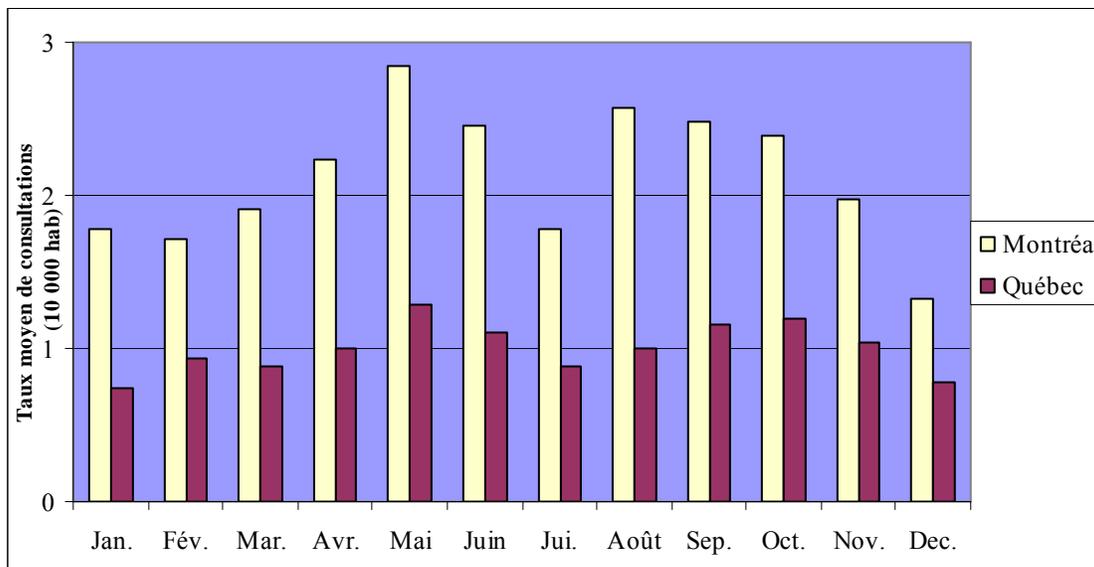


Figure 4.2 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du mois, à Montréal et à Québec, de 1994 à 2002

4.1.3 Fréquence des consultations médicales en fonction du sexe

Les figures 4.3 et 4.4 présentent la distribution des taux moyens des consultations médicales pour rhinite allergique selon le sexe des patients dans les régions de Montréal et de Québec, entre 1994 et 2002. Pour l'ensemble des années étudiées, les consultations sont légèrement plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes et ce, dans les deux régions. En moyenne 57 % des femmes ont consulté un médecin comparativement à 43 % d'hommes.

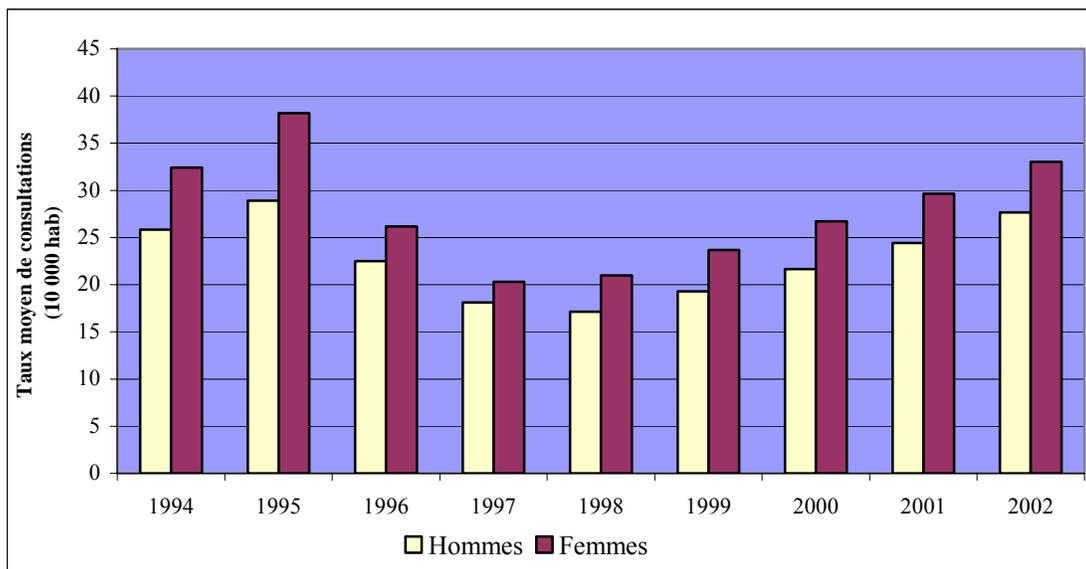


Figure 4.3 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du sexe, à Montréal, de 1994 à 2002

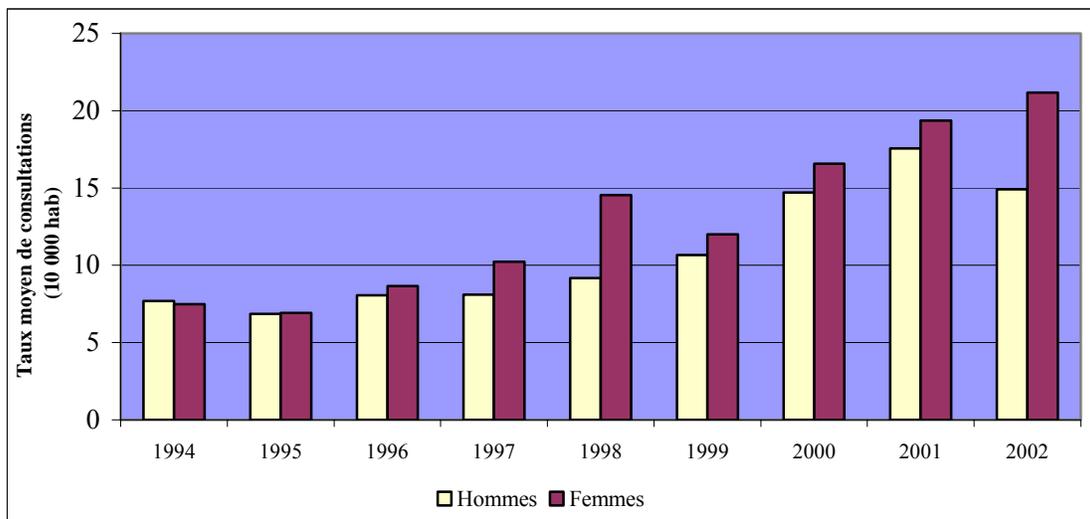


Figure 4.4 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du sexe, à Québec, de 1994 à 2002

4.1.4 Fréquence des consultations médicales en fonction de l'âge

La figure 4.5 présente les taux moyens de consultations médicales pour cause de rhinite allergique en fonction de l'âge. La fréquence des consultations médicales a été calculée pour les neuf années à l'étude selon chaque groupe d'âge.

La population âgée entre 5 et 49 ans représente une part considérable de ceux qui ont effectué des consultations médicales pour les deux régions à l'étude. Plus de 79,1 % des consultations médicales ont été effectuées dans la région de Montréal et 89,4 % dans la région de Québec. Cependant, certains groupes d'âge présentent une fréquence de consultation beaucoup plus élevée selon les arrondissements. Par contre, pour les deux régions, le taux moyen des cas de rhinite allergique est supérieur chez les jeunes. Le groupe des 10-14 ans est celui ayant enregistré le taux moyen des consultations médicales le plus élevé, tant à Montréal qu'à Québec, avec respectivement 40,6 et 36,1 consultations pour 10 000 habitants. C'est le groupe des 65 ans et plus qui a consulté le moins fréquemment.

Le sexe prédominant des patients ayant consulté un médecin pour rhinite allergique est différent selon le groupe d'âge (figure 4.6 et 4.7). Les consultations médicales sont plus élevées chez les enfants de sexe masculin entre 0 à 14 ans. Autrement, ce sont les femmes qui présentent les fréquences de consultation les plus élevées.

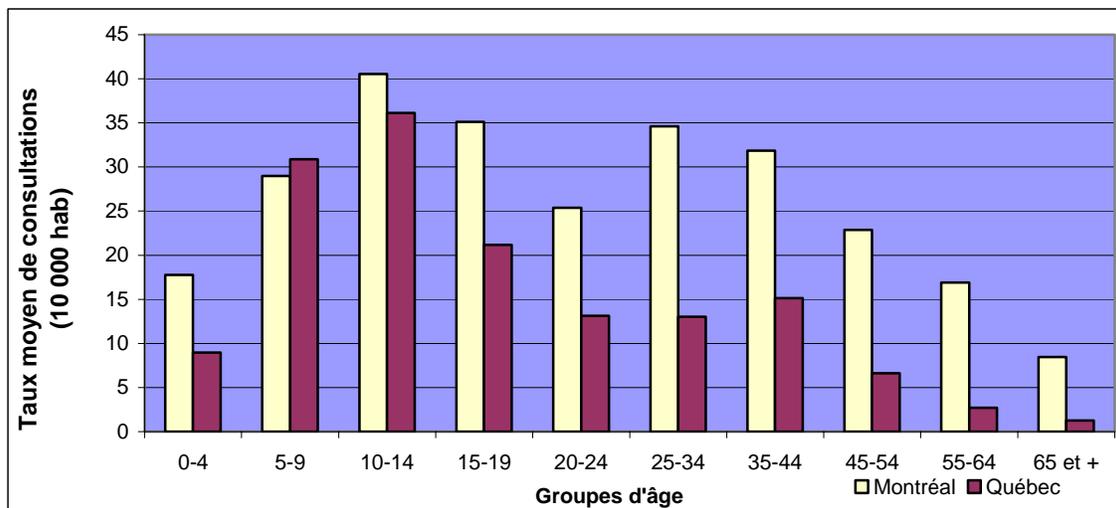


Figure 4.5 : Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction de l'âge, à Montréal et à Québec, de 1994 à 2002

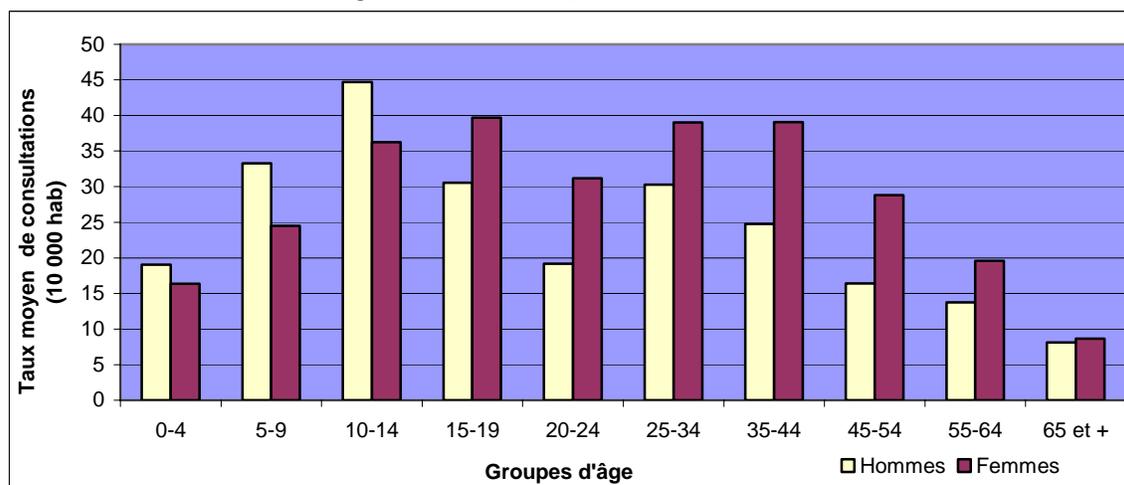


Figure 4.6 : Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction de l'âge et le sexe à Montréal, de 1994 à 2002

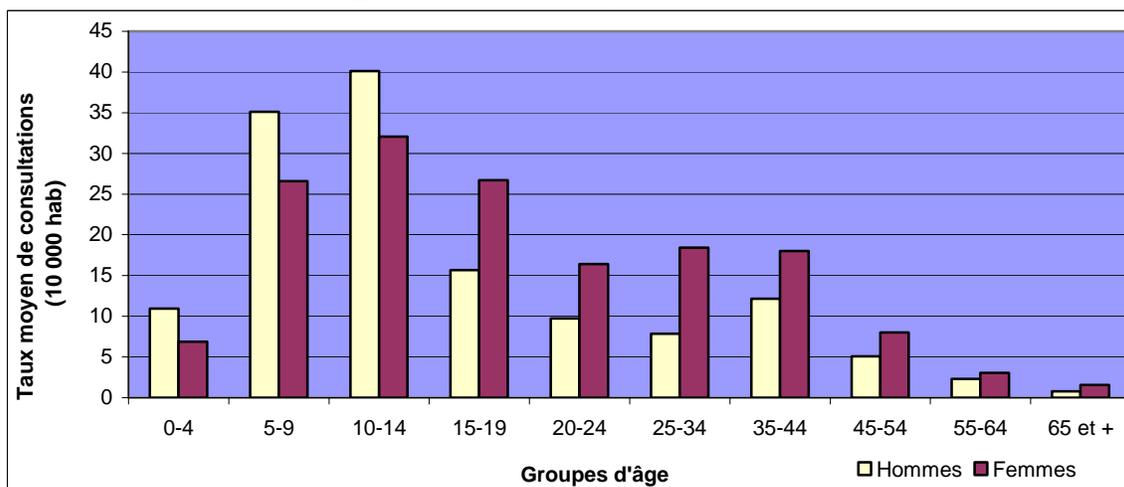


Figure 4.7 : Taux moyen des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction de l'âge et le sexe à Québec, de 1994 à 2002

4.1.5 Nombre de consultations médicales pour un même individu par année

Le taux moyen de consultations médicales pour chaque année à l'étude est groupé en trois classes selon le nombre de visites par individu. Les classes sont définies ainsi : 1) 1 consultation (représente le nombre total d'individus souffrant de rhinite allergique), 2) 2 et 3 consultations et 3) 4 consultations et plus. Ces classes indiquent à la fois le niveau de récurrence mais aussi les possibilités à d'allergies à différents groupes (saisons) polliniques.

Les moyennes des consultations médicales multiples ont été calculées pour les neuf années à l'étude et sont représentées aux figures 4.8 et 4.9 en séparant les valeurs entre les hommes et les femmes. Au total par contre pour Montréal, les résultats indiquent que le taux moyen des individus ayant consulté une fois dans l'année est de 19,9 consultations pour 10 000 habitants (soit 78 % des consultations totales). Les individus ayant consulté plus d'une fois représentent 5,6 consultations pour 10 000 habitants (soit 22 %). En ce qui concerne Québec, un taux de 8,7 consultations pour 10 000 habitants (73 %) représente les individus ayant consulté une seule fois par année. Les individus qui ont consulté à plus d'une reprise représentent 3,3 consultations pour 10 000 habitants (27 %). La fréquence de consultations multiples est généralement plus élevée chez les femmes que chez les hommes. En fait, le nombre moyen de consultations médicales par individu est de 1,28 fois pour les résidents de Montréal et de 1,37 pour ceux de Québec.

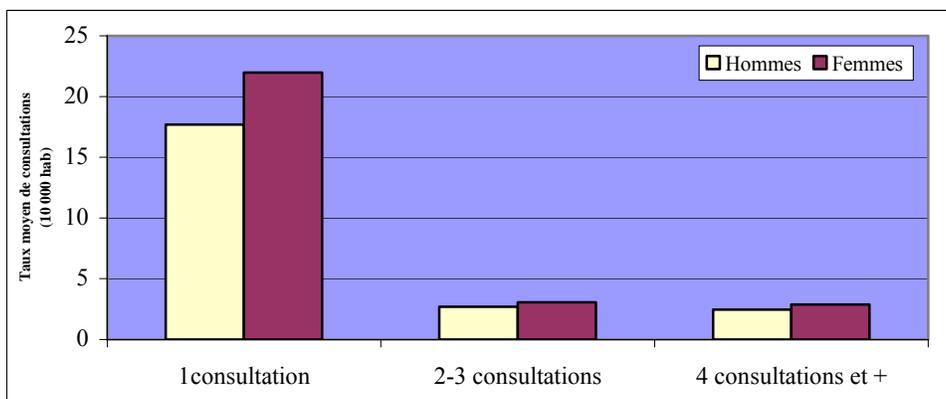


Figure 4.8 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du nombre de consultations par individu, à Montréal, de 1994 à 2002

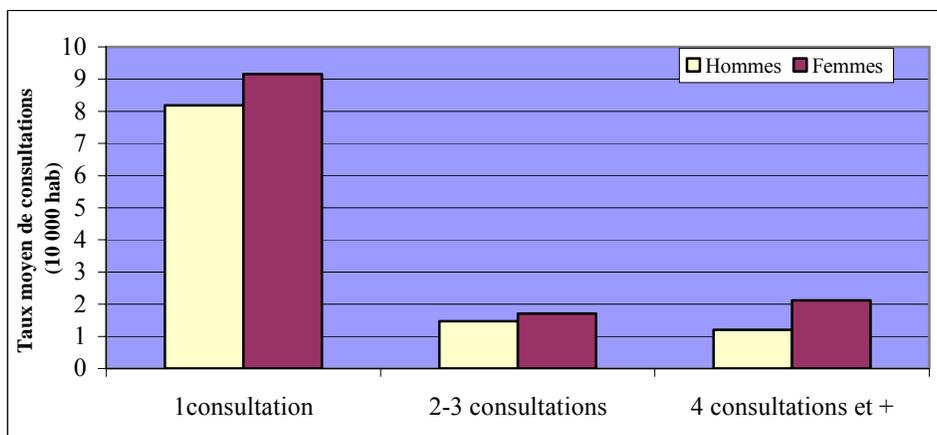


Figure 4.9 : Taux moyen de consultations médicales pour cause de rhinite allergique, en fonction du nombre de consultations par individu, à Québec, de 1994 à 2000

4.1.6 Analyses géographiques des consultations médicales

Afin de démontrer la distribution spatiale de personnes souffrant de rhinite allergique, celles ayant consulté entre 1994 et 2002 ont été identifiées selon leur lieu de résidence (cartographie par code postal 6 positions). Les taux moyens de consultations médicales présentent des différences importantes selon les arrondissements (figures 4.10 et 4.11) et ce, tant pour Montréal et que pour Québec.

Les taux moyens de consultations médicales entre 1994 et 2002 à Montréal sont supérieurs dans l'Est et le Centre Sud de la Ville. Les arrondissements Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles/Montréal-Est et Lasalle sont ceux qui présentent les taux moyens de consultations les plus élevés avec respectivement 57,4 (13,0 %) et 73,1 (11,6 %) consultations médicales pour 10 000 habitants. À l'inverse, les arrondissements d'Outremont, du Plateau Mont-Royal présentent des taux moyens bas avec 7,3 et 13,4 consultations médicales pour 10 000 habitants.

À Québec, ce sont les arrondissements Beauport (21,4 consultations médicales pour 10 000 habitants par année (25,8 %)) et Laurentien (19,9 consultations médicales pour 10 000 habitants par année (27,3 %)) qui groupent les plus hauts taux de consultations médicales pour rhinite allergique, entre 1994 et 2002. L'unité administrative qui détient le taux moyen de consultations médicale par année le plus bas est celui de La Cité avec 6,9 (6,9 %) suivi de près par celui de Limoilou avec 6,8 (5,1 %).

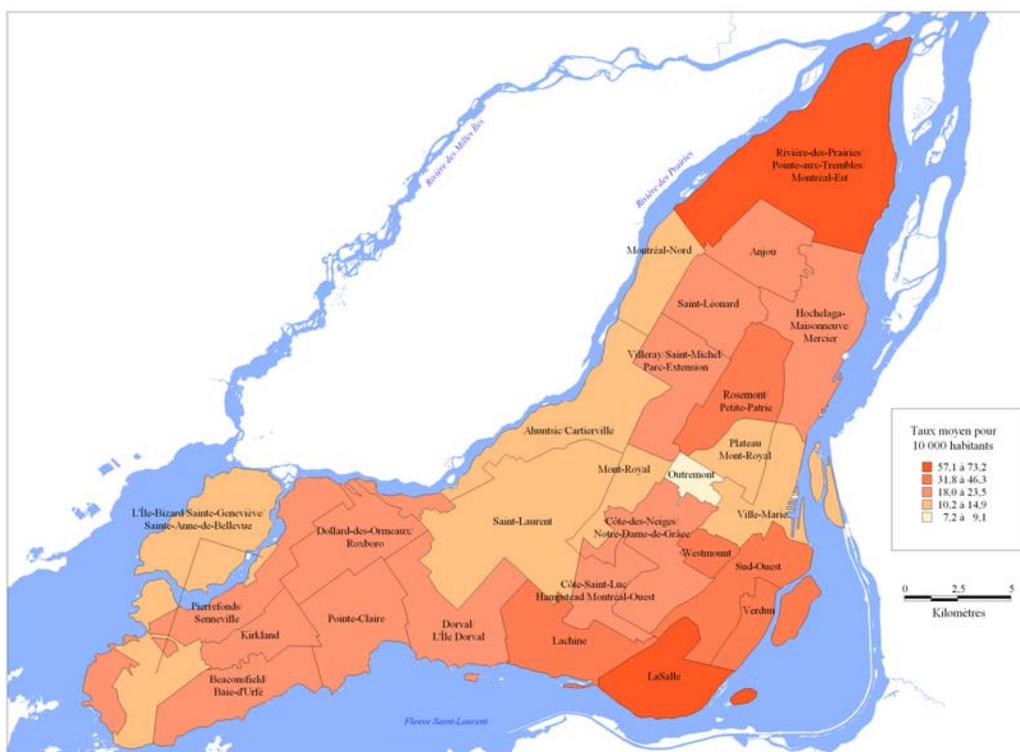


Figure 4.10 : Taux moyen de consultations médicales dues au pollen, Montréal de 1994 à 2002 pour 10 000 habitants
(Source : Régie de l'assurance maladie du Québec, 1994-2002)

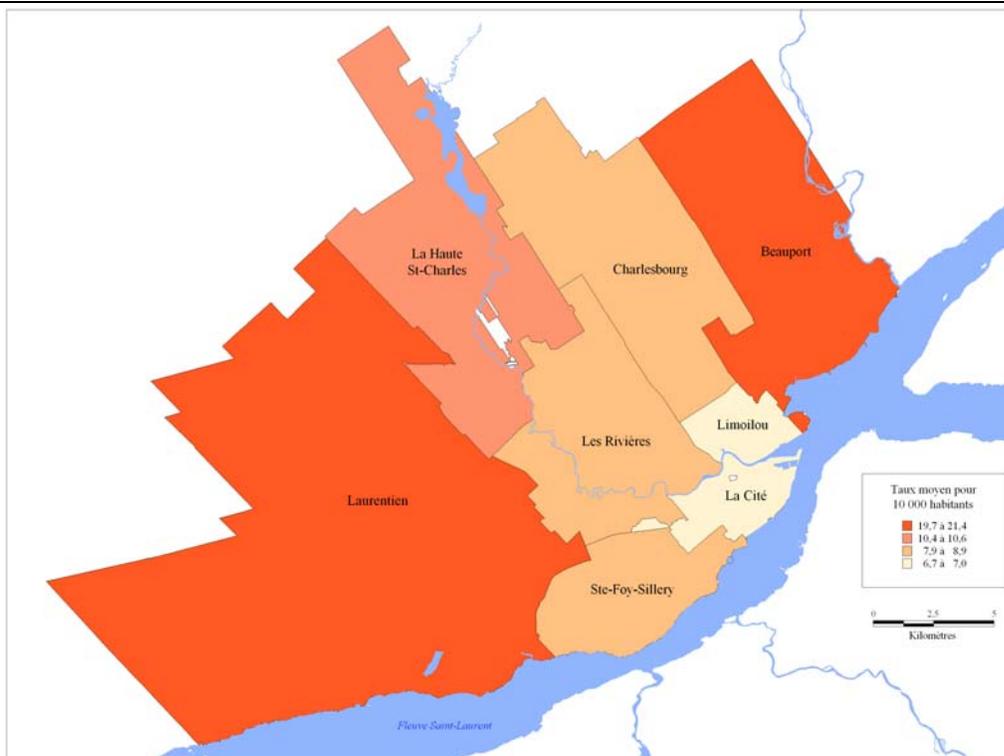


Figure 4.11 : Taux moyen de consultations médicales dues au pollen, Québec de 1994 à 2002 pour 10 000 habitants
(Source : Régie de l'assurance maladie du Québec, 1994-2002)

L'évolution de la fréquence des consultations médicales suit différentes tendances selon les arrondissements. Les taux de consultations médicales ont augmenté pour la majorité des arrondissements de Montréal et de Québec. Le taux d'accroissement des consultations médicales n'est cependant pas équivalent dans chaque arrondissement. À Montréal, les arrondissements de Rosemont/Petite Patrie et Lasalle ont connu une hausse importante entre 1995 et 2002, avec une augmentation respective de 193 et 177 consultations de plus. Toutefois, les arrondissements de Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles/Montréal-Est ont enregistré une forte diminution des consultations médicales avec 1 083 cas de moins en 2002 comparativement à 1995.

