UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

# LA QUALITÉ DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS DANS LES PUITS D'ACCÈS DE BELL CANADA

PAULE BLANCHET
DÉPARTEMENTS DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE l'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)
DÉCEMBRE 1999

© Paule Blanchet, 1999

National Library of Canada
Bibliothèque nationale du Canada

Acquisitions and Bibliographic Services
Acquisitions et services bibliographiques

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-53558-4

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

LA QUALITÉ DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS
DANS LES PUITS D'ACCÈS DE BELL CANADA

Présenté par : BLANCHET Paule
en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées
a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. BRIÈRE François G., Ph.D., président
M. DELISLE Claude E., Ph.D., membre et directeur de recherche
M. GAGNÉ Daniel, M.Env., membre

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet n'aurait pu être possible sans la contribution, le soutien et la générosité de plusieurs personnes. Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui ont participé d'une façon ou d'une autre à l'accomplissement de ce mémoire.

Tout d'abord, je tiens à remercier très sincèrement Monsieur Claude E. Delisle pour m'avoir soutenue durant ces deux ans, pour la pertinence de ses conseils, sa grande patience, sa disponibilité et la confiance qu'il n'a cessé de me témoigner tout au long de ce projet. Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers Monsieur Bernard Clément pour ses encouragements et pour son aide dans l'utilisation d'outils statistiques dans mon projet de recherche.

Je tiens également à remercier la compagnie *Bell Canada* ainsi que le *Bureau de la Recherche et Centre de Développement Technologique (B.R.C.D.T.)* pour leur appui financier et leur collaboration à ce projet. Je tiens à dire combien j'ai apprécié les conseils judicieux ainsi que la confiance que m'ont prodigué Messieurs Daniel Gagné et Marc Lapointe.

J'aimerais également remercier Madame Carole Burney Vincent pour son soutien et ses conseils ainsi que Madame Francine Maher pour sa patience et son aide précieuse.

Finalement, je voudrais témoigner ma reconnaissance et mon affection envers Stéphane, mes parents et amis pour leur support affectif et moral, ainsi que leurs encouragements dans les moments les plus difficiles.

# RÉSUMÉ

Le phénomène du ruissellement est considéré comme la plus importante source de contamination des collecteurs d'eau usée et des puits d'accès, transportant un flux de polluants importants d'origines diverses. Les puits d'accès de la compagnie Bell Canada, dans lesquels on retrouve les équipements de communication du réseau souterrain, sont victimes de ce phénomène. Certains puits d'accès sont exposés à des problèmes d'accumulation d'eau, pouvant, dans certains cas, les remplir entièrement; ainsi les matières en suspension se déposent et forment des sédiments au fonds de ces derniers. Un apport important de polluants toxiques, notamment de métaux lourds, peut alors contaminer les puits d'accès selon leurs emplacements et ce, à différents degrés.

Le but principal de ce projet de recherche consiste donc en l'étude de la qualité de l'eau et des sédiments dans certains puits d'accès de la compagnie Bell Canada au Québec et en Ontario. La réalisation du projet s'est déroulée en trois phases : synthèse bibliographique des phénomènes pouvant causer la contamination des puits, analyse et traitement statistiques des données recueillies par Bell Canada en 1996 au Québec et en Ontario et, enfin, comparaison des données entre elles, avec les résultats rapportés dans la littérature et avec les normes et les limites de rejet existants au Québec et en Ontario.

La recherche bibliographique a mis en lumière certains faits. Les eaux de ruissellement pluvial sont très fortement polluées, notamment en début de pluie. La dégradation de la qualité de l'eau est due aux substances qui ont été entraînées en cours de ruissellement sur les surfaces perméables et imperméables ou qui proviennent de la remise en suspension des dépôts dans les conduits. L'évaluation de cette dégradation peut être difficile à évaluer étant donné que plusieurs paramètres définissent la qualité des eaux. Les polluants des eaux de ruissellement sont surtout inorganiques et l'érosion des surfaces perméables et imperméables contribuent aux apports importants de graviers, sables, limons, argiles et autres « polluants urbains ».

Suite à l'analyse et au traitement statistiques des données brutes recueillies lors de la campagne d'échantillonnage effectuée en 1996 sur 160 puits d'accès de la compagnie Bell Canada, 17 facteurs et sous-facteurs ont été retenus pour fin de comparaison avec les résultats obtenus. Les facteurs qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les niveaux de comparaison ont été pris plus particulièrement en considération. Une attention spéciale a été portée sur ces différences significatives afin d'identifier les facteurs les plus probables pouvant expliquer les variations entre les paramètres responsables de la contamination des puits d'accès. On observe que les facteurs « localisation géographique et démographie » se distinguent de même que certains métaux tels que le sodium, le calcium, le chrome et le manganèse. Par ailleurs, il ne faut pas négliger les autres facteurs comportant une ou deux différences significatives car ces derniers ont aussi un rôle important à jouer au niveau du degré de contamination des puits d'accès.

Finalement, une comparaison des données de Bell Canada a été faite. Au niveau des données entre elles, les comparaisons montrent qu'il y a des différences significatives au niveau des concentrations moyennes pour 14 des 25 paramètres analysés. Ces concentrations plus élevées ne sont pas localisées dans une province ou une ville en particulier mais varient d'un paramètre à l'autre. Par rapport à la littérature, les comparaisons établissent que les résultats de Bell Canada sont dans les mêmes plages de valeurs ou plus faibles que les valeurs rapportées dans différentes études. Une attention particulière a été portée aux métaux calcium et sodium qui affichent des valeurs supérieures aux valeurs dans la littérature. Au niveau du respect des normes et teneurs limites de rejet, plusieurs conclusions ont été apportées. Concernant la qualité des eaux de surface et des eaux en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès, la majorité des concentrations des paramètres n'excèdent pas les normes. Pour ce qui est des sédiments, on remarque que ces derniers sont chargés de métaux dans une proportion plus importante. Une attention spéciale a été portée aux métaux qui ont un pourcentage plus élevé, entre les plages B et C des critères de restauration des sols, ainsi

que des concentrations plus élevées que le critère C et qui exèdent les critères de restauration des sols pour une réutilisation commerciale / industrielle; dans ce cas, le cadmium, le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc sont particulièrement concernés.

En effet, plusieurs contaminants peuvent rejoindre les puits d'accès et s'y accumuler. Ces contaminants peuvent se retrouver autant dans les eaux de surface, dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau et dans les sédiments au fond des puits d'accès. Cependant, ces derniers sont plus propices à l'accumulation des polluants. Les contaminants pouvant rejoindre les puits d'accès sont nombreux. Ces derniers peuvent se retrouver sous différentes formes et concentrations. À la suite de ces constatations, on peut donc dire que les puits d'accès de Bell Canada sont donc victimes, d'une certaine façon, de la contamination urbaine par le ruissellement de surface et ce, dans le temps et dans l'espace.

## ABSTRACT

The phenomenon of runoff is considered to be the most important source of contamination of sewers and manholes, transporting a flow of pollutant of various origins. The manholes of the Bell Canada company, in which are found the underground network of communication equipment, are victims of this phenomenon. Some manholes are exposed to water accumulation problems in some cases filling them up entirely ; suspended solids settle and form sediment at the bottom of these manholes. Thus, an important contribution of toxic pollutants, particularly heavy metals, contaminates the manholes at different degrees depending on their location.

The main goal of this research project consists in studying the quality of the water and sediments found in some representative manholes of Bell Canada in Quebec and Ontario. The project was carried out in three phases : a litterature review of the phenomena capable of causing contamination, a statistical analysis and processing of data gathered by Bell Canada in 1996 in Quebec and Ontario, and finally the comparison of the data with themselves, with results reported in the litterature and with the existing regulation and discharge criteria existing in Quebec and Ontario.

The bibliographical search revealed certain facts. Stormwater runoffs are strongly polluted, especially at the beginning of a rainfall. The term urban runoff pollution means the deterioration of the quality of the water by substances that were dragged during runoffs on permeable and non-permeable surfaces or that originate from the deposit in the pipes. The evaluation of the deterioration can be difficult to do because many parameters define the quality of the water. Runoffs pollutants are mainly inorganic. Gravel, sand, silt, clay and other « urban pollutants » are found in urban water runoff and finally in manholes.

Following the analysis and the statistical processing of the original data collected during a sampling program done in 1996 on 160 Bell Canada manholes, 17 factors and sub-factors were retained for comparison. From all the statistical tests performed, the analysis that showed significatively positive differences versus all levels of comparison were taken into serious consideration. Particular attention was focussed on these significative differences in order to identify the most probable factors able to explain the variations between the parameters responsible for the contamination of manholes. We can observe that geographic location and demographic factors as well as metals like sodium, calcium, chrome and manganese stand out from this study. We cannot neglect though the other factors consisting of one or two significative differences because these factors have an important role to play in the rate of contamination of manholes.

