

Bilan environnemental régional

1988-1999

L'AIR

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	ii
1. INTRODUCTION.....	1
2. FAITS SAILLANTS 1988-1998.....	2
3. BILAN 1998.....	4
3.1 LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES	5
3.1.1 Relations entre les divers polluants atmosphériques	5
3.1.2 Dioxyde de soufre.....	10
3.1.3 Oxyde d'azote.....	11
3.1.4 Les précipitations acides.....	12
3.1.5 Sulfates et nitrates.....	15
3.1.6 Matières particulaires	15
3.1.7 Arsenic, cadmium, et manganèse	16
3.1.8 Hydrogène sulfuré	16
3.1.9 Plomb.....	16
3.1.10 Monoxyde de carbone	17
3.1.11 Composés organiques volatils	17
3.1.12 Ozone troposphérique.....	18
3.2 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	19
3.2.1 L'effet de serre.....	19
3.2.2 Évolution des émissions de gaz à effet de serre	21
3.2.3 Émissions de gaz à effet de serre dans la région	25
3.2.4 Modifications induites par le réchauffement planétaire	26
3.3 LÉGISLATION	28
4. RÉSUMÉ DES TENDANCES	30
4.1 VERS L'ASSAINISSEMENT.....	30
4.1.1 Programmes de réduction de la pollution atmosphérique	30
4.1.2 Le plan d'action québécois	31
4.2 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA BIODIVERSITÉ.....	31
4.3 LES ENTENTES ET CONVENTIONS VISANT LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES	32
5. CONCLUSION	34
6. LISTE DES INTERVENANTS	35
7. BIBLIOGRAPHIE	36
8. LISTE DES ACRONYMES	38

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Nombre de stations et d'appareils spécifiques du Réseau de surveillance de la qualité de l'atmosphère du MEF en 1994 dans les principales municipalités du Saguenay–Lac-Saint-Jean.	4
Tableau 2. Principaux enjeux relatifs aux contaminants atmosphériques, en relation avec leur échelle spatiale d'occurrence.	5
Tableau 3. Évolution des émissions de SO ₂ au Québec (en tonnes métriques).	11
Tableau 5. Proportion de lacs acides et de lacs acides en transition au Saguenay–Lac-Saint-Jean à la fin des années 80 et au début des années 90 selon le réseau de surveillance de l'acidité des lacs du gouvernement du Québec.	14
Tableau 5. Réserves de carbone organique en forêt feuillue et résineuse mesurées sur le réseau RESEF.	20
Tableau 7. Émissions de gaz à effet de serre au Québec et autres indicateurs de 1990 à 1994.	22
Tableau 7. Émissions de gaz à effet de serre au Québec de 1990 à 1994 en équivalent CO ₂	22
Tableau 9. Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) pour les substances appauvrissant la couche d'ozone.	24
Tableau 10. Émissions de gaz à effet de serre au Québec en 1994 selon certains types de sources (en kilotonnes).	24
Figure 1. Approche systémique des polluants aéroportés ou l'effet shrapnel (Gagnon et Guérard 1998).	9
Figure 2. Origine des émissions atmosphériques de dioxyde de soufre (SO ₂) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).	11
Figure 4. Origine des émissions atmosphériques d'oxydes d'azote (NO _x) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).	12
Figure 5. Le cycle de vie atmosphérique des substances toxiques (modifié de Communications Science-Impact 1997).	14
Figure 6. Origine des émissions atmosphériques de matières particulaires au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).	16
Figure 7. Origine des émissions atmosphériques de monoxyde de carbone (CO) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).	17
Figure 8. Origine des émissions atmosphériques de composés organiques volatils (COV) en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).	18
Figure 9. Origine des émissions atmosphériques de dioxyde de carbone (CO ₂) au Québec en 1994 en pourcentage (Ministère de l'Environnement et de la faune dans Québec 1996b).	20
Figure 10. Comparaison des émissions par moyen de transport (gramme/personnes/100 km) et selon le nombre de passager (source Canada 1998b).	21

1. INTRODUCTION

La pollution atmosphérique est un problème à l'échelle planétaire en raison de son importance, mais aussi parce que les polluants voyagent sur de grandes distances. Dès le début de l'utilisation du feu, nous avons émis des polluants dans l'atmosphère, par la suite se sont ajoutés les différentes formes de production, l'industrialisation, etc. La population mondiale augmentant ainsi que la technologie, les besoins énergétiques et de transport, le nombre et la quantité de polluants émis n'ont fait qu'augmenter, augmentation qui se poursuit.

Dans le cadre de ce chapitre, nous verrons les divers polluants atmosphériques. La pollution atmosphérique voyage et les données ne sont pas toujours disponibles à l'échelle régionale, c'est pourquoi nous verrons les émissions de polluants à l'échelle du Québec et à l'échelle régionale dans certains cas. Les polluants les plus importants seront abordés plus en détail. Les pluies acides et les changements climatiques induits par la pollution atmosphérique sont aussi discutés. Puisque la pollution atmosphérique touche toute la planète, il y a plusieurs ententes et programmes nationaux et internationaux visant la réduction des émissions de polluants, dont un survol est présenté.

2. FAITS SAILLANTS 1988-1998

Évolution des émissions des polluants atmosphériques à l'échelle du Québec

- en baisse:
 - dioxyde de soufre (69 % de 1975 à 1994),
 - oxyde d'azote (17 % de 1975 à 1994),
 - composés organiques volatils (40 % de 1975 à 1994),
 - matières particulaires totales (64 % de 1975 à 1994),
 - SF₆ (35 % de 1990 à 1994).
- stable:
 - émissions totales de monoxyde de carbone.
- en hausse:
 - émissions par la combustion et les procédés industriels de monoxyde de carbone,
 - ozone troposphérique (tendance de 9 %),
 - émissions de matières particulaires par le transport (68 %) et par combustion (58 %) entre 1975 et 1994,
 - l'ensemble des gaz à effet de serre (de 2 à 15 % entre 1990 et 1994), soit le CO₂, le CH₄, le N₂O, le C₂F₆ et le CF₄.
- non mesurés ou mesures insuffisantes pour déterminer les tendances:
 - sulfates et nitrates, dont les concentrations à Jonquière sont du même ordre que celles de Montréal,
 - hydrogène sulfuré,
 - plomb, mais avec une diminution de sa concentration dans l'air ambiant,
 - Arsenic, cadmium et manganèse,
 - sulfates et nitrates.

En plus de la combustion de carburants fossiles par le transport, les émissions de polluants atmosphériques dans la région sont pour plusieurs associées à la présence d'industries, dont par exemple:

- alumineries: dioxyde de soufre, matières particulaires ;
- pâtes et papiers: dioxyde de soufre, matières particulaires, hydrogène sulfuré (SRT), dioxyde de carbone, méthane, oxyde nitreux ;
- scieries: matières particulaires, dioxyde de carbone, méthane, oxyde nitreux.

Augmentation des lacs acides et en transition (pH ≤ 6) dans la région, 23 % en 1989 et 29 % en 1994.

On peut s'attendre à la suite des changements climatiques probables induits par le réchauffement planétaire à:

- des incidences directes et indirectes sur la santé humaine ;
- des modifications de la durée des saisons: impacts économiques variables pour le loisir et le tourisme, tandis que les rendements en agriculture pourraient augmenter, mais en associations avec l'augmentation des risques de dommages divers aux récoltes ;
- une diminution de la productivité en eau douce dans le sud du Québec ;
- des variations dans les précipitations et l'évapotranspiration modifiant les régimes hydriques et les niveaux d'eau ;
- des stress accrues pour les écosystèmes terrestres par les variations climatiques ;
- des modifications des aires de répartition des espèces (exemple le recul vers le nord de la forêt boréale) pour les écosystèmes terrestres et aquatiques ;
- l'assèchement des milieux humides.

Modifications législatives:

- nouveaux règlements: *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone* en 1993;
- modifications au *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* et au *Règlement relatif aux fabriques de pâtes et papiers* en 1985 pour contrôler les émissions de SO₂ ;
- modifications au *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* en 1990 pour le contenu en soufre de l'huile lourde ;
- normes d'émissions pour les voitures et les camions et la teneur en benzène de l'essence et la teneur en soufre du carburant diesel révisées en 1998 ;

L'air, problèmes sans frontières

Ils y a plusieurs programmes visant la réduction de la pollution atmosphériques, dont la plupart font appel à la participation volontaire des industries.

Engagements des gouvernements fédéral et provincial dans plusieurs ententes internationales de réductions d'émissions de plusieurs types de polluants:

3. BILAN 1998

Lorsque l'on parle de pollution atmosphérique, les pluies acides qui nous proviennent en grande partie des États-Unis nous viennent rapidement en tête. Mais la pollution atmosphérique est plus que cela. Tous participent aux émissions de polluants qui retombent principalement sur nos propres têtes. Mais ils retombent aussi souvent sur d'autres têtes, allant jusqu'à polluer les zones les plus au nord pourtant sans grandes sources d'émissions. Le Tableau 2 nous montre la portée des polluants atmosphériques les plus importants ; cette portée étant principalement locale et régionale. Il faut donc agir ici aussi, et non seulement décrier les gestes de nos voisins.

Les polluants décrits dans le Tableau 2 sont discutés dans les sections qui suivent. D'autres types de polluants ont été discutés dans les différents chapitres. On consultera donc le chapitre aluminium pour des informations sur les HAP et les fluorures, ainsi que des informations sur les effets sur la santé des poussières. L'impact des pesticides est discuté dans le chapitre sur l'agriculture.

La qualité de l'atmosphère est surveillée par les stations d'échantillonnage de certaines compagnies telles les alumineries, et par les différents paliers de gouvernements, selon la région. Il y a deux réseaux de mesure du MEF: le réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPO) et le réseau de mesure des polluants atmosphériques en milieu forestier et agricole du Québec (REMPAFAQ). En plus de ces stations de mesures de la qualité de l'air, il s'est ajouté les trente et une stations de mesure du Réseau de stations d'études d'impacts des stress environnementaux en milieu forestier (RESEF) du MRN. Ces stations mesurent les principaux polluants, tandis que le réseau de surveillance nationale de la pollution atmosphérique fournit les données concernant les COV, les matières particulaires de diamètre inférieur à 2,5 µm ainsi que certaines mesures de HAP.

Les stations du MEF dans la région sont présentées au Tableau 1. Les agglomérations urbaines régionales couvertes par le réseau de surveillance du MEF en 1994 sont Rivière-Eternité, La Baie, Chicoutimi, Laterrière, Jonquière, Alma et La Doré (Bisson 1997). Lorsqu'il est fait mention dans ce texte de données concernant la région, elles sont issues des données colligées par Bisson (1997), données incluant ces stations de mesures pour certains paramètres.

Tableau 1. Nombre de stations et d'appareils spécifiques du Réseau de surveillance de la qualité de l'atmosphère du MEF en 1994 dans les principales municipalités du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Municipalités	Nombre d'appareil					Autres paramètres non mesurés
	Nombre de stations	PST	PM ₁₀	Analyses	SO ₂	
La Baie/Chicoutimi	4	4	-	1	-	H ₂ S, CO, NO _x et O ₃
Laterrière/Alma/Jonquière	5	5	1	2	1	

PST: particules en suspension totales

PM₁₀: particules en suspension dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 microns

Analyses: concentration de métaux (Pb, As, Cd, Mn), de sulfates (SO₄) ou de nitrates (NO₃) dans les PST.

SO₂: dioxyde de soufre, H₂S: hydrogène sulfuré, CO: monoxyde de carbone, NO_x: monoxyde et dioxyde de carbone, O₃: ozone.

Source Bisson 1997.

Tableau 2. Principaux enjeux relatifs aux contaminants atmosphériques, en relation avec leur échelle spatiale d'occurrence.

Contaminants	LOCALE		RÉGIONALE				GLOBALE		
	Qualité de l'air en milieu urbain	Nuisances (souillures et détérioration des surfaces)	Nuisances (odeurs)	Santé	Écosystèmes	Précipitations acides	Smog photochimique et visibilité	Changements climatiques	Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique
Particules	●	●		●	●			●	
Dioxyde de soufre (SO ₂)	●	●		●	●	●			
Monoxyde de carbone (CO)	●			●					
Ozone (O ₃)	●			●	●		●		
Oxydes d'azote (NO _x)	●			●		●	●		
Composés organiques volatils (COV)	●		●	●			●		
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	●			●	●				
Soufres réduits totaux (SRT)	●	●	●	●					
Fluorure d'hydrogène (HF)		●			●				
Plomb (Pb)	●			●	●				
Arsenic (As)	●			●	●				
Cadmium (Cd)	●			●	●				
Manganèse (Mn)	●								
Sulfates (SO ₄)	●				●	●	●		
Nitrates (NO ₃)									
Gaz à effet de serre ¹ (GES)								●	
Substances appauvrissant la couche d'ozone ² (SACO)								●	●

1: Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), le tétrafluorure de carbone (CF₄), l'hexafluorure de carbone (C₂F₆), l'hexafluorure de soufre (SF₆) ainsi que les substances appauvrissant la couche d'ozone stratosphérique désignées ci-dessous.

2: Les principales substances appauvrissant la couche d'ozone stratosphérique sont certains chlorofluorocarbures (CFC), le halon 1301, certains hydrochlorofluorocarbures (HCFC), le méthyle chloroforme (C₂H₃Cl₃) et le tétrachlorure de carbone (CCl₄).
Modifié de Bisson 1997.

3.1 LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

3.1.1 RELATIONS ENTRE LES DIVERS POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

La Figure 1 montre les relations existant entre les divers polluants et les écosystèmes selon une approche systémique. Cette approche permet d'inclure les hypothèses de dépérissement des forêts et les effets des polluants sur les milieux aquatiques, tout en démontrant que, bien que les mécanismes soient complexes et qu'ils ne soient pas tous compris, des mesures de contrôle de la pollution ne peuvent qu'avoir des effets bénéfiques. Cette approche est définie aussi comme *l'effet shrapnel*, un shrapnel étant un obus remplis de balles, qu'il projette en éclatant. Le texte suivant, de Gagnon et Guérard (1998), donne des explications quant à cette figure, tandis que plusieurs de ces polluants, en particulier les polluants primaires, sont décrits plus en détail dans les sections suivantes.

Les polluants primaires

- Bioxyde de soufre (SO₂).
- Oxydes d'azote (NO et NO₂), (ou NO_x).

- Protoxyde d'azote ou gaz hilarant ou oxyde nitreux (N_2O): Il provient de l'azote présent dans les combustibles fossiles: pour chaque tonne de NO_x émise par les centrales au charbon, il y a 580 kilogrammes de gaz hilarant également émis.
- Comme les CFC, le N_2O est un important agent de destruction de la couche d'ozone stratosphérique qui protège la biosphère des rayons ultraviolet-B.
- Composés organiques volatils (HC ou COV).
- Oxydes de carbone (CO et CO_2).
- Particules non-acides (suies): Cancérogènes, elles proviennent de sources très diverses, notamment des véhicules à carburant diesel.
- Métaux lourds toxiques: Plomb (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), manganèse (Mn), nickel (Ni), zinc (Zn), cuivre (Cu), fer (Fe), mercure (Hg). Ils sont présents sous forme de trace dans les minerais ou les combustibles.