Les consultations médicales ont eu tendance à augmenter dans tous les secteurs de la Ville de Québec, sauf exception de la Haute Saint-Charles qui a enregistré baisse minime (six cas). Ce sont les unités administratives de Laurentien et de Beauport qui ont eu les consultations médicales les plus élevées, avec respectivement, 295 et 141 cas de plus en 2002 qu'en 1995.

Chapitre 5 : Présentation des résultats

Le présent chapitre décrit les résultats obtenus ainsi que les informations complémentaires permettant de les situer dans un contexte environnemental plus global. Dans un premier temps, les résultats du volet 1 portant sur la dynamique spatio-temporelle liant la productivité pollinique et le climat sont présentés. Par la suite, les résultats du volet 2 concernant les aspects environnementaux et socio-économiques associés à la prévalence des allergies respiratoires sont traités. La troisième partie du chapitre 5 présente les résultats des changements futurs anticipés à l'aide de différents modèles de scénarios climatiques. Finalement, les limites de la recherche actuelle sont exposées et des pistes d'intervention suggérées pour des projets ultérieurs de recherche.

Il est important de souligner que les analyses d'associations statistiques n'ont pu être effectuées pour la Ville de Québec étant donné le manque de puissance statistique du nombre d'échantillons. La puissance repose sur différents facteurs notamment la taille de l'échantillon et donc aucune association entre les concentrations polliniques, les données météorologiques et les consultations médicales pour rhinites allergiques n'ont pu être validée.

5.1 Volet 1 : Lien entre la productivité pollinique et le climat

L'objectif principal du volet 1 est de reconnaître la dynamique spatio-temporelle liant la productivité pollinique et le climat dans la région de Montréal. Afin d'atteindre cet objectif, des patrons saisonniers de croissance ont d'abord été définis à partir des débuts et fins de saisons polliniques pour chaque espèce végétale à l'étude (annexe E). À partir de cette définition, des variations spatio-temporelles de la représentativité pollinique des taxons allergènes ont été réalisées au cours de leur saison de croissance. Par la suite, des zones potentielles d'émissions de pollen ont été identifiées et cartographiées (annexe C). Avec la méthode retenue pour déterminer le début et la fin des saisons polliniques, la puissance statistique du *Quercus* spp. s'est avérée trop faible pour effectuer les analyses et donc aucune analyse n'a été réalisée pour ce taxon.

Les résultats font ressortir que le profil temporel de la variation des concentrations polliniques est différent selon les taxons. De façon générale, on constate peu d'augmentation des concentrations polliniques entre 1994 et 2002. Les concentrations polliniques de *Betula* spp. sont restées stables au cours de la période analysée. Les concentrations polliniques des Graminae indiquent une augmentation à partir de 1999 en même temps qu'une hausse moyenne des températures. Fait extrêmement intéressant à souligner: c'est la durée de la saison pollinique de l'*Ambrosia* spp. (+ 42 jours) (figure 5.1) et des Graminae (+ 13 jours) qui a augmenté entre 1994 et 2002 tandis qu'aucune tendance n'est observée pour l'*Acer* spp. et le *Betula* spp. La durée des saisons de croissance est en relation directe avec les températures moyennes. Pour l'*Ambrosia*, on peut remarquer une tendance positive entre la température moyenne annuelle, la saison de croissance et la concentration pollinique.

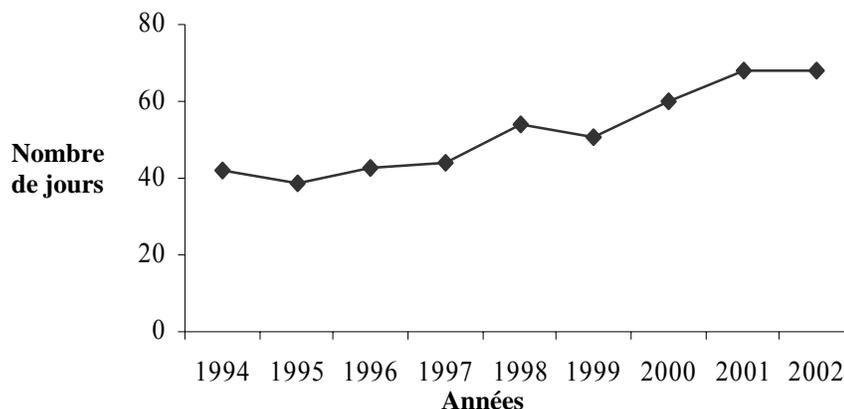


Figure 5.1 : Durée des saisons polliniques de l'*Ambrosia* spp. à Montréal entre 1994 et 2002

L'association entre les concentrations polliniques et les facteurs météorologiques a aussi permis d'identifier les paramètres climatiques qui influencent le plus la productivité pollinique de chaque espèce (tableau 5.1). Les résultats des analyses d'associations démontrent que les concentrations polliniques de l'*Ambrosia* spp. sont corrélées avec la température maximum ($Rho = 0,52$; $p < 0,001$), moyenne ($Rho = 0,49$; $p < 0,001$) et minimum ($Rho = 0,39$; $p < 0,001$). Ces associations diffèrent cependant selon les espèces et ne sont pas aussi marquées que pour l'*Ambrosia* spp. Par ailleurs, on note que seule la concentration pollinique de l'*Ambrosia* spp. est corrélée négativement et de façon significative avec la précipitation totale de la journée ($Rho = -0,17$; $p < 0,001$). Ceci peut être expliqué par le fait que la pluie fait précipiter les particules au sol, au point de laver l'atmosphère de tout contenu pollinique (Collins, 1990) et une corrélation négative est ainsi établie. Cependant s'il commence à pleuvoir seulement dans l'après-midi, une relation positive peut être définie entre la précipitation et le pollen. Pour obtenir des résultats plus exhaustifs, il sera donc nécessaire d'étudier non seulement le total des précipitations dans les 24 heures, mais également l'intensité et la durée des précipitations pour chaque période durant laquelle elles se sont produites (Goulet, 1996).

Tableau 5.1: Corrélation entre la concentration pollinique et la température maximum, moyenne, minimum et la précipitation à Montréal, entre 1994 et 2002

		<i>Acer</i> spp.	<i>Betula</i> spp.	Graminae	<i>Ambrosia</i> spp.
Température maximum	Coefficients de Corrélations	0,21**	0,19**	0,19**	0,52**
	Significatif	0,000	0,001	0,000	0,000
	Nb jours	391	314	1261	466
Température minimum	Coefficients de Corrélations	0,06	0,05	0,18**	0,39**
	Significatif	0,257	0,397	0,000	0,000
	Nb jours	393	316	1266	468
Température moyenne	Coefficients de Corrélations	0,13**	0,12*	0,19**	0,49**
	Significatif	0,003	0,032	0,000	0,000
	Nb jours	391	314	1260	466
Précipitation	Coefficients de Corrélations	-0,084	-0,07	-0,04	-0,17**
	Significatif	0,095	0,232	0,17	0,00
	Nb jours	394	320	1256	463

** = statistiquement significatif avec $p = 0,01$ * = statistiquement significatif avec $p = 0,05$

5.2 Volet 2 : Lien entre la dynamique environnementale et les allergies respiratoires

L'objectif du volet 2 consistait à reconnaître les différents paramètres environnementaux (incluant la météorologie, la végétation, la géographie et le contexte socio-économique) associés à la prévalence des allergies respiratoires dans la région de Montréal.

Il faut noter que la morbidité liée à la rhinite allergique, est probablement sous-estimée dans le cadre de cette étude. Les données issues de la RAMQ ne tiennent pas compte des consultations médicales effectuées par des médecins qui ne sont pas rémunérés à l'acte, en outre les médecins des Centre local de services communautaires (CLSC). D'autre part, ce ne sont pas toutes les personnes atteintes de rhinite allergique qui consultent un professionnel de la santé pour leurs symptômes. Ainsi, selon une étude réalisée par Goulet *et al.* (1996), seulement 30% des individus auraient consulté pour leurs problèmes d'allergies entre les mois d'août et septembre 1995.

5.2.1 Variation annuelle et saisonnière des consultations médicales

Les résultats annuels montrent un profil différent entre Québec et Montréal de la fréquence moyenne des consultations médicales causée par le pollen. Dans la région de Québec, la fréquence moyenne des consultations présente une tendance ascendante depuis 1994. A Montréal, les consultations médicales ont enregistré un maximum en 1995, suivi par après d'une augmentation constante à partir de 1997.

Les facteurs concernant les variations de la fréquence moyenne des consultations médicales peuvent s'expliquer de différentes façons. Le premier facteur est d'ordre climatique. L'hypothèse émise dans le cadre de ce projet est qu'on assiste à une hausse de productivité pollinique stimulée par les conditions climatiques changeantes, ce qui engendrerait une hausse des allergies et des infections des voies respiratoires. Cette hypothèse concorde tout à fait avec le profil temporel du taux moyen des consultations médicales à Québec. Cependant, à Montréal, le pic des consultations médicales enregistré en 1995 ne peut être attribuable uniquement à ce facteur. D'autres facteurs pourraient expliquer ce maximum en 1995 et sont : la vitalité de la végétation urbaine, la réglementation et la gestion des espaces publics et privés ou encore la météorologie saisonnière caractérisée par une fréquence élevée de feux de forêts et dont les panaches de fumée se sont étendus dans la vallée du Saint-Laurent au cours de cette année. Ces éléments peuvent contribuer à la variation annuelle de la qualité de l'air et ainsi impliquer des conséquences sur les maladies respiratoires.

Le premier facteur d'explication plausible est celui de la baisse de vitalité de la végétation urbaine accompagnée de maladies qui dégradent le couvert végétal et favorisent l'installation des mauvaises herbes dont l'*Ambrosia* spp. L'*Ambrosia* est une mauvaise herbe invasive. Elle s'installe le long des trottoirs, dans les ruelles, autour des arbres bordant les rues, sur des terrains non entretenus, le long des chemins de fer et des routes. Bref, elle tolère des conditions difficiles en milieu ouvert.

Le deuxième facteur qui pourrait contribuer à expliquer le sommet de 1995 est la réglementation en vigueur et les actions entreprises par la Ville de Montréal pour contrer les invasions d'*Ambrosia* spp. Au Québec, diverses dispositions législatives visent à contrôler la prolifération de l'*Ambrosia* spp. et ce, tant au niveau provincial que municipal. Au niveau provincial, la *Loi*

sur les abus préjudiciables à l'agriculture ainsi que le Règlement sur les mauvaises herbes oblige tout propriétaire occupant ou exploitant une terre, un terrain ou un lot cultivé ou non, qui y réside ou non, à détruire les mauvaises herbes qui s'y trouvent avant la maturité de leurs fleurs. Au niveau municipal, les législations varient selon chaque municipalité qui a le droit d'édicter son propre règlement contre les mauvaises herbes, et plus particulièrement l'*Ambrosia* spp.

L'étendue du pouvoir de contrôle varie en fonction de l'une ou l'autre des lois et des règlements applicables. Par exemple, la *Loi sur les abus préjudiciables à l'agriculture* stipule que toute municipalité locale a le pouvoir de nommer, avant le 1^{er} mai de chaque année, un ou plusieurs inspecteurs chargés de l'application de la section de la loi ayant trait aux mauvaises herbes. Cependant, le contrôle des invasions d'*Ambrosia* spp. ne sera effectué qu'en fonction des priorités définies. De plus, la réglementation en vigueur sur l'utilisation des pesticides et les politiques contre l'arrosage lors de période de températures élevées (diminution quantité d'eau favorise la prolifération de mauvaises herbes, notamment de l'*Ambrosia* spp.) peuvent également avoir un effet sur les concentrations polliniques ambiantes. La réglementation des Villes peut donc varier au cours des années et engendrer des conséquences sur la qualité de l'air (pollen et spores) et les consultations médicales.

Depuis 1985, plusieurs actions ont été entreprises dans le dossier de l'*Ambrosia* spp. à Montréal. Ces actions émanant de la Direction de la Santé Publique correspondent à quatre périodes :

- 1) De 1985 à 1991, des actions locales sont effectuées (aucun regroupement provincial n'est en place);
- 2) De 1991 à 1994, c'est le commencement du déploiement d'actions provinciales (huit Départements de Santé Communautaires (DSC) et Alca-Québec (Association de la lutte contre l'herbe à poux) sont regroupés au sein d'un sous-comité de santé environnementale);
- 3) De 1994 à 1998, c'est la période active pour les implications sur la santé, à Montréal. En 1994, c'est le début des actions locales composés d'effectifs multiples. Cependant, le regroupement provincial est aboli de 1994 à 1996 (redéploiement des effectifs de santé) et ensuite réactivé;
- 4) Au niveau provincial après 1998, c'est la période de décroissance des effectifs. Des problèmes de gestion surviennent à Montréal à partir de 2000. L'instabilité du personnel et la décroissance des effectifs municipaux à cette période font en sorte qu'il n'y a plus de responsables dans le dossier de l'*Ambrosia* et que peu de temps y est accordé à la Direction de la Santé Publique (Christin, 2003).

Selon les politiques en vigueur et les actions effectuées par la Ville, la concentration pollinique dans l'air peut être élevée ou basse. Il est cependant impossible de connaître les effets réels de ces actions concrètes sur la quantité de pollen d'*Ambrosia* spp. émise.

Certains facteurs météorologiques peuvent également contribuer à la fluctuation des valeurs dont les vents et la température. L'analyse des vents sera effectuée au cours d'études ultérieures. En guise d'introduction à cette 2^e phase du projet, Environnement Canada, 2003b a déjà analysé 30 ans de données météorologiques récentes pour les 100 plus grandes Villes canadiennes. Les résultats obtenus démontrent le rang occupé par les Villes en fonctions de différents paramètres

météorologiques. En ce qui concerne les vents, 6 catégories sont identifiées : la Ville enregistrant les vents les plus forts toute l'année, la Ville enregistrant les vents les plus légers toute l'année, l'hiver recevant les vents les plus forts, l'été recevant les vents les plus forts, le plus grand nombre de jours avec vents légers (5 km et moins) et le plus grand nombre de jours venteux (40 km et plus). Les positions qu'occupent Montréal et Québec sont représentées au tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Rang occupé par les Villes de Montréal et de Québec par rapport aux 100 plus grandes Villes canadiennes, en fonctions des vents

Catégories météorologiques	Montréal	Québec
Vents les plus forts toute l'année	38	56
Vents les plus légers toute l'année	39	45
L'hiver recevant les vents les plus forts	75	46
L'été recevant les vents les plus forts	27	55
Le plus grand nombre de jours avec vents légers (5 km et moins)	34	19
Le plus grand nombre de jours venteux (40 km et plus)	35	46

(Source : Environnement Canada, 2003b)

À partir de ces résultats, on constate que: la Ville de Montréal est plus venteuse que la Ville de Québec; Montréal enregistre un plus grand nombre de jours de vents forts durant la période estivale et ainsi que toute l'année durant.

Au cours de la saison estivale de 1995, les températures moyennes enregistrées ont été très élevées avec une moyenne de 21,8°C pour Montréal et 19,1°C pour Québec (Environnement Canada, 2003b). Une canicule, d'une rare intensité, s'est produite durant l'été 1995. De faibles précipitations conjuguées au temps très chaud et très sec, à la foudre et au vent a caractérisé cette saison (Sécurité Publique et Protection Civile Canada, 1996). Il est donc possible que les forts vents provenant du nord-ouest aient transporté jusqu'à Montréal, une quantité de pollen supérieure à celle des autres années ayant pour effet d'augmenter les concentrations polliniques et les consultations médicales durant cette même période.

La province a aussi connu une importante saison de feu de forêt. Les feux de forêts ont été particulièrement destructeurs entre 1995 et 1997. Entre les années 1995 et 1999, le feu a ravagé une superficie totale de 572 799 ha, dont 196 000 ha en 1995, 244 000 ha en 1996 et 94 000 ha en 1997. En 1995, ce sont les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Mauricie, de l'Abitibi-Témiscamingue et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine qui ont été le plus touchés. L'année suivante, le feu a été particulièrement destructeur dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Côte-Nord et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. En 1997, c'est surtout le Nord-du-Québec qui

a été affecté (MRN, 1999). Ces feux ont provoqué une dégradation de la qualité de l'air et pourraient peut-être avoir exacerbé certaines réactions respiratoires chez les populations vulnérables.

À partir de 1997, l'augmentation des consultations médicales à Montréal pourrait s'expliquer par la tendance à la hausse des températures et aussi partiellement par l'augmentation 2,1 % de la population, entre 1996 et 2001. Cette hypothèse n'est toutefois pas confirmée surtout que les résultats pour la région de Québec démontrent également une augmentation des consultations médicales sans accroissement important de population. Une étude subséquente pourrait vérifier les hypothèses.

La distribution saisonnière des consultations médicales présente une variation importante. Pendant la saison pollinique des végétaux retenus dans la présente étude, les consultations sont beaucoup plus élevées que pendant le reste de l'année. La fréquence des consultations médicales est à son maximum entre les mois de mai à octobre avec une baisse en juillet. Le début (mai, juin) et la fin (août, septembre, octobre) de la saison pollinique correspondent à la productivité pollinique des arbres et de l'*Ambrosia* spp. La baisse des consultations en juillet serait associée à deux phénomènes : soit comportementale ou environnementale. D'abord, les individus auraient moins tendance à consulter lors des jours fériés (Saint-Jean Baptiste et Fête du Canada) et en plus le mois de juillet correspond à la période des vacances chez plusieurs, ce qui expliquerait cette baisse. Ou encore, la baisse de juillet pourrait être expliquée par une diminution de la quantité de pollens allergènes. Le mois de juillet représente en effet un intervalle entre la saison pollinique des arbres et des Graminae et celle de l'*Ambrosia* spp.

Des cas d'allergies causées par le pollen ont aussi été identifiés pendant la saison hivernale, saison qui ne fait pas partie de la période de pollinisation. Ceci peut peut-être s'expliquer par la présence importante des spores et des moisissures extérieures concentrées dans l'air après la fonte des neiges mais avant que les végétaux fleurissent. De telles réactions allergiques peuvent aussi être enregistrées durant le printemps, l'été et l'automne par temps tiède et humide. Les allergies de novembre à mars seraient associées aux acariens, et dans une proportion moindre, aux animaux de compagnie. De plus, chez certains individus, les symptômes peuvent apparaître brutalement lors d'un contact avec certains allergènes pendant le nettoyage d'un domicile (acariens), en présence d'un animal, ou pendant les activités de jardinage (spores de moisissures) (Goulet *et al.*, 1996). La validité du code d'acte effectué par le médecin ou autre spécialiste de la santé demeure aussi un facteur à considérer : des erreurs de codification et de mauvais diagnostics peuvent engendrer des problèmes d'interprétation des données sanitaires.

5.2.2 Association entre les consultations médicales et les données polliniques

Le cumul des espèces à l'étude présente la même tendance que pour l'*Ambrosia* spp., c'est-à-dire un allongement de la saison pollinique et ce, tant à Montréal qu'à Québec. Les taxons fleurissent plus tôt et arrivent à sénescence plus tard. Ce phénomène pourrait s'expliquer par les conditions climatiques plus clémentes décelées sur la courte série temporelle 1994 à 2002 et surtout à partir de 1997 (cumuls des degrés-jours, températures moyennes annuelles, date d'apparition du premier jour de gel) (chapitre 3.3.1). La concentration totale du pollen semble aussi avoir légèrement augmenté avec l'allongement des saisons. Au total, les concentrations polliniques dénombrées sont plus élevées, à Montréal qu'à Québec malgré la proportion d'espaces verts moindres dans la métropole. Dans les deux régions, les résultats présentent une alternance de concentration

pollinique plus élevée, suivie d'une année à concentration pollinique plus faible (figure 5.3). Ceci peut être expliqué par la productivité pollinique de certaines espèces dont le bouleau (*Betula* spp.) qui varie sur une échelle bisannuelle.

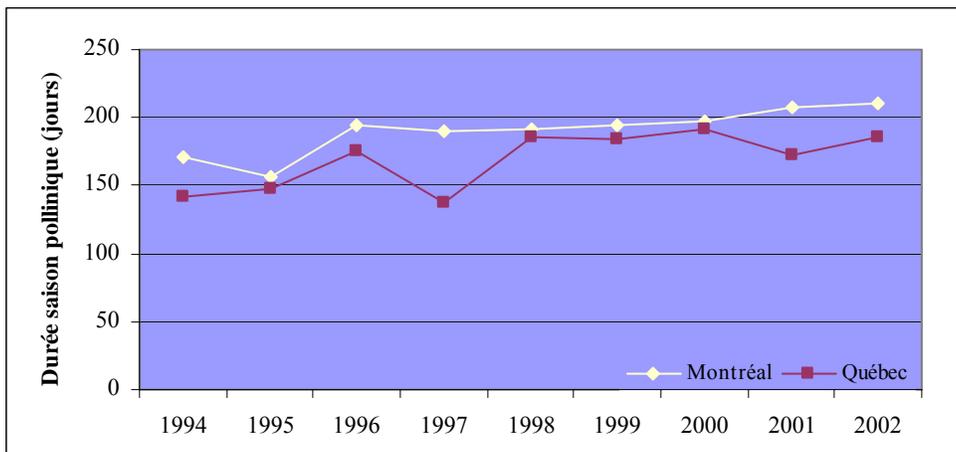


Figure 5.2 : Durée de la saison pollinique des cinq végétaux à l'étude, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002

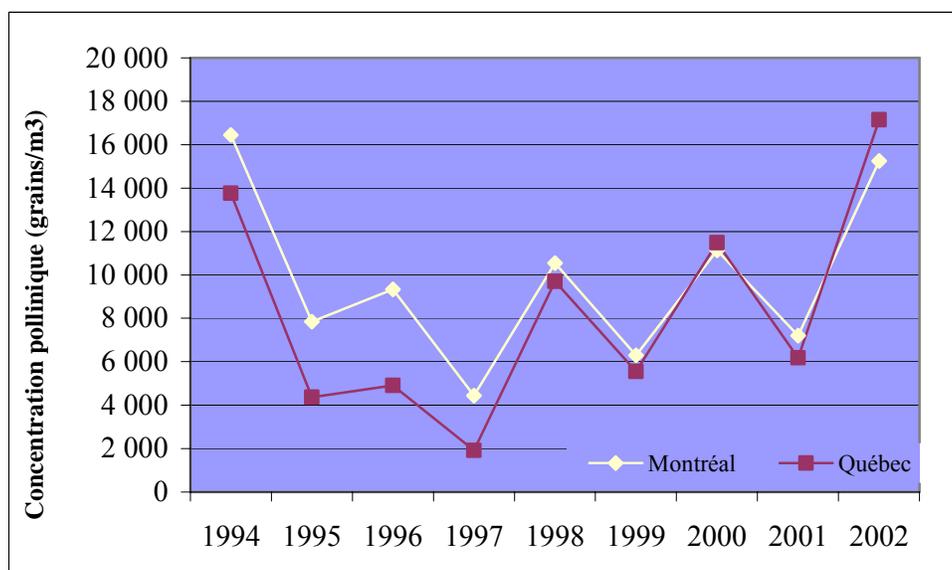


Figure 5.3 : Quantité de pollens enregistrés pour les cinq végétaux à l'étude, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002

Le nombre de consultations médicales pour rhinite allergique est plus élevé durant la saison pollinique que durant le reste de l'année avec 60 % des consultations médicales totales pour Montréal et 50 % pour Québec. Le nombre de consultations annuelles totales a progressivement augmenté cours de la période d'étude. Le nombre de consultation médicale par jour a également été calculé pour chaque saison étudiée. Les années qui ont enregistré le plus de consultations médicales journalières sont 1994, 1995 et 2002, soit les années qui où les températures ainsi que les valeurs de concentrations polliniques ont été parmi les plus élevées. Seule l'année 1994 présente un portrait météorologique distinct avec des conditions moyennes plus fraîches et plus humides.