Finally, a comparison with the data from Bell Canada was done. From the data, it was determined that there is a significative difference in mean concentration for 14 out of the 25 parameters analysed. These high concentrations are not associated with province or specifictown. It varies from one parameter to another. In comparison with the literature, it was shown that the result from Bell Canada are in the range of values or lower than the values reported in the literature. However, special attention was given to the metals calcium and sodium which showed higher values than those in the literature. As for the water quality, bath at surface and at the sediment interface in the water column in the manholes, most of the concentrations for most of the parameters do not exceed the discharge criteria. Concerning the sediments, we noticed that they contained metals in a more significant ratio. Particular attention must be paid to the metals that have a higher percentage, between the levels B and C, as well as concentrations higher than the C criteria and which exceed the criteria of soil restoration for a commercial / industrial reuse. In this case, cadmium, copper, tin, lead and zinc are particulary of concern.

Indeed many contaminants can reach the manhole and accumulate. These contaminants can be found either in the surface water as in the water interface with the sediments and,

certainly in the sediments. However, the latter are a more favorable substrate for accumulation of pollutants. The contaminants that reach the manholes are numerous and can be found in different forms. Following these observations, we can say that Bell Canada manholes are victim, to a certain extent, of urban contamination by surface runoff, both in time and space.

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS..... iv
RÉSUMÉ..... v
ABSTRACT..... viii
TABLE DES MATIÈRES..... xi
LISTE DES TABLEAUX..... xiv
LISTE DES FIGURES..... xix
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS..... xxii
LISTE DES ANNEXES..... xxiii

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION..... 1
1.1 Problématique..... 1
1.2 Buts et objectifs de l'étude..... 2

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE..... 3
2.1 Origines et caractérisation des contaminants contenus dans les eaux de ruissellement..... 3
2.1.1 Pollution atmosphérique..... 3
2.1.2 Ruissellement pluvial en zone urbaine..... 6
2.1.3 Sources des contaminants entraînés par le ruissellement..... 8
2.1.4 Autres sources de contamination..... 12
2.1.4.1 Neige..... 12
2.1.4.2 Infiltration..... 16
2.2 Traits caractéristiques des bassins versants en relation avec la contamination des puits d'accès..... 16
2.1.1 Effets des particularités physiques de l'utilisation des surfaces..... 17
2.1.1.1 Coefficient d'occupation des sols (COS)..... 17
2.1.1.2 Pratiques locales..... 18

2.2.1.3 Nature des surfaces.....24
2.2.1.4 Circulation des véhicules.....25
2.2.2 Influence de la climatologie et de la saison.....25
2.2.2.1 Période de temps sec.....25
2.2.2.2 La saison.....25
2.3 Paramètres qualitatifs de la contamination.....26
2.3.1 Sédiments.....27
2.3.2 Métaux lourds.....30
2.3.3 Autres paramètres.....33
2.3.3.1 Matière organique.....33
2.3.3.2 Nutriments.....34
2.3.3.3 Bactéries.....35

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE.....36
3.1 Description du territoire.....36
3.2 Explication des facteurs et des sous-facteurs considérés.....38
3.3 Échantillonnage.....41
3.4 Analyses statistiques.....43

CHAPITRE 4 : ANALYSE ET TRAITEMENT STATISTIQUES DES DONNÉES DE LA CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE.....45
4.1 Explication des analyses effectuées.....45
4.2 Présence d'eau dans les puits d'accès.....46
4.3 Présence de sédiments dans les puits d'accès.....48
4.4 Présence de corrosion dans les puits d'accès.....51
4.5 Présence des huiles et graisses totales dans les eaux em profondeur.....52
4.6 Présence de métaux dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau.....54
4.7 Présence des huiles et graisses totales dans les sédiments.....73
4.8 Présence des huiles et graisses minérales dans les sédiments.....75

4.9 Présence de métaux dans les sédiments.....76
4.10 Accumulation des matières solides.....105
4.11 Résumé des analyses et des résultats.....107

CHAPITRE 5 : COMPARAISON DES DONNÉES ENTRE ELLES, AVEC LA LITTÉRATURE ET AVEC LES NORMES.....111
5.1 Comparaison des données entre elles.....111
5.1.1 Eau de surface.....111
5.1.2 Eau en profondeur dans la colonne d'eau.....117
5.1.3 Sédiments.....121
5.2 Comparaison des données avec la littérature scientifique.....130
5.3 Comparaison des données avec les normes et critères en vigueur.....134
5.3.1 Normes générales.....134
5.3.2 Les eaux de surface dans les puits d'accès vs les normes.....136
5.3.3 Les eaux en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès vs les normes.....141
5.3.4 Critères indicatifs et sédiments.....143
5.3.5 Bilan des comparaisons.....145

CHAPITRE 6 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....147

RÉFÉRENCES.....150

ANNEXES.....161

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Composition physico-chimique des précipitations.....6
Tableau 2.2 Concentrations et charges polluantes dans la pluie et le ruissellement à Munich .....7
Tableau 2.3 Comparaisons entre les quantités de fondants et d'abrasifs utilisés par la ville de Montréal au cours des dernières années.....11
Tableau 2.4 Moyennes de quelques paramètres physico-chimiques retrouvés dans les neiges usées pour la province de Québec selon différents auteurs (mg/L)... 14
Tableau 2.5 Moyennes de quelques paramètres physico-chimiques retrouvés dans les neiges usées pour certaines provinces du Canada selon différents auteurs (mg/L).....15
Tableau 2.6 Variations des quantités de dépôts de surface et de leur nature suivant l'occupation des sols.....19
Tableau 2.7 Concentrations de différents contaminants des eaux de ruissellement de sites commerciaux et résidentiels.....20
Tableau 2.8 Concentrations de différents contaminants des eaux de ruissellement de 8 sites industriels de la Caroline du Nord.....21
Tableau 2.9 Fraction des polluants associés à chaque classe de tailles particulières (% du poids).....29
Tableau 2.10 Efficacité des techniques de lavage des rues.....29
Tableau 2.11Concentrations en métaux lourds dans les poussières et sédiments d'origine urbaine et routière ($mg.kg^{-1}$).....31
Tableau 2.12 Concentrations en métaux lourds dans les eaux de réseaux pluviaux en période de pluie (mg/L).....33

Tableau 3.1 Limites de détection pour les échantillons d'eau.....37
Tableau 3.2 Limites de détection pour les échantillons de sédiments.....38
Tableau 3.3 Présentation des différents métaux analysés en laboratoire.....42

Tableau 4.1 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence d'eau dans les puits d'accès.....46
Tableau 4.2 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence de sédiments dans les puits d'accès.....49
Tableau 4.3 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence de corrosion dans les puits d'accès.....51
Tableau 4.4 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence d'huiles et graisses totales dans les puits d'accès en eau de profondeur.....53
Tableau 4.5 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le baryum (Ba) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....55
Tableau 4.6 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le bore (B) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....56
Tableau 4.7 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le calcium (Ca) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....57
Tableau 4.8 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cuivre (Cu) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....59
Tableau 4.9 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le fer (Fe) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....61
Tableau 4.10 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le magnésuim (Mg) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....62
Tableau 4.11 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le manganèse (Mn) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....64
Tableau 4.12 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le phosphore (P) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....65

Tableau 4.13 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le plomb (Pb) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....67
Tableau 4.14 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le potassium (K) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....69
Tableau 4.15 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le sodium (Na) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....70
Tableau 4.16 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le zinc (Zn) en eau de profondeur dans les puits d'accès .....72
Tableau 4.17 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence d'huiles et graisses totales dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....73
Tableau 4.18 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence d'huiles et graisses minérales dans les sédiments contenus dans les puits d'accès..75
Tableau 4.19 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur l'aluminium (Al) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....77
Tableau 4.20 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le baryum (Ba) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....78
Tableau 4.21 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le bore (B) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....80
Tableau 4.22 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le calcuim (Ca) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....81
Tableau 4.23 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cadmium (Cd) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....83
Tableau 4.24 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le chrome (Cr) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....85
Tableau 4.25 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cobalt (Co) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....86
Tableau 4.26 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cuivre (Cu) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .....88

Tableau 4.27 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le fer (Fe) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....89
Tableau 4.28 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur l'étain (Sn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....91
Tableau 4.29 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le magnésium (Mg) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....92
Tableau 4.30 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le manganèse (Mn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....94
Tableau 4.31 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le nickel (Ni) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....95
Tableau 4.32 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le plomb (Pb) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....97
Tableau 4.33 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le phosphore (P) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....99
Tableau 4.34 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le potassium (K) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.... 100
Tableau 4.35 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le vanadium (V) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès ....101
Tableau 4.36 Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le zinc (Zn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès .... 103
Tableau 4.37 Statistiques descriptives des solides en suspension et des particules contenues dans les puits d'accès....107