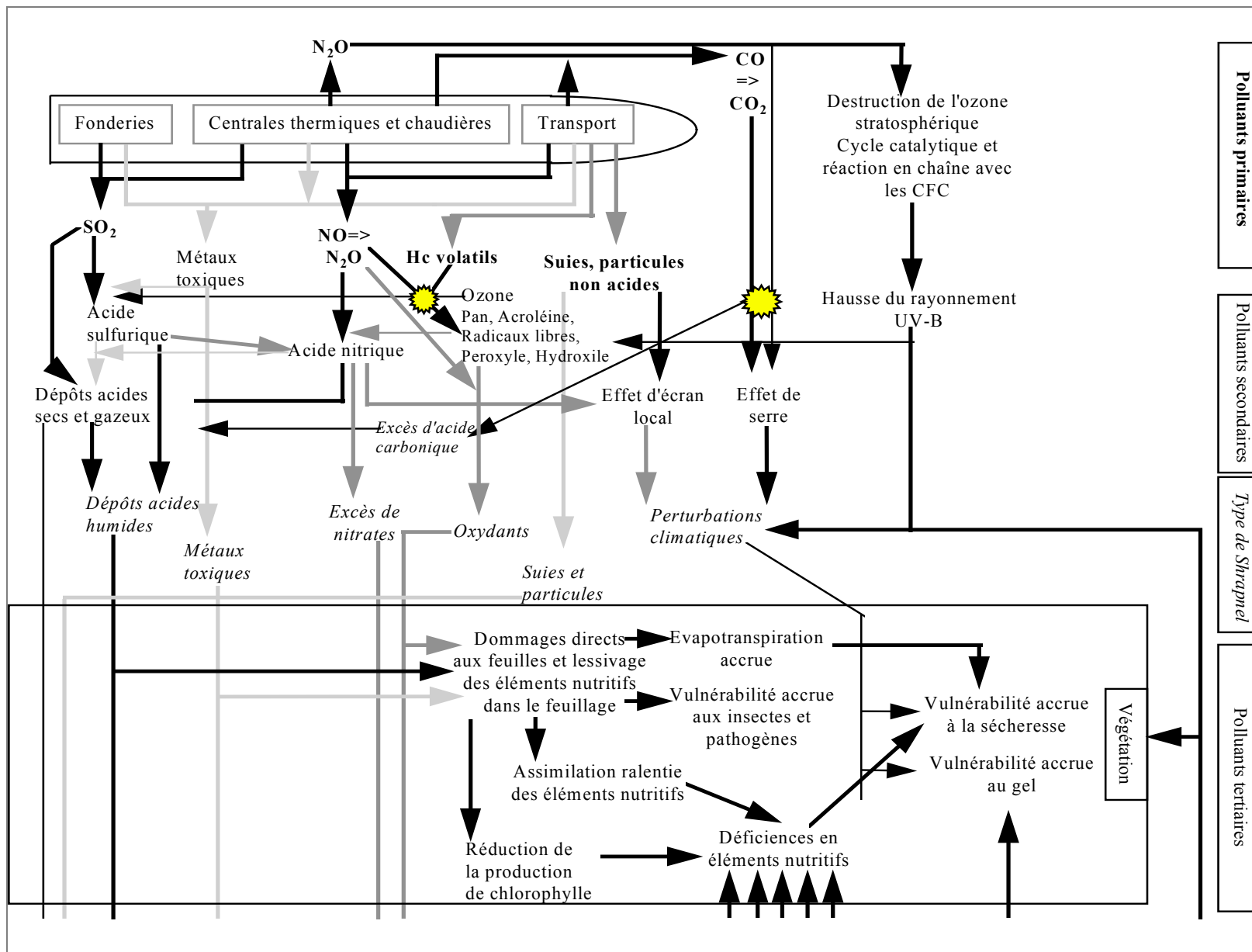
Les polluants secondaires

- Les acides: Transformés à partir des polluants primaires SO_2 , NO_x et CO_2 , les acides atteignent l'environnement sous la forme sèche de particules et de gaz ou sous la forme de dépôts humides (pluie, neige, brouillard, rosée):
 - * L'acide sulfurique: Transformé à partir du SO_2 , on le retrouve sous forme de particules sèches de H_2SO_4 (dépôts secs) ou sous forme dissociée en ions sulfates (SO_4^-) et hydrogène (H^+) dans les dépôts humides. Comme le démontre l'organigramme de l'effet Shrapnel (Figure 1), de nombreuses réactions mènent à la formation de l'acide sulfurique; ces réactions sont catalysées (facilitées, accélérées) par d'autres polluants primaires et secondaires, notamment le NO_2 , les métaux primaires, l'ozone troposphérique et les radicaux libres HO et H_2O_2 .
 - * L'acide nitrique: Transformé à partir du NO_2 , on le retrouve sous forme gazeuse de HNO_3 (dépôts secs gazeux) ou sous forme dissociée en ions nitrates (NO_3^-) et hydrogène (H^+) dans les dépôts humides. Le NO_2 se transforme relativement vite en acide nitrique (son cycle est plus court que celui du SO_2), notamment avec intervention de l'ozone et des radicaux HO.
 - * L'excès d'acide carbonique: Provenant de l'excès du CO_2 atmosphérique, c'est un acide faible, contrairement aux deux précédents. Un doublement de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère pourrait abaisser sensiblement le pH "de fond" des pluies, de pH 5,65 actuellement à pH 5,49. L'acidité de la pluie normale serait accrue par un facteur de 1,6 à l'échelle du globe.
- Les oxydants: Produits par des réactions entre les polluants primaires NO_2 , HC et le rayonnement solaire, les principaux oxydants sont l'ozone (O_3), le peroxyacétylnitrate (PAN: $CH_3C(O)O_2NO_2$), l'acroléine (CH_2CHCHO) et les radicaux libres peroxy (H_2O_2) et hydroxyle (HO). En plus de leurs effets sur l'environnement ces polluants jouent un rôle important dans la genèse des acides sulfuriques et nitriques.
- Les modifications climatiques: Bien qu'elles ne soient pas des produits chimiques, elles peuvent être considérées comme des polluants secondaires provenant de l'action des polluants primaires.
- Les rayons ultraviolet-B: En détruisant l'ozone stratosphérique, les CFC et le polluant primaire N_2O vont permettre l'entrée des rayons UV-B dans la biosphère. Une augmentation de 1% du taux d'émission de N_2O provoquerait une diminution de 0,15% de l'ozone stratosphérique et une pénétration d'U.V. nocifs. Les effets d'un rayonnement UV-B accru sont multiples: cancers de la peau, cataractes aux yeux, affaiblissement du système immunitaire, dommages aux récoltes et au plancton des océans, dépérissement des forêts. Une intensification du rayonnement UV-B provoquerait de plus une activation des processus de formation des acides sulfuriques et nitriques ainsi que de l'ozone troposphérique et du peroxyde.

- L'effet de serre global: Les polluants primaires CO₂ et N₂O, (ainsi que le méthane et les CFC) piègent la chaleur du soleil dans l'atmosphère pour donner naissance à l'effet de serre qui consiste en un réchauffement de la planète. Le schéma de l'effet Shrapnel montre le lien étroit existant entre les sources de pluies acides et les sources responsables de l'effet de serre. Les économies d'énergie sont une solution commune aux deux problèmes.
- L'effet local d'écran: L'acide sulfurique sous forme de particules sèches (H₂SO₄) devient également un polluant secondaire sous la forme d'un effet d'écran. Ces particules sont responsables de certaines perturbations météorologiques: leur taille est telle qu'elles diffusent fortement la lumière, ce qui peut modifier l'équilibre thermique entre l'atmosphère et la surface de la Terre, et perturber le climat. Cette diffusion aurait deux conséquences: un refroidissement [local] de la surface de la Terre (qui ne reçoit plus autant de soleil) et un réchauffement de la haute atmosphère; ces deux effets perturberaient les déplacements naturels des masses d'air et favoriseraient des inversions de température (la température augmente avec l'altitude, au lieu de diminuer). S'il y a inversion de température, l'air stagne, ainsi que les agents polluants dont il est chargé.

•
Les polluants tertiaires

- Les polluants "tertiaires" sont les métaux lourds toxiques naturellement présents (mais normalement insolubles et donc inoffensifs), qui sont libérés des sols et des sédiments par l'acidification du milieu, ainsi que les métaux lourds toxiques primaires mobilisés par cette même acidification. Les principaux polluants tertiaires sont l'aluminium (Al), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), le plomb (Pb), le manganèse (Mn). Ils peuvent être très toxiques pour les plantes, les micro-organismes des sols, les animaux et les êtres humains. Leur effet est susceptible d'être amplifié par bioaccumulation dans la chaîne alimentaire.



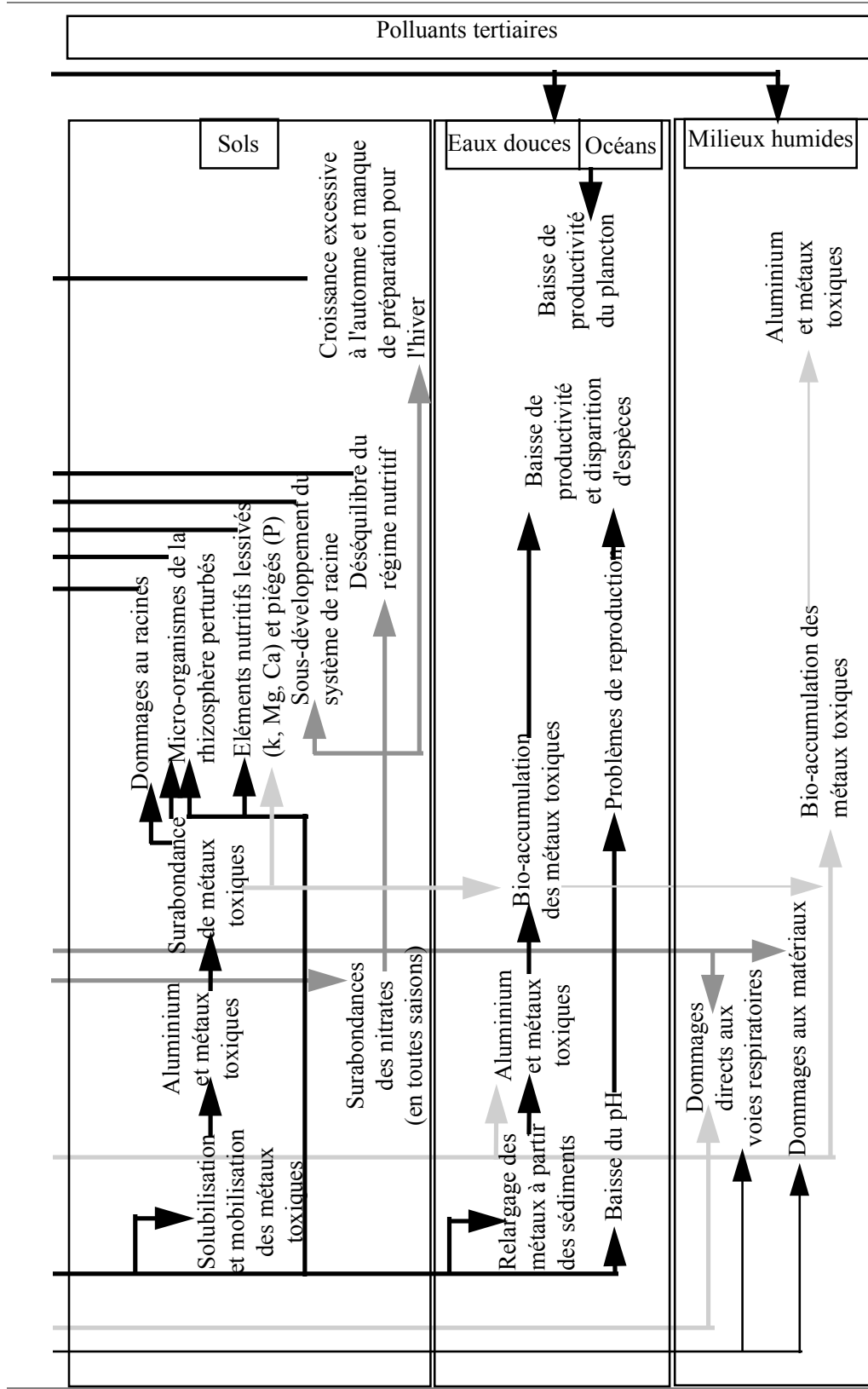


Figure 1. Approche systémique des polluants aéroportés ou l'effet shrapnel (Gagnon et Guérard 1998).

3.1.2 DIOXYDE DE SOUFRE¹

Lorsque le soufre se combine à l'oxygène on obtient du dioxyde de soufre (SO₂). C'est un gaz émis naturellement par les volcans et contenus dans les combustibles fossiles et les matières premières. Mais les apports anthropiques sont très importants, les procédés industriels étant la source la plus importante (Figure 2). Son absorption provoque les mêmes symptômes que l'asthme (bronchoconstriction), et l'exposition à long terme peut augmenter les troubles respiratoires déjà présents. Le SO₂ est le principal élément responsable des pluies acides, qui sont discutées ci-après. Il contribue aussi à la réduction de la visibilité lorsqu'il est sous forme particulaire, lié à d'autres contaminants.

Les émissions totales au Québec étaient de près de 1 200 kt en 1975 et d'un peu plus de 380 kt en 1994. La diminution de ces émissions a entraîné la diminution de sa concentration en milieu urbain. La diminution des émissions de SO₂, dont l'évolution est présentée au Tableau 3, a atteint les objectifs québécois de 600 000 t pour 1990 et celui de 500 000 tonnes pour 1994.

Entre 1975 et 1994, les émissions par les industries ont diminué de près de la moitié, grâce en particulier aux efforts des industries d'extraction du cuivre, source la plus importante. La diminution pour le secteur combustion est du même ordre, les causes étant principalement la réduction de la teneur en soufre des combustibles et les changements dans les modes de production d'énergie. Le transport voit cependant sa part augmentée de près du double entre 1975 et 1994. Les principales causes des variations dans les émissions de SO₂ sont:

- la fermeture d'usines, notamment des raffineries de pétrole, une cimenterie, des mines d'amiante;
- la construction de nouvelles usines, notamment des alumineries pour lesquelles on devrait s'attendre à une augmentation de 10 000 (30 %) entre 1991 et 2000 à la suite de la mise en fonction de nouvelles alumineries et de l'accroissement de la production ;
- la construction d'usines d'acide sulfurique dans le secteur d'extraction du cuivre et du zinc afin de récupérer les émissions de SO₂;
- le remplacement du mazout lourd par le gaz naturel ou par d'autres combustibles à faible teneur en soufre dans les secteurs industriels;
- L'utilisation de combustible fossile pour la combustion industrielle devrait augmenter de 20 000 tonnes tandis que l'utilisation de l'huile lourde pour la combustion en générale demeure quant à elle relativement constante ;
- l'application de mesures de conservation d'énergie ;
- l'imposition de limites plus sévères quant à la teneur en soufre de l'huile lourde;
- la modernisation conjuguée à la baisse de production des pâtes au sulfite et au bisulfite dans l'industrie des pâtes et papiers feront diminuer les émissions de SO₂, permettant d'annuler l'augmentation causée par l'accroissement de la production ;
- les améliorations apportées à divers procédés industriels et aux systèmes antipollution ou l'installation de tels systèmes.