Le nombre de consultations médicales a également été calculé selon les saisons respectives des cinq végétaux retenus pour l'étude. On constate que le pourcentage des consultations à Montréal est plus élevé pendant la saison pollinique des Graminae (40 %) suivi par celle de l'*Ambrosia* (24 %), de l'*Acer* (22 %), du *Betula* (18 %) et finalement du *Quercus* (14 %). Cependant, ce sont les Graminae qui présentent la saison pollinique la plus longue et le chêne (*Quercus*) la saison la plus courte avec une différence maximale de 95 jours entre les deux. Lorsqu'un rapport entre le nombre de consultations médicales et la concentration pollinique quotidiennes est calculé, les résultats indiquent un taux de consultation proportionnel plus élevé pour *Quercus* (17), *Betula* (17), *Acer* (15), *Ambrosia* (15) et finalement les Graminae (13).

À Québec, les résultats présentent la même tendance selon la saison pollinique avec un taux de consultation plus élevé pendant la saison des Graminae (32%) suivi de l'*Ambrosia* (20%), du *Betula* (16%), de l'*Acer* (15%) et du *Quercus* (9%). Lorsqu'un rapport entre le nombre de consultations médicales et la concentration pollinique quotidiennes est calculé, les résultats indiquent un taux de consultation proportionnel plus élevé pour *Quercus*, *Acer* et *Betula* suivi par les Graminae et l'*Ambrosia*.

5.2.3 Association entre la surconsultation et les concentrations polliniques

Les résultats démontrent aussi que le nombre de consultations médicales varie selon un profil hebdomadaire systématique. Le « lissage » des données de consultations a donc été effectué afin de tenter de diminuer l'impact de cette variation sur les résultats de l'étude. À cette fin, la surconsultation a été utilisée comme variable de référence et représente la différence entre le nombre de consultations à une date donnée (j) et la moyenne des consultations enregistrées au cours de la saison pollinique pour le même jour de la semaine (i).

$$\text{Surconsultation} = \text{consultations } (j) - (\text{moyenne } i)$$

La détection d'une association ou non entre la surconsultation et les niveaux polliniques (bas, moyen, élevé) d'*Ambrosia* spp. a été réalisée à l'aide d'une analyse de régression logistique. Le modèle a ensuite été ajusté en fonction des variables confondantes, notamment la température maximum et la précipitation totale. En se basant sur sa distribution, la variable surconsultation a été groupée en deux classes : (0) les jours où trois consultations ou moins ont été observées par rapport au niveau de base attendu (70 % des jours) et (1) les jours où plus de trois consultations ont été observées (30 % des jours). Ce choix de valeur a été établi a priori; d'autres valeurs ont ensuite été utilisées mais n'ont pas été retenues.

Le temps de latence entre le début des symptômes de rhinite et le moment de consultation est variable selon les individus. Afin de tenir compte de ce temps de latence, les consultations dénombrées dans les 5 jours suivants le jour (j) d'exposition ont été retenues.

Une association entre la surconsultation et le niveau de pollen est observée (tableau 5.3). La probabilité de consulter un service de santé est supérieure lorsque le niveau de pollen est élevé comparativement à un niveau pollinique moyen. Lorsque le niveau de pollen est élevé, le temps de latence pour consulter se situe généralement dans les 5 jours suivants le jour (j) d'exposition. Le risque de consulter est plus important 4 jours suivant le jour (j) d'exposition (délai de consultation de 4 jours : 7,96 ; IC : 2,27-14,88). Le co-ajustement des relations en fonction des variables météorologiques n'a pas influencé de façon importante les associations identifiées (tableau 5.4).

Tableau 5.3 : Relation entre les consultations médicales et le niveau de pollen d'*Ambrosia* spp.

Pollen/facteurs météorologiques	Délai de consultations (jours)					
	Jour d'exposition	IC 95%	2	IC 95%	4	IC 95%
Niveau pollen : moyen	2,29**	1,40-3,73	2,25**	1,37-3,69	3,07	1,76-5,37
Niveau pollen : élevé	2,47**	1,39-4,39	2,94**	1,65-2,22	7,97**	4,27-14,88

** = statistiquement significatives avec P = 0,01; * = statistiquement significatives avec P = 0,05

IC = Indice de Confiance

Tableau 5.4 : Relation entre les consultations médicales et le niveau de pollen d'*Ambrosia* spp. ajusté en fonction de la température maximum et de la précipitation

Pollen/facteurs météorologiques	Délai de consultations (jours)					
	Jour d'exposition	IC 95%	2	IC 95%	4	IC 95%
Niveau pollen : moyen	2,45**	1,46-4,11	2,32**	1,38-3,92	2,60*	1,46-4,61
Niveau pollen : élevé	2,60**	1,37-4,92	3,17**	1,68-6,01	5,93*	3,04-11,57
Température maximum	0,98	0,96-1,03	0,98	0,94-1,02	1,06	0,96-1,03
Précipitation totale	0,99	0,93-1,04	0,98	0,93-1,04	0,99	1,00-1,12

** = statistiquement significatives avec P = 0,01; * = statistiquement significatives avec P = 0,05

Les figures 5.4 et 5.5 présentent pour 1994 un exemple de relation entre la surconsultation médicale pour cause de rhinite allergique et la concentration pollinique sans décalage et avec un temps de latence de 4 jours (décalage de 4 jours). On constate que la hausse de la concentration pollinique/m³ correspond à une surconsultation médicale avec un temps de latence de 4 jours avant d'aller consulter.

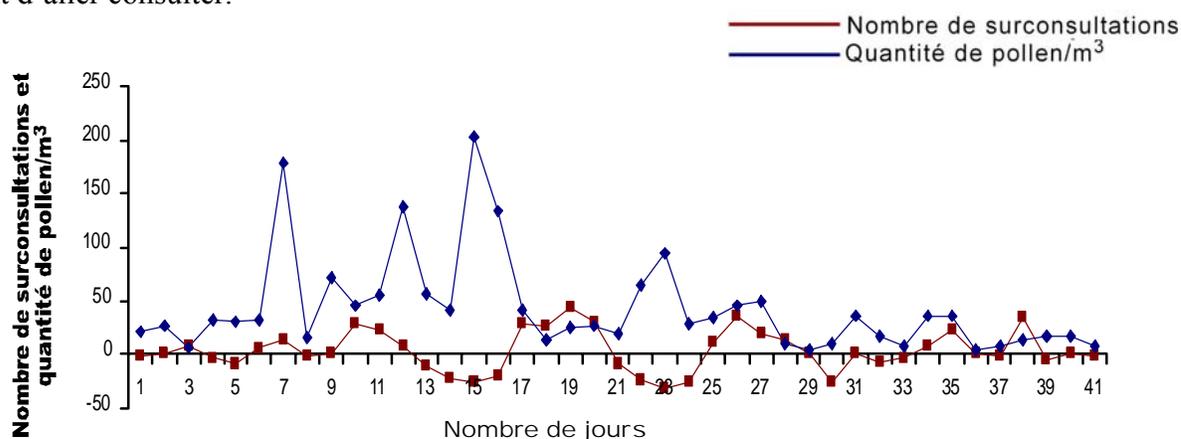


Figure 5.4 : Surconsultations médicales relative à la rhinite allergique et la concentration pollinique d'*Ambrosia* spp., 1994 (sans décalage - 0 jours)

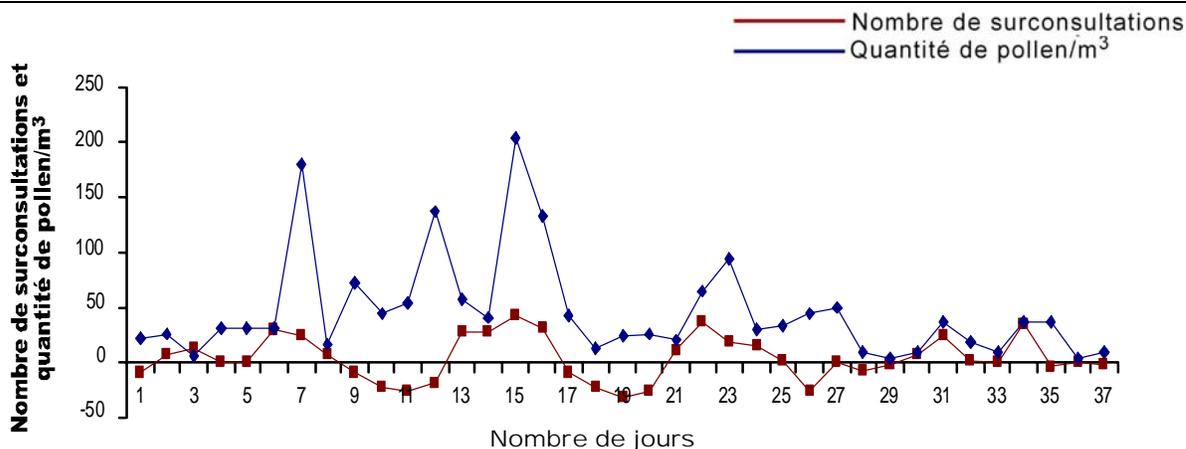


Figure 5.5 : Surconsultations médicales relative à la rhinite allergique et la concentration pollinique d'*Ambrosia* spp., 1994 (sans décalage - 4 jours)

5.2.4 Association entre les consultations médicales et le revenu moyen par ménage en fonction des RTA

L'analyse spatiale de la répartition des consultations médicales selon le revenu moyen par ménage est effectuée par RTA ce qui permet une représentation cartographique davantage précise. La moitié des RTA est classée selon la notation de revenu faible (revenu moyen par ménage < 51 400 \$) et l'autre moitié sous la notation de revenu élevé (revenu moyen par ménage ≥ 51 400 \$). Pour les consultations effectuées entre 1994 et 1998, les données du recensement de 1996 ont été utilisées et pour les consultations effectuées entre 1999 et 2002, ce sont les données de 2001 qui ont été retenues.

La figure 5.6 présente le profil socio-économique (revenu moyen par ménage) de la population de l'agglomération de Montréal en 2001. On remarque sur l'ensemble de l'Île une nette distinction entre l'ouest et l'est et des variations dans la partie centrale de l'Île.

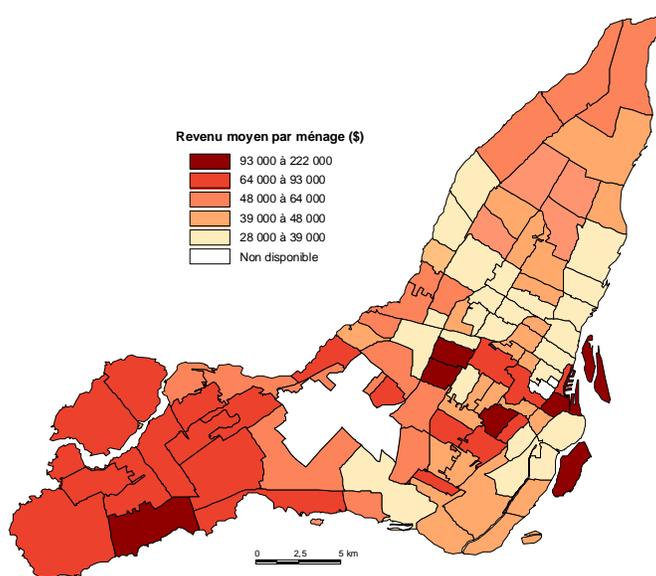


Figure 5.6 : Revenu moyen par ménage selon les RTA de la Ville de Montréal, 2001

La répartition des taux moyens de consultations médicales à Montréal est, en général, supérieure dans l'est et dans le Centre de l'Île (figure 5.7). Les arrondissements Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles, Montréal-Est, Verdun, Lasalle et Lachine présentent les taux de consultations pour 10 000 habitants les plus élevés tandis qu'Outremont et Westmount présentent les plus faibles.

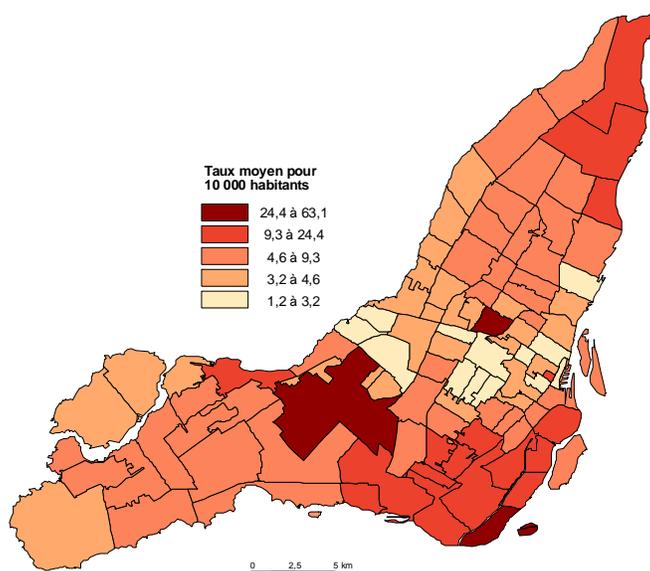


Figure 5.7 : Consultations médicales selon les RTA au cours des saisons polliniques d'*Ambrosia* spp., 1994-2002

Cette distribution géographique du taux de consultations médicales peut être expliquée par plusieurs facteurs confondants tels que :

1. Les facteurs météorologiques puisque la provenance des vents dominants sont dans l'axe SO-NE et affectent le transport des particules (dont les pollens) dans cette direction (chapitre 3.3);
2. Les facteurs écologiques puisque la plus forte concentration de plants d'*Ambrosia* spp. se situe sur les terrains vacants (annexe C);
3. Les facteurs géographiques comme l'effet barrière du Mont-Royal sur les vents dominants de direction SO et NE;
4. Les facteurs d'accessibilité aux soins médicaux (proximité des services médicaux);
5. Les facteurs socio-économiques associés aux coûts déboursés pour la consommation de médicaments en vente libre.

Au cours des saisons polliniques de l'*Ambrosia* spp., la relation entre les consultations médicales et le facteur socio-économique a permis de constater que les individus résidant dans une RTA à faible revenu ont effectué plus de consultations médicales que les individus résidant dans une RTA à revenu élevé (tableau 5.5).

Tableau 5.5 : Relation entre les consultations médicales et le revenu moyen par ménage

Statut socio-économique Consultations	Individus résidants dans RTA à faible revenu	Individus résidants dans RTA à revenu élevé
% de consultations	59,4 %	40,6 %
Moyennes quotidiennes de consultations	9,32 consultations	6,37 consultations

5.3 Résultats des scénarios climatiques et projections

Les résultats des Modèles de Circulation Générale (MGC) dépendent des concentrations des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et ceux-ci sont issus principalement de la combustion de carburants fossiles. La consommation mondiale de pétrole est reliée à l'évolution de la démographie, de l'économie, des politiques et de la technologie. Une quarantaine de scénarios d'émissions ont été imaginés par le GIEC-TGCI (1999). De ce nombre, six ont été choisis à titre de repères.

Pour la présente étude, les scénarios A2 et B2 ont été retenus car ce sont ceux qui sont disponibles pour tous les modèles, et donc les plus utilisés (Barrow *et al.* 2004). Ils représentent respectivement un futur pessimiste et optimiste. Par exemple, le scénario A2 suppose que les concentrations de CO₂ atteindront 834 ppm en 2100 alors que le scénario B2 en prévoit 601 ppm. Par comparaison, le niveau mondial de CO₂ en 1990 était de 354 ppm.

La figure 5.8 illustre les résultats des deltas moyens (sur 30 ans) de température et de précipitation issus de 5 modèles (HADCM3 (Grande-Bretagne), ECHAM4 (Allemagne), GCM2 (Canada), GFDLR30 (États-unis) et CSIRO (Australie)) avec ces 2 scénarios d'émissions, pour les 3 périodes futures, dans la région de référence.

Ces diagrammes de dispersion indiquent que :

1. Tous les modèles annoncent une augmentation de la température moyenne (de 3 à 7,5°C à la fin du siècle par rapport à la période de référence 1961-90);
2. La majorité des modèles prévoient une augmentation des précipitations. Seuls les modèles GFDLR30 et ECHAM4 suggèrent le contraire. Le premier pour tous les horizons, le second pour l'horizon 2020;
3. Le modèle CSIRO (Australie) est le plus pessimiste pour les températures (deltas les plus élevés);
4. La différence des résultats entre les modèles augmente avec le temps (l'incertitude augmente);
5. Les scénarios d'émissions sont peu discriminants pour les deux premiers horizons.

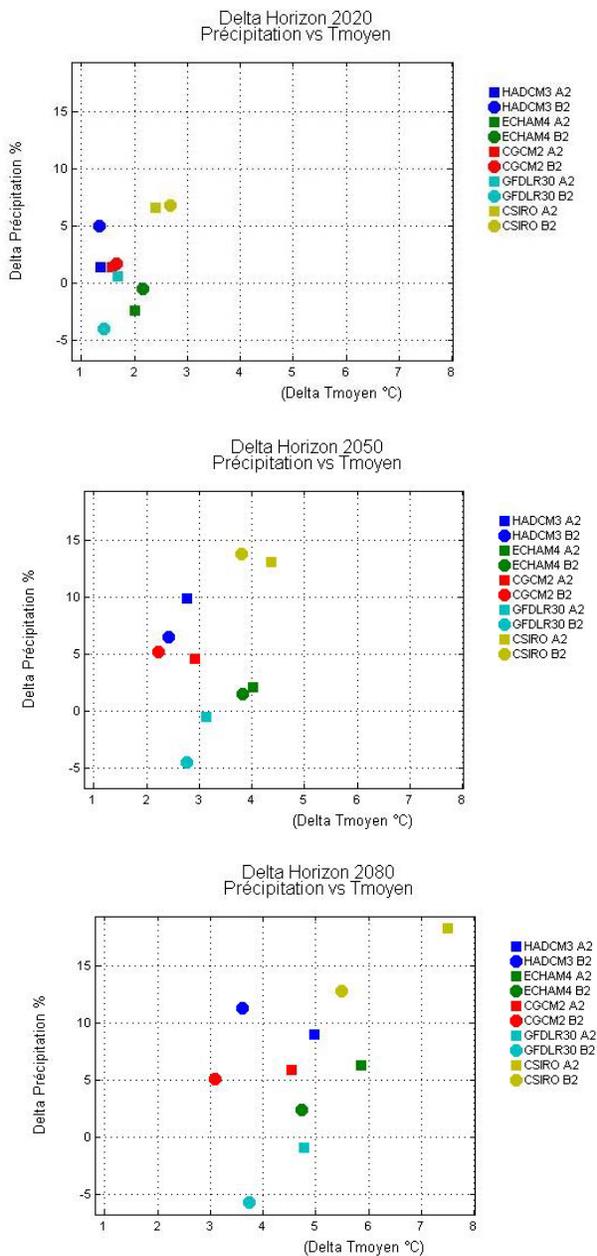


Figure 5.8 Diagrammes de dispersion pour chaque horizon futur de 30 ans, pour 5 GCM et 2 scénarios d'émissions de GES. (Changements relatifs des quantités de précipitations, en pourcentage, en fonction des changements absolus de température moyenne de degrés Celcius).

En analysant par saison, les changements relatifs de précipitations (figure 5.9), on remarque aussi que :

1. Les précipitations augmenteront peu ou pas au printemps et en automne;
2. Les 5 MCG prévoient une diminution l'été (jusqu'à -30% pour le modèle GFDL, vers 2060);
3. La disparité des résultats des modèles est plus élevée l'été et l'hiver;
4. CSIRO (Australie) suggère la plus forte augmentation (jusqu'à 40% l'hiver à la fin du siècle);

Il est important de se rappeler que la méthode des deltas ne permet pas d'établir si ces changements en **quantité** de précipitation résulteront d'un changement du nombre, de l'intensité ou de la durée des épisodes.

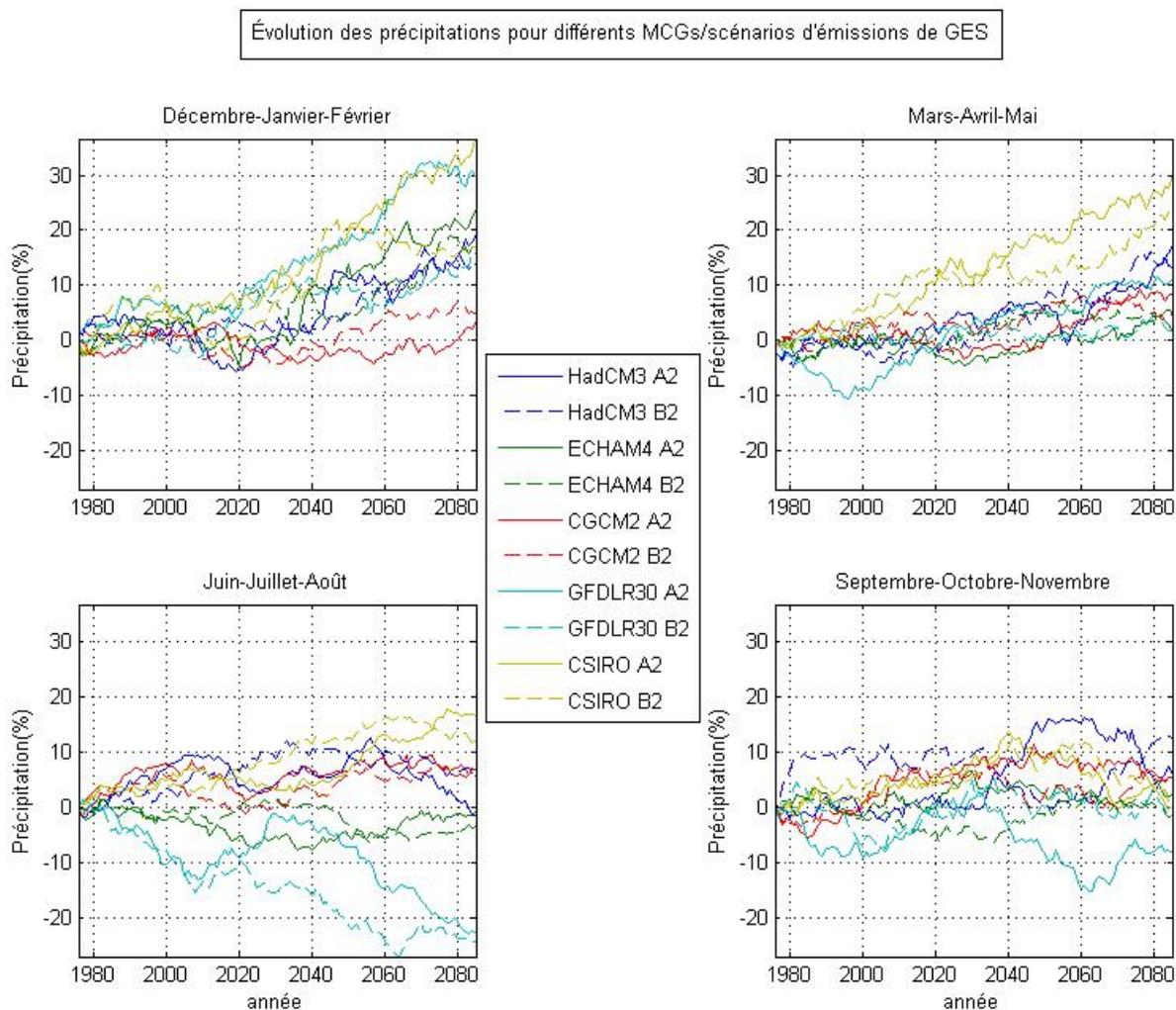


Figure 5.9 : Projection des précipitations par saison par la méthode des deltas pour les 5 modèles et les 2 scénarios d'émissions

L'évolution saisonnière des températures moyennes (figure 5.10) indique que :

1. Les augmentations de température se produisent pour toutes les saisons mais sont plus importantes l'hiver;
2. Le modèle le plus pessimiste, va jusqu'à 10 °C d'augmentation moyenne au printemps;
3. La plupart des MCG annonce entre 4 et 6°C d'augmentation d'ici la fin du siècle, en été;
4. Il y a une meilleure cohérence entre les modèles pour la température l'été et l'automne.