Tableau 5.1 Moyennes de certains paramètres analysés par différents auteurs et études....130
Tableau 5.2 Résumé des concentrations moyennes pour les eaux de surface et en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de Bell Canada.... 131
Tableau 5.3 Moyennes de certains paramètres analysés dans les sédiments par différents auteurs et études.... 133

Tableau 5.4 Résumé des concentrations moyennes pour les sédiments contenus dans les puits d'accès de Bell Canada.....133
Tableau 5.5 Grille de gestion des sols contaminés excavés.....137
Tableau 5.6 Critères indicateurs de contamination des sols.....138
Tableau 5.7 Critères de restauration des sols selon l'utilisation envisagée.....139
Tableau 5.8 Résumé de la répartition des résultats (%) par rapport aux normes pour les eaux de surface.....140
Tableau 5.9 Résumé de la répartition des résultats (%) par rapport aux normes pour les eaux en profondeur dans la colonne d'eau.....142
Tableau 5.10 Résumé de la répartition des concentrations (%) par rapport aux critères indicatifs pour les sédiments au Québec.....143
Tableau 5.11 Résumé de la répartition des concentrations (%) par rapport aux critères de restauration et de réutilisation des sols pour les sédiments en Ontario.144

# LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 Schéma des tests effectués entre les facteurs (X) et réponses (Y).....44

Figure 4.1 Distribution granulométrique des particules solides accumulées dans les puits d'accès (moyennes).....106

Figure 4.2 Solides en suspension dans les échantillons d'eau prélevés dans les puits d'accès.....107

Figure 5.1 Comparaison des moyennes des solides en suspension présents dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....113

Figure 5.2 Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....113

Figure 5.3 Comparaison des moyennes du fer (Fe) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....114

Figure 5.4 Comparaison des moyennes du magnésium (Mg) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....114

Figure 5.5 Comparaison des moyennes du plomb (Pb) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....115

Figure 5.6 Comparaison des moyennes du potassium (K) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....115

Figure 5.7 Comparaison des moyennes du sodium (Na) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....116

Figure 5.8 Comparaison des moyennes du zinc (Zn) présent dans l'eau de surface dans les puits d'accès.....116

Figure 5.9 Comparaison des moyennes des solides en suspension présents dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....118

Figure 5.10 Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....118

Figure 5.11 Comparaison des moyennes du fer (Fe) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....119
Figure 5.12 Comparaison des moyennes du magnésium (Mg) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....119
Figure 5.13 Comparaison des moyennes du potassium (K) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....120
Figure 5.14 Comparaison des moyennes du sodium (Na) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....120
Figure 5.15 Comparaison des moyennes du zinc (Zn) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.....121
Figure 5.16 Comparaison des moyennes des huiles et graisses minérales et totales présents dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....123
Figure 5.17 Comparaison des moyennes de l'aluminium (Al) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....124
Figure 5.18 Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....124
Figure 5.19 Comparaison des moyennes du cuivre (Cu) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....125
Figure 5.20 Comparaison des moyennes de l'étain (Sn) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....125
Figure 5.21 Comparaison des moyennes du fer (Fe) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....126
Figure 5.22 Comparaison des moyennes du magnésium (Mg) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....126
Figure 5.23 Comparaison des moyennes du nickel (Ni) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....127
Figure 5.24 Comparaison des moyennes du phosphore (P) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....127

Figure 5.25 Comparaison des moyennes du plomb (Pb) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....128
Figure 5.26 Comparaison des moyennes du phosphore (K) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....128
Figure 5 27 Comparaison des moyennes du sodium (Na) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....129
Figure 5.28 Comparaison des moyennes du zinc (Zn) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.....129

# LISTE DES SIGLES ET ABBRÉVIATIONS

| | |
|---|---|
| % | Pourcentage |
| an | Année |
| ANOVA | Analyse de la variance univariée |
| MANOVA | Analyse de la variance multivariée |
| cm | Centimètre |
| CO | Monoxyde de carbone |
| COS | Coefficient d'occupation des sols |
| COT | Carbone organique total |
| DBO | Demande biochimique en oxygène |
| DCO | Demande chimique en oxygène |
| DTO | Demande totale en oxygène |
| ha | Hectare |
| kg | Kilogramme |
| L | Litre |
| MES | Matières en suspension |
| mg | Milligramme |
| mm | Millimètre |
| $NO_2$ | Nitrite |
| $NO_3$ | Nitrate |
| $NH_3$ | Ammoniac |
| ppb | Partie par milliard |
| ppm | Partie par million |
| $SO_4$ | Sulfate |
| TKN | Azote Kjeldhal |
| µg | Microgramme |
| µmhos | Micromhos |
| UTN | Unité de turbidité néphélétrique |

# LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 Répartion des puits d'accès échantillonnés dans les différentes provinces, villes et agglomérations..... 161

ANNEXE 2 Facteurs et sous-facteurs retenus pour fins de comparaisons et analyses statistiques.....166

ANNEXE 3 Sommaire des différentes analyses statistiques descriptives.....172

ANNEXE 4 Normes et limites de rejets dans les différents réseaux..... 187

# CHAPITRE 1
# INTRODUCTION

## 1.1 Problématique

Les eaux pluviales provenant des précipitations sous forme de pluie, de la fonte des neiges, des lavages de la chaussée, etc, provoquent un ruissellement qui transporte des quantités importantes de polluants, notamment des métaux lourds toxiques vers les milieux récepteurs aquatiques.

En septembre 1997, Bell Canada a mandaté le Bureau de la recherche du Centre de développement technologique (B.R.C.D.T) de l'École Polytechnique de Montréal pour la réalisation d'un projet concernant la caractérisation physico-chimique de l'eau et des sédiments contenus dans certains puits d'accès , dans le but d'établir un bilan du dgré de leur contamination.

Ces puits d'accès où l'on retrouve les équipements de communication du réseau souterrain (fils, cables, fibre optique, etc.) sont souvent exposés aux problèmes d'accumulation de sédiments formant des boues au fond de ces derniers et d'accumulation d'eau pouvant, dans certains cas, remplir entièrement les puits d'accès. Ces accumulations provenant de plusieurs phénomènes (ruissellement, neige, infiltration, etc.), peuvent engendrer un apport considérable de polluants contaminant l'eau et les sédiments à des degrés différents. Les contaminants pouvant atteindre les puits d'accès sont donc nombreux et peuvent se retrouver sous différentes formes et concentrations.

Ce projet est consacré à l'étude de la qualité de l'eau et des sédiments dans les puits d'accès de la compagnie Bell Canada. La principale hypothèse de travail est que, selon leur emplacement, les puits d'accès sont contaminés par divers contaminants à des concentrations variables.

## 1.2 Buts et objectifs de l'étude

Relativement à la problématique, le but principal de ce projet consiste en la réalisation d'un bilan de la qualité de l'eau et des sédiments des puits d'accès de Bell Canada.

Le premier objectif spécifique de ce projet est de faire une synthèse bibliographique des différents phénomènes pouvant causer la contamination des puits d'accès. L'origine et les caractéristiques des divers contaminants dans cette pollution sera donc étudiée.

La deuxième phase consiste en l'analyse et le traitement statistiques des données que Bell Canada à recueillies lors d'une campagne d'échantillonnage effectuée en 1996 au Québec et en Ontario. Les différences significatives entre les paramètres ainsi que les facteurs les plus probables pouvant expliquer les différents paramètres responsables de la contamination des puits d'accès seront exposés.

Finalement, la dernière étape du projet consiste en la réalisation d'un travail de comparaison des données traitées de la compagnie Bell Canada entre elles, avec les résultats rapportés dans la littérature et avec les normes et les limites de rejet existants au Québec et en Ontario, autant pour les eaux de ruissellement urbain que pour les sédiments rencontrés dans les puits d'accès.

# CHAPITRE 2
# REVUE DE LA LITTÉRATURE

## 2.1 Origines et caractérisation des contaminants contenus dans les eaux de ruissellements

Les eaux de ruissellement, autrefois ignorées, suscitent de plus en plus d'intérêt au niveau de la recherche, ces dernières ayant un impact grandissant sur le milieu récepteur. Ces eaux, considérées maintenant comme une nuisance, véhiculent des quantités de charges polluantes d'origines diverses. Elles ne sont plus considérées comme ayant pour unique vocation de transporter un débit mais aussi un flux de polluants important (Philippe et Ranchet, 1987). La pollution des eaux de ruissellement urbain peut se décomposer en deux étapes (Ribstein et Desbordes, 1978):

- lavage des polluants déposés en surface et érosion des surfaces perméables par différents types de phénomènes: pluie, lavage des rues, fonte des neiges, déglaçage des chaussées en hiver, etc.
- transport des eaux de ruissellement, d'une part sur les surfaces vers les puits d'accès et les bouches d'égouts, d'autre part dans le réseau d'assainissement

### 2.1.1 Pollution atmosphérique

Le ruissellement sous toutes ses formes est par contre précédé par la pollution causée par tous les matériaux solides, fluides ou gazeux qui se trouvent en permanence dans l'atmosphère et qui sont susceptibles d'être déposés comme particules solides ou être évacués par la pluie ou la neige. Ce type de pollution se nomme la pollution atmosphérique.