Les normes quant aux concentrations dans l'air ambiant selon le *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* (règlement auquel réfère les normes dans ce texte) sont de 0,5 ppm pour 1 heure, 0,11 ppm pour 24 heures et 0,02 ppm pour une année. Il est à noter que, tout comme les particules, l'ozone, le monoxyde de carbone et l'oxyde d'azote discutés par la suite, il semble qu'il n'existe pas de niveau d'exposition sécuritaire au dioxyde de soufre (Canada 1998a). Pour la région, les normes sont généralement respectées selon les données du chapitre aluminium.

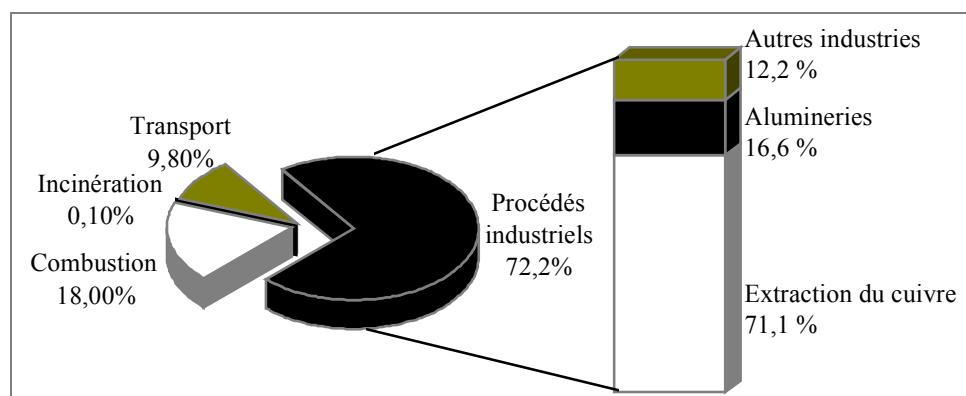
Un certain nombre d'accords nationaux et internationaux ont été conclus en vue de réduire les émissions de SO₂. On prévoit que d'ici l'an 2000, les émissions nationales seront plafonnées à 3,2 millions de tonnes et que des limites seront établies pour les provinces et territoires. En conséquence de mesures déjà adoptées ou prévues, les émissions globales de SO₂ au Canada devraient diminuer de 16 % entre 1985 et 2005. Pour le Québec, les objectifs de réduction des émissions de SO₂ pour 1990 par rapport à l'année de référence 1980 ont été rencontrés. Ce sont les fonderies qui devraient contribuer le plus à la diminution des émissions.

¹ Tiré de Bisson 1997 et Québec 1996a.

Tableau 3. Évolution des émissions de SO₂ au Québec (en tonnes métriques).

Secteurs	1980	1985	1990	1991
1. Procédés industriels				
Usines d'extraction de Cuivre et de Zinc	640 900	482 900	191 400	211 200
Alumineries	39 600	19 000	25 600	33 100
Raffineries de pétrole	13 200	11 100	8 900	8 300
Fabriques de pâtes et papiers	33 100	17 700	14 300	7 400
Autres procédés industriels	24 300	36 700	33 900	21 600
Sous-total:	751 100	567 400	274 100	281 600
2. Utilisation des combustibles fossiles				
Systèmes de combustion	288 600	83 500	84 600	64 000
Moyens de transport	58 200	35 100	36 100	29 000
GRAND TOTAL:	1 097 900	686 000	394 800	374 600

Source Québec 1996a.

Figure 2. Origine des émissions atmosphériques de dioxyde de soufre (SO₂) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).

3.1.3 OXYDE D'AZOTE²

Les oxydes d'azote (NO_x) comprennent le NO et le NO₂ qui sont les composés les plus préoccupants pour la qualité de l'air. Le NO₂ est toxique pour les voies respiratoires, causant la destruction des cellules des alvéoles pulmonaire à la suite d'une exposition importante. Il entraîne aussi la baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et même l'apparition d'oedème pulmonaire lorsque l'exposition est aiguë. Le NO₂ est aussi impliqué dans les pluies acides, et avec le NO, dans la formation d'ozone troposphérique.

La source naturelle importante de NO_x est la décomposition bactérienne dans le sol. La principale source d'origine humaine des NO_x est le transport (Figure 3). Les normes de qualité de l'atmosphère pour le NO₂ sont de:

- 0,22 ppm sur 1 heure,
- 0,11 ppm sur 24 heures
- et 0,05 ppm sur 1 année.

Les fluctuations des émissions à l'échelle du Québec (les mesures concernent cependant surtout Montréal) sont les mêmes que celles du COV discuté à la section 3.1.11, la source la plus importante étant la même, le transport. La réduction de la concentration dans l'air entre 1975 et 1994 au Québec est d'environ 30 % alors que les émissions ont

² Tiré de Bisson 1997.

diminuées de 17 % (soit 331 kt émis en 1975 et 273 kt en 1994). Les émissions annuelles de NO_x ne dépassent pas actuellement la norme annuelle. Il n'y a pas de données pour la région.

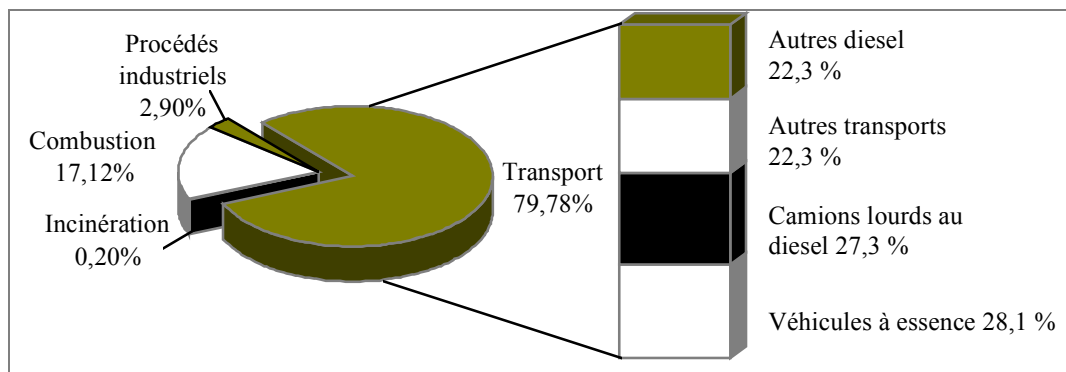


Figure 3. Origine des émissions atmosphériques d'oxydes d'azote (NO_x) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).

3.1.4 LES PRÉCIPITATIONS ACIDES³

Nous entendons parler du problème des pluies acides depuis les années 70. Le problème des pluies, ou plus précisément des dépôts acides, est attribuable au dioxyde de soufre (SO₂), le principal élément, et à l'oxyde d'azote (NO_x) qui sont rejetés dans l'atmosphère et qui s'unissent à la vapeur d'eau pour former des précipitations acides. Le SO₂ se transforme par exemple en acide sulfurique, trioxyde de soufre ou sulfates particulaires. Le SO₂ et le NO_x peuvent aussi précipiter sous forme de dépôts secs et gazeux (Figure 4). Ces éléments peuvent voyager dans l'atmosphère sur de grandes distances ; les pluies acides au Québec proviendraient pour la moitié des États-Unis, et pour l'autre moitié du Québec même et de l'Ontario en part égale. Tandis qu'au niveau des émissions, la majorité de ces polluants sont émis dans l'atmosphère aux États-Unis, et moins de 3 % l'est au Québec. Nos propres émissions retombent donc principalement sur nos têtes.

Les principales sources anthropiques de SO₂ sont la fusion lors de la première transformation des métaux par l'industrie minière, le traitement du pétrole et du gaz, l'utilisation de combustibles fossiles et la fabrication de produits chimiques. Au niveau régional, les principales sources de SO₂ sont les alumineries, les usines de pâtes et papiers, les fonderies, le chauffage à l'huile et les moteurs diesels. Pour le NO_x, les principales sources régionales sont les véhicules à essence.

On reconnaît depuis déjà nombre d'années que l'acidification présente un problème sérieux pour l'environnement; les répercussions de ce phénomène sont néfastes sur les lacs et tous les organismes qui y vivent⁴, et réduit la productivité des cours d'eau, ainsi que celles des forêts par l'appauvrissement du sol. Pour les sols agricoles, un ensemble de facteurs fait en sorte que les effets sont négligeables.

La pluie présente un pH légèrement acide de 5,6, et ce de manière naturelle. Les précipitations sont considérées comme acides lorsque le pH est inférieur à cette valeur. Au début des années 80, les pluies reçues dans la région avaient un pH entre 4,4 et 4,5, soit des valeurs fortement sous la norme puisqu'il s'agit d'une échelle logarithmique. Actuellement, les précipitations reçues au Québec présente un pH annuel moyen variant de 4,28 à 4,60 sur le territoire situé au sud de 50° N.

Dans les cours d'eau présentant un pH entre 6,0 et 5,5, l'acidité peut faire disparaître environ 25 % des espèces parmi les plus sensibles, comme les cyprins (menés) et le doré jaune. Les dommages s'accroissent entre les pH de 5,5 et de 5,0 alors qu'un 50 % additionnel d'espèces disparaissent. Lorsque le pH diminue en deçà de 5,0 unités, seulement 25 % des espèces, comme la perchaude et le brochet, peuvent survivre bien qu'elles ne puissent plus se reproduire. Puisque les

³ Tiré de Comité permanent de l'Énergie, des Mines et des Ressources 1993, Québec 1996a et Savard 1989.

⁴ Voir dans le chapitre sur l'eau le pH dans la section types de pollution pour plus de détails sur les effets de l'acidité de l'eau sur les organismes des écosystèmes aquatiques.

L'air, problèmes sans frontières

micro-organismes et les plantes sont aussi affectées par les changements de pH, c'est donc toute la chaîne alimentaire qui est affectée. De plus, l'augmentation de l'acidité de l'eau ou des sols libère plusieurs types de métaux lourds qui deviennent disponibles à l'absorption par les organismes.

En forêt, les pluies acides modifient la disponibilité pour l'absorption par les plantes des divers éléments, dont les métaux lourds et les éléments nutritifs, entraînant une diminution de la croissance, entre autres. Et lorsque les sulfates et les nitrates ne sont pas absorbés par le sol, ils sont lessivés jusque dans les cours d'eau, avec d'autres éléments, dont les éléments nutritifs à la suite des modifications dans l'équilibre chimique du sol.

Même lorsque globalement les précipitations acides sont faibles, elles peuvent tout de même avoir un effet important sur les écosystèmes au printemps. À cette période, la neige accumulée durant l'hiver fond et s'écoule dans les cours d'eau. Lorsque cette neige est acide, elle provoque ce qu'on appelle le choc acide printanier. C'est un choc acide car il y a libération d'une grande quantité d'acide en même temps. Le sol est alors incapable de neutraliser ces eaux, parce qu'il est encore gelé ou par le trop grand volume. Les cours d'eau subissent donc une baisse rapide de pH, qui dure quelques jours. Même si c'est de courte durée, cela est suffisant pour nuire à la santé ou la reproduction de nombreuses espèces.

Les pluies acides contribuent aussi à la corrosion des métaux ; le taux de corrosion des métaux a diminué d'au moins 20 % sur tout le sud du Québec depuis que le taux d'émissions des sulfates a diminué. Les dépôts acides (secs et humides) sont responsables de 31 % à 78 % de la dissolution de l'acier galvanisé et du cuivre. Les revêtements, la pierre et la maçonnerie sont aussi détériorés par les pluies acides.

Les sulfates (SO₄) sont le principal indicateur de l'acidité des précipitations. Les dépôts humides étaient de l'ordre de 16 à 24 kg/ha/an de 1982 à 1984 dans la région (Savard 1989). Les zones où les dépôts excédaient la concentration à ne pas dépasser pour protéger les écosystèmes aquatiques (20 kg/ha/an) étant: la zone située à l'ouest du Saguenay et au sud du 49^e parallèle, et les dépôts les plus élevés sur le secteur nord de la réserve faunique des Laurentides.

Selon Québec (1994), les dépôts humides⁵ moyens de sulfate de 1985 à 1988 se situaient entre 12 et 16 kg/ha/an pour le centre de la région (zones urbanisées), entre 16 et 20 à l'ouest du Saguenay (mais plus éloignée des municipalités que les données précédentes), et inférieurs à 12 pour le nord-est de la région. Les dépôts sur la région auraient donc diminué entre ces deux périodes, une diminution de sulfates dans les précipitations évaluée à 3 % par année dans la région. Les estimations des effets des réductions des émissions de SO₂ sur ces dépôts montrent une hausse correspondant aux valeurs de 1982 à 1984.

La valeur cible de 20 kg/ha/an est suffisante pour protéger adéquatement les écosystèmes modérément sensibles à l'acidification, mais elle est trop élevée pour protéger les écosystèmes plus sensibles. Cependant, on a maintenant recours au concept de charge critique pour évaluer l'impact des dépôts acides et des réductions éventuelles. Cette charge critique se définit comme étant le dépôt maximal de sulfates ou de nitrates qui n'entraînera pas une acidification des eaux de surface à long terme ou de dommages irréversibles aux organismes aquatiques. Et une large proportion des lacs actuellement acides présente des charges critiques de sulfates inférieures à 20 kg/ha/an, ce qui implique qu'un dépôt cible plus faible (de 12 à 15 kg/ha/an) serait requis pour la protection des écosystèmes sensibles.

Même si les précipitations acides diminuent, les lacs acides risquent de ne pas retrouver les conditions initiales, le rétablissement étant lent, et possiblement avec des espèces différentes. Les lacs régionaux vraiment acides le sont naturellement et sont peu nombreux comparativement à d'autres régions du Québec. Mais le pH des lacs du Bouclier canadien n'est pas très élevé de par la nature des roches et leur faible pouvoir à neutraliser l'acidité. C'est pourquoi, près de 50 % des terres de la région sont sensibles aux variations de pH, et indirectement les lacs puisque les précipitations acides ne sont pas neutralisées par les éléments du sol avant de pénétrer dans les écosystèmes aquatiques.