Dans cette approche, l'évolution des températures minimales, maximales et moyennes pour les 3 horizons avec la méthode des deltas a été explorée afin de vérifier si l'écart diurne continue à augmenter, conformément à la tendance observée sur données historiques (0,6 °C en 60 ans à Dorval). Or, pour l'avenir, ce comportement ne semble pas se maintenir (annexe F) et la précision des MGC est peut-être en cause.

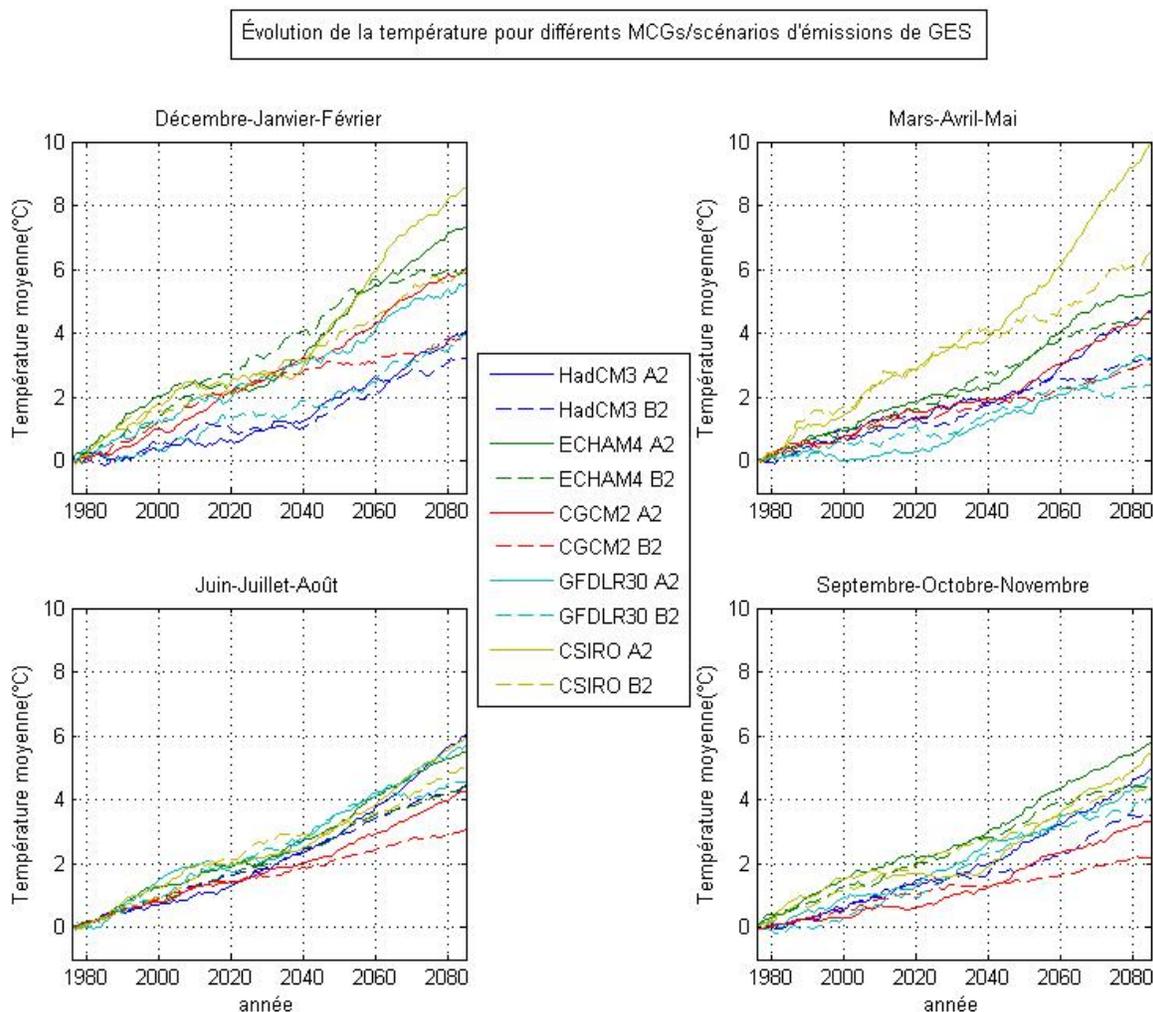


Figure 5.10 : Projection de la température par saison par la méthode des deltas pour les 5 modèles et les 2 scénarios d'émissions

5.3.1 La saison de croissance actuelle et projetée à Montréal selon 3 horizons

À partir des séries de températures quotidiennes construites avec la méthode des deltas, la saison de croissance a été calculée. La définition de la saison de croissance a déjà été établie et reconnue pour la plupart des espèces végétales (Zhang *et al.*, 2001). La saison commence lorsque la température moyenne quotidienne est supérieure à 5°C pendant plus de 5 jours consécutifs. À l'inverse, la saison prend fin aussitôt que la température moyenne quotidienne est inférieure à ce seuil pendant plus de 5 jours de suite. Les regels au printemps ou les redoux à l'automne ne sont pas considérés.

La figure 5.11 compare les longueurs moyennes de la saison de croissance actuelle et futures, tirées de certains MCG sélectionnés. En effet, pour chaque horizon, le modèle fournissant la plus courte (optimiste), la plus longue (pessimiste) et la médiane des saisons de croissance a été choisi. Les résultats démontrent que la saison moyenne s'allonge progressivement, quel que soit le modèle utilisé. Le plus pessimiste prévoit environ 70 jours de plus d'ici la fin du siècle et même le plus optimiste des MCG ajoute 2 semaines à la saison vers 2080.

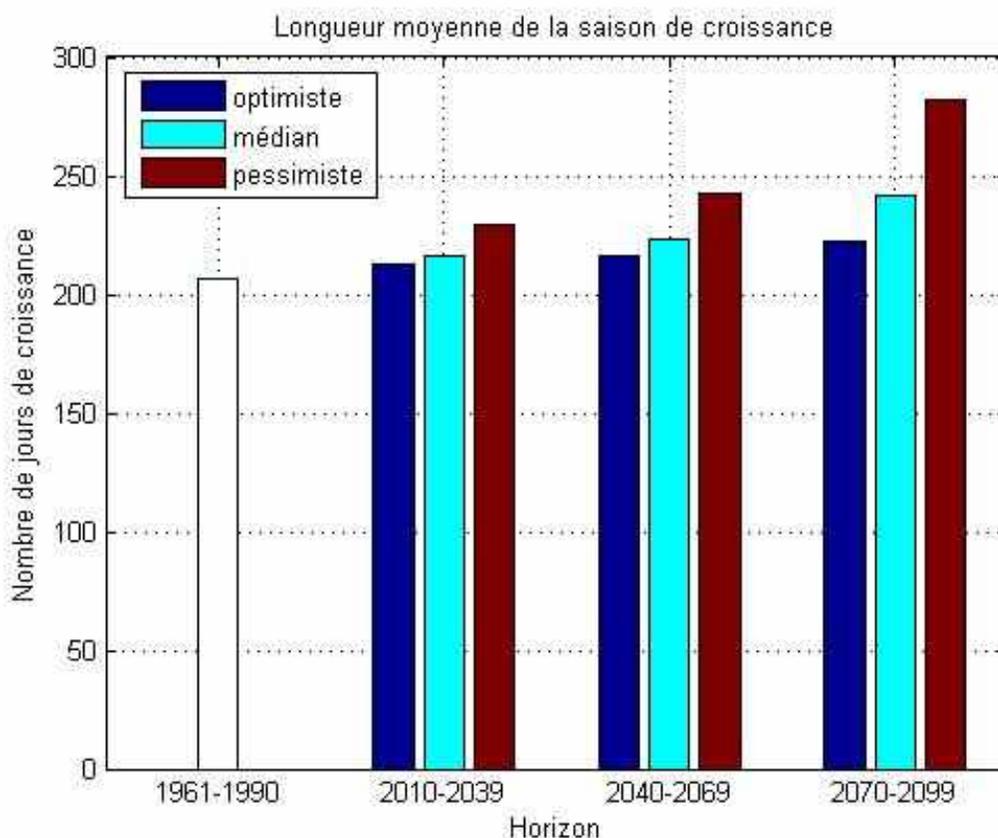


Figure 5.11 : Projection de la longueur de la saison de croissance des végétaux par rapport à la période de référence, pour 3 horizons, région de Montréal (Les perspectives optimistes, médianes et pessimistes réfèrent respectivement aux calculs du nombre de jours de croissance minimum, médian, maximum issus des deltas de températures moyennes tirés de 5 modèles et 2 scénarios d'émissions).

5.3.2 La variabilité climatique future à Montréal

Bien que les MCG soient reconnus comme de bons outils pour estimer les changements climatiques à l'échelle planétaire, leur résolution n'est pas très appropriée pour évaluer les impacts à l'échelle régionale. De plus, la variabilité du climat futur ne peut être déduite de cette méthode qui reproduit les fluctuations de la période de référence (climat actuel).

La méthode de mise à l'échelle statistique SDSM (Statistical DownScaling Model) a été retenue dans ce travail pour explorer la variabilité climatique future de la station météorologique de Dorval. Quelle que soit la méthode choisie, il faut retenir qu'aucune ne peut établir à quel moment précis, à l'intérieur des périodes de 30 ans simulés, les événements météorologiques se produiront.

La méthode SDSM consiste à établir les relations entre les mesures locales du climat et les simulations des MCG. Les observations sont d'abord traitées puis ramenées à une échelle spatiale du même ordre que celle des MCG. Ces réanalyses sont tirées du National Center for Environmental Prediction (<http://www.ncep.noaa.gov/>). Ensuite, certaines variables sont choisies parmi les réanalyses afin d'être mises en relation avec celles du climat actuel simulé par les MCG. Des équations ou fonctions de transfert sont ensuite définies reliant le passé local observé avec le passé planétaire simulé. À partir des résultats de simulations de MCG pour le futur, l'avenir local est inféré grâce aux fonctions de transfert.

La variabilité future est donc générée en tenant compte du bilan énergétique (augmentation des gaz à effet de serre ou scénarios d'émissions) et du lien entre la dynamique planétaire et les effets locaux. Cette approche est appropriée lorsque les observations de la période de référence pour la région choisie sont abondantes et fiables, ce qui est le cas pour Montréal. Par contre, elle montre de piètres résultats à simuler certaines variables comme les précipitations, dont la distribution spatio-temporelle est complexe.

À partir des fonctions de transfert calculées, 20 futurs possibles ont été produits pour la station de Dorval. Le MCG ayant servi de base est le modèle britannique HadCM3, avec les scénarios d'émission A2 et B2. Le nombre de simulations augmente la fiabilité des résultats, mais aussi la variabilité (nombre d'extrêmes). Comparée à la distribution de la période de référence, les sorties de SDSM ont ainsi un plus grand nombre de résultats hors distribution.

Les graphiques de la figure 5.12 présentent les résultats de SDSM et ceux de la méthode des deltas avec le modèle HadCM3 (avec A2 et B2) des distributions statistiques des longueurs projetées de la saison de croissance pour les 3 horizons 2020, 2050 et 2080. Les observations de 1961-90 sont intégrées à titre de référence. La ligne rouge dans les boîtes représente la médiane. Le haut de la boîte représente la valeur du 75^e percentile, alors que le bas est celui du 25^e percentile. Le trait en haut de la boîte marque la plus petite des deux valeurs suivantes : le maximum observé dans la distribution ou 1,5 fois la hauteur de la boîte. De la même manière, le trait en bas de la boîte, représente le minimum ou 1,5 fois la hauteur de la boîte. Finalement, les croix rouges illustrent les résultats en dehors de cette plage.

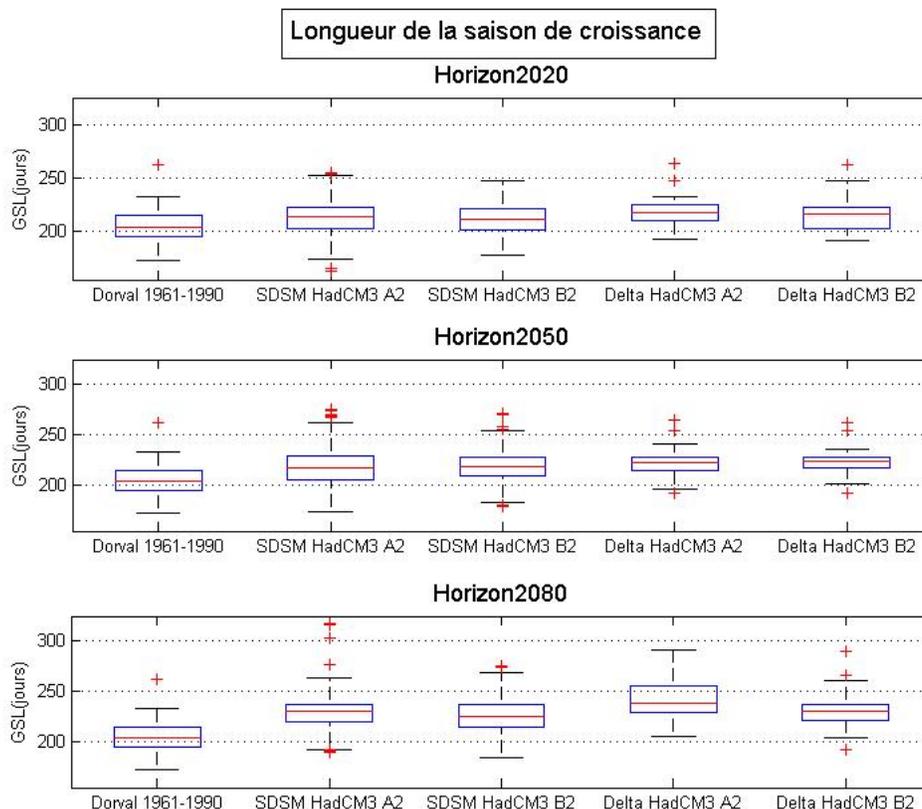


Figure 5.12 : Diagramme des distributions de saisons de croissance, pour 3 périodes (selon la méthode SDSM et celle des deltas, sur la base du modèle HadCM3 et des scénarios A2 et B2. Les observations 1961-90 sont ajoutées à titre comparatif)

Les résultats de ces calculs indiquent que :

1. La variabilité de la saison de croissance du futur avec SDSM risque de se traduire surtout par des extrêmes (résultats hors distribution) plus fréquents. Cette variabilité peut être générée par le nombre de simulations (20 futurs);
2. Avec SDSM, la médiane indique que la saison de croissance augmenterait d'environ 4 semaines sur 1 siècle;
3. La saison de croissance avec SDSM n'est pas très sensible aux scénarios d'émission (A2 semblable à B2) pour les horizons 2020 et 2050;
4. La méthode des deltas semble un peu plus pessimiste (saison de croissance plus longue) que celle de SDSM. On soupçonne que les MCG aient un biais chaud et que SDSM atténue possiblement cette surestimation.

Afin de consolider les résultats de SDSM, d'autres MCG (outre le HadCM3) devraient être utilisés car on gagne à qualifier le futur avec une plus grande fourchette de résultats.

5.3.3 Projections en lien avec les résultats de l'étude

Les résultats des analyses effectuées pour la période entre 1994 et 2002 ont permis de calculer un allongement de la saison de croissance de l'*Ambrosia* spp. (herbe à poux) de 33% en 9 ans (i.e. de 42 à 63 jours) à Montréal. Ces données quoique encore trop sommaires laissent tout de même présager les impacts potentiels associés à une hausse de la production du pollen avec le réchauffement global des températures. D'ici 2080, les prospectives optimistes, médianes et pessimistes des modèles climatiques prévoient un réchauffement de 4 à 6 C° des températures estivales et par conséquent, un allongement de la saison de croissance variant selon les différents modèles entre 14 et 70 jours. Si on se fie à ces valeurs, on peut s'attendre à une hausse de la fréquence de la maladie associée à des coûts sociaux et économiques grandissants. Déjà en 1994, les coûts annuels associés à la rhinite allergique au Québec atteignaient 49 millions\$. Un allongement de la saison de croissance couplée à l'augmentation des concentrations de CO₂ et autres polluants atmosphériques impliquera fort probablement une hausse des consultations médicales, des consommations de médicaments plus prononcées auxquelles s'ajoutera de plus une baisse de la productivité au travail ainsi qu'un taux d'absentéisme plus élevé. Des effets plus accentués ou plus persistants de la rhinite allergique pourraient de plus engendrer comme conséquences des complications respiratoires ainsi que des effets plus chroniques sur les individus fragiles. Les populations et les secteurs les plus vulnérables des villes risquent donc d'être de plus en plus victimes de ces transformations et de leurs effets à long terme sur la santé respiratoire.

Discussion

Les résultats obtenus dans la présente étude confirment ceux de certains travaux antérieurs (Burr *et al.*, 2000; Cashel *et al.*, 2004; Kadocsa *et al.*, 1991; Lévesque *et al.*, 2003; Sears *et al.*, 1989) et font ressortir que le risque de développer la rhinite allergique lorsque les niveaux de pollen sont élevés. L'ajustement des relations en fonction des variables météorologiques n'a pas influencé de façon importante les associations observées. Les résultats suggèrent de plus que les individus résidant dans une RTA considérée "à faible revenu" consultent plus que les individus résidant dans une RTA "à revenu élevé". Cette association avec le statut socio-économique peut s'expliquer entre autres par les coûts de médicaments en vente libre. En effet, les médicaments traitant les allergies sont disponibles en vente libre dans les pharmacies par contre, en consultant un médecin, ces médicaments prescrits deviennent partiellement remboursables. D'autres facteurs pourraient également expliquer les taux de consultations plus faibles parmi les familles résidant dans une RTA à revenu élevé tel qu'un niveau de scolarisation possiblement plus élevé, un meilleur accès à l'information, des contraintes de temps en raison du travail des deux conjoints, une utilisation plus adéquate des médicaments, un meilleur état des logements, etc.

L'exposition spécifique des individus aux concentrations polliniques n'a pu être considérée dans le cadre de cette étude. En effet, des facteurs reliés à l'exposition pourraient aussi influencer la répartition des consultations médicales selon les RTA. Les individus résidant près des terrains vacants sont probablement plus exposés au pollen d'*Ambrosia* spp. par exemple. En effet, la présence de plants d'*Ambrosia* spp. dans les terrains vacants est de 70 % (Vincent *et al.*, 1985) et les pollens des plants se déposent généralement à proximité de leurs sources (Raynor *et al.*, 1970). Un faible pourcentage (<10 %) de la production relâchée est retrouvée à plus de 50 m de sa source. Les terrains vacants sont surtout reliés à des activités industrielles, routières et ferroviaires (Collins, 1990) et se situent en grande partie dans l'est et le Centre-sud de la Ville, des secteurs moins favorisés sur le plan socio-économique. Toutefois, la présence de vents dominants en provenance du sud-ouest, nord-est peut transporter aussi transporter sur de longues distances les pollens provenant des régions périphériques (Coulombe-St-Gelais, 2005) et affecter des individus habitant d'autres secteurs. Ainsi, les résidents des quartiers situés au nord-est du Mont-Royal (ex. Outremont, Plateau Mont-Royal) pourraient être à l'abri de ces vents grâce au Mont-Royal qui agirait comme une barrière physique naturelle dans le transport du pollen. Afin de dresser un meilleur portrait de l'exposition des Montréalais au pollen, un nombre plus élevé de capteurs polliniques et/ou une station d'échantillonnage en position standard (station en hauteur) auraient avantage à être utilisés. Il restera toutefois très difficile d'évaluer l'exposition des individus résidant dans un secteur géographique spécifique et qui se déplacent quotidiennement ailleurs pour aller travailler.

De plus, des différences importantes existent entre les consultations médicales selon le groupe d'âge et le sexe des patients. La distribution des cas de rhinites allergiques pour la période étudiée est plus élevée chez le groupe des 0 à 24 ans et ce tant à Montréal qu'à Québec. Le groupe des 65 ans et plus est celui où l'on dénombre le moins de consultations médicales. Ces résultats sont conformes à ceux de Baken et Comtois (1990) et de Goulet *et al.* (1996) qui rapportent que l'incidence maximale de rhinite allergique se trouve chez les 0 à 24 ans. Par rapport au sexe, les résultats de l'ensemble des années démontrent, dans les deux régions, un taux de consultation plus élevé chez les femmes quoique qu'entre 0 à 14 ans, ce sont les personnes de sexe masculin qui consultent le plus.

La morbidité liée à la rhinite allergique causée par l'*Ambrosia* spp. est sous-estimée dans les résultats de notre étude. En effet, les données issues de la RAMQ ne tiennent pas compte des consultations médicales effectuées par les médecins qui ne sont pas rémunérés à l'acte, notamment les médecins de CLSC, même si ce pourcentage est minime par rapport à celui des hôpitaux. D'autre part, ce ne sont pas toutes les personnes souffrant de rhinite qui consultent un professionnel de la santé pour leurs symptômes. En effet, il semble que seulement 30 % des individus affectés consulteraient en août et en septembre pour leurs problèmes d'allergies (Goulet *et al.*, 1996). De plus, une proportion importante de la population souffrant d'allergies à l'*Ambrosia* spp. souffre également d'allergies à d'autres plantes et développent des symptômes à partir du printemps (pollens d'arbre) ou du début de l'été (pollens de graminées). Ces derniers ne retourneront pas nécessairement consulter un médecin lors de la floraison de l'*Ambrosia* spp. puisqu'ils ont en leur possession les médicaments permettant de traiter leurs symptômes. Ce biais conduit donc probablement à une sous-estimation de l'association entre les consultations médicales pour rhinite allergique et les concentrations polliniques des espèces allergènes retenues pour l'étude dont l'*Ambrosia* spp.