La pollution de la pluie par l'état des gouttelettes d'eau dans l'atmosphère est expliquée par Blanic (1977). Les nuages et les brouillards contiennent des gouttes qui vont de quelques centièmes de millimètres à quelques millimètres juste avant les précipitations. Le faible rapport poids / surface favorise l'action des courants d'air qui dispersent les gouttes, mais favorise aussi les contacts eau - gaz et eau - matières en suspension. Les différentes réactions impliquées lors de ce processus sont les suivantes (Goettle, 1978):

- émission dans l'air
- dispersion et réaction dans l'atmosphère
- accumulation particulaire dans les précipitations et sédimentation influencée par la gravité
- réactions chimiques précédant leur dépôt

Un effet de "premier lavage" de l'atmosphère est expliqué par les études de Goettle (1978) et Randall et *al.* (1978), c'est-à-dire des concentrations maxima de polluants dans les premières minutes de la pluie. Selon ces études, il y aurait une corrélation inverse entre les concentrations des polluants et le volume de la pluie. Par contre, d'autres recherches n'ont pas déduit ce phénomène.

Les compositions physico-chimiques de l'eau de pluie selon quelques auteurs sont expliquées au tableau 2.1. Les valeurs observées pour les métaux lourds se situent dans des intervalles de variations rapprochées. Randall et *al.* (1978) ont observé de fortes concentrations en métaux lourds pour des stations proches de grands centres urbains, alors que les stations éloignées présentent des valeurs fortes pour les composés organiques.

Les valeurs de DCO et des différentes formes d'azotes observées par les auteurs semblent un peu différentes. Comme les caractéristiques chimiques de la pluie sont influencées par un grand nombre de facteurs, on peut justifier ces différences. La plupart

des polluants subissent des transformations chimiques entre l'émission dans l'air et l'entraînement. D'ailleurs, les turbulences atmosphériques peuvent déplacer les masses d'air et donc les polluants atmosphériques d'une surface sur une autre qui peuvent être très éloignées (Ribstein et Desbordes, 1978).

Pour la Ville de Montréal, une étude de Delisle et *al.*, 1992 a montré que le pH moyen des précipitations reçues à Montréal est de 4,12, soit 30 fois plus acide qu'une précipitation dite normale. 92% des précipitations étaient plus acides qu'une précipitation normale qui s'établit à 5,6. Parmi les autres paramètres de suivi de la qualité des précipitations, on retrouve dans cette étude les $SO_4$, les $NO_X$ et la conductivité. Les moyennes mensuelles ont varié entre:

- 1,24 mg/L et 8,66 mg/L pour les $SO_4$;
- 0,33 mg/L et 6,63 mg/L pour les $NO_X$;
- 21,38 µmhos et 80,06 µmhos pour la conductivité.

Les caractéristiques de la pluie et du ruissellement urbain sont comparées au tableau 2.2 (Goettle, 1978), selon qui, trois groupes de polluants peuvent être distingués dans la pluie et le ruissellement:

- les polluants ayant à peu près les mêmes concentrations dans la pluie et dans le ruissellement ($N0_3$, $NH_3$, métaux, DCO)
- les polluants ayant des concentrations plus grandes dans le ruissellement que dans les précipitations (solides en suspension, COT)
- les polluants ayant des concentrations plusieurs fois supérieures dans le ruissellement que dans les précipitations (phosphore total, $NO_2$)

Cette classification n'a pas été faite à partir de mesures de qualité prises simultanément dans la pluie et dans le ruissellement.

Les quantités de polluants contenues dans les précipitations ont donc une magnitude suffisante pour avoir un impact significatif sur la qualité de l'eau de ruissellement de surface dans une grande région métropolitaine (Randall et *al.*, 1978).

### 2.1.2 Ruissellement pluvial en zone urbaine

De toutes les recherches effectuées, nous considérons le ruissellement pluvial comme le plus important des phénomènes. D'après certaines mesures, nous pouvons constater que les eaux de ruissellement pluvial sont très fortement polluées, notamment en début de pluie, et tout autant que les eaux usées si ce n'est plus quelques fois (Ribstein et Desbordes, 1978).

Tableau 2.1 : Composition physico-chimique des précipitations.

| | Cottinet et *al.*, 1975<br>Concentration moyenne (mg/L) | Goettle, 1978<br>Concentration moyenne (mg/L) | Ribstein et Desbordes, 1978<br>Intervalle de variation (mg/L) |
|---|---|---|---|
| pH | 4.3 | 4.95 | - |
| DCO | - | 27 | 20.7-322 |
| COT | - | - | 2.5-18 |
| N-NH3 | 0.24 | 1.3 | 0.11-1.87 |
| N-NO2 ; N-NO3 | 0.30 | 2.9 | 0.12-1.99 |
| N organique | 0.25 | 2.9 | - |
| N total | 0.79 | - | 0.79-9.90 |
| Orthophosphates | - | - | 0-0.17 |
| Phosphore total | - | 0.3 | 0.04-0.62 |
| Sulfates | - | 35 | - |
| Mg | 0.06 | - | 0-1.0 |
| Ca | 0.55 | - | - |
| Na | 0.42 | - | - |
| Cl | 0.76 | - | - |
| Fe | 0.06 | - | 0-3.04 |
| Zn | - | 0.08 | 0.02-1.9 |
| Pb | - | 0.11 | 0-0.24 |
| Cu | - | 0.012 | 0-0.06 |
| Cr | - | 0.002 | 0-0.08 |
| Cd | - | 0.001 | 0-0.013 |

Tableau 2.2 : Concentrations et charges polluantes dans la pluie et le ruissellement à Munich (Goettle, 1978).

| Polluants | Concentrations (mg/L) | | | | Charges (kg/ha.an) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valeur moyenne | | Valeur maximale | | Pluie | Ruissellement |
| | Pluie | Ruissellement | Pluie | Ruissellement | | |
| NH3 | 1.3 | 0.9 | 8.7 | 12.8 | 3.5 | 2.5 |
| NO2 | 0.02 | 0.1 | 0.13 | 1.0 | 0.06 | 0.3 |
| NO3 | 2.9 | 2.8 | 21.2 | 17.8 | 8.2 | 7.8 |
| P total | 0.3 | 0.7 | 1.8 | 11.4 | 0.8 | 1.9 |
| Solides | 54 | 125 | 178 | 4400 | 151 | 350 |
| Cr | 0.002 | 0.004 | - | - | 0.006 | 0.021 |
| Zn | 0.08 | 0.13 | - | - | 0.230 | 0.360 |
| Cu | 0.012 | 0.01 | - | - | 0.040 | 0.030 |
| Cd | 0.001 | 0.001 | - | - | 0.004 | 0.003 |
| Pb | 0.11 | 0.11 | - | - | 0.310 | 0.310 |

Le terme pollution du ruissellement urbain désigne la dégradation de la qualité des eaux par des substances qui ont été entraînées en cours de ruissellement sur les surfaces perméables et imperméables ou, qui proviennent de la remise en suspension des dépôts dans les conduites (Ribstein et Desbordes, 1978). L'évaluation de cette dégradation peut être difficile, car plusieurs paramètres définissent la qualité des eaux.

Les polluants des eaux de ruissellement sont surtout inorganiques. L'érosion des surfaces perméables non construites, des zones de construction et des zones à développement récent contribuent aux apports importants de graviers, sables, limons et argiles que l'on trouve dans les eaux de ruissellement urbain (Ribstein et Desbordes, 1978).

Le processus de la pollution des eaux de ruissellement pluvial se résume en trois étapes (Philippe et Ranchet, 1987):

-phase de production (accumulation des polluants par temps sec sur les surfaces imperméabilisées, érosion pluviale de matière des surfaces non-urbanisées)

- l'entraînement (lessivage pluvial des sols et vidange des bouches d'égouts) par le ruissellement pluvial
- phase de transfert (ou de transport) de la pollution dans les collecteurs et les ouvrages de stockage

Les variations de concentration de polluants au cours de la pluie sont importantes.
Trois phases représentent les étapes à partir du moment où commence la pluie (Kothandaraman, 1972):

- phase initiale au cours de laquelle on a les conditions de temps sec
- seconde phase caractérisée par une augmentation du débit et des concentrations d'un certain nombre de paramètres (effet de premier lavage)
- troisième phase où les concentrations sont diluées par rapport aux concentrations initiales en raison du débit élevé

### 2.1.3 Sources des contaminants entraînés par le ruissellement

Les contaminants pouvant être entraînés par les eaux de ruissellement proviennent de trois sources principales (Ribstein et Desbordes, 1978):

- le sol et les surfaces imperméables (rues, trottoirs, stationnements, toits, etc.)
- les bouches d'égouts (ou pièges à sédiments)
- les conduits et les ouvrages spéciaux (bassin de dessablage,etc.)