Selon le Tableau 4, qui montre les données fournies par le réseau de surveillance de l'acidité des lacs du Québec, on note une augmentation de la proportion de lacs en transition, soit des lacs où une légère augmentation des apports

⁵ Les réseaux ne mesurent que les dépôts humides, alors que les dépôts secs de sulfates représenteraient en moyenne 15 % des dépôts totaux de sulfates. Mais la mesure des dépôts secs est difficile à réaliser.

acides peut entraîner leur acidification sous le seuil de viabilité pour la plupart des espèces de poissons, mais aussi seuil pour lequel les dommages aux poissons commencent à être observés. Cinquante pour-cent des lacs acides répertoriés en 1989 se situent dans un rayon de 25 km autour de Rivière-Eternité, soit dans l'axe des vents dominants du Nord-Ouest qui traversent la zone fortement industrialisée le long du Saguenay.

Le rôle des nitrates, bien que secondaire actuellement, pourrait prendre de l'importance dans les années à venir, surtout avec l'association avec les changements climatiques ; le réchauffement planétaire pouvant augmenter l'effet acidifiant des nitrates. Plusieurs lacs du Québec ont presque atteint le seuil de saturation en nitrates, seuil à partir duquel l'acidification peut s'accroître de façon importante.

Tableau 4. Proportion de lacs acides et de lacs acides en transition au Saguenay–Lac-Saint-Jean à la fin des années 80 et au début des années 90 selon le réseau de surveillance de l'acidité des lacs du gouvernement du Québec.

Sources	Lacs acides (pH ≤ 5,5)		Lacs acides et en transition (pH ≤ 6)		Total
	%	Nombre	%	Nombre	
? dans Savard (1989)	10		23		631
Québec (1994)	6,9	3 072	29,0	13 101	45 177

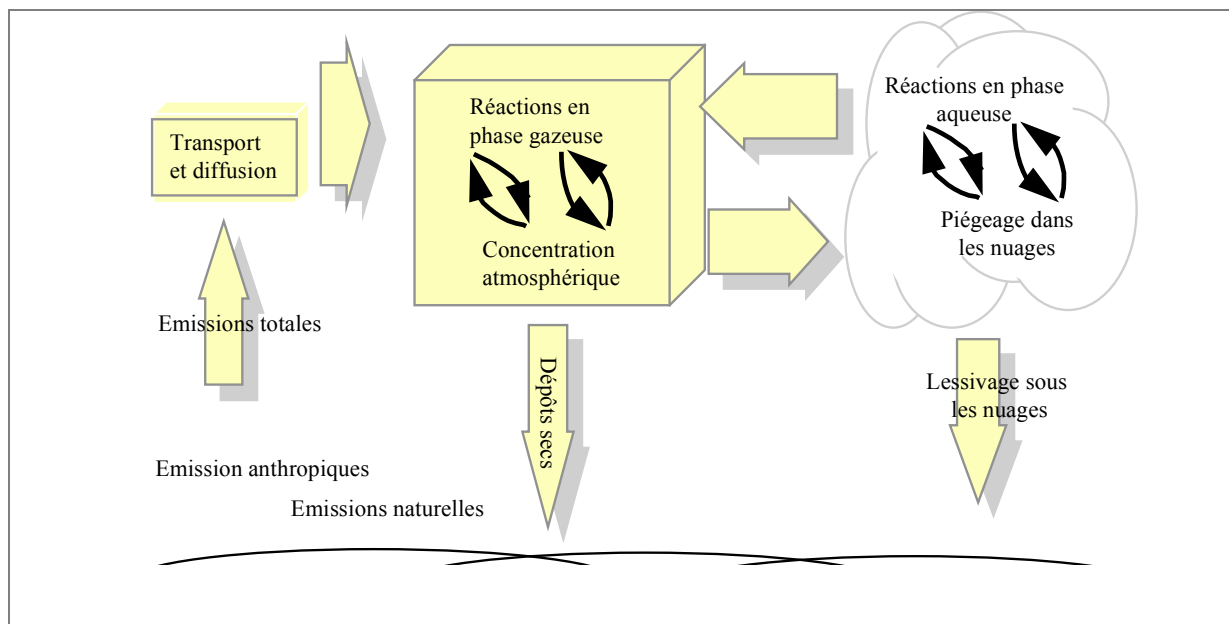


Figure 4. Le cycle de vie atmosphérique des substances toxiques (modifié de Communications Science-Impact 1997).

3.1.5 SULFATES ET NITRATES⁶

Les sulfates (SO₄) ne sont pas seulement associés aux pluies acides. Avec les nitrates (NO₃), ils constituent une part importante de la fraction respirable des particules (PM 2,5). Il n'y a pas d'inventaire sur leurs sources d'émissions mais ces sources se trouvent principalement en milieu urbain avec les industries (SO₄) et les véhicules automobiles (NO₃), mais ces substances sont transportées jusque dans les zones éloignées.

On retrouvait des concentrations médianes sur 24 heures de 1991 à 1994 d'un peu moins de 2 µg/m³ à Chicoutimi et de 2,9 µg/m³ à Jonquière. Pour Jonquière, cette concentration est la même qu'à Montréal, et est parmi les plus élevées; les mesures les plus élevées étant reliées à la présence de sources locales de SO₂. Pour les nitrates, la concentration médiane sur 24 heures de 1991 à 1994 était de près de 0,25 µg/m³ à Chicoutimi, et d'un peu moins de 0,20 µg/m³ à Jonquière. Comme pour le SO₂, les concentrations dans l'air de NO₃ sont reliées à la présence de sources émettrices.

3.1.6 MATIÈRES PARTICULAIRES⁷

Les matières particulaires sont en fait une grande variété de particules. Ces particules peuvent être d'origine biologique comme le pollen, les bactéries, les insectes, comme les minéraux, les produits de combustion et les métaux. Les sources des matières particulaires sont donc elles aussi très variées. Outre le fait que l'on peut en absorber par la respiration, les particules contribuent aussi à la diminution de la visibilité.

Les particules pouvant être transportées par le vent sont généralement d'un diamètre inférieur à 100 microns. Les particules inférieures à 40 µm sont désignées comme les particules en suspension totale (fonction des types d'échantillonnage), et la plupart peuvent être absorbées. Une part importante des particules inférieures à 10 µm (PM₁₀) sont retenues dans le segment thoracique du système respiratoire, alors que les particules inférieures à 2,5 µm (PM_{2,5}, particules fines) peuvent pénétrer jusque dans les alvéoles pulmonaires. Ce qui augmente entre autres les risques de contracter des maladies infectieuses (cf. chapitre sur l'aluminium).

Les émissions pour l'ensemble du Québec sont passées de 581 à 207 kt entre 1975 et 1994. Parmi les principales sources industrielles, notons la présence dans la région d'alumineries, de scieries et des pâtes et papiers⁸ (Figure 5). Les industries ont réduit de 80 % leurs émissions, tandis que les émissions provenant de la combustion et du transport sont en hausse. Les normes d'émissions pour les particules en suspension totale sont de 150 µg/m³ pour 24 heures et de 70 µg/m³ (moyennes géométriques) pour une année. La norme annuelle est généralement respectée depuis les années 70 avec une diminution de la concentration dans l'air de 59 % entre 1975 et 1994. La norme journalière est cependant régulièrement dépassée, mais la fréquence des dépassements est en baisse.

Si on considère les particules inférieures à 10 µm, particules qui ne font pas l'objet de normes, on retrouvait à Jonquière entre 1991 et 1994 une concentration médiane d'un peu plus de 20 µg/m³, ce qui représentaient un peu plus de 50 % des particules totales. Les normes journalières et annuelles ont été occasionnellement dépassées à La Baie depuis une dizaine d'années, alors que pour les autres grandes municipalités régionales, il semble ne pas y avoir de dépassement des normes ces dernières années (cf. chapitre sur l'aluminium).

⁶ Tiré de Bisson 1997.

⁷ Tiré de Bisson 1997.

⁸ Consultez les différents chapitres concernant ces industries dans la région pour plus de détails sur la réduction de leurs émissions de polluants atmosphériques.

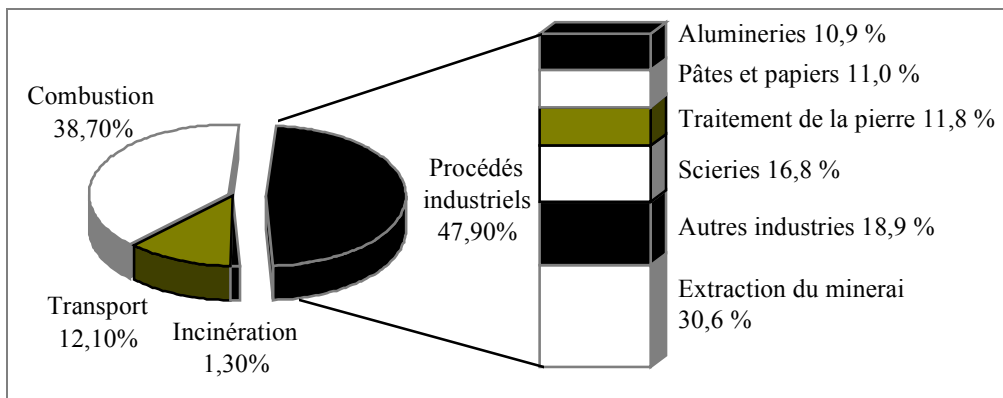


Figure 5. Origine des émissions atmosphériques de matières particulaires au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).

3.1.7 ARSENIC, CADMIUM, ET MANGANÈSE⁹

L'arsenic, le cadmium et le manganèse sont des éléments présents naturellement dans l'environnement. L'arsenic peut causer le cancer du poumon, des troubles neurologiques, gastro-intestinaux et au niveau du foie. Le cadmium s'accumule dans la chaîne alimentaire, dans les reins, causant des troubles de la fonction rénale. L'arsenic et le cadmium sont reliés aux fonderies de zinc et de cuivre, et sont donc par le fait même peu importants dans la région ; les moyennes médianes à Jonquière pour 1991 à 1994 sont sous la limite de détection de 5 ng/m³ pour l'arsenic et de 2 ng/m³ pour le cadmium, alors que les maximums journaliers ont été de l'ordre de 10 et 20 ng/m³ pour l'arsenic.

Le manganèse est un élément essentiel pour les organismes, mais à trop forte dose, il provoque entre autres des troubles respiratoires et des effets sur le système nerveux. Le manganèse a remplacé le plomb dans l'essence, et sa source est le transport. Il n'y a pas de données pour la région pour le manganèse.

3.1.8 HYDROGÈNE SULFURÉ¹⁰

L'hydrogène sulfuré (H₂S) est un gaz toxique faisant partie de la famille des sulfures réduits totaux ou SRT, composés très odorants (œufs pourris). C'est un gaz irritant pour les muqueuses, les conjonctives et les voies respiratoires. Des concentrations supérieures à 40 ppb pourraient augmenter l'incidence des nausées et des pertes de sommeil. À de très fortes concentrations, il se peut qu'il soit une des causes de la bronchite chronique. L'hydrogène sulfuré provoque aussi des dommages aux matériaux, par corrosion des métaux et décoloration des peintures.

Les émissions de H₂S sont principalement d'origine naturelle avec la décomposition anaérobie dans le sol, les marais et les océans et l'activité volcanique. Les sources humaines sont les usines de pâtes et papiers utilisant le procédé Kraft, les raffineries de pétrole et la décomposition anaérobie des résidus biodégradables. La norme est de 10 ppb pour une heure. Il n'y a pas non plus de données régionales pour le sulfure d'hydrogène. Il n'est mesuré qu'à deux stations dans la région de Montréal, stations qui ont montré quelques dépassements de la norme horaire.

3.1.9 PLOMB¹¹

Le plomb est un élément très toxique causant de l'anémie, des troubles neurologiques, rénaux, et de l'hypertension. L'exposition des jeunes enfants provoque des troubles d'apprentissage et comportementaux. Le plomb dans l'air ambiant était en baisse de 1989 à 1994 dans la région comme partout au Québec, en relation avec la diminution puis l'arrêt en 1990 de l'utilisation d'essence au plomb (Larouche et Larrivée 1998). Cette diminution dans l'air ambiant est de l'ordre de 98 %. Les autres sources sont actuellement les industries de métallurgie d'extraction de métaux non ferreux et les fonderies de seconde fusion, et les peintures industrielles d'extérieur lorsqu'elles sont dispersées dans

⁹ Tiré de Bisson 1997.

¹⁰ Tiré de Bisson 1997.

¹¹ Tiré de Bisson 1997.

l'atmosphère à la suite de travaux. La norme actuelle est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par année (moyenne géométrique). Les concentrations les plus élevées de 1991 à 1994 se retrouvaient dans les municipalités accueillant les industries sources (pas dans la région), et elles ne dépassaient pas la norme.

3.1.10 MONOXYDE DE CARBONE¹²

Le monoxyde de carbone (CO), gaz instable et toxique, est un asphyxiant chimique, diminuant la quantité d'oxygène dans les tissus. Il est émis naturellement par les feux de forêt. La principale source anthropique est le transport (Figure 6). Les émissions dans les grandes agglomérations du Québec ont fluctué en fonction du nombre de véhicules et des modifications apportées aux véhicules, avec comme résultat peu de changement dans les émissions par le transport. Les CO générés par les procédés industriels sont en hausse depuis les années 80.

Le CO est mesuré seulement en milieu urbain et les sources naturelles ne sont donc pas mesurées, bien qu'elles soient importantes globalement. Il n'est pas mesuré dans la région. Les normes sont de 30 ppm sur 1 heure et de 13 ppm sur 8 heures. La concentration dans l'air ambiant a généralement diminué de beaucoup, tandis que les normes ne sont plus dépassées dans les grandes agglomérations depuis 1985.

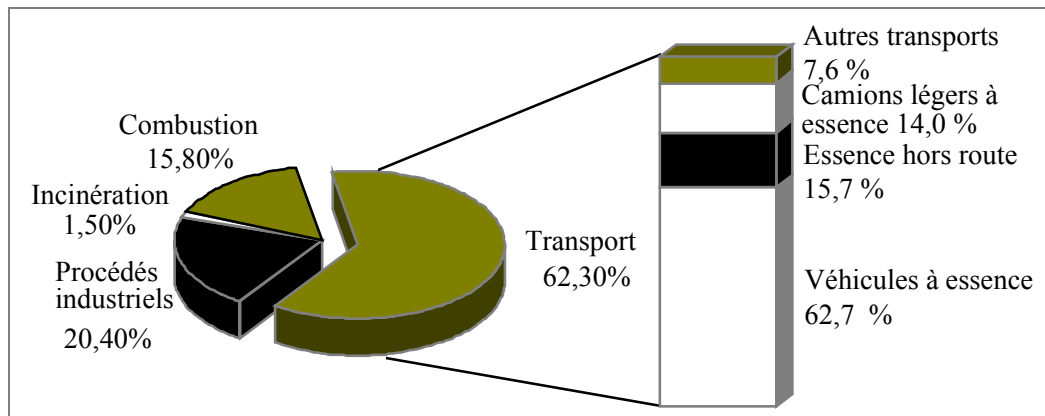


Figure 6. Origine des émissions atmosphériques de monoxyde de carbone (CO) au Québec en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).