Par contre, nos résultats ont démontré une association entre les surconsultations pour rhinite allergique et le niveau de pollen de l'*Ambrosia* spp. De plus, une augmentation de la durée des saisons polliniques et du taux de consultations semble se dessiner entre 1994 et 2002; des séries temporelles plus longues devront être retenues afin de valider les tendances observées. L'impact de la rhinite allergique sur la qualité de vie est non négligeable. Il est souhaitable que de nouvelles activités de recherche soient démarrées afin de mettre en place un réseau de surveillance des niveaux de pollen et de leur impact sur la morbidité, la consommation de médicaments et la qualité de vie des individus vivant à Montréal et à Québec. Il est devenu impérieux de maintenir une structure dans les arrondissements permettant un meilleur contrôle possible notamment de l'*Ambrosia* spp. à Montréal.

Conclusion

La synthèse des connaissances acquises au cours de cette étude confirme l'existence de liens entre les concentrations polliniques et les conditions météorologiques ainsi qu'entre les concentrations polliniques, les consultations médicales et le contexte socio-économique.

L'accroissement de la durée des saisons polliniques de certains végétaux, notamment celle de l'*Ambrosia* spp. et les corrélations significatives entre la température, les concentrations polliniques et les consultations médicales permettent de penser que la population affectée par le pollen sera en augmentation au cours des prochaines décennies à Montréal avec la hausse des températures anticipée par les scénarios climatiques.

La rhinite allergique causée par le pollen représente un réel problème de santé publique en raison de l'augmentation de sa fréquence dans les pays industrialisés, de l'altération de la qualité de vie des populations vulnérables, de l'absentéisme et la perte de la productivité au travail ou à l'école. Les coûts reliés à l'hospitalisation, à la médication ainsi qu'aux consultations médicales sont également très importants.

Les résultats obtenus par les analyses spatio-temporelles et les scénarios climatiques de cette étude confirment l'importance de développer des stratégies d'adaptation au problème croissant des allergies respiratoires en milieu urbain mais aussi d'éduquer la population à l'importance de réduire sa consommation et sa production quotidiennes de GES et autres polluants particuliers. Plus particulièrement, il serait important d'abord de mettre en place des méthodes de contrôle à long terme de la croissance de l'*Ambrosia* spp. auquel est associé le plus grand pourcentage de symptômes de rhinite en sensibilisant les principaux acteurs à renforcer les interventions dans ce dossier.

Le secteur de la santé publique devra gérer les effets sur la santé que provoque déjà le changement climatique. Par exemple, les avertissements de taux de pollens élevés combinés ou non à d'autres facteurs environnementaux comme le taux de smog et de chaleur accablante pourront avec le temps inciter la population à développer des comportements préventifs face à la maladie. Il est donc souhaitable de continuer à travailler à mieux comprendre les conséquences de ces changements de qualité de l'air et d'émettre des avis de protection lors d'épisodes de seuils critiques. Le développement d'indicateurs sanitaires par une approche multidisciplinaire et intégrée serait également nécessaire et permettrait le suivi de l'évolution du changement du climat sur l'environnement et la santé.

L'adaptation aux changements climatiques est nécessaire. Elle passe d'abord par l'éducation et représente une composante essentielle et complémentaire aux actions visant la réduction des émissions de GES. Afin que la population urbaine puisse s'adapter de façon durable aux changements climatiques engendrés par les modifications climatiques récentes, il est donc fondamental de continuer à travailler à l'avancement des connaissances dans le domaine de la santé environnementale.

Références

- Aberg, N. 1989. *Birth season variation in asthma and allergic rhinitis*. *Clinical and Experimental Allergy*, 19:643-648.
- Aerobiology Research Laboratories, 2005. *Rotation Impaction Sampling Technology*. Welcome to aerobiology Research Laboratories. [En ligne].
<http://www.pollenplus.com> (Page consultée en août 2005)
- American Academy of Allergie, Asthma and Immunology. 2001. *Seasonal allergies lead to lower productivity*. Dans : American Academy of Allergie, Asthma and Immunology. Archived News Releases- Releases-2001. [En ligne]
<http://www.aaaai.org/media/news_releases/2001/08/010831.html> (Page consultée en septembre, 2001)
- Arrighi, H.M. 1995. *US asthma mortality*. *Annals of allergy, Asthma and Immunology*, 74 (4): 321-326.
- Association des Allergologues et Immunologues du Québec (AAIQ), 2001. [En ligne].
<http://ecoroute.uqcn.qc.ca/group/alca/accueil.html> (Page consultée en octobre 2001)
- Association Canadienne pour la Santé des Adolescents (ACSA), 2000. [En ligne]
http://www.acsa-caah.ca/pdf/fran/resultat_enquete_sociale_et_sante_1998.pdf
(Page consultée en mars 2003)
- Association Pulmonaire du Canada. 2001a. *Asthme*. Dans : Association Pulmonaire du Canada. Centre de ressources sur l'asthme. [En ligne]
<<http://www.lung.ca/fr/asthme/asthmal.html>> (Page consultée en septembre 2001)
- Association Pulmonaire du Canada. 2001b. *Asthme –Déclencheurs de l'asthme*. Dans : Association Pulmonaire du Canada. *Asthme*. [En ligne]
<<http://www.lung.ca/fr/asthme/provoke.html>> (Page consultée en septembre 2001)
- Atlas de Québec et Chaudière-Appalaches, 2001. *Coupe de la région de Québec*.
<<http://atlasnca.geographie.ulaval.ca/>> (Page consultée en septembre 2001)
- Banken, R. et Comtois, P. 1990. *Concentration du pollen de l'herbe à poux et prévalence de la rhinite allergique dans deux municipalités des Laurentides*. *L'Union médicale du Canada*, 119 (4): 178-183.
- Barrow, E., Maxwell, B. et Gachon, P. 2004. *La Variabilité et le Changement Climatique au Canada: Le Passé, Le Présent et Le Futur*. DSCA Séries d'Évaluation Scientifique N°2. Service Météorologique du Canada, Environnement Canada. Toronto, Ontario. 114 p.

- Bénichou, P. 1995. Dans : Laaidi, K. (2001). *Predicting days of high allergenic risk during Betula pollination using weather types*. International Journal of Biometeorology, vol. 45, no3, p. 124-132.
- Blanc, P.D., Trupin, L., Eisner, M., Earnest, G., Katz, P., Israel, L. and Yelin, E.H., 2001. *The work impact of asthma and rhinitis - Findings from a population-based survey*. Journal of Clinical Epidemiology, 54 (6): 610-618.
- Bourque, P-A. 1991. *Le Québec géologique*. Planète terre. Département de géologie. Université Laval. Québec. [En ligne] http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html (Page consultée en mai 2003)
- Broder, I., Barlow, P. and Horton, R.J. 1962. *The epidemiology of asthma and hay fever in a total community, Tecumseh, Michigan : A description of study and general findings*. Journal of allergy, 33 (6) : 513-523.
- Butland, B.K., Strachan, D.P., Lewis, S., Bynner, J., Butler, N. and Britton, J. 1997. *Investigation into the increase in hay fever and eczema at age 16 observed between the 1958 and 1970 British birth cohorts*. British Medical Journal, 315: 717-721.
- Burr, ML., Emberlin, JC., Treu, R., Cheng, S. and Pearce, NE. 2003. *Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)*. Clinical and Experimental Allergy, 33 (12), 1675.
- Cakmark, S., Dales, RE., Burnett, RT., Judek, S., Coates, F. and Brook, JR. 2002. *Effect of airborne allergens on emergency visits by children for conjunctivitis and rhinitis*. The Lancet, 359 : 947-948.
- Campagna, E. 1945. *Le problème de l'herbe à poux Ambrosia artemisiifolia et Ambrosia trifida en Gaspésie, Québec*. Ministère de l'agriculture du Québec. 80 p.
- Cashel, P., Newhouse, BS. and Levetin. 2004. *Correlation of environmental factors with asthma and rhinitis symptoms in Tulsa, OK*. Annals of Allergy, Asthma and Immunology, 92:356-366.
- Centre de Distribution des Données du Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat, 2005. [En ligne] http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/sres/gcm_data.html (Page consultée en octobre 2005)
- Centre Saint-Laurent, 1996. *Infos Saint-Laurent*. Centre Saint-Laurent. [En ligne] < http://www.qc.ec.gc.ca/csl/inf/inf002_f.html > (Page consultée en mai 2003)
- Charpin, D., Hughes, B., Mallea, M., Sutra, JP., Balansard, G., Vervloet, D. 1993. *Seasonal allergic symptoms and their relation to pollen exposure in south-east France*. Clinical and Experimental Allergy, 23: 435-439.

- Collin, P. 2004. *Caractérisation géochimique et hydrogéochimique de la matière en suspension de la rivière Saint-Charles, Québec, Canada*. Mémoire, Montréal, sciences de la Terre, Université du Québec, 132 p.
- Collins, L. 1990. *La distribution de l'herbe à poux sur l'Île de Montréal*. Quatre-Temps, 14 (3) : 22-25.
- Commission géologique du Québec, 2002. *Géopanorama Québec*. Ministère des Ressources naturelles Canada. [En ligne] http://www.cgcq.mcan.gc.ca/geopanorama/qc/ressources_f.html (Page consultée en mai 2003)
- Comtois, P. 1995. *Aérobiologie de l'herbe-à-poux*. Rapport d'expertise de Paul Comtois. Département de géographie, Université de Montréal, 14 p.
- Comtois, P. 1990. *Variations temporelles et spatiales de l'indice pollinique de l'herbe à poux (Ambrosia spp.)*. Naturaliste Canadien, 117 (3) :199-202.
- Comtois, P. et Gagnon, L. 1988. *Concentration pollinique et fréquence des symptômes de pollinose, une méthode pour déterminer les seuils cliniques*. Revue française Allergologues, 28:279-286.
- Comtois, P. et Sherknies, D. 1991. *Les prévisions du pollen d'Ambrosia*. Allergie et Immunologie, 24: 22-26.
- Comtois, P., Batchelder G., Sherknies, D. 1989. *Pre-season pollen forecasting*. Dans : Comtois P. (éd.) *Aerobiology health environment: a symposium*. University de Montréal, Montréal, Canada
- Coulombe-St-Gelais, Y. 2005. *Simulation régionale du pollen d'Ambrosia: Couplage avec l'échelle urbaine*. Présentation au Consortium Ouranos, Montréal.
- Des Roches, A. 2001. *In: Association des Allergologues et Immunologues du Québec. Qu'est-ce que l'allergie ?* [En ligne]. <http://www.allerg.qc.ca/allpluserieuses.htm> (Page consultée le 17 septembre 2001).
- Direction de la Santé Publique de Montréal Centre, 1998. *Liens entre les pollens allergènes, leur mesure et les symptômes ressentis*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal Centre, 35 p.
- Donahue, JG., Greineder, DK., Connor-Lacke, L., Canning, CF., Platt, R. 1999. *Utilization and cost of immunotherapy for allergic asthma and rhinitis*. Annals of Allergy, Asthma and Immunology, 82: 339-347.
- Durand, L. 1986. *Description du contenu pollinique de l'atmosphère de Montréal et de Québec pour les années 1983 et 1984*. Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, Montréal, 209 p.

- Emberlin, J. and Norris-Hill, J. 1991. *Spatial variation of pollen deposition in North London*. Grana, 30: 190-195.
- Environnement Canada, 2003b. *Les Villes canadiennes sont à l'origine d'exploits météorologiques !* [En ligne]. <<http://www.on.ec.gc.ca/weather/winners/intro-f.html>> (Page consultée en mars 2004)
- Environnement Canada, 2002. *L'environnement aquatique : les ensembles hydrographiques du Saint-Laurent*. Portrait de la biodiversité du Saint-Laurent. [En ligne] http://lavoieverte.qc.ec.gc.ca/faune/biodiv/fr/abiotique/ens_hydro1.html (Page consultée en février 2003)
- Environnement Canada, 2002. *Les systèmes frontaux*. Service météorologique du Canada. [En ligne]. <http://www.qc.ec.gc.ca/meteo/Documentation/Front_fr.html> (Page consultée en juillet 2003)
- Environnement Canada, 2002. *Documentation for the digital Archive of Canadian Climatological Data (Surface) Identified by Element*. [En ligne] http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/prods_servs/documentation_index_e.html (Page consultée en juin 2003)
- Environnement Canada. 1987. *Le climat de Montréal*. Études climatiques no 39, Canada, 64 p.
- Fountain, P. 2002. *La rhinite allergique et le pollen de l'herbe à poux à Québec de 1994 à 1998*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec, 24 p.
- Frei, T. 1998. *The effects of climate change in Switzerland 1969-1996 on airborne pollen quantities from hazel, birch and grass*. Grana, 37(3): 172-179.
- Gachon, P., St-Hilaire, A., Ouarda, T., Nguyen, V.T., Lin, C., Milton, J., Chaumont, D., Goldstein, G., Hessami, M., Nguyen, T.D., Selva, F., Nadeau, M., Roy, P., Parishkura, D., Major, N., Choux, M. et Bourque, A. 2005. *A first evaluation of the strength and weaknesses of statistical downscaling methods for simulating extremes over various regions of eastern Canada*. Science Sub-component Climate Change Action Fund (CCAF) Environment Canada, Ouranos, Rapport final, 70 pages.
- Gagnon, L. 1989. *La spora pollinique de l'Île de Montréal et sa représentativité géographique*. Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, Montréal, 89 p.
- Gajewski, K. 1998. *Climate changes of the last millennium reconstructed from high-resolution pollen records*. Dans: D. Maclver and R. Meyer, (éd.). *Climate variations and biodiversity change during the last millennium, Proceedings of the workshop on decoding Canada's environmental past*, Environnement Canada, Ontario.
- Gajewski, K. 1987. *Climatic impacts on the vegetation of eastern North America during the past 2000 years*. *Vegetation*, 68. P. 179-190.

- Garneau, M. 2001. *Un temps de changement: Le changement climatique au Québec*. Rapport divers 78 (affiche), Commission géologique du Canada, Ressources Naturelles Canada.
- Garneau, M. 1998. *Reconstitution paléoécologique d'une tourbière en position littorale sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, Isle-Verte, Québec, Canada*. Bulletin 514, Commission géologique du Canada, Ressources Naturelles Canada. 149 p.
- Gergen, P.J et Turkeltaub, P.C. 1992. *The association of individual allergen reactivity with respiratory disease in a national sample: Data from the second national health and nutrition examination survey, 1976-80 (NHANES II)*. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 90 (4): 579-588.
- Gergen, P.J. and Weiss, K.B. 1990. *Changing patterns of asthma hospitalization among children: 1979 to 1987*. Journal of the American Medical Association, 264 (13): 1688-1692.
- Goulet, L., Christin, C. et Hudon, É. 1996. *Prévalence et gravité des symptômes d'allergie respiratoire chez les résidents de l'Île de Montréal*. Direction de la santé publique de Montréal-centre. Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal Centre, 20 p.
- Gouvernement du Canada. 2001. *Le Canada et le protocole de Kyoto*. [En ligne] <http://www.nrcan.gc.ca/www3/cc/french/whats_new/science_f.html> (Page consultée en février 2003).
- Grandtner, M. 1966. *La végétation forestière du Québec méridional*. Presses Université Laval, Québec, 216 p.
- Groupe d'Experts Intergouvernemental sur les Changement climatique (GIEC), 2001b. *Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptations et vulnérabilité*. Contribution du Groupe de travail II au Troisième Rapport d'évaluation du GIEC.
- GIEC, 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques: les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. et Johnson, C.A.(dir.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, N.Y., É.-U., 881p.
- GIEC. 1999. *Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment*. Version 1. Préparé par Carter, T.R., M. Hulme et M. Lal, Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 69 p.
- Guay, F. 2003. *Relation entre la localisation des îlots de chaleur urbains et le type d'occupation du sol de la Ville de Montréal*. Rapport de projet de recherche présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie. Université du Québec à Montréal, 76 p.
- Guérin, M., Gosselin, P., Cordier, S., Viau, C., Quénel, P. et Dewailly, É. 2003. *Environnement et santé publique : fondements et pratiques*. Paris, TecDoc, 1017 p.

- Guérin, B. 1993. *Pollen et allergies*. Varennes-en-Argonne : Allerbio, 279 p.
- Higham, H. 1998. *Orage et asthme – Le cas de 24-25 juin 1994 dans le sud-est de l'Angleterre*. Climat et santé – cahiers de bioclimatologie et biométéorologie humaine, 18: 37-50.
- Institut de la statistique du Québec, 2000. *Enquête sociale et de santé 1998, Québec*. Les publications du Québec, gouvernement du Québec, 642 p.
- Jolicoeur, N. et Christin, C. 1994. *Estimation des coûts économiques liés aux effets allergènes de l'herbe à poux (pour l'année 1992)*. Direction de la santé publique de Montréal-Centre, 32p.
- Jossart, J., Garneau, M., Vigeant, G., Milton, J. et Bonvalot, Y. 2002. *Évaluation préliminaire des conséquences du changement climatique sur la productivité pollinique*. Rapport interne, Montréal : Université du Québec à Montréal, Département de géographie et Service météorologique canadien, 60 p.
- Jossart, J. 2002. *Analyse des données polliniques*. Rapport interne. Université du Québec à Montréal et service météorologique du Canada. Région du Québec, Québec, 23p.
- Kadocsa, E., Bittera, I. and Juhasz, M. 1991. *Results of skin tests, based on pollen count, in patients allergic to summertime seasonal rhinitis*. Orvosi hetilap, 132(29):1589-1591.
- Kettles, I.M., Garneau, M. et Jetté, H. 2000. *Macrofossils, pollen and geochemical records of peatlands in the Kenosheo Lake and Detour Lake areas, Northern Ontario*. Bulletin 545, Commission géologique du Canada, Ressources Naturelles Canada, 24 p.
- Laaidi, K. 2001. *Synergie entre la pollution biologique et pollution chimique, les risques croisés*. Dans: Festival International de Géographie Saint-Dié des Vosges. Les actes du FIG 2000 — Géographie et Santé. [En ligne] <http://xxi.ac-reims.fr/fig-st-die/actes/actes_2000/laaidik/article.htm> (Page consultée en janvier 2003)
- Laaidi, M. 1998. *Comparaison des comptes polliniques de Dijon sur deux années, 1996 et 1997*. Climat et santé, 18 :21-36.
- Laaidi, K., Laaidi, M., Besancenot, J-P. 1997. *Pollens, pollinoses et météorologie*. La Météorologie, 8e série - n° 20:41-56.
- Labre, L. 1987. *Étude du contenu pollinique de l'atmosphère des Villes de Sherbrooke et Sainte-Agathe*. Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, Montréal, 175 p.
- Lajoie, P., Lebel, G., Leduc, R., Boulet, L-P., Bourdeau, J. et Bernard, P-M., 1994. *Étude sur la relation entre les visites à l'urgence des hôpitaux pour l'asthme, la qualité de l'air et les conditions météorologiques pour la Communauté Urbaine de Québec (1990-1991)*. Le Département de santé communautaire de Centre hospitalier de l'Université Laval.

- Lavoie, M. et P.J.H. Richard. 2000. *Paléoécologie de la tourbière du lac Malbaie, dans le massif des Laurentides (Québec) : évaluation du rôle du climat sur l'accumulation de la tourbe*. Géographie physique et Quaternaire, 54 (2) : 169-185.
- Lavoie, M., Larouche, A.C. et Richard, P.J.H. 1995. *Conditions du développement de la tourbière de la tourbière de Farnham, Québec*. Géographie physique et Quaternaire, 49(2):305-316.
- Lévesque, B., Gauvin, D., Gingras, S. et Mercier, P. 2003. *La rhinite allergique et le pollen de l'herbe à poux à Québec de 1994 à 1998*. Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec, 24p.
- Lewis, S.A., Corden, J.M., Forster, G.E. and Newlands, M. 2000. *Combined effects of aerobiological pollutants, chemical pollutants and meteorological conditions on asthma admissions and A-E attendances in Derbyshire UK, 1993-96*. Clinical and Experimental Allergy, 30 (12): 1724-1732.
- Liard, R., Pin, I., Bousquet, J., Henry, C., Pison, C. et Neukirch, P. 1995. *Prévalence de l'asthme chez les adultes jeunes en population générale*. Bulletin d'épidémiologie hebdomadaire, 45 : 197-198.
- Marie-Victorin Fr. 1964. *Flore laurentienne*. 3^e édition. Les Presses de l'Université de Montréal. Montréal, 925 p.
- McMichael, A.J., Cambell-Lendrum, D.H., Corvalan, C.F., Ebi, K.L., Githeko, A., Scheraga, J.D., Woodward, A. 2003. *Climate change and human health: Risk and responses*. Geneva:World Health Organization; 322 p.
- Mearns, L.O., Hulme, M., Carter, T.R., Lal, M., Leemans, R. and Whetton, P.H. 2001. *Climate scenario development*. In : *Climate Change 2001*. The Scientific Basis, Chapitre 13. Contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge: 741-768.
- Ministère de l'environnement du Québec, 2002. *L'herbe à poux diffuse encore son pollen*. [En ligne] <http://www.menv.gouv.qc.ca/chronique/2002/sept-dec/020919_herbe.htm> (Page consultée en février 2003).
- Ministère des ressources naturelles, 2002. *Portrait du Québec forestier*. [En ligne] <http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/stat_edition_complete/ch01/f030102.doc> (Page consultée en février 2004).
- Ministère des ressources naturelles, 1999. *Rapport synthèse* [En ligne] <http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/quebec/Rapport-synt.pdf> (Page consultée en mars 2004).

- National Pollen Net Work. 2001. *Allernet – All About Allergy*. In: National Pollen Network. Allernet – Home. [En ligne] <[http://www. Allernet.com/ALLABOUT/](http://www.Allernet.com/ALLABOUT/)> (Page consultée en février 2003).
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2002. *Réunion de planification des ministères de la santé: le changement climatique et la santé*. Genève, Suisse, 18 et 19 mars 2002. [En ligne] <<http://www.who.int/peh/climate/phe0204/phe0204toctf.htm>> (Page consultée en janvier 2003)
- Pampalon, R., Raymond, G., Caouette L. et Côté, L. 1998. *Révision du modèle des aires homogènes utilisé dans les enquêtes générales de Santé Québec*. Cahier technique. Direction Santé Québec, Montréal, 35 p.
- Praud, J.P. 1993. *Contrôle de l'environnement et asthme pédiatrique*. Le Clinicien, septembre, p. 107-125.
- Projet Jeunes visionnaires, 2001. *Documents et sites sur le changement climatique*. Université de Moncton. Littoral et vie à Cap-Pelé. [En ligne] <<http://www.umoncton.ca/littoral-vievisionnaires/changclimat.htm>> (Page consultée en février 2003)
- Proulx, H., Jacques, G. Lamothe, A.M. et Litynski, J. 1987. *Climatologie du Québec méridional*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction Météorologique, Québec, M.O. 65, 198 p.
- Raveneau, J. 1997. *Cartographie assistée par ordinateur, CartAO*. Notes de cours, LATIG, Département de géographie, Université Laval, Québec, 9, 214 p.
- Raynor, G. et Haynes, V. 1970. *Travels of airborne pollen*. New York State Museum. Progress Reports no 1-13. [En ligne] <http://www.springerlink.com/content/9301548t3031056l> (Page consultée en avril 2004)
- Regroupement montréalais pour la qualité de l'air, 1998. *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé et l'environnement dans la grande région de Montréal*. 355 p.
- Ressources naturelles Canada. 2003 b. *Géopanorama Montréal : l'eau à Montréal*. Commission Géologique du Canada. [En ligne] < http://www.cgqc.rncan.gc.ca/geopanorama/mtl/eau_f.html > (Page consultée en mai 2003)
- Ressources Naturelles Canada. 2002. *Que sont les changements climatiques*. [En ligne] <http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/articles/qb_01_fr.asp?Region=qb> (Page consultée en février 2003)
- Richard, P.J.H. 1998 : *Les changements climatiques. Regard vers le passé pour mieux voir l'avenir*. Interface, 19 (1) : 36-46.