De ces trois provenances, ce sont les surfaces imperméables qui représentent l'apport le plus important de polluants. Sartor et Boyd (1972) ont étudié les polluants des rues et révèlent plusieurs sources de contaminants variés:

• Revêtements de surface

Les matériaux qui constituent le revêtement des rues constituent une source de pollution. Les matériaux provenant de la peinture de marquage des rues contribuent aussi à l'apport de polluants mais, en plus petite quantité. Les différents revêtements semblent être influencés par certains facteurs:

- l'âge et l'état des surfaces, c'est-à-dire les revêtements en mauvais état et non entretenus sont à l'origine d'une plus grande quantité de contaminants que ceux en bon état
- les conditions climatiques locales, c'est-à-dire les cycles de gel-dégel, les pneus à clous et les produits de déglaçage (abrasifs), accélèrent la dégradation du revêtement
- les fuites d'essence et d'huile dégradent les revêtements en asphalte

• Véhicules à moteur

Ce mode de transport peut fournir une grande quantité de contaminants de façons diverses:

- pertes d'essence, de lubrifiants et de fluides de refroidissement
- fines particules de pneus et de garniture de freins
- émission de particules par les gaz d'échappement
- poussières, rouille et décomposition des enduits
- pièces de véhicules cassées...

Le taux d'accumulation de ces matériaux est lié à la saison, à la géographie locale et aux conditions de trafic.

• Précipitations atmosphériques " sèches"

Ce terme désigne toutes les particules fines trouvées sur les surfaces et qui ne sont pas reliées à l'activité humaine de cette surface. Ces polluants sont assez fins pour être transportés par des turbulences atmosphériques, et ils ne se déposeront que lors de conditions atmosphériques stables. Ces particules peuvent provenir de surfaces parfois très éloignées du point de mesure. Leurs origines sont diverses : cheminées industrielles, chantiers de constructions, certaines opérations agricoles, surfaces non aménagées, etc. Mais, peut importe leur origine, ces substances doivent être exposées au vent pour être transportées. Elles se déposent ensuite en milieu urbain et contaminent diverses surfaces avant d'être acheminées vers les puits d'accès.

• Végétation

Cette source de pollution fournit des feuilles, du pollen, des brindilles, des graines, etc. La quantité de matière amenée par la végétation en un endroit donné, dépend de plusieurs facteurs dont la saison, l'occupation des sols et les pratiques locales.

La végétation contribue à l'apport de pollution de façon importante. Elle est lié de façon directe à la demande biochimique en oxygène (DBO) et elle est souvent associée à des éléments nutritifs et à des pesticides.

• Matériaux de déglaçage

Dans plusieurs pays, on utilise différents types de matériaux pour déglacer les rues: sels ($NaCl$, $CaCl_2$...), sable, pierre concassée cendres et produits organiques. Les quantités qui sont déversées chaque hiver aux États-Unis sont très grandes. Aux États-Unis, pour l'hiver 1966-1967, 6 320 000 tonnes de $NaCl$, 270 000 tonnes de $CaCl_2$ et 8 400 000 tonnes d'abrasifs ont été utilisés (Ribstein et Desbordes, 1978). Le tableau 2.3 indique

les quantités de fondants et d'abrasifs utilisées au cours de neuf hivers par la ville de Montréal.

À Montréal, malgré une réduction d'environ 40% de la consommation de sel (NaCl) au cours des six dernières années, il n'y a aucune différence significative entre les concentrations de sodium mesurées dans les neiges usées de 1985 et 1997 et même, une augmentation significative des concentrations de chlorures et de calcium (Delisle et *al.*, 1997):

Concentrations (mg/L)

| | 1985 | 1997 |
|---|---|---|
| Sodium | 4050 | 4041 |
| Calcium | 146 | 269 |
| Chlorures | 3851 | 5689 |

Tableau 2.3 : Comparaisons entre les quantités de fondants et d'abrasifs utilisés par la ville de Montréal au cours des dernières années (Ville de Montréal, 1996).

| HIVER | NOMBRE | ACCUM. | MATÉRIAUX (tonnes) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ÉVÉN. | (cm) | Sel | Pierre | Mélange | Sable |
| 1987-1988 | 54 | 160.6 | 108 500 | 11 800 | 0 | 13 200 |
| 1988-1989 | 62 | 205.2 | 133 600 | 13 100 | 0 | 15 600 |
| 1989-1990 | 82 | 193.8 | 133 500 | 26 600 | 0 | 15 900 |
| 1990-1991 | 82 | 195.5 | 76 400 | 56 100 | 0 | 12 800 |
| 1991-1992 | 76 | 209.5 | 68 200 | 70 900 | 18 800 | 0 |
| 1992-1993 | 56 | 235.1 | 72 900 | 15 100 | 9 700 | 0 |
| 1993-1994 | 70 | 267.6 | 100 200 | 15 600 | 18 300 | 0 |
| 1994-1995 | 61 | 179.3 | 70 200 | 5 300 | 11 000 | 0 |
| 1995-1996 | 79 | 195.6 | 98 300 | 8 200 | 12 200 | 0 |
| MOYENNE | 69 | 204.7 | 95 800 | 24 700 | 7 800 | 6 400 |

Mélange = 10 % sel + 90 % pierre.

• Déchets

Ce terme désigne tous les débris, matériaux, etc., que l'activité humaine rejette sur la surface du sol volontairement ou involontairement. Ces déchets ne sont pas pour la plupart, à l'origine d'une pollution importante de l'eau, mais il est important de les mentionner car les pratiques de lavages des rues affectent ces dernier de façon significative.

Une liste de contaminants de rues a été dressées par Delisle et *al*, 1997. Pour la Ville de Montréal, on trouve en majorité du papier et carton (63.7%) et, du plastique (14,85%). D'autres débris sont aussi retrouvés mais en concentrations inférieures à 4%: aliments, mégots de cigarettes, vitre, aluminium (canettes), bois, métal, caoutchouc, etc. Il faut y ajouter les feuilles à l'automne, les substances transportées par le ruissellement et celles provenant d'autres catégories de surfaces:

- les zones industrielles: les dépôts sont divers selon la nature des industries
-les zones commerciales: garages et stations services produisants des accumulations d'huile et d'essence, centres commerciaux, etc.
- les surfaces perméables: chantiers de construction, jardins et parcs; l'érosion de ces surfaces contribue à des apports de sables, limons, graviers et de particules organiques

### 2.1.4. Autres sources de contamination

#### 2.1.4.1 Neige

L'accumulation de la neige en bordure des routes, et qui souvent mélangée au sel de déglaçage et au sable prend l'allure d'une boue ("slush"), est une source de pollution beaucoup plus importante que les eaux de pluies (Delisle et Leduc, 1987). Ces dernières sont éventuellement évacuées via les égouts pluviaux ou combinés.

Une fois au sol, les besoins des grands centres urbains exigent que la neige soit dégagée rapidement des principales artères de circulation (Delisle et Leduc, 1987). Selon les mêmes auteurs, ces quantités de neige ne peuvent, dans la majorité des cas, être simplement refoulées sur les terrains en bordure. Un déneigement doit donc être effectué.

Cependant un certain délai intervient alors entre le refoulement et le déneigement. Ce délai entraîne une augmentation des concentrations des polluants (sels de déglaçages, plomb, huiles, etc.) pouvant être incorporées aux bancs de neiges. Le rapport de Delisle et *al.* (1981), résume la majorité des polluants contenus dans les neiges usées de la Ville de Montréal. Suite à ces études, des paramètres de contrôles, majeurs et mineurs, du taux de pollution des neiges usées ont été identifiés:

- paramètres majeurs: chlorures, matières en suspension et plomb
- paramètres mineurs: conductivité, turbidité, carbone organique total, sulfates, sodium, calcium, fer, chrome et huiles et graisses

Ce qui différencie les chlorures des autres composés est leur capacité de dissolution ce qui les rend très mobiles dans les eaux de fonte de la neige usée. En hiver, il y a donc accumulation de polluants dans les précipitations, qui sont sous forme de neige, qui s'accumulent en hauteur avant les opérations de déneigement.

Cette neige peut être considérée comme si elle était de l'eau de pluie qui présente une certaine accumulation de polluants. Au lieu que le ruissellement naturel amène immédiatement les polluants aus bouches d'égouts, on peut considérer que les polluants s'y rendent d'une manière directe (i.e. eau de fonte) ou indirecte (i.e. déneigement et rejet par différentes méthodes aux égouts et au fleuve) (Delisle et Leduc, 1987).