3.1.11 COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS¹³

Les composés organiques volatils (COV) tels le benzène, toluène, xylènes, terpène et autres sont des substances dont les caractéristiques chimiques font qu'ils se retrouvent dans l'atmosphère sous forme gazeuse. Certaines de ces substances sont toxiques comme le benzène, qui est cancérigène, et le toluène, qui provoque des malformations. Ces composés participent aussi à la formation d'ozone troposphérique, discutée ci-après.

Puisqu'il y a plusieurs substances classées comme COV, les sources sont multiples et sont présentées à la Figure 7. La plus importante est le transport. Dans les sources diverses, on retrouve l'évaporation des combustibles provenant de la commercialisation de l'essence et du carburant diesel, l'utilisation de solvants à des fins non industrielles et le nettoyage à sec.

À l'échelle du Québec, les émissions ont diminué de 40 % dans l'ensemble entre 1975 et 1994, avec une hausse cependant entre 1981 et 1988. Les modifications aux automobiles ainsi que les systèmes antipollution, ainsi que des modifications dans les industries sources ont contribué à la diminution des émissions de COV.

¹² Tiré de Bisson 1997.

¹³ Tiré de Bisson 1997.

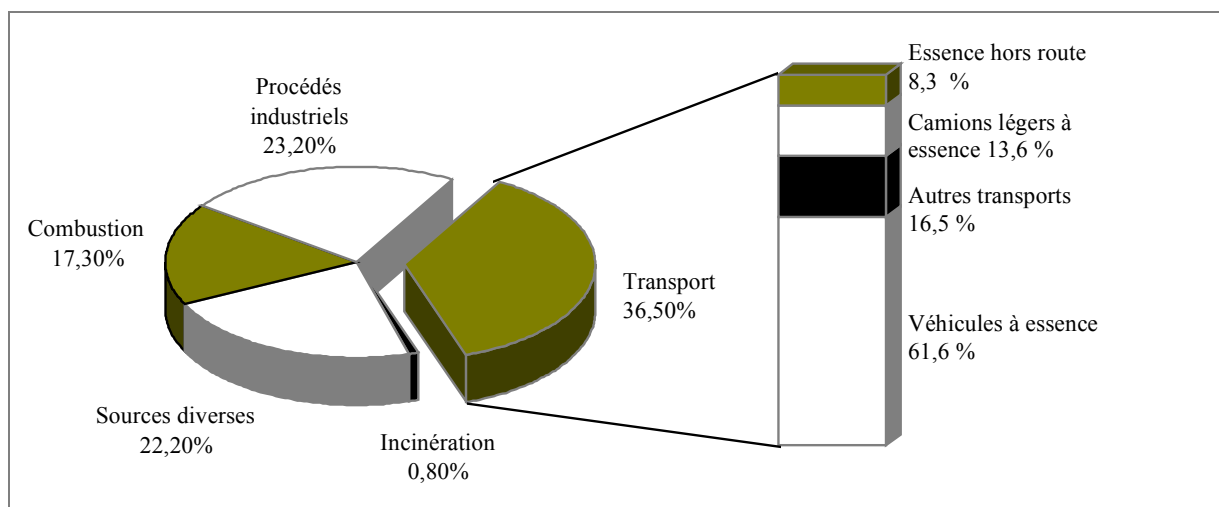


Figure 7. Origine des émissions atmosphériques de composés organiques volatils (COV) en 1994 en pourcentage (Bisson 1997).

3.1.12 OZONE TROPOSHÉRIQUE¹⁴

L'ozone (O_3) que l'on retrouve dans la stratosphère (haute altitude) est d'origine naturelle et assure une protection contre les rayons ultraviolets. L'ozone troposphérique (basse altitude) se forme naturellement avec la foudre, mais il se forme aussi lorsque du NO_x (principalement du NO et du NO_2) et des COV entrent en contact en présence de lumière solaire. La formation d'ozone à partir de ces précurseurs est dépendante des conditions météorologiques, conditions plus favorables l'été. Il est la principale composante du smog urbain, phénomène important dans les zones fortement peuplées, soit la vallée du Saint-Laurent pour le Québec ; ce problème commence à se faire sentir à Montréal, et il est bien présent à Toronto. De l'ozone est émis en quantité minime par certains procédés, dont le traitement de l'eau potable dans lequel l'ozone est utilisé pour stériliser l'eau. Il n'y a pas de mesures des émissions de O_3 . Les sources de NO_x et de COV ont été énumérées précédemment.

L'ozone cause des modifications de la fonction respiratoire et une inflammation des tissus, ainsi que des nécroses chez les plantes. L'ozone peut augmenter la prédisposition à l'asthme (association significative entre l'exposition à l'ozone et les visites à l'hôpital) et l'exposition prolongée, même à des concentrations faibles, diminue la capacité pulmonaire (UQCN 1998).

Bien que les sources de NO_x et de COV sont plus importantes en milieu urbain, la concentration dans ces milieux peut parfois être inférieure à celle des milieux ruraux car l'ozone formée peut réagir avec du NO pour former du NO_2 . L'ozone se reforme ailleurs, selon les vents. Puisque la formation d'ozone dépend beaucoup des conditions atmosphériques, il est difficile de distinguer une tendance pour les concentrations dans l'air ambiant.

La norme horaire est de 0,08 ppm, et il n'est pas mesuré dans la région. Les concentrations d'ozone à l'échelle du Québec dépassent souvent les objectifs canadiens de qualité de l'air (notamment pendant l'été) et l'exposition à des niveaux "peu élevés" de polluants de l'air, même si ces niveaux sont considérés comme « acceptables », peut contribuer à une hyper-réactivité des voies respiratoires et ainsi augmenter la prédisposition à l'asthme (UQCN 1998).

¹⁴ Tiré de Bisson 1997.

3.2 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES¹⁵

3.2.1 L'EFFET DE SERRE

L'activité humaine a fait augmenter la concentration atmosphérique d'un certain nombre de gaz (plus particulièrement le dioxyde de carbone [CO₂], le méthane [CH₄], l'oxyde nitreux [N₂O], le tétrafluorure de carbone [CF₄], l'hexafluorure de carbone [C₂F₆] et l'hexafluorure de soufre [SF₆]) ayant une incidence sur l'équilibre de l'atmosphère. Le CO₂, d'autres gaz et la vapeur d'eau sont présents naturellement dans l'atmosphère et captent la chaleur rayonnée par le sol, permettant de maintenir la température moyenne de la terre à environ 15°C; ce qui régularise le climat de la planète et assure le maintien de la vie. La température de la terre serait de -18°C en l'absence de ces gaz (Québec 1996b). Mais les gaz que nous produisons et qui se retrouvent dans l'atmosphère augmentent la quantité de gaz qui captent la chaleur et font ainsi augmenter la température moyenne de la terre ; ils sont désignés comme les gaz à effet de serre, ou GES.

Les gaz à effet de serre ou GES, présentés au Tableau 9, sont issus principalement du transport et des différents types de combustion (combustibles fossiles et de biomasse). Les sources anthropiques des principaux GES sont présentées au Tableau 7. Pour le CO₂, les sources sont aussi présentées aux Figure 8 et Figure 9. Bien que les émissions d'autres gaz à effet de serre soient moindre en terme de quantité que le CO₂, leur impact est important car certains peuvent capter les rayons solaires plus efficacement que le CO₂, par exemple le méthane (Tableau 8 et Tableau 9). Cette capacité est estimée en fonction des émissions, de la force des radiations et du temps passé dans l'atmosphère en comparaison avec le CO₂. C'est le potentiel de réchauffement planétaire d'un gaz, le PRP.

Un autre facteur contribue à amplifier les effets des GES: la destruction de milliers d'hectares de forêts, dans lesquelles le CO₂ est normalement stocké. En effet, le CO₂ est émis mais aussi retenu par la végétation lors du processus de photosynthèse (réservoir de carbone). Le carbone(C) est emmagasiné dans les tissus lors de l'accroissement des végétaux(puits de carbone), ainsi que dans le sol (Tableau 5). Le carbone est libéré lorsque les végétaux sont brûlés ou lors de leur décomposition. On estime que 46 millions de tonnes de CO₂ seraient transformés en carbone dans les fibres de bois chaque année au Québec (Québec 1998a), d'où l'importance de maintenir un couvert forestier important, chose qui risque d'être difficile si les prévisions des modèles de changements climatiques se révèle exactes.

Les modèles prédisent, avec comme hypothèse de base le doublement de la concentration de CO₂ au cours des 50 prochaines années, une hausse de 1 à 3,5 °C de la température moyenne du globe d'ici une centaine d'année. Pour le Canada, les températures moyennes pourraient augmenter de 5 à 10 °C d'ici 100 ans. Elles ont déjà augmenté de 1 °C entre 1895 et 1992, dont 0,5 °C durant les trente dernières années. Les années les plus chaudes depuis 1861 ont été 1981, 1983, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1995 et 1996.

Pour le Québec (Québec 1996b), seules les régions du sud (rive sud du Saint-Laurent au sud de Québec, Estrie et Outaouais) ont connu un réchauffement de l'ordre de 0,1 à 0,2 °C entre 1961 et 1990. Mais la température minimale a augmenté depuis 100 ans pour l'ensemble du Québec de 1 à 1,1 °C (Québec 1996b). On prévoit pour le sud du Québec un réchauffement de 1 à 4 °C et pour le nord du Québec 2 à 6 °C, et des hivers plus doux, en particulier dans le nord (Drouin 1998).

¹⁵ Tiré de Canada 1997a et Québec 1996b.

Tableau 5. Réserves de carbone organique en forêt feuillue et résineuse mesurées sur le réseau RESEF.

Réservoir de carbone organique	Forêt feuillue (tonnes de carbone/hectare)	Forêt résineuse (tonnes de carbone/hectare)
Biomasse épigée ¹	111 (34) ²	63 (10)
Couverture morte	30 (14)	58 (25)
Sol minéral	88 (32)	69 (25)
Total	228 (47)	191 (38)
Estimation pour la biomasse régionale ³	192,853 millions de tonnes/ha	466,635 millions de tonnes/ha

1: Epigée, biomasse qui se développe au-dessus du sol.

2: Écart type.

3: Selon le chapitre forêt, 88 % du territoire régional est forestier, soit 9 144 344 ha, 72 % est de couvert résineux et 10 % de couvert feuillu, le reste étant sous couvert mélangé. Le carbone dans la biomasse est calculée selon cette distribution et en supposant que le couvert mélangé est constitué à 50 % de résineux (feuillue=101,502 + 91,351 millions de tonne/ha, résineux=414,787 + 51,848 millions de tonne/ha).

Source MRN dans Québec 1996b.

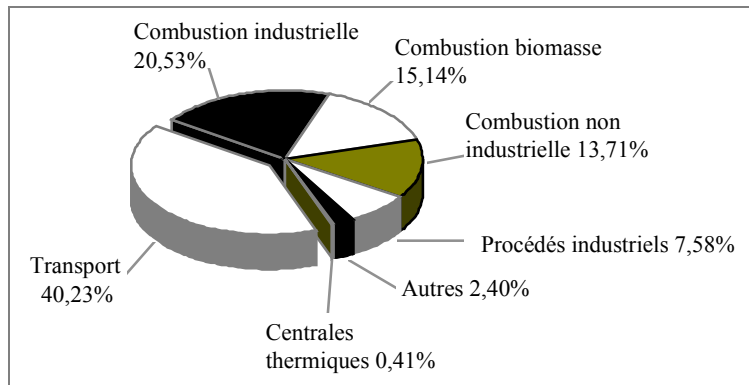


Figure 8. Origine des émissions atmosphériques de dioxyde de carbone (CO₂) au Québec en 1994 en pourcentage (Ministère de l'Environnement et de la faune dans Québec 1996b).

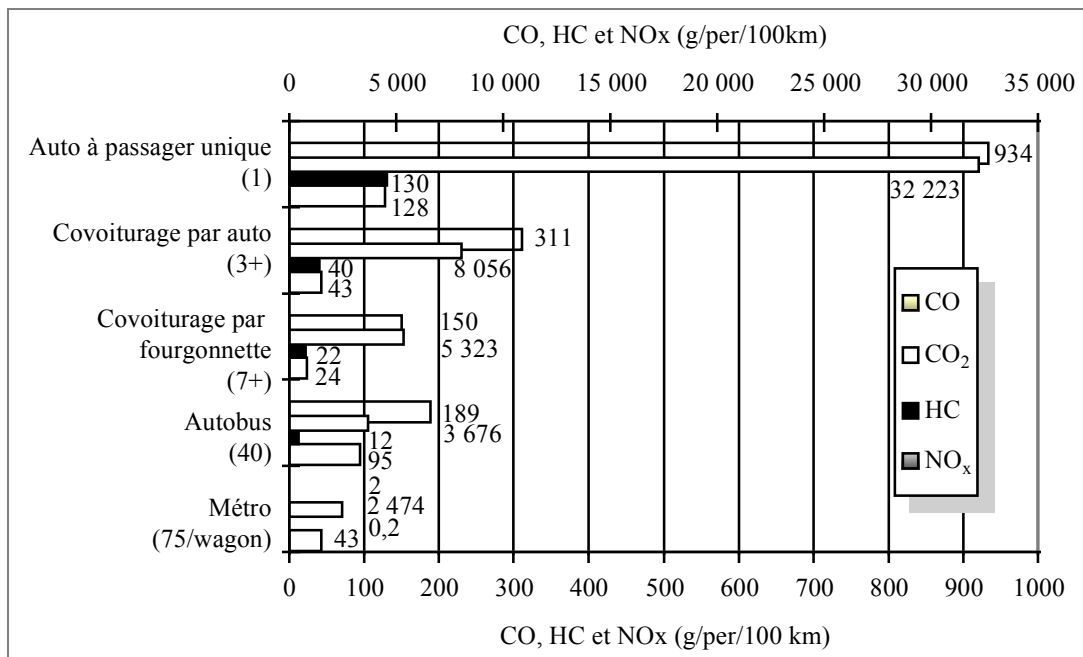


Figure 9. Comparaison des émissions par moyen de transport (gramme/personnes/100 km) et selon le nombre de passager (source Canada 1998b).

3.2.2 ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La production anthropique de gaz à effet de serre en grandes quantités a débuté avec la révolution industrielle. Depuis cette époque, les concentrations de CO₂ ont augmenté de 30 % (concentrations les plus élevées depuis 200 000 ans) et celle du méthane de 145 %. Les émissions de GES étant beaucoup reliées aux secteurs du transport et de la combustion (industrielle ou non), elles obéissent aux mêmes facteurs de variations que la demande énergétique, dont la croissance démographique et l'activité économique (Tableau 6).

On note, selon le Tableau 7, que les émissions générales de GES sont en hausse en 1994 par rapport à 1990. Les hausses varient entre 2 et 15 %, le C₂F₆ et le CF₄ présentant les hausses les plus importantes, tandis que les émissions de SF₆ sont en baisse de 35 %. Les baisses observées dans plusieurs secteurs de 1991 à 1993 sont issues de la baisse de l'activité économique durant cette période. Les secteurs du transport et de la combustion industrielle demeurent les secteurs les plus importants, étant responsables de 60 % des émissions de GES.