- Santé Canada, 2001a. *Le smog et votre santé*. Dans : *Votre santé et vous* [En ligne]. http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/general/votre_sante/smog.htm (Page consultée en septembre 2001)
- Santé Canada, 2001b. *Santé et qualité de l'air – Effets sur la santé: Foire aux questions (FAQ)*. Dans : Santé Canada et qualité de l'air – Bienvenue. [En ligne] http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/qualite_air/qf.htm (Page consultée en septembre 2001)
- Sears, M.R. 1997. *Descriptive epidemiology of asthma*. ? The Lancet, 350: 1-4.
- Sears, M.R., Herbison, G.P., Holdaway, M.D., Hewitt, C.J., Flannery, E.M. and Silva P.A. 1989. *The relative risks of sensitivity to grass pollen, house dust mite and cat dander in the development of childhood asthma*. Clinical & Experimental Allergy, 19: 412-424
- Solomon, W.R. 1984. *Continuing medical education, aerobiology of pollinis*. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 74(4) part 1: 449-461.
- Symposium sur la Pollution de l'Air et la Santé Publique à Montréal, 2002. *Compte rendu- sommaire*. [En ligne] <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/symposium/Compte_rendu_fr.pdf> (Page consultée en février 2003)
- Teranishi, H., Kenda, Y., Katoh, T., Kasuya, M., Oura, E. and Taira, H. 2000, *Cryptomeri japonica* in Japan. *Climate Research*, 14(1):65-70.
- Toole, E. et Brown, E. 1946. *Final result of the Duvel buried seed experiment*. Journal of Agriculture Research, 72:201-210.
- Ville de Montréal, 2003. *Montréal en chiffre*. [En ligne] <http://www2.Ville.montreal.qc.ca/script/php/frame.php?target=/portail_VM/accusomf.shtm> (Page consultée en juin 2003)
- Ville de Montréal, 2001. *La parc du Mont-Royal*. [En ligne] < http://www2.Ville.montreal.qc.ca/parcs/mont_royal/mont_royal.htm > (Page consultée en juin 2003)
- Ville de Québec, 2002. *Quelques chiffres*. [En ligne] < http://www.Ville.quebec.qc.ca/fr/exploration/quelques_chiffres.shtml > (Page consultée en mai 2003)
- Vincent, G. 1990. *La petite herbe à poux: la conquête du territoire*. Quatre-Temps, 4(3): 3-9.
- Vincent, G. et Bergeron, Y. 1985. *Weed synecology and dynamics in urban environment*. Urban Ecology, 9: 161-175.
- Waugh, D.L., Richardson, D. and Walsh-Mahaux, J. 2001. *Report on the Halifax Experimental Pollen and Spores Forecast Program for the Summer of 2000*. Meteorological Service of Canada, Atlantic Region. Science Report Series 2001-01, 8 p.

- Weiss, K.B. 1996. *An overview of recent trends in asthma epidemiology*. European Respiratory Review, 6. P.101-104.
- Wilkins, R. 1993. *Use of Postal Codes and Addresses in the Analysis of Health Data*, Health Reports, 5 (2): 157-177
- Zhang, X., Hogg, W. D. and Bonsal, B. R., 2001. *A cautionary note on the use of seasonally varying thresholds to assess temperature extremes: Comments on "The use of indices to identify changes in climatic extremes"*. Climatic Change, 50: 505-507.
- Ziska, L.H. and Caulfield, F.A. 2000. *The potential influence of rising atmospheric carbon dioxide (CO₂) on pollen production of common ragweed as a test case*. World Resource Review, 12(3):449-457.

Annexe A :

Format d'enregistrement des données

Daily Record of Hourly Data (HLY) - Length 186			
	STN ID		YEAR MO DY ELEM S VALUE F
This data is repeated 24 times.			
Monthly Record of Daily Data (DLY) - Length 233			
	STN ID		YEAR MO ELEM S VALUE F
This data is repeated 31 times.			

(Source: Environnement Canada. 2002. *Documentation for the digital Archive of Canadian Climatological Data (Surface) Identified by Element.*)

Légende

Abbrv	LENGTH	Field	Data Type
STN ID	7	Identification de la station	alphanumérique
YEAR	4	Année	numérique
MO	2	Mois i.e. 01=Janvier etc.	numérique
DY	2	Jour	numérique
ELEM	3	Numéro de l'élément. Un numéro unique sert à identifier chaque type de données et implique les unités et la position de la décimale.	numérique
S	1	Signe	'-' = négatif '0' = positif
VALUE	5	Valeur de la donnée. Dans le cas d'une donnée manquante, il est indiqué -99999M. Les unités et la position de la décimale sont fournies par le numéro de l'élément	numérique
F	1	«Flag». Qualificatif de la valeur «VALUE» indiquant s'il s'agit d'une valeur estimée, dérivée ou autre	alphanumérique
FLG	1	Day Flag (annexe X)	alphanumérique

(Source: Environnement Canada. 2002. *Documentation for the digital Archive of Canadian Climatological Data (Surface) Identified by Element.*)

Annexe B :

Détermination de la concentration de particules

(Source : Aerobiology Research Laboratories)

Il a été accepté universellement que les comptes de pollen devraient être rapportés en “particules par mètres cube” (P/m³). Ceci sert à réduire l'ambiguïté en comparant des échantillons provenant de différents secteurs et/ou d'équipement différent.

Afin de déterminer la concentration de particules (particules par mètre cube P/m³), trois opérations sont effectuées:

1. Calculer le nombre de particules dans l'échantillon.
2. Calculer tout le volume d'air prélevé.
3. Calculer le nombre de particules par mètre cube en utilisant le #1 et le # 2.

Étape 1: Le nombre total de particules dans l'échantillon

Ceci est le nombre de particules comptées pendant l'analyse au microscope. Pour les résultats les plus précis quinze champs à 20X et à 40X sont comptés afin d'obtenir les meilleurs résultats. Quinze champs sont juste assez pour couvrir la majeure partie de la superficie de la tige à 20X. Une fois que le nombre de particules a été déterminé, il est temps de calculer le volume d'air prélevé.

Étape 2: Le volume d'air prélevé

Un facteur de conversion (K) est employé pour calculer le taux de d'échantillonnage en litres/minute du T/MN. Le facteur de conversion (K) est (0,0197) lorsqu'on utilise des tiges de “Type I”. Cette constante inclue la partie de la surface d'échantillonnage des deux faces multipliées par le diamètre du cercle coupé dans l'air, quand les tiges sont prolongées de la tête de prélèvement. Par exemple, si l'échantillonneur fonctionne à une vitesse optima de 2400 (T/MN) le calcul du le volume d'air prélevé en litres/minute s'effectue comme suit:

Taux de prélèvement en litres/minute = T/MN x K
où: 2400 x 0,0197 = 47,28 litres/min.

Le volume d'air prélevé peut alors être obtenu en multipliant le taux d'échantillonnage par le temps écoulé en minutes:

47,28 litres/min X 60 minutes = 2836,80 litres et puisqu'il y a 1000 litres par mètre cube (M³) ceci égale 2.8m³.

Étape 3 Calculer la concentration des particules par unité volume

Enfin le calcul des particules peut être déterminé en divisant le nombre de particules comptées par tout le volume d'air prélevé.

Particules totales

$(T/MN) \times (K) \times (\text{Min})$

Exemples:

Constante de tige rétractible de "Type I"	=	0,0197
Périodes de prélèvement	=	60 min.
Particules totales	=	1200
T/MN	=	2400
$2400 \times 0,0197 \times 60 \text{ min.}$	=	2836,80 litres ou $2.8M^3$

1200 particules

$2,8 M^3$

= 428 particules/ M^3

Constante (K) de tige rétractible de "Type I"	=	0,0197
Périodes d'exemple	=	10% (1min/10 minute)
Temps total	=	24 heures
Particules totales compté	=	1200
T/MN	=	2400

24 heures X 1min/10min x 60min/heure	=	144 minutes
$2400 (T/MN) \times 0,0197 (constante K) \times 144 \text{ min.}$	=	6808 des litres ou $6.8M^3$

1200 particules

$6,8 M^3$

= 176 particules/ M^3

Ceci représente la concentration moyenne sur une période de 24 heures.

Une fois le rationnel des calculs compris, ce procédé peut être considérablement simplifié.

Annexe C

Mini atlas cartographique des zones d'émissions potentielles de pollens allergènes dans la région de Montréal

La confection du mini atlas cartographique a été réalisée à partir d'une synthèse des documents disponibles (études, rapports, cartes, bases de données). L'ensemble des cartes se retrouvent à la fin de la présente annexe. Les données utilisées pour effectuer cette cartographie proviennent de sept principales sources :

1. Atlas des bois de Montréal, (47 types de peuplements forestiers distincts) (Ville de Montréal, 2001) ;
2. Limite territoriale de la Communauté Métropolitaine de Montréal, (Ministère des Transports du Québec, 2003);
3. Zonage agricole du Québec, (Ministère des Transports du Québec, 2002) ;
4. Base de données géographiques de la Ville de Laval (limite *Ambrosia* spp., espace vert, hydrologie, réseau routier) (Boutin, Ville de Laval, 2000) ;
5. Limite d'occupation du sol de la Ville de Montréal, (CUM, 2000) ;
6. Réseau routier de la Ville de Montréal, (CUM, 1999) ;
7. Réseau hydrographique, (Ministère des Transports du Québec, 2000).

Analyses et Résultat

Carte 1 : Zones d'émissions potentielles de pollen dans la région métropolitaine

Pour produire une cartographie des sources d'émissions de pollens, le traitement et la superposition des limites d'occupation du sol (forêt, espace vert et parc, espace vacant), du zonage agricole et urbain, du réseau hydrique et des limites municipales ont été réalisés. Le territoire représenté sur la carte 1 englobe la région métropolitaine de Montréal (territoire similaire à la Région métropolitaine de recensement de Statistique Canada - RMR- et à la Communauté Métropolitaine de Montréal - CMM-). D'une superficie de près de 4 000 km², la région s'étend de part et d'autre du fleuve Saint-Laurent. La zone agricole couvre plus de 50 % du territoire avec $\pm 2\,100$ km². La zone urbanisée occupe près de 800 km², la zone forestière plus de 600 km², les espaces vacants ± 300 km² et les espaces verts et les parcs ± 130 km².

La carte permet d'identifier les secteurs d'émissions potentielles de pollens allergènes pour les catégories et espèces suivantes :

- Zone agricole : Graminae (saison pollinique : mi-mai à la fin juillet)
- Espaces verts et parcs : Arbres, arbustes et Graminae (saison pollinique: mi-avril à la fin juin)
- Zone forestière : Arbres et arbustes (saison pollinique : mi-avril à la fin juin)
- Espaces vacants : Herbacées (principalement *Ambrosia* spp.) (saison pollinique : fin juillet à la fin octobre)

La carte 1 montre que l'Île de Montréal, avec une population de plus 1,8 millions d'habitants (Ville de Montréal, 2003), est située au centre d'importantes sources d'émission de pollens. En effet, la Ville de Montréal est bordée par de vastes zones agricoles et plusieurs zones forestières. De plus, elle se situe au milieu d'un corridor de vents dominants, de direction Sud-Ouest / Nord-

Est. Les vents favorisent la dispersion des grains de pollen en dehors des zones sources vers les zones urbanisées (Coulombe-St-Gelais, 2005).

Carte 2 : Zones d'émissions potentielles de pollen dans la région de Laval

Cette carte est un agrandissement de la carte précédente avec un focus sur la Ville de Laval. Le traitement et la superposition des limites d'occupation du sol (forêt, espace vert et parc, espace vacant), du zonage agricole et urbain, du réseau hydrique et des limites municipales ont été effectués. Le territoire couvert par cette carte englobe la Ville de Laval. D'une superficie de près de 250 km², Laval se trouve au nord de l'Île de Montréal et du fleuve St-Laurent, entre les Rivières des Prairies et des Mille-Îles. La zone agricole couvre plus de 70 km², les espaces vacants ± 60 km², la zone industrielle ± 35 km², la zone forestière plus de 20 km², et les espaces verts et les parcs ± 9 km².

Sur l'Île de Laval, les zones agricoles et forestières sont concentrées dans les parties est et ouest. La présence de grands espaces vacants se situe près des zones agricoles et des axes routiers. Au nord de l'Île de Laval existent également plusieurs secteurs de sources d'émissions de pollen comme les zones agricoles à Lachenaie et Boisbriand, les espaces vacants de Terrebonne et le secteur forestier de Blainville.

Les cartes 3 et 4 ont été réalisées à l'aide des bases de données d'occupation du sol de la Ville de Laval (affectations du territoire, réseau routier, localisation de plante d'*Ambrosia* spp.). En 1999-2000, la Ville de Laval a réalisé avec la collaboration des résidents, un projet d'identification d'emplacement et de densité des plants d'*Ambrosia* spp. et ce, à la fois sur les terrains privés (appartient au citoyen) et que sur les terrains municipaux (appartient à la Ville).

Carte 3 : Cartographie des plants d'*Ambrosia* spp. et de leur densité sur les terrains privés de la Ville de Laval en 2000

Cette carte illustre l'emplacement des plants d'*Ambrosia* spp. dans la zone urbaine (espace résidentiel, terrains privés) de la Ville de Laval. Trois classes de densité de recouvrement ont été identifiées :

- Classe 1 : 10 plants et moins/m² (petit cercle rouge)
- Classe 2 : Entre 10 et 20 plants/m² (moyen cercle rouge)
- Classe 3 : Plus de 20 plants/m² (grand cercle rouge)

Le projet de recensement a permis d'identifier 426 endroits colonisés par 10 plants d'*Ambrosia* spp. et moins/m². La classe 2 (10 à 20 plants/m²) été identifiée à 310 reprises et la classe 3 (> 20 plants/m²) à 112 occasions, ce qui représente un total de 848 sites colonisés par des plants d'*Ambrosia* spp. Les secteurs les plus densément occupés sont la partie ouest de l'Île, le long des rives des Rivières des Mille-Îles et Rivières des Prairies ainsi que le centre de la Ville. Une forte concentration des trois classes de densité est aussi observée dans les nouveaux quartiers résidentiels en construction et ainsi que dans les espaces vacants et industriels. L'*Ambrosia* spp. est une espèce pionnière, opportuniste et peu compétitive. Elle s'installe facilement sur les terrains vacants, abandonnés et dépourvus de couvert végétal continu. Elle envahit rapidement les territoires transformés par une intervention humaine quelconque comme les cultures, les travaux

d'excavation ou de construction qui perturbent le couvert végétal en place. Généralement, les plants d'*Ambrosia* spp. occupent sur les terrains vacants jusqu'à 70 % de la superficie du territoire (Vincent *et al.*, 1985).

Carte 4 : Localisation de la densité d'*Ambrosia* spp. sur les terrains municipaux de la Ville de Laval en 2000

La carte 4 présente l'emplacement des plants d'*Ambrosia* spp. sur des terrains qui appartiennent à la Ville de Laval et concentrés plus particulièrement sur les abords des axes routiers. La Ville de Laval possède un réseau routier étendu. Sachant que l'*Ambrosia* spp. pousse en abondance à l'intérieur des deux premiers mètres de végétation à partir de la chaussée (MTQ, 2005), cette municipalité a jugé important d'identifier les secteurs où les plants sont les plus concentrés afin d'en faciliter l'éradication. Trois classes de densité ont ainsi été distinguées :

- Classe 1 : 10 plants et moins/m² (trait bleu)
- Classe 2 : Entre 10 et 20 plants/m² (trait rouge)
- Classe 3 : Plus de 20 plants/m² (trait noir)

La classe 1 englobe 411 endroits où la densité d'*Ambrosia* spp. est faible. La classe 2 a été identifiée en 208 endroits et la classe 3 en 305 endroits, pour un total de 924 secteurs plus ou moins grands occupés par l'*Ambrosia* spp. sur les territoires municipaux. La compilation des résultats sur la carte montre que les secteurs les plus envahis se situent aux abords des axes routiers et plus précisément dans les parties Est et Ouest de la Ville. Les axes routiers les plus "contaminés" sont ceux situés près ou dans une zone agricole. Quelques tronçons secondaires le long des rivières sont aussi envahis par l'*Ambrosia* spp.

Carte 5 : Zones de sources d'émissions potentielles de pollen sur l'Île de Montréal

La carte 5 synthétise les secteurs de sources potentielles d'émissions de pollen sur l'Île de Montréal. D'une superficie de près de 50 km², l'Île de Montréal est bordée au nord par la Rivière des Prairies et au sud par le fleuve Saint-Laurent. La zone urbanisée occupe une vaste superficie, soit près de 325 km² (65 % de la superficie totale de l'Île). La zone industrielle couvre ± 62 km² (12 %) de l'ensemble du territoire, les espaces verts, parcs et golfs occupent approximativement 50 km² (10 %) et les espaces vacants ± 43 km² (9 %) La zone agricole couvre ± 20 km² (4 %) et est concentrée dans l'ouest de l'Île. La superficie couverte par des formations forestières est très peu dense.

Sur l'Île de Montréal, la cartographie de la densité des plants d'*Ambrosia* spp. n'a pas été encore réalisée de façon aussi précise que sur le territoire de Laval (cartes 4 et 5). Une telle activité à Laval a fait partie d'un choix d'action de politique municipale et non d'un règlement. Une cartographie du nombre de plants d'*Ambrosia* spp. par mètres carrés sur l'Île de Montréal a cependant été réalisée par Collins (1988) au cours de l'été 1987 (mi-juillet à la fin août) et sous la direction du Dr. Paul Comtois du département de géographie de l'Université de Montréal. En 1994, les résultats de cette carte semblaient toujours valables selon Christin *et al.*, 1994, exception faite des secteurs qui avaient été urbanisés au cours des 7 années.

Des sources d'émissions potentielles localisées au-delà du territoire de l'Île de Montréal peuvent certainement influencer la concentration de pollen allergène. On pense par exemple à l'importante superficie occupée par les secteurs agricoles, forestiers et vacants dans la partie Est de l'Île de Laval ainsi que les secteurs agricoles situés au sud de Montréal qui englobent aussi le secteur forestier de Kahnawake. De plus, l'Île de Montréal se situe au centre d'un corridor de vents dominants de direction Sud-Ouest / Nord-Est (Coulombe-St-Gelais, 2005). La simulation du déplacement des nuages confirme que les vents dominants favorisent la dispersion des grains de pollen en dehors des zones sources vers les zones urbanisées.

Cartes 6, 7 et 8 : Zones de sources potentielles d'émissions de pollen sur l'Île de Montréal (Ouest, Centre et Est)

Les cartes 6 (Ouest), 7 (Centre) et 8 (Est) présentent l'occupation du sol à une échelle détaillée (1 / 2 000). Dans le coin supérieur gauche de la carte, la figure de Collins (1988) permet d'établir des liens entre les secteurs de sources d'émissions potentielles d'*Ambrosia* spp. et l'occupation du sol. Les secteurs les plus à risque sont les bordures de route et d'autoroute, les emprises de voies ferrées, les terrains vacants et les terres abandonnées, les amoncellements rocheux, les chantiers de construction, les bords des clôtures et des champs cultivés, les terrains fraîchement labourés ainsi que les bords des cours d'eau, (DRASS, 2005), (Breton, 2004), (Déchamp *et al.*, 2004).

Les données utilisées pour effectuer les cartes 6, 7 et 8 proviennent de la Ville de Montréal, (CUM, 2001). L'Atlas des bois de la CUM comprend plus de 60 cartes qui couvrent l'ensemble du territoire montréalais. Quarante-sept groupements forestiers ont été identifiés (tableau A) et synthétisés sur les cartes en 3 catégories : feuillus, résineux et mélangés. Les espèces arborescentes dans les parcs-nature, les parcs urbains et les terrains de golf ont été exclus de cet atlas. Pareille généralisation de l'information rend donc difficile l'utilisation de cette référence pour l'identification et la cartographie des sources d'émissions de pollen selon les espèces.

Tableau A : Types de peuplements forestiers répertoriés (mais non cartographiés) sur le territoire de la Ville de Montréal

Bétulaie grise	Feuillus tolérants
Bétulaie jaune à Frêne noir	Feuillus tolérants avec résineux
Caryaie ovale à Chêne rouge	Frênaie noire
Caryaie ovale à Caryer cordiforme avec Frêne rouge	Frênaie rouge
Cèdrière	Friche avec feuillus
Chênaie à chêne à gros fruits	Friche à Frêne rouge avec Orme d'Amérique
Chênaie rouge	Friche à Orme d'Amérique
Érablière argentée	Groupement à Tilleul d'Amérique
Érablière argentée à Frêne rouge	Hêtraie
Érablière argentée à Orme d'Amérique	Mélangés Micocouleraie
Érablière à Caryer	Ormaie à Érable argenté
Érablière sucrière	

Érablière à Érable noir	Ormaie à Frêne rouge
Érablière à Érable négundo	Ormaie à Orme d'Amérique
Érablière rouge	Peupleraie
Érablière à feuillus tolérants	Peupleraie à Peuplier deltoïde/Peupleraie à Peuplier deltoïde et à Érable argenté/Peupleraie à Peuplier faux-tremble
Érablière à Hêtre	
Érablière à Tilleul d'Amérique	
Feuillus	Prucheraie
Feuillus avec résineux	Prucheraie à Pin rouge
Feuillus humides	Résineux
Feuillus humides avec résineux	Résineux avec feuillus
Feuillus intolérants	Résineux avec feuillus tolérants
	Saulaie

La carte 6 représente la partie Ouest de l'Île de Montréal. L'imagette (dans le coin supérieur gauche de la carte) (Collins, 1988) indique une forte concentration du nombre de plants par m² dans l'extrême Ouest de l'Île. En superposant la carte de Collins (1988) à la carte 6, il est possible de lier les sources de pollen à l'occupation du sol en reconnaissant 3 secteurs où les plants d'*Ambrosia* spp. sont particulièrement denses: les zones agricoles, la ferme McDonald de l'Université McGill et de multiples espaces verts, terrains vacants, trois parcs nature et deux terrains de golf. Les groupements forestiers dans ce secteur sont principalement composés de feuillus.

La plus importante source d'émission de pollen d'*Ambrosia* spp., (plus de 50 plants/m²) se situe cependant dans la partie centrale de l'Île de Montréal (carte 7 et imagette). Elle correspond à l'intersection des autoroutes 20 et 13, aux abords de la cour de triage ferroviaire Turcot (CN) ainsi que dans le secteur à proximité de l'aéroport de Dorval (P.E.T.) et des parcs industriels de Lachine, Lasalle et Saint-Laurent. Cette zone est ceinturée par un territoire où la densité de plants d'*Ambrosia* spp. varie entre 20 à 49 plants/m². Cette ceinture périphérique est constituée de deux parcs nature, dont le parc du Mont Royal qui couvre une superficie de 10 km², des segments des autoroutes 15, 40, 520 et 720, de quatre terrains de golf et de nombreux espaces verts et terrains vacants. Les peuplements forestiers qui dominent le paysage sont des feuillus.

La carte 8, superposée à la figure de Collins (1988), présente un troisième secteur de source très élevée d'émission de pollen d'*Ambrosia* spp. à l'extrémité Est de l'Île de Montréal. Cette zone correspond à l'important secteur industriel pétrochimique situé aux abords de l'autoroute 40 et de l'axe de chemin de fer qui est parallèle à l'autoroute. Figurent également sur ce territoire deux parcs nature, deux terrains de golf et de multiples espaces verts et terrains vacants. Les peuplements forestiers de ce secteur sont représentés par des feuillus et des mélangés.