Le tableau 2.4 présente un relevé des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les neiges usées pour la province de Québec et le tableau 2.5 pour certaines autres provinces canadiennes. On observe une très grande variabilité qui dépend d'un ensemble de facteurs environnementaux et des différents sites.

Tableau 2.4 : Moyennes de quelques paramètres physico-chimiques retrouvés dans les neiges usées pour la province de Québec selon différents auteurs (mg/L).

| Paramètres | Zinger & Delisle (1985) Région de Montréal | Delisle & Leduc (1987) Montréal | Lapointe (1991) Montréal | Delisle, André & Paradis (1993) Lasalle, Verdun & Lachine | Péloquin (1993) Laval (Eau de fonte d'un site de dépôt) | Bouchard (1997) Jonquière (Neige d'un site de dépôt) | Delisle, Chenevier & André (1997) Montréal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cadmium (Cd) | 0.27 | - | - | - | 0.01 | < 0.01 | < 0.01 |
| Calcium (Ca) | 146.4 | 129.8 | 527 | - | - | - | 269 |
| Chlorures | 3851.2 | 1441.9 | 2021 | 2072.69 | 414 | 3.8 | 5689 |
| Chrome (Cr) | 6.67 | 0.043 | 0.13 | - | 0.06 | 0.13 | <0.05 |
| Conductivité (1) | 11128.7 | 5423.0 | 5823.3 | 4900 | 2099 | - | 17372 |
| Cuivre (Cu) | 9.36 | - | - | - | 0.05 | 0.12 | 0.44 |
| Cyanures | 0.24 | - | - | - | 0.07 | 0.011 | 0.018 |
| DBO | 7.5 | - | - | - | 3 | 2.2 | 2404 |
| DCO | 496.6 | 5.9 | - | - | - | - | 245 |
| Fer (Fe) | 912.57 | 5.4 | - | 28.5 | 20.7 | 66 | 17.0 |
| Huiles & graisses | 104.6 | 15.9 | 29 | 13.06 | - | 6.3 | 1.83 |
| M.E.S. | 1209.0 | 213.9 | | 496.56 | 293 | 2360 | 742 |
| Manganèse (Mn) | - | - | | 0.17 | - | - | 0.55 |
| Plomb (Pb) | 84.84 | 0.34 | | 0.10 | 0.03 | 0.19 | <0.05 |
| Sodium (Na) | 4049.6 | 538.7 | | - | - | - | 4041 |
| Sulfates | 129.8 | 49.9 | | - | - | - | 118.5 |
| Turbidité (2) | 29.8 | 249.2 | | - | - | - | 426 |
| Zinc (Zn) | 42.77 | - | | - | 0.14 | 0.59 | 0.56 |

(1) en µmhos

(2) en UTN

Tableau 2.5 : Moyennes de quelques paramètres physico-chimiques retrouvés dans les neiges usées pour certaines provinces canadiennes selon différents auteurs (mg/L).

| **Paramètres** | Richards & al. (1973) Région d'Ottawa | MENVIQ (1983) Edmonton | MENVIQ (1983) Calgary | Droste & Johnston (1993) Région d'Ottawa-Carleton (Moyenne de 4 sites) |
|---|---|---|---|---|
| Aluminium (Al) | - | - | - | 15.8 |
| Barium (Ba) | - | - | - | 0.160 |
| Cadmiun (Ca) | - | 0.24 | 0.001 | 106 |
| Calcium (Cd) | - | 34.6 | 18.7 | 0.003 |
| Chlorures | MAX. 2250 | 712.5 | 290 | 1054 |
| Chrome (Cr) | - | 0.65 | 0.002 | 0.068 |
| Colbat (Co) | - | - | - | 0.015 |
| Conductivité (1) | - | - | - | 2.46 |
| Cuivre (Cu) | - | - | 0.007 | 0.104 |
| DBO5 | - | - | - | 18 |
| Fer (Fe) | - | - | 0.03 | 24.1 |
| Huiles et graisses | 19.6-28.6 | - | 14 | - |
| Magnésium (Mg) | - | - | - | 19.9 |
| Manganèse (Mn) | - | - | - | 0.58 |
| M.E.S. | 2000-3000 | - | 6.4 | - |
| Nickel (Ni) | - | - | - | 0.040 |
| pH | - | 7.9 | 8.0 | 7.01 |
| Plomb (Pb) | 0.9-9.5 | 3.25 | 0.003 | 0.273 |
| Phosphates | 1.5 | 10.0 | 0.015 | - |
| Phosphore (P) | - | - | - | 0.98 |
| Silice (Si) | - | - | - | 1.33 |
| Sodium (Na) | - | - | 188 | 1013 |
| Souffre (S) | - | - | - | 19.6 |
| Sulfates | - | - | - | 69.7 |
| Vanadium (V) | - | - | - | 0.052 |
| Zinc (Zn) | - | 9.15 | 0.023 | 0.492 |

(1) en µmhos

#### 2.1.4.2 Infiltration

L'infiltration est un phénomène qui peut aussi collaborer au transport des contaminants, mais de façon moins importante que le ruissellement et les neiges. L'eau d'infiltration remplit les interstices du sol en surface et pénètre ainsi dans le sol par l'action de la gravité. Ce phénomène est directement lié au taux d'imperméabilisation des sols et des surfaces. Plus le sol est perméable, plus il y aura de l'infiltration, jusqu'à un certain degré de saturation du sol et plus le sol est imperméable, moins il y aura d'infiltration.

Les contaminants peuvent donc s'infiltrer dans les premières couches du sol et se retrouver dans les fosses des puits d'accès qui comportent des fissures. L'eau et les sédiments déjà chargés de polluants venant du ruissellement sont susceptibles d'être contaminés par des substances qui ne sont pas nécessairement typique du ruissellement.

## 2.2 Traits caractéristiques des bassins versants en relation avec la contamination des puits d'accès

La quantité de contaminants trouvés et transportés par les eaux de ruissellement dépendent d'un grand nombre de facteurs. Ces polluants sont influencés par l'occupation des sols, les pratiques locales, la nature des surfaces, l'importance du trafic, la durée de l'épisode sec et la saison.

### 2.2.1 Effets des particularités physiques de l'utilisation des surfaces

#### 2.2.1.1 Coefficient d'occupation des sols (COS)

L'utilisation du sol est un facteur qui influe sur la qualité du ruissellement. Par exemple, un coefficient (COS) supérieur à 3 représente une zone d'activité intense d'où une production proportionnelle de contaminants. Une telle influence est prononcée dans les zones urbaines où ont lieu un grand nombre d'activités différentes qui produisent des contaminants que transportent le ruissellement. L'occupation des sols sur une surface se divise en trois grandes classes: zone industrielle, zone commerciale et zone résidentielle.

Pour mieux représenter l'influence du type d'occupation des sols sur les caractéristiques du ruissellement urbain, on peut définir des classes à ces trois catégories (Ribstein et Desbordes, 1978):

- zone industrielle: - industrie légère
  - industrie lourde
- zone commerciale: - rue commerçante
  - centre commercial
- zone résidentielle: - habitation individuelle
  - habitation collective continue
  - habitation collective discontinue

Comme cette classification n'apparaît dans aucune autre étude, il faut rechercher l'influence de l'occupation des sols selon les trois catégories générales: industrielle, commerciale et residentielle.

Les variations des quantités de dépôts de surface et de leur nature selon l'utilisation du territoire sont présentées au tableau 2.6. Les valeurs importantes trouvées par Sartor et

Boyd (1972) montrent que les surfaces des rues sont une source de pollution plus importante que les autres surfaces. Les zones industrielles donnent les valeurs les plus fortes de tous les paramètres de pollution, mais ces valeurs sont difficilement comparables entre elles car elles sont fortement corrélées au type d'industries concernées.

Le tableau 2.7 montre une comparaison de différents contaminants des eaux de ruissellement de 4 événements pluviaux entre des zones commerciales et résidentielles (Delisle et Leduc, 1987). On peut observer des concentrations légèrement plus élevées pour la zone commerciale. Le tableau 2.8 montre une comparaison de la qualité des eaux de ruissellement de 8 sites industriels de la Caroline du Nord.

Une étude de Marsalek (1984) montre que les zones commerciales produisent une plus grande charge de contaminants par unité de surface que les zones résidentielles. Ces charges sont plus grandes à cause de l'imperméabilité élevée et des volumes plus grands de ruissellement qui en résultent. Cela est particulièrement vrai pour les matières solides en suspension, le plomb et le zinc qui viennent essentiellement du lessivage des matières accumulées à la surface du bassin.