Les prévisions disponibles actuellement (Québec 1998a) pour les émissions de CO₂ au Québec pour l'an 2000 en tenant compte de la mise en place de la Stratégie québécoise d'efficacité énergétique, sont de 75,74 millions de tonnes, soit environ la même quantité qu'en 1990. Pour 2011, on prévoit 82,68 millions de tonnes de CO₂ émis au Québec. Les objectifs dans le cadre de la Convention-Cadre sur les changements climatiques sont de stabiliser les émissions de GES en 2000 au même niveau d'émissions qu'en 1990, année de référence. L'objectif ne sera probablement pas atteint. L'objectif pour 2012, dans le cadre du protocole d'entente de Kyoto est de ramener les émissions de GES à un niveau inférieur à 6 % de 1990, soit dans le cas du Québec à 89 079 kt.

Tableau 6. Émissions de gaz à effet de serre au Québec et autres indicateurs de 1990 à 1994.

Année	GES		Population		PIB		Énergie		
	Équivalen t CO ₂ (kt)	p/r à 1990 (%)	Population (× 1000)	p/r à 1990 (%)	GES <i>per</i> <i>capita</i> (t/hab.)	PIB \$ de 1986 (× 1000)	p/r à 1990 (%)	Énergie équivalent pétrole (kt)	p/r à 1990 (%)
1990	94 765		7 020,7		13,5	113 131		32 288	
1991	90 076	- 4,9	7 080,6	0,9	12,7	109 813	- 2,9	31 082	- 3,7
1992	90 872	- 4,1	7 154,8	1,9	12,7	110 100	- 2,6	32 109	- 0,5
1993	92 850	- 2,0	7 228,8	3,0	12,8	112 779	- 0,3	32 705	1,3
1994	96 477	1,8	7 281,1	3,7	13,3	116 859	3,3	33 539	3,9

Source Québec 1996b.

Tableau 7. Émissions de gaz à effet de serre au Québec de 1990 à 1994 en équivalent CO₂.

Gaz/source	Émissions en équivalent CO ₂ (kilotonnes) ¹				
	1990	1991	1992	1993	1994
Dioxyde de carbone (CO₂)					
Procédés industriels	4 811	4 530	4 769	5 616	5 832
Combustion industrielle	16 822	15 504	14 280	15 251	15 796
Combustion non industrielle	10 642	9 797	10 602	10 743	10 554
Combustion biomasse	10 289	10 836	11 749	11 250	11 647
Déchets enfouis	705	706	625	628	651
Brûlage dirigé (bleuets)	146	146	146	146	146
Transport	29 325	27 600	28 496	28 862	30 960
Électricité					
Centrales thermiques ²	1 474	482	966	283	316
Barrages ³	862	862	862	862	862
Eaux usées	119	126	158	167	189
Sous total en équivalent CO ₂	75 195	70 589	72 656	73 808	76 683
Sous total en unité naturelle (kt)	75 195	70 589	72 656	73 808	76 683
Méthane (CH₄)					
Procédés industriels	56,5	52,1	52,7	52,1	53,3
Combustion industrielle	9,7	7,8	6,9	7,8	8,2
Combustion non industrielle	9,9	9,0	8,6	9,9	9,7
Combustion biomasse	29,6	30,9	32,6	32,1	32,1
Déchets enfouis	5 384	5 391	4 798	4 798	7 970
Brûlage dirigé (bleuets)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Digestion d'animaux ⁴	2 229	2 229	2 350	2 350	2 739
Fumier ⁴	1 618	1 618	1 719	1 719	1 759
Transport	97,7	91,8	94,9	96,2	102,3
Électricité					
Barrages ³	289,8	289,8	289,8	289,8	289,8
Sous total en équivalent CO ₂	9 734	9 730	9 363	9 366	9 974
Sous total en unité naturelle (kt)	463,55	463,31	445,88	445,99	474,96
Oxyde nitreux (N₂O)					
Combustion industrielle	136,4	105,4	93,0	111,6	127,1
Combustion non industrielle	127,1	114,7	124,0	127,1	120,9
Combustion biomasse	217,0	238,7	257,3	254,2	263,5
Utilisation d'engrais	74,4	83,7	86,8	77,5	80,6
Transport	2 381	2 241	2 313	2 344	2 492
Sous total en équivalent CO ₂	2 936	2 784	2 874	2 914	3 085
Sous total en unité naturelle (kt)	9,47	8,98	9,27	9,40	9,95
Tétrafluorure de carbone⁵ (CF₄)					
Procédés industriels	3 848	3 556	3 647	4 531	4 427
Sous total en équivalent CO ₂	3 848	3 556	3 647	4 531	4 427

Tableau 7. Émissions de gaz à effet de serre au Québec de 1990 à 1994 en équivalent CO₂.

Sous total en unité naturelle (kt)	0,592	0,547	0,561	0,697	0,381
Hexafluorure de carbone⁵ (C₂F₆)					
Procédés industriels	662	644	635	773	754
Sous total en équivalent CO ₂	662	644	635	773	754
Sous total en unité naturelle (kt)	0,072	0,070	0,069	0,084	0,082
Hexafluorure de soufre⁶ (SF₆)					
Procédés industriels	2 366	2 749	1 673	1 434	1 530
Équipements d'Hydro-Québec	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9
Sous total en équivalent CO ₂	2 390	2 773	1 697	1 458	1 554
Sous total en unité naturelle (kt)	0,100	0,116	0,071	0,061	0,065
Total pour l'ensemble des GES en équivalent CO₂	94 765	90 076	90 872	92 850	96 477

1: L'équivalent CO₂, ou PRP (potentiel de réchauffement planétaire) utilisé est présenté au Tableau 8.

2: Pour le CH₄ et le N₂O, les données sont incluses dans la combustion industrielle.

3: Les facteurs d'émissions sont: 500 mg/m²-j (CO₂) et 8 mg/m²-j (CH₄) pour 150 jours par an, hors glace, pour la superficie inondée de 11 500 km² du complexe La Grande (plus récents barrages).

4: Animaux d'élevage.

5: Les CF₄ et C₂F₆ sont émis par les alumineries.

6: Les SF₆ sont émis principalement par l'industrie du magnésium.

Modifié de Ministère de l'Environnement et de la faune dans Québec 1996b.

Tableau 8. Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) pour les substances appauvrissant la couche d'ozone.

Nom	Nom chimique	PRP (100 ans)
CO ₂	Dioxyde de carbone	1
CH ₄	Méthane	21
N ₂ O	Oxyde nitreux	310
CF ₄	Tétrafluorure de carbone	6
C ₂ F ₆	Hexafluorure de carbone	500
SF ₆	Hexafluorure de soufre	9 200
Catégorie I		23 900
CFC-11	Trichlorofluorométhane	4 000
CFC-12	Dichlorodifluorométhane	8 500
CFC-113	1,1,2-trichlorotrifluoréthane	5 000
CFC-114	1,2-dichlorotétrafluoréthane	9 300
CFC-115	Chloropentafluoroéthane	9 300
Catégorie II		
Halon 1301	Bromotrifluorométhane	5 600
Catégorie III		
HCFC-22	Chlorodifluorométhane	1 700
HCFC-123	2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroéthane	93
HCFC-124	2-chloro-1,1,1,2-tétrafluoroéthane	480
HCFC-141B	1,1-dichloro-1-fluoroéthane	630
HCFC-142B	1-chloro-1,1-difluoroéthane	2 000
Catégorie IV		
Méthylchloroforme	1,1,1-trichloroéthane	110
CCL ₄	Tétrachlorure de carbone	1 400

Source IPCC 1994 dans Québec 1996b.

Tableau 9. Émissions de gaz à effet de serre au Québec en 1994 selon certains types de sources (en kilotonnes).

Source	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Pâtes et papiers			
résidus de bois (combustion)	2 532,8	0,260	0,277
liqueur noire (procédés)	4 089,4	—	—
Scieries			
résidu de bois (combustion)	644,5	0,066	0,071
brûleurs coniques (procédés)	291,1	0,034	0,036
Autres entreprises (combustion résidu de bois)			
Cimenterie	6,25	0,001	0,001
Usines de panneaux de bois	319,5	0,033	0,035
Installations non industrielles			
chauffage au bois	3 503,6	1,075	0,434
Incinérateurs			
résidu de bois (combustion)	0,58	—	—
déchets sanitaires (procédés)	258,8	0,065	—

Source Ministère de l'Environnement et de la Faune dans Québec 1996b.

3.2.3 ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LA RÉGION

Nous allons tenter ici de donner à l'aide des chiffres disponibles les émissions issues strictement de la région.

CO₂

Les papetières émettent beaucoup de CO₂, mais aussi du CH₄ et du N₂O (Tableau 9), à la fois par combustion des résidus de bois que par les procédés. Les systèmes de traitement des effluents constituent aussi une source de CO₂. Selon les données du chapitre sur la forêt et l'urbanisation et les facteurs d'émissions de CO₂ du MEF¹⁶ pour le traitement des eaux, on peut estimer que:

- les étangs aérés et les boues activées des usines de Abitibi-Consolidated à Alma et Kénogami, Division Paperboard, Produits Forestiers Donohue et Produits Forestiers Alliance ont généré 361 kt de CO₂ en 1988 ;
- pour les données de 1997 des papetières et pour les eaux usées des municipalités, nous n'avons pas les données pour estimer les émissions de CO₂.

Selon le chapitre agriculture, la région produit 90 % de la production québécoise de bleuets, ce qui correspond à 131,4 kt/an de CO₂ selon les données du Tableau 6.

Pour le transport, en considérant qu'il s'est vendu dans les stations services de la région 5,7 % (2 588 barils) de tout le carburant au Québec en 1995 (Québec 1997a) et les données du Tableau 7, on peut estimer en gardant la même proportion que la région a généré par sa consommation de carburant environ 1 750 kt de CO₂ en 1994.

Les réservoirs nouvellement créés sont une source de CO₂ et de CH₄. Les émissions du Complexe La Grande sont incluses dans les émissions totales au Québec. Dans le cas des réservoirs de la région, ils ont été créés antérieurement à ce complexe, et les émissions de ces réservoirs ne sont pas considérées dans le Tableau 7. Les principaux réservoirs du Saguenay-Lac-Saint-Jean occupent une superficie totale de 2 639 km², tel que présenté au chapitre sur l'eau. On peut donc estimer que ces réservoirs ont pu émettre 197 kt de CO₂ annuellement¹⁷.

En considérant que la population régionale correspond à 4 % de la population québécoise et que la quantité de déchets enfouis dans les sites d'enfouissement (autres que les dépôts en tranchée et les dépotoirs) est proportionnelle à la taille de la population, on peut estimer que la région émet 26 kt de CO₂ annuellement¹⁸ par cette source.

CH₄

Le brûlage des champs de bleuets émet aussi du méthane, et selon les données précédentes, les émissions régionales pour cette source seraient de 9,45 kt/an.

En utilisant les mêmes données que pour le CO₂, on peut estimer les émissions régionales de CH₄:

- pour la consommation de carburant dans la région, à 0,276 kt en 1994 ;
- pour les lieux d'enfouissement des déchets, il y a eu émissions de 9,45 kt en 1994 ;
- que la région a pu émettre par le biais de ses réservoirs hydroélectriques 3,17 kt de CH₄ annuellement.

¹⁶ Facteurs d'émissions de CO₂ du MEF pour les boues activées et les étangs aérés des municipalités et des papetières (Québec 1996b):

	Fabriques de pâtes et papiers	Traitement des eaux municipales
Boues activées:	18,13 tonnes CO ₂ /tonne DBO ₅ sortie	1,59 tonnes CO ₂ /tonne DBO ₅ entrée
Étangs aérés:	13,73 tonnes CO ₂ /tonne DBO ₅ sortie	2,06 tonnes CO ₂ /tonne DBO ₅ entrée

¹⁷ En considérant le même facteur d'émissions que celui utilisé pour le Complexe La Grande, soit 500 mg/m²-j de CO₂ et 8 mg/m²-j de CH₄ et en considérant le nombre de jours hors glace à 150 par année (Québec 1996b).

¹⁸ Selon les données du Tableau 7, soit 4 % de 650,81 kt de CO₂.

L'air, problèmes sans frontières

N₂O

Le N₂O est produit lors de l'oxydation de l'azote minéral dans le sol dans des conditions anaérobiques (sans oxygène). L'apport d'engrais entraîne une augmentation de l'oxydation d'azote, et donc d'émissions de NO₂. Les émissions de ce gaz par les engrais dans la région peuvent être estimées selon les dépenses brutes en engrais minéraux effectuées, données dans le chapitre sur l'agriculture. Ces dépenses étaient de 4 445 306 dollars en 1997, ce qui correspond à 7,44 tonnes¹⁹, soit environ 3,5 % des émissions québécoises de N₂O relié aux engrais.

En utilisant les mêmes données que pour le CO₂, on peut estimer les émissions régionales de N₂O par la consommation de carburant dans la région à 0,458 kt en 1994.

CF₄ et C₂F₆

Puisque le CF₄ et le C₂F₆ sont produits par les alumineries, la région est une des principales sources d'émission de ces gaz. En supposant que ces usines émettent la moitié de ces gaz pour l'ensemble du Québec, on peut estimer les émissions régionales en 1994 à 0,34 kt de CF₄ et 0,041 kt de C₂F₆.

3.2.4 MODIFICATIONS INDUITES PAR LE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE

Les effets des GES sur le climat seront:

- l'augmentation générale des températures (augmentation des vagues de chaleur, des extrêmes de températures et du nombre de jours sans précipitations), et de 5 à 8 °C dans le nord québécois (Québec 1996b) ;
- l'augmentation des précipitations (dont dans le nord québécois) mais aussi de l'évaporation ;
- l'augmentation des tempêtes (grêle, tornades, vents forts et pluies abondantes) ;
- la modification du cycle hydrologique donc l'augmentation des sécheresses et des inondations en raison de l'accroissement du nombre de jours sans précipitation et de précipitations plus importantes localement (effet sur la fréquence des inondations et des sécheresses selon la région).

Les incidences de l'augmentation de la température sont les suivantes (Canada 1997b):

Santé humaine

Incidences thermiques directes

- Extrêmes de température - Les très jeunes enfants, les personnes âgées, les gens fragiles et les malades, surtout ceux qui résident dans les grandes agglomérations, sont particulièrement menacés par l'augmentation prévue de la fréquence et de la gravité des vagues de chaleur ; donc augmentation des cas de maladies et de décès liés à la chaleur.
- Phénomènes extrêmes - Bien que les incidences des phénomènes extrêmes soient encore marquées d'incertitude, une augmentation de la fréquence et de leur intensité peut entraîner une augmentation du nombre de décès, de blessures, de maladies infectieuses et de troubles liés au stress et une augmentation d'autres effets délétères accompagnant les perturbations du milieu social et les migrations forcées par l'environnement.