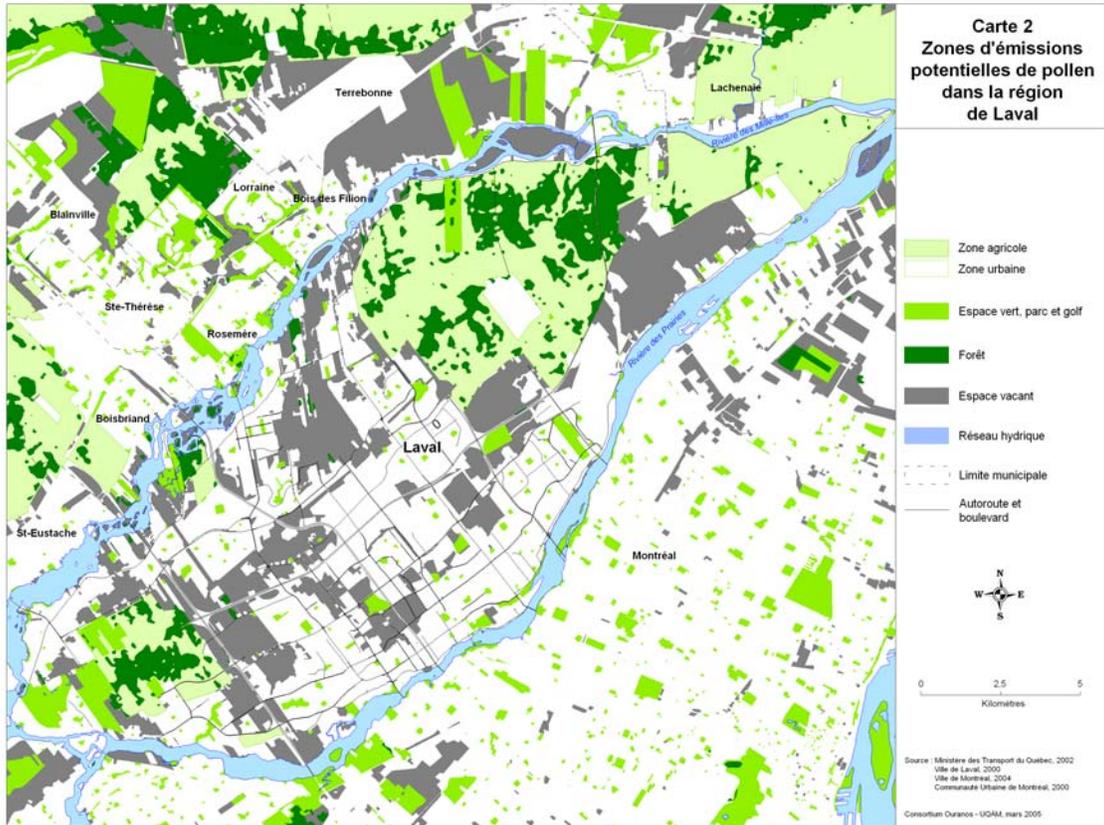
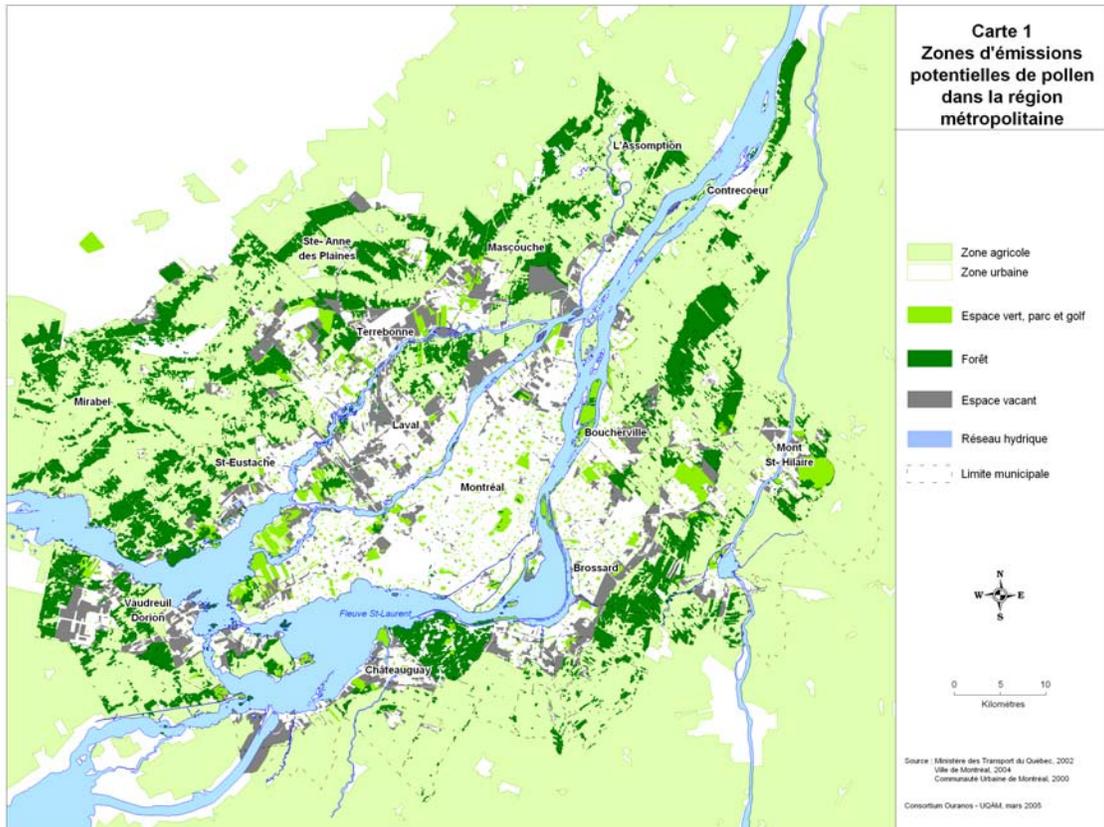
L'identification et la cartographie des sources de pollen allergènes dans la grande région métropolitaine, sur l'Île de Laval ainsi que sur l'Île de Montréal (cartes 1 à 8) avaient pour but de localiser l'emplacement de ces sources d'émissions et de vérifier l'existence d'une relation entre ces sources et le type d'occupation du sol.

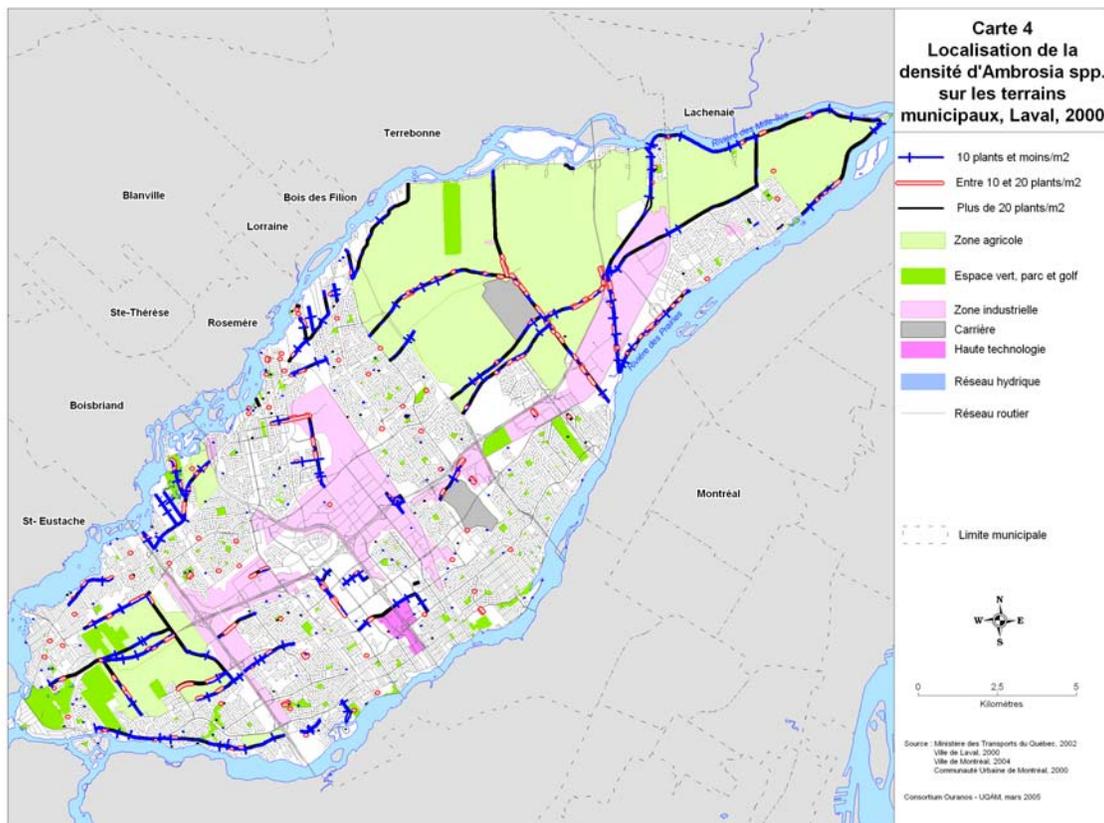
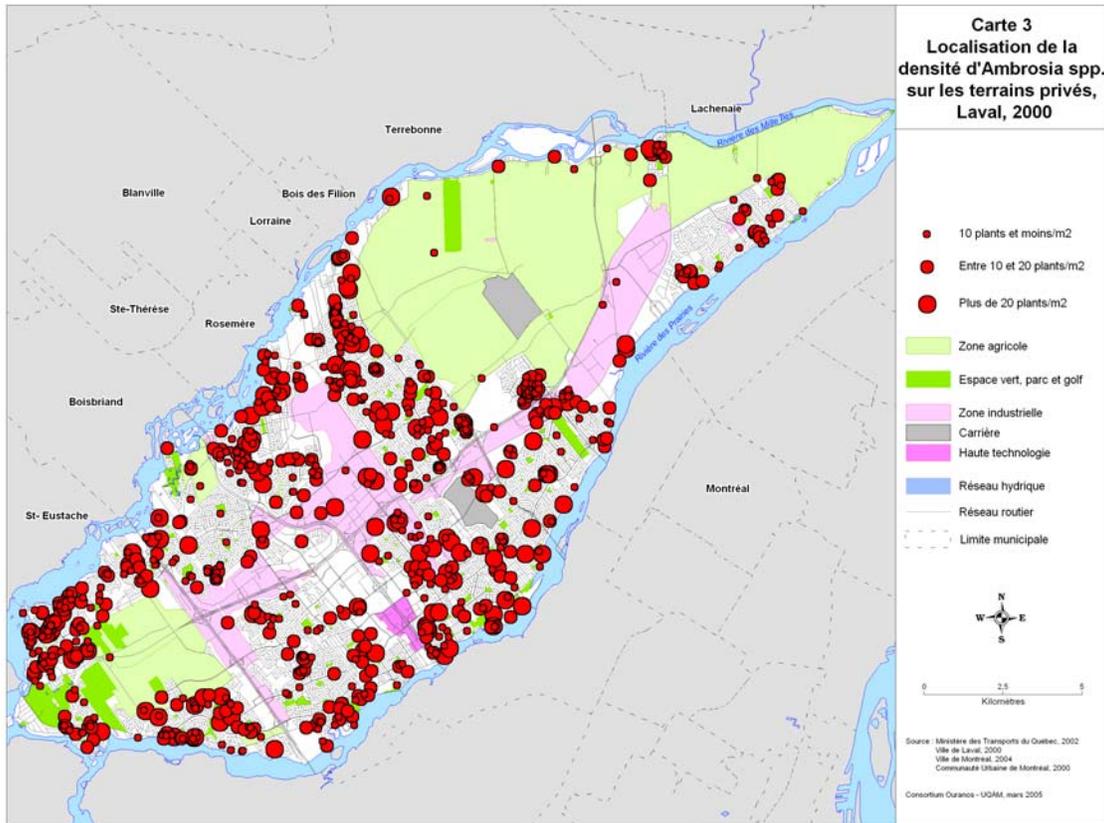
Selon les résultats des études antérieures et ceux présentés dans cette étude, (DRASS, 2005), (Breton, 2004), (Déchamp *et al.*, 2004), les secteurs les plus vulnérables à la colonisation par les plants d'*Ambrosia* spp. sont les bordures des routes et des autoroutes, les ruelles, les bordures de trottoirs, le pourtour des arbres bordant un tronçon routier, les emprises des voies ferrées, les terrains vacants et les terres abandonnées, les amoncellements rocheux, les chantiers de construction, les pelouses mal entretenues, les bords des clôtures et des champs cultivés, les terrains fraîchement labourés, les jachères, les décharges publiques ainsi que les bords des cours d'eau. L'*Ambrosia* spp. est une espèce colonisatrice qui prolifère dans tout habitat hostile, ouvert et bien drainé. Elle est héliophile et supporte mal la compétition avec les autres espèces. D'ailleurs, Transports Québec a mis sur pied un programme de contrôle biologique de l'herbe à poux par l'établissement d'un couvert végétal compétitif.

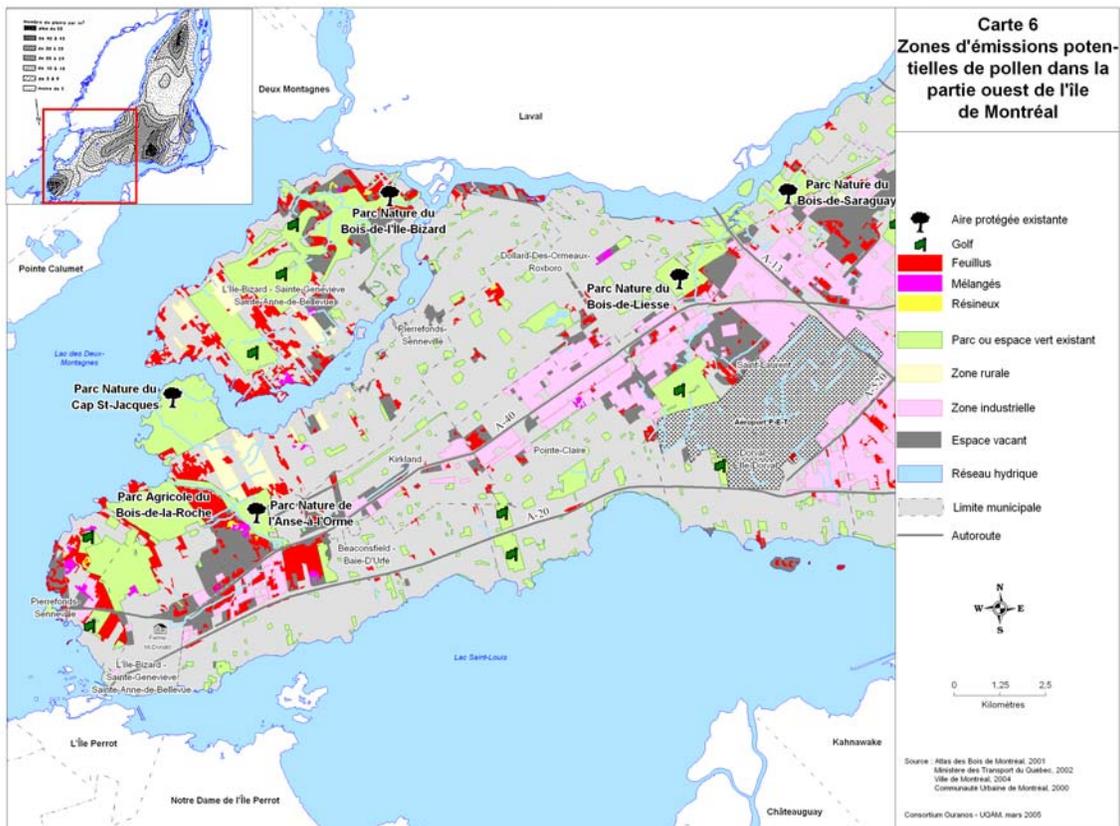
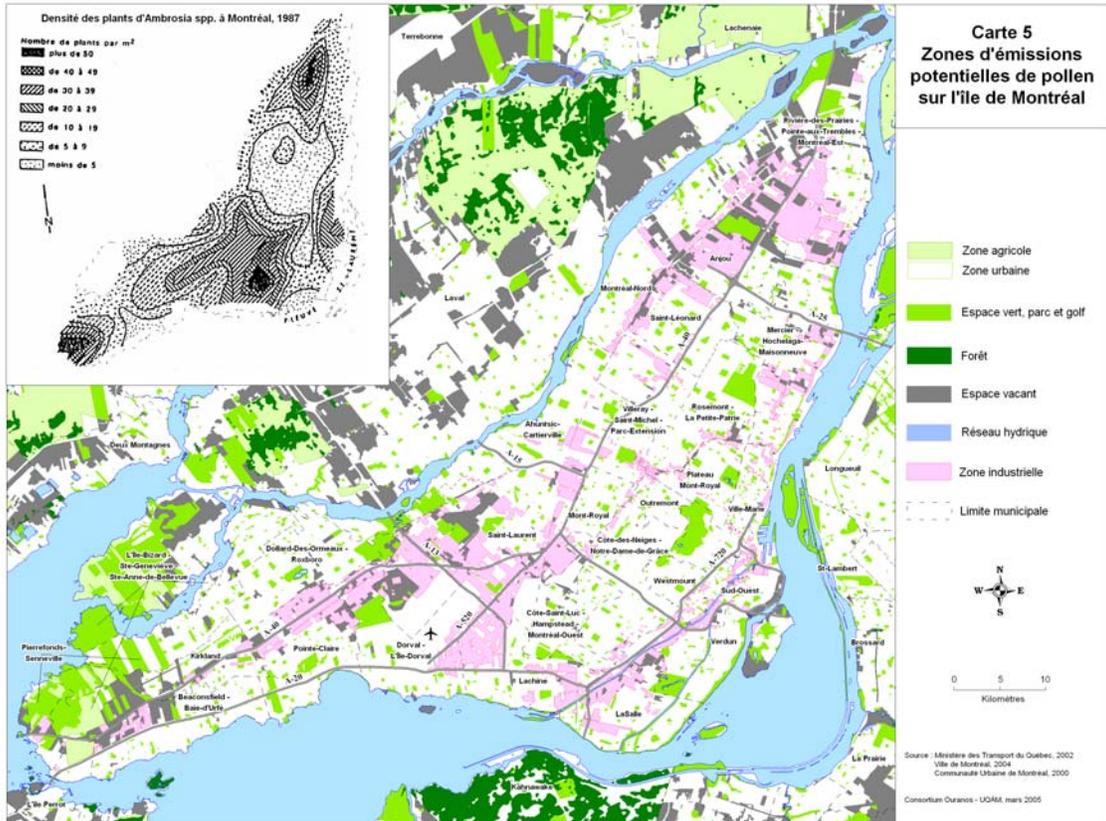
Les résultats présentés sur les cartes confirment l'existence de liens entre le type d'occupation du sol et les sources d'émissions de pollen d'*Ambrosia* spp. à Montréal et à Laval. Les cartes 2 et 3 illustrent les sources d'émissions qui correspondent à des secteurs localisés dans des espaces vacants ou en développement ainsi que dans les zones industrielles.

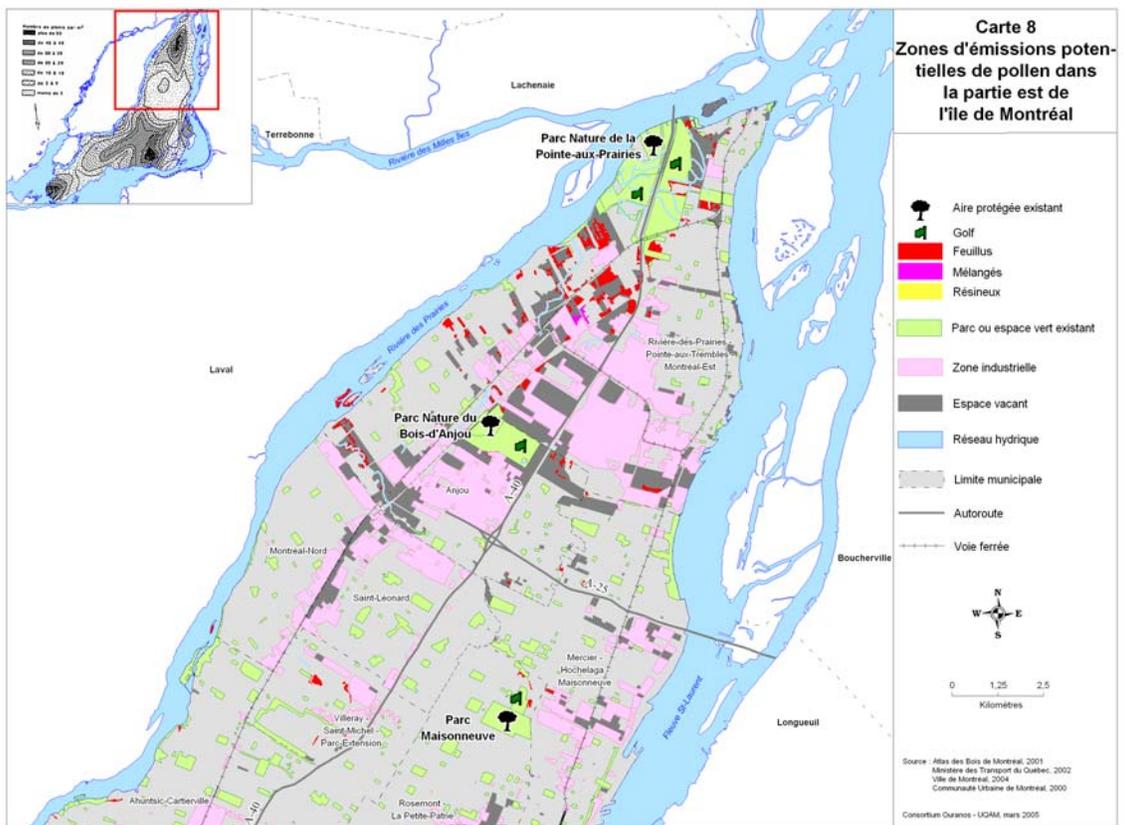
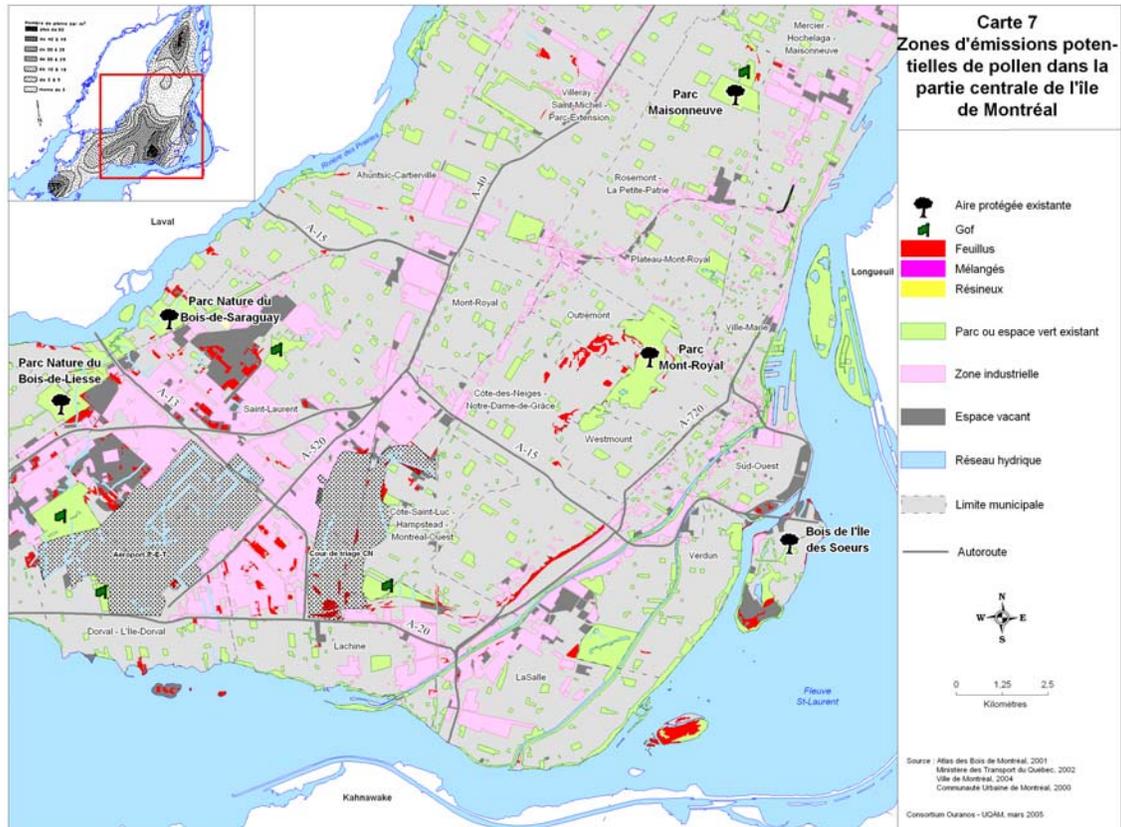
Bibliographie

- Breton, M-C. 2004. *Les conséquences du changement climatique sur les concentrations polliniques et sur la rhinite allergique chez les populations vulnérables vivant à Montréal et Québec, 1994 et 2002*. Mémoire de recherche présenté pour l'obtention du grade de maître es sciences (M. Sc.) Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Christin, C. et Mazur, R. 1994. *État de la situation sur l'herbe à poux dans l'Île de Montréal*. Direction de la Santé Publique de Montréal-Centre, 42 pages.
- Collins, L. 1998 *Distribution et écologie d'une plante nuisible : Ambrosia artemisiifolia; le cas de Montréal*. Montréal, Université de Montréal, 64 pages.
- Communauté urbaine de Montréal (CUM). 2001. *Atlas des bois de Montréal*. 96 pages
- Coulombe-St-Gelais, Y. 2005. *Simulation régionale du pollen d'Ambrosia: Couplage avec l'échelle urbaine*. Présentation au Consortium Ouranos, Montréal.
- Déchamp, C. et Méon, H., 2004. *Ambrosia, Ambroisies, polluants biologiques*. Édition ARP-PAM, 288 pages.
- DRASS Rhône-Alpes, 2005. *L'AMBROISIE*. [En ligne]
<http://www.ambrosie.info/pages/conn3.htm> (Page consultée en mai 2005)
- Vincent, G. et Bergeron, Y., 1985. *Weed synecology and dynamics in urban environment*. *Urban Ecology*; 9: 161-175.