#### 2.2.1.2 Pratiques locales

Ce terme signifie les actions posées par une municipalité pour effectuer l'entretien des surfaces. Ces pratiques comportent principalement deux actions: le nettoyage des rues et le déglaçage des rues en hiver. Les travaux publics peuvent , dans certains cas, mener à une réduction de la pollution des eaux reçues du ruissellement. Les moyens pour nettoyer les rues varient d'une ville à l'autre. Ils peuvent être différents selon le type d'occupation des sols c'est-à-dire que les zones commerciales peuvent être lavées plus souvent que les zones résidentielles et industrielles. Par contre, les aires de stationnements sont considérées comme étant difficiles à nettoyer. La plupart du temps,

Tableau 2.6 : Variations des quantités de dépôts de surface et de leur nature suivant l'occupation des sols.

| Paramètre de pollution | Sartor et Boyd, 1972 * | | | AVCO, 1970 ** | | | APWA, 1969 *** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Résidentiel | Commercial | Industriel | Résidentiel | Commercial | Industriel | Résidentiel | | Industriel |
| | | | | | | | Pavillon | Collectif | |
| Solides totaux | 116 | 51 | 395 | 18 | 27 | 110 | 21 | 68 | 99 (1) |
| Solides totaux volatils | 12 | 4 | 22 | | | | | | |
| Matièresoluble | | | | | | | 0,12 | 0,38 | 1,2 |
| Matière soluble volatil | | | | | | | 0,08 | 0,23 | 0,68 |
| DBO | 1 | 0,3 | 2 | 0,6 | 0,8 | 1 | 0,10 | 0,25 | 0,76 |
| DCO | 5,6 | 1,6 | 22 | 2,9 | 5,7 | 7,8 | 0,85 | 2,7 | 3,9 |
| Azote Kjeldahl | 0,17 | 0,03 | 0,34 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,008 | 0,03 | 0,03 |
| Nitrates | 0,005 | 0,016 | 0,016 | | | | | | |
| Phosphates | 0,10 | 0,028 | 0,31 | 0,05 | 0,07 | 0,16 | 0,001 | 0,003 | 0,006 |
| Métaux lourds | 0,16 | ..05 | 0,21 | | | | | | |
| Dépôts totaux (2) | | | | | | | 71 | 102 | 140 |

* en kg /jour/km de trottoir (moyennes sur 10 villes américaines)

** en kg /jour/km de rue (moyennes sur 8, 3 et 3 sites de Tulsa)

*** en kg /jour/km de rue (moyennes sur 18 sites de Chicago)

(1) Poussières: dimensions inférieures à 3 mm

(2) Ensemble de balayures de rue.

Tableau 2.7 : Concentrations de différents contaminants des eaux de ruissellement de sites commerciaux et résidentiels (Delisle et Leduc, 1987).

| Sites | Paramètres | Moyennes | Unités |
|---|---|---|---|
| Commerciaux | Conductivité | 133.6 | µS/cm |
| | Turbidité | 55,1 | UTN |
| | MES | 128,3 | mg/L |
| | COD | 18,9 | mg/L |
| | Cl | 37,7 | mg/L |
| | $SO_4$ | 14,7 | mg/L |
| | Ca | 39,9 | mg/l |
| | Na | 9,3 | mg/L |
| | Fe | 5,2 | mg/L |
| | Pb | 0,28 | mg/L |
| | Cr | 0,010 | mg/L |
| | Huiles et graisses | 10,3 | mg/L |
| Résidentiels | Conductivité | 120,4 | µS/cm |
| | Turbidité | 48,7 | UTN |
| | MES | 122,3 | mg/L |
| | COD | 17,3 | mg/L |
| | Cl | 23,3 | mg/L |
| | $SO_4$ | 15,2 | mg/L |
| | Ca | 36,9 | mg/L |
| | Na | 6,5 | mg/L |
| | Fe | 4,4 | mg/L |
| | Pb | 0,19 | mg/L |
| | Cr | 0,04 | mg/L |
| | Huiles et graisses | 8,1 | mg/L |

Tableau 2.8 : Concentrations de différents contaminants des eaux de ruissellement de 8 sites industriels de la Caroline du Nord.

| Polluants | Récupération de véhicules 1 | Récupération de véhicules 2 | Fabrication de métal 1 | Fabrication de métal 2 | Débris et recyclage 1 | Débris et recyclage 2 | Entretient de véhicules 1 | Entretient de véhicules 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cd * | 3 | 15 | 1 | 4 | 6 | 41 | 7 | 1 |
| Cr * | 94 | 85 | 47 | 38 | 124 | 398 | 18 | 32 |
| Cu * | 82 | 390 | 63 | 39 | 545 | 2223 | 82 | 43 |
| Pb * | 209 | 1235 | 41 | 45 | 511 | 3223 | 50 | 70 |
| Hg * | - | 0.4 | - | - | 0.7 | 24 | - | - |
| Ni * | 22 | 122 | 40 | 41 | 117 | 333 | - | 17 |
| Ag * | - | - | - | - | - | 4 | - | - |
| $BDO_5$ ** | 18,8 | 3,6 | 4,8 | 6,5 | 50,4 | 27,2 | 34,7 | 17,8 |
| COD ** | 85 | 23 | 23 | 42 | 267 | 203 | 131 | 81 |
| Huiles & graisses | - | 6 | - | 2 | 28 | 17 | 3 | - |
| NH3 ** | 0,07 | 0,12 | 0,07 | 0,23 | 0,75 | 1,36 | 0,01 | 0,44 |
| $NO2 + NO_3$ ** | 2,10 | 1,13 | 0,42 | 0,61 | 0,31 | 0,74 | 1,18 | 0,52 |
| TNK ** | 2,17 | 2,03 | 0,79 | 0,89 | 4,27 | 4,70 | 1,43 | 1,57 |
| P total ** | 0,84 | 0,74 | 0,23 | 0,42 | 0,44 | 0,92 | 0,15 | 2,84 |

* en ppb

** en mg/L

comme étant difficiles à nettoyer. La plupart du temps, ces zones sont trop achalandées pour le nettoyage. Ces techniques de nettoyage qui peuvent influencer la pollution sont très variées (Sartor et Boyd, 1972):

• Balayage manuel

Cette technique est employée là où les machines ne peuvent aller. Cette technique est principalement utilisée pour nettoyer les rues là où les voitures bloquent le passage des machines. Cette pratique est le plus souvent employée dans les secteurs commerciaux où

l'emphase est placée dans l'enlèvement de la pollution "visible" (papiers, mégots de cigarettes, etc.). Il faut mentionner que le balayage manuel est aussi très utile pour assister les opérations mécaniques.

• Balayage mécanique

Ces camions utilisés sont munis d'une brosse rotative qui balaie les dépôts et les envoient dans un réservoirs placés sur le camion avec une portion d'air qui est recyclée. Une portion de l'air est ventilée à travers un système de séparation de la poussière. Certains équipements utilisent aussi un jet d'eau pour le contrôle de la poussière.

• Balayage mécanique (avec saturation d'eau)

Cette technique consiste en une machine qui, munie de brosses rotatives, balaie les dépôts de surface au centre de l'appareil et l'aspiration récupère ces dépôts pour les entreposer à l'intérieur de l'appareil. Tous les matériaux aspirés sont saturés d'eau et passent ensuite dans la chambre d'aspiration où l'eau chargée de poussières et de saletés se sépare du courant d'air.

• Lavage des rues au jet d'eau

Ce système mécanique sert à déplacer les poussières et débris vers le caniveau. Si le volume d'eau utilisé est assez important et la pression assez forte, les dépôts peuvent rejoindre les puits d'accès.

• Bassin de retenue

L'utilité de ces bassins est d'intercepter le gravier et les autres matériaux, pouvant former des dépôts et bloquer les réseaux d'égouts. Ces bassins sont situés sous les grilles de

regards et agissent comme bassin de sédimentation collectant de gros objets qui entrent dans les puits d'accès. Par contre, ces bassins se remplissent après un certain temps et doivent être vidés.

• Collecte des feuilles

Cette opération est effectuée vers la fin de l'automne alors que l'accumulation de feuilles peut causer plusieurs problèmes. Ces feuilles constituent une importante source de matière organique et diminue le niveau d'oxygène dissous, élément essentiel à la dégradation de certaines substances complexes en éléments plus simples.

Selon Sartor et Boyd (1972), l'efficacité de ces différentes techniques dépend des équipements utiliséset, de leur vitesse de passage. La plupart du temps, le nettoyage des rues se limite à un enlèvement des dépôts les plus visibles et l'efficacité sur les petites particules (< 250 microns) est très faible.

Toujours selon les mêmes auteurs, 87% des solides totaux en poids se trouvent sur le bord des chaussées, dans les 15 premiers centimètres. Le stationnement des voitures le long des trottoirs empêche le nettoyage des rues sur les bords, qui cause une diminution de l'efficacité des techniques de nettoyage employées.