Incidences thermiques indirectes

- Maladies infectieuses - Il a été avancé que l'encéphalite équine de l'Ouest, l'encéphalite équine de l'Est et le virus du lièvre d'Amérique (SSH) pourraient étendre leur aire de répartition au Canada. La malaria pourrait faire un retour dans le sud du pays et la zone où sévissent la dengue et la fièvre jaune pourrait s'étendre vers le nord jusque sur le territoire canadien. On pourrait voir une augmentation de la répartition géographique et de l'incidence d'autres maladies : la filariose du chien, la maladie de Lyme, la fièvre pourprée des montagnes Rocheuses et l'hantavirus.

¹⁹ Selon les données de Québec (1996b) et la correspondance entre les dépenses brutes d'exploitation d'engrais et les émissions de N₂O, l'année de référence étant 1989, avec 151,534 millions de dollars et 253,7 tonnes de N₂O émis.

L'air, problèmes sans frontières

- Troubles respiratoires - La hausse projetée des températures pourrait influencer sur le caractère saisonnier de certains troubles respiratoires et aggraver la pollution de l'air en région tant urbaine que rurale, accentuant ainsi les problèmes respiratoires.
- Pollution de l'environnement - On prévoit une incidence accrue des maladies liées à la contamination de l'environnement (p. ex. par *Bacillus anthracis*), à la pollution de l'eau (p. ex. par *Giardia*, *Cryptosporium*, *Leptospira* et par les toxines des fruits de mer) et à la baisse de qualité de l'eau (p. ex. par la présence de parasites).
- D'autres problèmes de santé pourraient découler des changements de la quantité d'eau disponible, de la santé nutritionnelle (p. ex. changements d'alimentation résultant de modifications des migrations et de l'abondance des sources locales de nourriture), des accidents liés aux conditions météorologiques et d'un nombre accru de réfugiés environnementaux.

Loisirs et tourisme

- Modification des longueurs des saisons, problèmes reliés aux variations du niveau des eaux sur les infrastructures, la qualité de l'eau, la pratique de certains sports, l'exploitation de la faune, etc.

Agriculture

Impacts variables selon les régions, mais relativement au Québec:

- Développement des cultures : accélération du développement végétatif, réduction du risque de blessures par le gel. Il pourrait y avoir entre 50 et 60 journées supplémentaires. Il serait alors rentable de cultiver du blé, du maïs et du soja dans des régions comme le Lac-Saint-Jean et l'Abitibi-Témiscamingue (Québec 1988).
- Rendements : les rendements des céréales (surtout le maïs) de printemps baisseront dans l'ouest et monteront dans l'est, sauf que le nord pourrait voir une augmentation de la production. La croissance pourrait augmenter de 40 à 50 % dans le sud du Québec, mais elle pourrait être moindre selon l'importance de l'occurrence de nouvelles maladies et des dommages causés par les insectes, ainsi que de l'éventuelle diminution de l'humidité (Québec 1998a).
- Capacité de production des terres : expansion vers le nord des terres propices à la culture commerciale.
- Conséquences sur les pratiques: adoption de nouveaux cultivars ou de cultures de plus grande valeur, recours accru à l'irrigation (mais diminution de la disponibilité en eau), diversification des activités agricoles en accentuant l'élevage.

Pêches

- Diminution dans l'Atlantique et les eaux douces du sud de la productivité mais hausse dans l'Arctique et les eaux douces du nord.

Eau (Drouin 1998 et Québec 1998a)

- Augmentation des conflits pour la demande en eau (Canada 1997b).
- Hausse des précipitations dans le sud du Québec de 10 % et de 10 à 20 % dans le nord, mais augmentation de l'évapotranspiration. La réduction estimée du débit des rivières du nord du Québec pourrait atteindre 35 %, donc modification de l'apport net en eau des bassins des barrages hydroélectriques, en association avec une demande pour le chauffage en hiver moindre, mais plus élevée en été pour la climatisation.
- Hausse prévisible du niveau d'eau dans le Golfe et le moyen estuaire (dans lequel est situé le Fjord du Saguenay) du Saint-Laurent.
- Période sans glace plus longue.

L'air, problèmes sans frontières

- Consommation accrue d'eau entraînant une diminution moyenne de 21 % du débit des Grands Lacs et, par le fait même, une baisse du niveau de l'eau dans la voie maritime.
- Érosion des berges.

Écosystèmes terrestres

- Impact sur les forêts : stress accru du fait des sécheresses, augmentation de la fréquence et de la gravité des incendies, accélération de la croissance de la végétation, dommages plus fréquents et plus graves dus aux tempêtes et aux vents dans les régions côtières.
- Risque d'augmenter la fragmentation des habitats.
- Les limites des aires de répartition actuelles des espèces animales et végétales pourraient se déplacer vers les latitudes et altitudes plus élevées, permettant ainsi l'invasion d'espèces de latitudes ou altitudes inférieures, selon le cas. Cette situation découle du décalage projeté des régions écoclimatiques vers le nord, ainsi que des modifications de leurs tailles et compositions relatives. Pour chaque hausse de 1 °C de la température moyenne, les zones thermiques vont se déplacer de 100 km vers le nord (Québec 1998a). Par exemple, la forêt boréale pourrait se trouver de 250 à 900 km plus au nord et, malgré une plus longue saison de croissance, serait accompagnée d'une perte de sa superficie globale en raison des stress supplémentaires apportés par les changements climatiques (Québec 1998a): variations des précipitations (période de sécheresse), variations des températures hivernales (blessures par le gel), migration d'insectes nuisibles, apparition de maladies favorisées.

Milieus humides

- Recouvrement par la végétation et augmentation de la salinité des milieux humides semi-permanent (perte d'habitats importants).
- Assèchement des milieux humides.

Écosystèmes aquatiques

- Comme pour les forêts, modification des aires de répartition des espèces. Les espèces d'eaux froides comme l'omble de fontaine peuvent être plus menacées.
- La réduction de l'épaisseur et de l'extension de la glace de mer et les variations du niveau des eaux aura des impacts divers, dont sur les aires de nidification ou de repos des oiseaux migrants.

3.3 LÉGISLATION

Au Québec, plusieurs règlements visant à améliorer la qualité de l'atmosphère ont été adoptés, à savoir:

- *Règlement relatif aux fabriques de pâtes et papiers*, adopté en 1977;
- *Règlement relatif à l'assainissement de l'air* (Règlement 90) de la Communauté urbaine de Montréal (CUM), adopté en 1978, portant sur plus de 300 polluants ;
- *Loi sur la qualité de l'atmosphère* (1972) et *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* adopté en 1979, ayant pour objet d'établir les normes d'air ambiant et les normes d'émissions ainsi que des mesures de contrôle pour prévenir, éliminer ou réduire les émissions des sources fixes. Les contaminants visés sont les matières particulaires, vapeurs et gaz et opacité des émissions pour les industries suivantes: raffineries de métaux, alumineries, cimenteries, cokeries, fabriques de chlorures de vinyle et de polyvinyle, fonderies de fonte et d'acier, industries de l'amiante et du plomb, raffineries de pétrole et usines d'extraction de métaux non-ferreux. Il y a aussi quelques normes portant sur l'automobile.
- *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone* en 1993, il interdit la fabrication, la distribution, la vente ou l'utilisation des substances appauvrissant la couche d'ozone dans certains produits et dans certains secteurs d'activités, fixe les règles de leur récupération et de leur recyclage (CFC, bromofluorocarbures ou halons et les hydrochlorofluorocarbures ou HCFC) ;

L'air, problèmes sans frontières

- Modification en 1985 du *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* et du *Règlement relatif aux fabriques de pâtes et papiers* pour contrôler les émissions de SO₂ dans les usines d'extraction de cuivre et de zinc et dans les fabriques de pâtes et papiers respectivement ;
- Modification au *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* en 1990 imposant une limite plus stricte au contenu en soufre de l'huile lourde.

Au niveau fédéral, on relève:

- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988, qui permet de réglementer la pollution selon une démarche basée sur les écosystèmes ;
- *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone* qui découle de la loi précédente, régit les normes quant à l'utilisation, la fabrication, la vente, la mise en vente, l'importation et l'exportation de certaines substances toxiques ;
- interdiction de vendre de l'essence contenant du plomb (1990), et l'obligation d'équiper les voitures neuves de dispositifs antipollution, etc.;
- révisions en 1998 des normes d'émission de 1971 (CO), 1974 (CO et COV), 1987 (nouvelles normes et NO_x) pour les voitures et les camions ainsi que des normes concernant la teneur en benzène de l'essence et la teneur en soufre du carburant diesel ;
- de nouvelles normes devraient être approuvées en 1999 pour le mercure, le benzène et la teneur de l'air ambiant en particules et en ozone au niveau du sol ;

4. RÉSUMÉ DES TENDANCES

4.1 VERS L'ASSAINISSEMENT

4.1.1 PROGRAMMES DE RÉDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Les industries contribuant à la pollution atmosphérique sont dans l'obligation, ou le seront, de diminuer et de contrôler ce type de pollution. Les chapitres traitant des industries régionales discutent donc de ce point. Mais il existe différents programmes de réduction.

Il y a des programmes de réduction au niveau des compagnies mêmes pour se conformer aux normes actuelles ou à venir (voir les différents chapitres).

Il y a le programme canadien ARET (cf. chapitre forêt), et les substances visées qui sont émises dans l'air. Les entreprises inscrites à ce programme en 1996 dans la région sont (Canada 1997c):

- Pâtes et papiers: Abitibi-Consolidated Inc ;
- Aluminerie: Alcan ;
- Services publics d'électricité: Hydro-Québec.

Ces entreprises ont fourni des données sur leurs rejets des substances visées. D'autres entreprises appuient le programme mais n'y participent pas, jugeant qu'elles ne rejettent que peu ou pas de substances visées par le programme. Parmi celles ci, on relève pour la région la compagnie Division Paperboard Jonquière.

Défi-climat est un autre programme de mesures volontaires du niveau fédéral en vigueur, mais il n'y a aucun participant au Québec.

Au niveau du gouvernement québécois, il y a le programme ÉcoGESTe lancé en 1996, dans le cadre du Plan d'action québécois sur les changements climatiques. Comme le programme ARET, ce sont des mesures volontaires de la part d'organismes et d'entreprises visant la réduction en 2 000 des émissions de GES au niveau de 1990. Les plans d'action et les résultats sont inscrits dans le Registre des mesures volontaires du programme. Les entreprises présentes dans la région et ayant adhéré à ce programme sont, en plus de divers niveaux du gouvernement provincial (Québec 1998b):

- Abitibi-Consolidated inc.
- Alliance des manufacturiers et des exportateurs du Québec - AMEQ
- Allô Stop
- Association canadienne des pâtes et papiers - ACPP
- Association canadienne du gaz - ACG
- Association de l'industrie de l'aluminium du Québec - AIAQ
- Association des industries forestières du Québec - AIFQ
- Association minière du Québec inc. - AMQ
- Association québécoise de la maîtrise de l'énergie - AQME
- Donohue Inc.
- Gaz Métropolitain
- Pétro-Canada
- Produits forestiers Alliance Inc.
- Produits Shell Canada Ltée
- Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée - SÉCAL
- Ultramar

4.1.2 LE PLAN D'ACTION QUÉBÉCOIS

Le Plan d'action québécois de mise en oeuvre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques comporte des mesures d'atténuation pour divers secteurs, mesures dont la mise en pratique est à prévoir ou déjà en cours (Québec 1996b):

Agriculture

- Pratiques culturales: émissions de CO₂ versus le mode d'occupation du sol et l'influence sur la séquestration du carbone ;
- Amélioration de l'alimentation du bétail: contribution indirecte des émissions versus l'alimentation du bétail, (diminution des CH₄ avec le taux d'ingestion qui, lui, croît avec l'augmentation d'aliments riches en grains, la meilleure utilisation des protéines réduit l'azote contenu dans les déjections, donc les émissions de N₂O des litières et des fumiers) ;
- Amélioration des systèmes et des modes d'épandage et d'entreposage de fumier, de lisier et de compost ;
- Fertilisation rationnelle: contribution indirecte aux émissions de N₂O ;
- Réaffectation des terres en friche: influence de la réaffectation des terres en friche sur la séquestration du carbone.

Énergie

- Programme de productivité énergétique (PPE): projet de démonstration du potentiel d'économie d'énergie de projets technologiques en milieu réel ;
- Efficacité énergétique dans le transport (EET): plan d'action pour diminuer la consommation de carburant des véhicules lourds ;
- Réglementation: efficacité des équipements, réglementation du secteur bâtiment sur le modèle du Code canadien et programme de cotation énergétique des bâtiments ;

Environnement

- Captage du méthane des lieux d'enfouissement sanitaire: captage du méthane des lieux d'enfouissement susceptible d'être exigé ;
- Mise à jour du règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone: modifier le règlement et l'aligner sur les amendements du Protocole de Montréal pour réduire les émissions des substances visées (cf. section 4.2.1) ainsi que contrôler les substances de remplacement.

Forêt

- Stratégie de protection des forêts: contribution indirecte aux changements climatiques par ses caractéristiques de réservoir de carbone.

Transports

- Réalisation des plans de transport régionaux: joindre les dimensions environnementales et énergétiques ;
- Optimisation des systèmes et réseaux de transports (augmenter le nombre d'utilisateur des transports en communs dans le cadre d'un programme d'intervention) et élaboration et implantation d'un système de gestion de la circulation autoroutière à Montréal : pour diminuer les émissions de GES ;
- Soutien au financement et à l'organisation du transport en commun et soutien au financement du transport scolaire : pour diminuer les émissions de GES.

4.2 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA BIODIVERSITÉ

Les éléments du cadre d'action de la Stratégie du développement durable de Ressources naturelles Canada sont présentés dans le chapitre sur la forêt. Les objectifs 3.1 et 3.2 s'adressent spécifiquement aux changements climatiques. Les autres mesures de ce but correspondant aux changements climatiques sont: lancement d'un nouveau programme d'énergie renouvelable et science et technologie pour réduire les gaz à effet de serre et comprendre le changement climatique.

4.3 LES ENTENTES ET CONVENTIONS VISANT LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Il y a présentement plusieurs ententes au niveau nord-américain et mondial en ce qui concernent plusieurs types de polluants atmosphériques, ainsi que les plans d'action québécois et canadien.

En ce qui concerne les pluies acides, il y a le programme sur les pluies acides de l'Est canadien (Québec 1996a). L'entente entre le Canada et les États-Unis de 1991 dont les grandes lignes sont:

- a) le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de SO₂ à 3,2 Mt/an pour l'an 2000 et à plafonner, dès 1994, les émissions de SO₂ des sept provinces de l'est du Canada à 2,3 Mt/an;
- b) les États-Unis se sont engagés à réduire de 9 Mt leurs émissions annuelles de SO₂; cette réduction de tout près de 40 % se fera en deux phases de 20 % chacune, en 1995 et en 2000. Les émissions américaines en 1980 totalisaient 23,4 Mt.