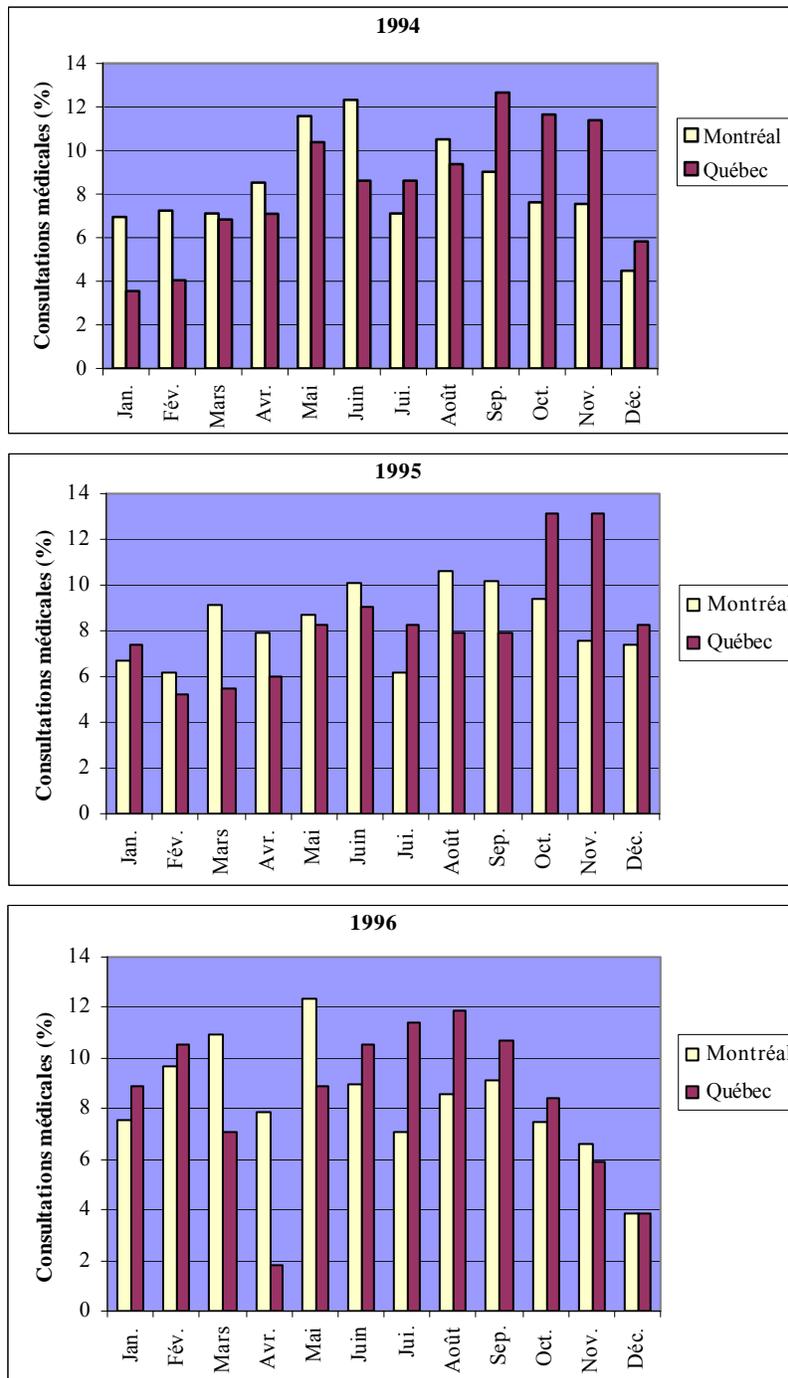


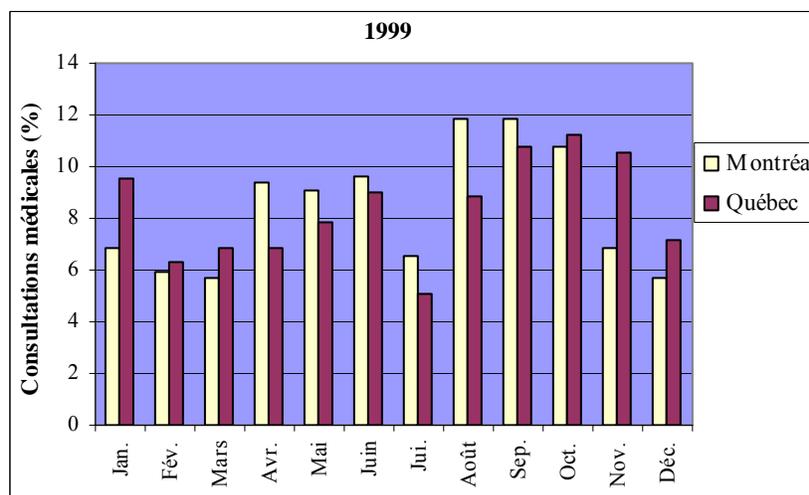
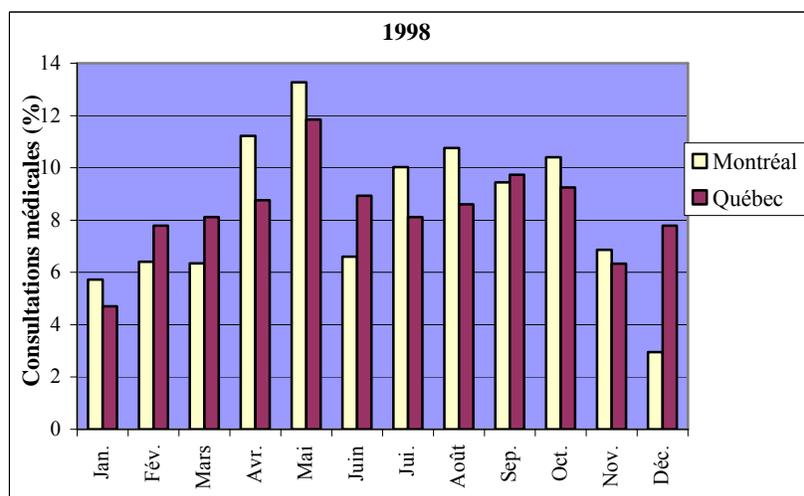
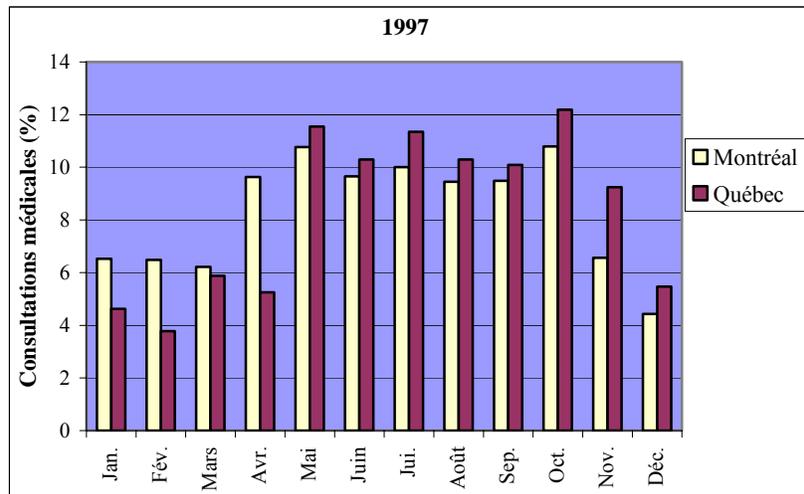


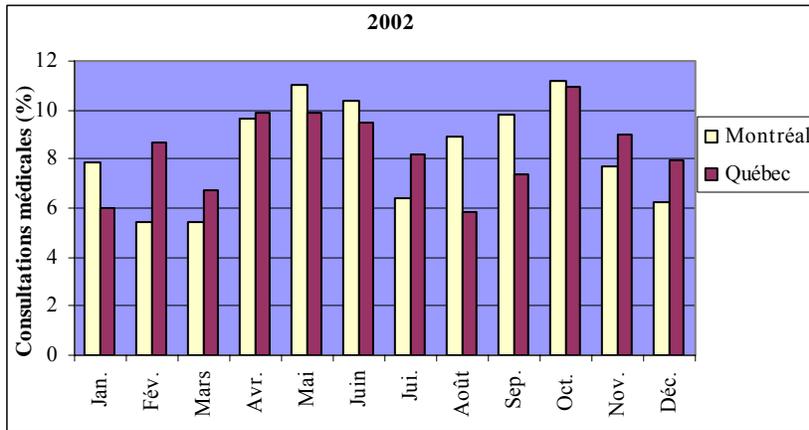
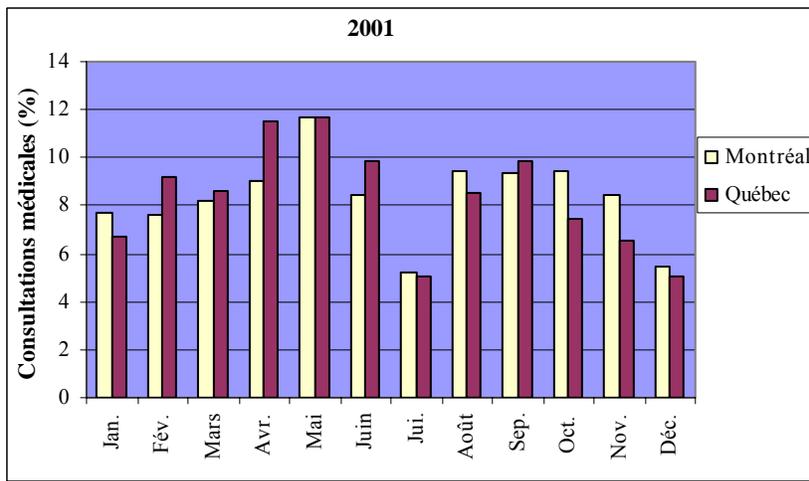
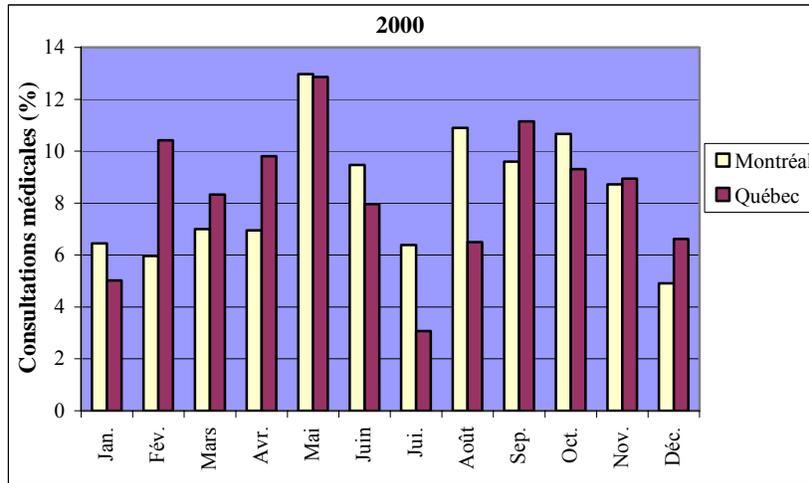


Annexe D :

Totales des consultations médicales pour cause de rhinite allergique, selon le mois, à Montréal et à Québec, entre 1994 et 2002







Annexe E :

Patron saisonnier de croissance

Date de début et de fin des saisons polliniques d'*Acer* spp., *Betula* spp., *Ambrosia* spp., et des *Graminea* à Montréal entre 1994 et 2002.

	<i>Ambrosia</i> spp.	<i>Acer</i> spp.	<i>Betula</i> spp.	<i>Graminea</i>
1994	12 août – 22 sept.	13 avril- 9 juil.	25 avril – 2 juil.	24 mai – 30 sept.
1995	2 août – 20 sept.	11 avril – 18 juin	1 mai – 19 juin	28 juin- 20 sept.
1996	9 août – 21 sept.	2 avril – 5 mai	29 avril – 8 juin	5 juin – 1 oct.
1997	14 août – 26 sept.	6 avril – 21 mai	29 avril – 10 juin	6 juin – 26 sept.
1998	6 août – 29 sept.	3 avril – 3 juin	22 avril – 13 juin	16 mai – 6 oct.
1999	11 août – 1 oct.	1 avril – 31 mai	27 avril – 29 mai	17 mai – 29 sept.
2000	5 août – 19 oct.	25 mars – 30 mai	30 avril – 16 juin	27 mai – 21 sept.
2001	8 août – 19 oct.	7 avril – 23 mai	29 avril – 30 mai	27 mai – 27 sept.
2002	5 août – 13 oct.	5 avril – 6 juin	17 avril – 26 juin	19 mai – 7 oct.
2003	11 août – 27 sept.	11 avril – 24 mai	3 mai – 19 juin	6 juin – 27 sept.
2004	8 août – 28 sept.	29 mars – 20 mai	14 mai – 21 juin	26 mai – 27 sept.

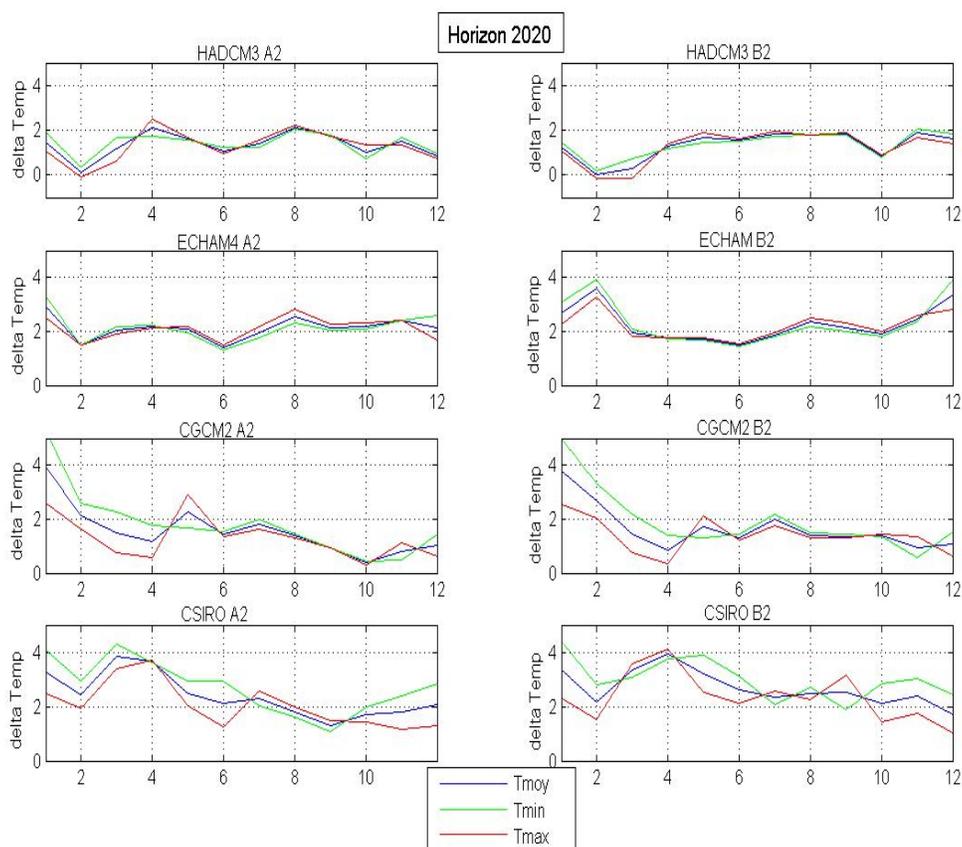
Annexe F

Comparaison de l'évolution des températures minimales par rapport à maximales

Les données historiques ont montré que depuis 60 ans, la température minimale a augmenté plus vite que la température maximale à Dorval, réduisant progressivement l'écart diurne. Cette tendance n'est pas validée dans les projections futures de température avec la méthode des deltas, comme le montrent les graphiques de la figure 1.

Sur une base mensuelle, avec A2 et B2 comme scénarios d'émissions, on remarque que pour Tmax autant que pour Tmin, l'anomalie (ou le delta) augmente au fil du temps (d'un horizon à l'autre) par rapport à la période 1961-90. Toutefois, les deux variables ne semblent pas avoir un comportement cohérent entre elles et d'un modèle à l'autre. Parfois le delta Tmax est supérieur à celui de Tmin, parfois il est inférieur. Globalement, Tmin augmente autant que Tmax. Par contre, pour tous les modèles/scénarios/horizons, en novembre, décembre et janvier, l'augmentation de la température minimale est plus grande que celle de la température maximale. On peut donc s'attendre à ce que les hivers deviennent moins froids dans le futur dans la région de Montréal.

On remarque aussi que pour 3 des 4 modèles, les deltas sont plus faibles l'été que l'hiver (pour Tmin autant que pour Tmax). Le modèle HadCM3 prévoit le contraire : les étés se réchaufferont davantage que l'hiver et pour la même saison, l'augmentation de Tmax sera plus forte que Tmin. Ainsi, les changements climatiques dans la région de Montréal seraient plus prononcés l'hiver.



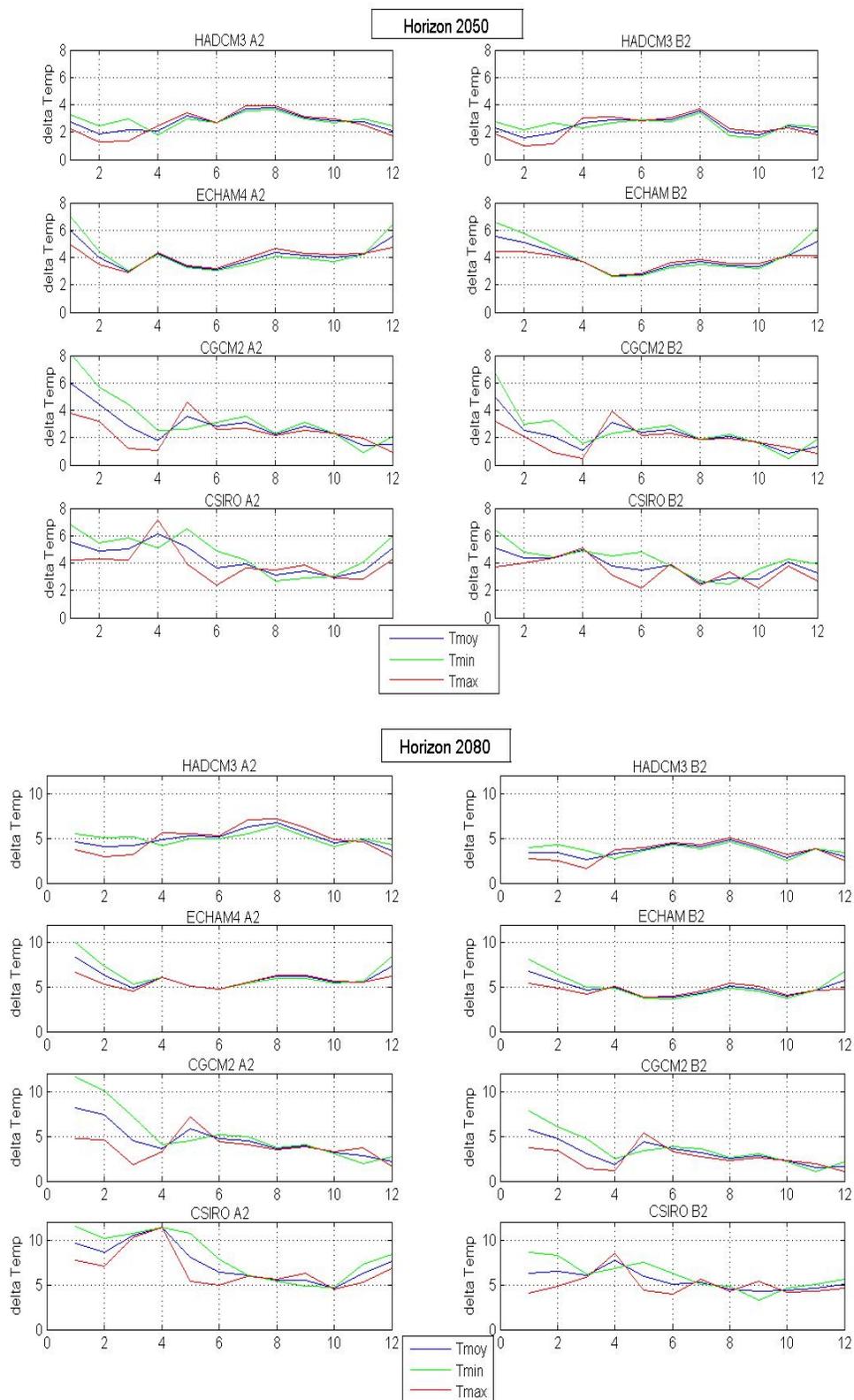


Figure 1 : Anomalie mensuelle des températures minimale, moyenne et maximale, pour les 3 horizons, pour 4 modèles et 2 scénarios. Le modèle américain n'est pas représenté car seules les températures moyennes sont disponibles pour le GFDLR30.