Pour les états américains susceptibles d'influencer les dépôts au Canada, on s'attend à ce que les émissions passent d'environ 14 Mt en 1990 à environ 7,4 Mt en l'an 2000. Il y a d'ailleurs une entente Québec-État de New-York contre les précipitations acides (Viau 1996). En 2010, avec la mise en application complète du CAAA-1990 (*Clean Air Act Amendment*), le total des émissions américaines de SO₂ devrait être de 14,5 Mt. Il y a aussi la *Politique québécoise en matière de précipitation acide* dont les objectifs ont été atteints (600 000 tonnes en 1990, et 500 000 tonnes depuis 1995). Toutes ces ententes, ainsi que les ententes internationales, ont permis de réduire les émissions de SO₂ de 54 % dans l'est canadien par rapport à 1980 (Canada 1998a).

Pour le gouvernement fédéral, il y a aussi au niveau national (Canada 1998a) :

- phase 3 du Plan fédéral sur le smog, qui prévoit de nouvelles mesures visant à réduire les émissions des véhicules automobiles et des activités industrielles; ces mesures favoriseront le respect des normes pan-canadiennes ;
- adoption d'un règlement fédéral limitant la teneur en soufre de l'essence canadienne;
- élaboration d'une stratégie sur les précipitations acides pour la période postérieure à l'an 2000;
- adoption d'une stratégie de mise en œuvre du protocole de Kyoto afin de lutter contre les répercussions du changement climatique.

et les ententes à venir au niveau international :

- négociations en 1999 d'une nouvelle annexe sur le smog en vertu de l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air ;
- négociations sur une convention mondiale concernant les polluants organiques rémanents: en l'absence de mesures, les émissions des principaux polluants comme les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre pourraient recommencer à augmenter après 2010.

Il y a aussi (Viau 1996) :

- le Protocole des Nations Unies de 1988 visant à stabiliser les émissions de NO_x au niveau de 1987 en 1994, et une plus grande réduction à compter de 1996 (les émissions actuelles sont inférieures à celles de 1987, période où il y avait eu une hausse dans les émissions de NO_x et de COV) ;
- le Protocole UNECE sur les COV, qui prévoit une réduction des émissions de 70% d'ici 1999 par rapport à 1988 dans les zones de gestion d'ozone troposphérique, soit les zones à forte densité de population ;
- le Protocole de Montréal, qui est entré en vigueur en 1989, interdit depuis 1996 la production, l'importation et l'exportation de CFC (CFC-11, -12, -113, -114 et -115), halon (halon-1211, -1301 et -2402), tétrachlorure de carbone et méthylchloroforme, ainsi que la cessation de production de halon en 1994 ;
- le programme de surveillance de la couche d'ozone, le réseau de mesures des UV issu du protocole de Montréal, et le réseau de mesures des UV au sol ;
- le Plan vert du Canada déposé en 1990, axés sur la recherche en collaboration avec d'autres pays pour solutionner les problèmes reliés à la couche d'ozone ;

L'air, problèmes sans frontières

- et la Politique de gestion des substances toxiques de 1995, dont est issu le programme ARET, pour éliminer et/ou réduire les rejets de substances toxiques, persistantes et bioaccumulables.

Il y a eu bien entendu la Convention-Cadre sur les changements climatiques entrée en vigueur en 1994 et issue du Sommet de Rio de 1992 visant les GES et ratifiée par plus de 100 pays.

Le dernier en date est le Protocole de Kyoto conclu en décembre 1997 lors de la troisième Conférence des Parties à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (Canada 1998c). Les pays industrialisés sont juridiquement tenus de réduire collectivement leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % sous les niveaux de 1990 d'ici la période allant de 2008 à 2012. Le Canada prévoit réduire ces émissions de 6 % par rapport aux émissions de 1990. L'entente recouvre six gaz : le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, les hydrocarbures fluorés (HFC), les perfluorocarbones (PFC) et les hexafluorures de soufre (SF₆). Les émissions des trois premiers gaz seront mesurées en utilisant 1990 comme année de référence, alors que les émissions des trois autres gaz le seront par rapport à l'année 1990 ou 1995.

Le protocole n'entrera en vigueur que lorsqu'il aura été ratifié par 55 pays représentant au moins 55 % des émissions des pays industrialisés, donc possiblement en 1999. Bien que les pays signataires soient liés juridiquement, l'accord inclut des mesures de dérogations, dont:

- un «mécanisme de développement propre» qui permettra aux pays industrialisés de financer des projets de réduction d'émissions dans les pays en développement et de recevoir des crédits;
- des projets de mise en œuvre conjointe parmi les pays industrialisés et le partage de crédits de réduction d'émissions;
- un régime international d'échanges d'émissions permettant aux pays industrialisés de s'acheter et de se vendre des permis d'émissions;
- l'épargne de réductions d'émissions en vue de leur application à périodes ultérieures;
- des crédits pour les initiatives prises en vue de retirer les gaz à effet de serre de l'atmosphère grâce à de meilleures pratiques forestières.

Malgré ces nombreuses ententes et ces nombreux protocoles, il semble que (Conseil mondial de l'énergie 1995): « En dépit des aspirations exprimées dans la Déclaration de Rio de 1992, les politiques actuelles n'offrent aucune possibilité réaliste aux pays industrialisés de limiter globalement en 2000 les émissions de gaz à effet de serre, dues à l'activité humaine, à leur niveau de 1990. Ces émissions et les concentrations atmosphériques en résultant devraient continuer à croître pendant encore de nombreuses décennies. La Convention-Cadre des Nations sur les changements climatiques, bien qu'irréaliste dans ses attentes, a souligné quelques-uns des changements de politique requis. Les pays industrialisés devront montrer l'exemple et engager à l'échelle mondiale de considérables efforts technologiques et financiers si l'on veut que la tentative de réduction ait une chance de succès. »

5. CONCLUSION

Les principales sources sont donc le transport et les industries, reliées pour beaucoup de polluants à l'utilisation de combustibles fossiles. La réduction de la pollution atmosphérique est ainsi étroitement reliée au développement des sources d'énergie alternatives et à la modification de nos comportements. En effet, les émissions de bien des polluants seraient réduites fortement par la modification de nos habitudes de transports, en plus de régler certains problèmes reliés à l'énergie et aux infrastructures. Mais on ne peut obliger les gens à délaisser leur voiture pour utiliser le transport en commun.

Quant aux diverses industries, bien qu'il y ait des normes, une bonne part de la réduction d'émissions de polluants repose sur leur implication volontaire. Les grosses industries ont tout intérêt à investir dans des mesures d'assainissement, dans un contexte où la performance environnementale des industries devient de plus en plus importante pour les clients. Mais les petites entreprises, qui ont un rôle important à jouer dans les émissions globales, n'ont pas toujours les moyens d'investir dans des équipements antipollution, et s'impliquent ainsi moins dans les programmes de mesures volontaires.

La réduction de la pollution atmosphérique est une tâche gigantesque, vu le nombre important de polluants problématiques, qui demande la participation de tous: mais si tous participent en diminuant leurs émissions ne serait-ce qu'un peu, en commençant par le simple citoyen et ses habitudes de transport, la somme de ces réductions aura un effet important sur l'ensemble de la problématique. Mais nous sommes encore loin d'obtenir des résultats vraiment encourageants, comme le montrent les objectifs de réductions qui ne sont pas souvent atteints.

Régionalement, les émissions peuvent paraître insignifiantes par rapport à l'ensemble du Québec. Les réductions les plus visibles proviennent ou vont provenir des industries importantes (pâtes et papiers, alumineries), tandis que d'autres secteurs demanderont une certaine attention comme le transport. Mais, comme on l'a dit, ce sont les efforts de tous qui vont aider à réduire la pollution atmosphérique, et la pollution en générale.

6. LISTE DES INTERVENANTS

- École Polytechnique de l'Université de Montréal
- Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA)
- Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN)
- Ministère de l'environnement et de la faune du Québec (MEF)
- Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN)
- Environnement Canada

7. BIBLIOGRAPHIE

- BISSON, Michel, coordonateur. 1997, *La qualité de l'air au Québec de 1975 à 1994*, Québec, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du milieu atmosphérique et Service de la qualité de l'atmosphère, 52 p.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1997a, *L'étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique ; Points saillants pour les Canadiens*, Environnement Canada, Groupe de recherche en adaptation environnementale (SEA), site internet (mise à jour du 21 novembre 1998) http://www.ec.gc.ca/climate/ccs/highlights_f.htm.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1997b, *L'étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique ; Résumé national pour les décideurs*, Groupe de recherche en adaptation environnementale, (SEA), site internet (mise à jour du 1 décembre 1997) http://www.ec.gc.ca/climate/ccs/policysummary_f.htm.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1997c, *Leaders environnementaux 2 ; Accélération de la réduction/élimination des toxiques (ARET), rapport d'étape*, Ottawa, Travaux publics et Services gouvernementaux, 64 p., aussi disponible sur le site internet <http://www.doe.ca>.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1998a, *L'assainissement de l'air*, Environnement Canada, site internet (mise à jour du 21 Juillet 1998) http://www.ec.gc.ca/envpriorities/cleanair_f.htm.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1998b, Environnement Canada, région du Québec, site internet (mise à jour du 21 août 1998) <http://www.qc.ec.gc.ca/envcan/autofr.htm>.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1998c, *Le protocole de Kyoto : défis et possibilités*, Environnement Canada, région du Québec, site internet (mise à jour du 05 juin 1998) <http://www.qc.ec.gc.ca/climate/fact/defiposs.html>.
- COMITÉ PERMANENT DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES. 1993, *Le développement durable des ressources énergétiques et minières: des solutions réalistes aux défis environnementaux*, Ottawa, Gouvernement du Canada, 179 p.
- COMMUNICATIONS SCIENCE-IMPACT. 1997, « Pour mieux comprendre l'apport de la contamination atmosphérique », *Le fleuve* (septembre) vol. 7, no 4 p5-6.
- CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE. 1995, *Le rapport mondial de la Commission « L'énergie pour le monde de demain » du conseil mondial de l'énergie* dans: Gouvernement du Québec, *Cahier d'information sur le débat public sur l'énergie au Québec ; Les fondements d'une politique énergétique et le contexte international*, Québec, Ministère des Ressources naturelles, p. 19-29.
- DROUIN, Gilles. 1998, « Changements climatiques ; Turbulences à l'horizon », Québec, Union québécoise pour la conservation de la nature, *Franc-Vert*, vol. 15, no 2 (avril-mai), p. 25-28.
- GAGNON, Luc et GUÉRARD, Yves. 1998, *L'effet Shrapnel: Une approche systémique des pollutions aéroportées*, Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique, document disponible sur le site internet <http://ecoroute.uqcn.qc.ca/group/uqcn/atmosphere/index.html>.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1994, *L'acidité des eaux au Québec*, Québec, Gouvernement du Québec, 16 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1996a, *Précipitations acides au Québec: état de la situation*, Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 49 p.

- QUÉBEC (Gouvernement du Québec). 1996b, *Plan d'action québécois de mise en oeuvre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ; État d'avancement des mesures et bilan des émissions de gaz à effet de serre*, Québec, Ministère des Ressources naturelles et Ministère de l'Environnement et de la Faune, 37 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du). Ministère des Ressources naturelles. 1997a, *L'énergie au Québec, édition 1997*, Sainte-Foy, Québec, Les Publications du Québec, 120 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Bureau des audiences publiques sur l'environnement. 1997b, *Déchets d'hier, ressources de demain ; Rapport de la commission sur la gestion des matières résiduelles*, Rapport d'enquête et d'audience publique n°117, Québec, Bureau des audiences publiques sur l'environnement, 477 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Ministère des Ressources naturelles. 1998a, *Mise en oeuvre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ; Plan d'action du Québec*, Ministère des Ressources naturelles, site internet http://www.mrn.gouv.qc.ca/1/11/113/plan_fr.asp, 20 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Ministère des Ressources naturelles. 1998b, *Programme québécois d'enregistrement des mesures volontaires sur les changements climatiques*, Ministère des Ressources naturelles, site internet http://www.mef.gouv.qc.ca/fr/environn/dev_dur/ecogeste.htm#stabiliser.
- SAVARD, Michel. 1989, *Pour que demain soit : L'état de l'environnement au Saguenay – Lac-Saint-Jean, pour un développement durable*, Ottawa, Les Éditions JCL inc., 331 p.
- UQCN (Union québécoise pour la conservation de la nature). 1998, *Un air d'avenir*, section du site internet <http://ecoroute.uqcn.qc.ca/group/uqcn/atmosphere/index.html>.
- VIAU, Alain. 1996, *Le climat et l'atmosphère*, dans: Écosommet, Profil environnemental du Québec, Écosommet, p.31-54.

8. LISTE DES ACRONYMES

As	Arsenic
Cd	Cadmium
C ₂ F ₆	Tétrafluorure de carbone ou hexafluoroéthane
CF ₄	Tétrafluorure de carbone ou tétrafluorométhane
CFC	Chlorofluorocarbures
CH ₄	Méthane
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
°C	Degré Celsius
DBO ₅	Demande biologique en oxygène
GES	Gaz à effet de serre
ha	Hectare
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HC	Hydrocarbure
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HF	Fluorure d'hydrogène
HFC	Hydrofluorocarbures
H ₂ S	Hydrogène sulfuré
kg	Kilogramme
kg/ha/an	Kilogramme par hectare par année
km	Kilomètre
km ²	Kilomètre carré
kt	Kilotonnes
MEF	Ministère de l'Environnement et de la Faune
mg/m ² -j	Milligramme par mètre carré par jour
µg/m ²	Microgramme (10 ⁻⁶ gramme) par mètre carré
µg/m ³	Microgramme (10 ⁻⁶ gramme) par mètre cube
Mn	Manganèse
MRN	Ministère des Ressources naturelles
Mt	Millions de tonnes
N ₂ O	Oxyde nitreux ou gaz hilarant
ng/m ³	Nanogramme par mètre cube
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO ₃	Nitrates (trioxyde d'azote)
NO _x	Oxyde d'azote
O ₃	Ozone
Pb	Plomb
PFC	Perfluorocarbones
PFC	Perfluorocarbone
pH	Mesure de l'acidité d'une solution
PM	Matière particulaire
ppb	Partie par billion, mesure de concentration
ppm	Partie par million, mesure de concentration
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire ou équivalent CO ₂ : modification intégrée dans le temps (habituellement sur 100 ans), de l'absorption du rayonnement, consécutive au dégagement instantané de 1 kg de gaz trace, relativement à la modification du même rayonnement consécutive au dégagement de 1 kg de CO ₂ .
RESEF	Réseau de stations d'études d'impacts des stress environnementaux en milieu forestier
SF ₆	Hexafluorure de soufre
SO ₂	Anhydride sulfureux ou dioxyde de soufre
SO ₄	Sulfates
SRT	Soufres réduits totaux
t ou tm	Tonne métrique

L'air, problèmes sans frontières

t/an ou tm/an Tonne métrique par année
UV Ultraviolet