• Enlèvement de la neige

Les précipitations sous forme de neige au cours de la saison hivernale peuvent causer des accumulations importantes de neige dans les rues et empêchent les opérations normales de nettoyage. Comme la neige n'est pas toujours amassées tout de suite après les précipitations, les amoncellements de neige peuvent contribuer à l'accumulation de dépôts d'origine diverses à la surface des rues. Le contrôle de la neige et de la glace

durant les mois d'hiver peut aussi ajouter des quantités de polluants dans les rues (Sartor et Boyd, 1972) et éventuellement dans les puits d'accès.

Il est important, de connaître aussi les quantités de sels et d'abrasifs répandus dans les différentes municipalités. Plusieurs études, dont celle de Delisle et *al.* (1997) et Field et *al.* (1974) ont montré que ces produits se trouvaient en très forte concentration dans le ruissellement et causaient des dommages à l'environnement.

**2.2.1.3 Nature des surfaces**

L'influence de la nature des sols des surfaces perméables ainsi que la topographie du bassin versant sont des facteurs qui peuvent faire varier de façon importante les quantités de contaminants. Une étude de Burm et *al.* (1968) a comparé deux égouts en période de pluie, l'un dans une région accidentée avec un sol sablonneux et l'autre dans un bassin versant plat avec un sol argileux. Les auteurs ont trouvé des concentrations de solides en suspensions jusqu'à 10 fois plus élevées dans le bassin accidenté.

Les types de revêtement peuvent aussi influencer. Selon Sartor et Boyd (1972), les revêtements en asphalte donnent des charges de 80% plus importants que les revêtements en béton. De plus, un revêtement en mauvais état fournit 2,5 fois plus de solides totaux qu'un revêtement en très bon état.

Le pourcentage d'imperméabilisation surtout le pourcentage de surface des rues influence aussi de façon non négligeable. De nombreuses études, dont celle de Hedley et Lockley (1975) ont montré que les routes représentaient une importante source de pollution pour les métaux lourds et les composés organiques.

#### 2.2.1.4 Circulation des véhicules

La circulation automobile déplace les particules fines des dépôts de surface, du centre de la chaussée vers les bords du trottoir (Sartor et Boyd, 1972). Le trafic routier est générateur de certains polluants comme le plomb et les hydrocarbures. Plus le trafic est élevé (ex:autoroutes), plus la quantité de polluants est susceptible d'être importante.

### 2.2.2 Influence de la climatologie et de la saison

#### 2.2.2.1 Période de temps sec

Ce terme désigne l'intervalle de temps écoulé depuis la fin de la dernière pluie génératrice d'un ruissellement mesurable (Philippe et Ranchet, 1987). La durée de temps sec semble une variable explicative significative de la masse polluante accumulée. Sartor et Boyd (1972), qui ont mesurés des masses accumulées en surfaces, ont observés un accroissement rapide de ces masses au cours des deux premiers jours de temps sec suivi d'une évolution plus lente.

#### 2.2.2.2 La saison

Selon les saisons on peut s'attendre à observer de grandes variations au niveau de l'accumulation des polluants. Selon Kluesner et Lee (1974), il y a une augmentation des nitrates et du phosphore soluble au printemps et à l'automne. Ces concentrations élevées de phosphore soluble et d'azote organique en automne s'expliquent par la présence de feuilles mortes accumulées dans les caniveaux et les gouttières, et détrempées par les eaux de ruissellement.

Pour des petits bassins versants sub-urbains, il existe des variations saisonnières dans les relations entre les charges en $DBO_5$ et les débits (Wipple et *al.*, 1978). Pour une valeur de débit donné, les charges en $DBO_5$ sont les plus fortes en été.

Pour ce qui est des solides, Wells et *al.* (1973) ont observé une augmentation des solides totaux et des solides en suspension au début de l'été. Ils observent aussi que les pluies d'été, plus intenses, contribuent à entraîner beaucoup plus de grosses particules inorganiques (sable, gravier). Ceci expliquerait l'augmentation des apports solides totaux / solides volatils et solides en suspension / solides totaux.

Pour la teneur en micro-organismes, Geldreich et *al.* (1968) observent des teneurs maximales de coliformes totaux en automne. Cela est sans doute dû à la présence plus grande de nutriments (dégradation de la végétation) ainsi qu'aux conditions favorables de température et d'humidité.

## 2.3 PARAMÈTRES QUALITATIFS DE LA CONTAMINATION

La mesure d'un paramètre de qualité doit avoir pour but de définir l'impact d'un rejet sur l'environnement. Cette section décrit les différents paramètres qualitatifs de l'eau que l'on peut classer en trois grandes sections:

- sédiments,
- métaux lourds,
- autres paramètres

### 2.3.1 Sédiments

Les sédiments peuvent se classer en quatre catégories suivant leur taille et la texture du sol:

- argile (< 2 microns)
- silt (2-50 microns)
- sable (0.05-2 millimètres)
- gravier (2-80 millimètres)

Selon les conditions d'écoulement et leur poids, les particules se déposeront dans les puits d'accès et conduites, formant des boues, ou resteront en suspension. En général, pour une faible vitesse de courant, les sables et graviers se déposent, les argiles demeurent en suspension et les silts ont un comportement intermédiaires.

Les fractions des polluants associés aux différentes tailles de particules sont présentées au tableau 2.9 (Sartor et Boyd, 1972). Ces valeurs ont été obtenues à partir de l'analyse des dépôts de surface des rues. Les particules de moins de 250 microns fournissent entre 40 et 90% de la pollution, selon les paramètres considérés. Ces valeurs peuvent être reliées à celles du tableau 2.10 qui présente l'efficacité des techniques de lavage de rues en fonction de la taille des particules (Sartor et Boyd, 1972). L'efficacité sur les déchets visibles (papiers, feuilles mortes, etc.) est d'environ 80%. Ces résultats montrent que les techniques classiques de nettoyage ont une influence esthétique en enlevant les particules visibles. Elles ont peu d'influence sur la pollution car elles laissent une grande partie des particules fines qui sont les plus polluantes.

Pour mesurer la quantité de solides existant dans une eau, on définit 3 paramètres (Ribstein et Desbordes, 1978):

- les matières en suspension totales : elles sont mesurées par filtration et centrifugation. Elles servent de support aux pesticides, nutriments, polluants organiques et aux bactéries. L'évolution de ce paramètre dépend des conditions météorologiques antérieures aux prélèvements ainsi que l'intensité de pluie (Lara-Cazenave et al., 1994).

- les matières décantables : elles sont mesurées en volume de matières décantées au fond du cône dd'Imoff. En se déposant, ces dernières posent des problèmes de colmatage des conduites. Les dépôts, soit sanitaires dans les réseaux unitaires, soit de nature inorganique dans les réseaux pluviaux, sont à l'origine de l'effet de "premier lavage", c'est-à-dire l'augmentation de concentration au début du ruissellement.

- la turbidité : c'est la mesure de la réduction de l'intensité d'un rayon traversant l'eau. Elle représente l'effet des matières en suspension sur les caractéristiques physiques de l'eau.

Tableau 2.9 : Fraction des polluants associés à chaque classe de tailles particulières (% du poids) (Sartor et Boyd, 1972).

| | Taille des particules (microns) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | > 2000 | 840-2000 | 246-840 | 104-246 | 43-104 | < 43 |
| Solides totaux | 24,4 | 7,6 | 24,6 | 27,8 | 9,7 | 5,9 |
| Solides volatils | 11,0 | 17,4 | 12,0 | 16,1 | 17,9 | 256 |
| DBO5 | 7,4 | 20,1 | 15,7 | 15,2 | 17,3 | 24,4 |
| DCO | 2,4 | 4,5 | 13,0 | 12,4 | 45,0 | 22,7 |
| Azote Kjeldahl | 9,9 | 11,6 | 20,0 | 20,2 | 19,6 | 18,7 |
| Nitrates | 8,6 | 6,5 | 7,9 | 16,7 | 28,4 | 31,9 |
| Phosphates | 0 | 0,9 | 6,9 | 6,4 | 29,6 | 56,2 |
| Métaux lourds totaux | 16,3 | 17,5 | 14,9 | 23,5 | 27,8 | |
| Pesticides totaux | 0 | 16,0 | 26,5 | 25,8 | 31,7 | |

Tableau 2.10 : Efficacité des techniques de lavage des rues (Sartor et Boyd, 1972).

| Taille des particules (microns) | Efficacité du nettoyage (%) |
|---|---|
| > 2000 | 79 |
| 840-2000 | 66 |
| 246-840 | 60 |
| 104-246 | 48 |
| 43-104 | 20 |
| < 43 | 15 |
| Ensemble | 50 |

### 2.3.2 Métaux lourds

Les métaux lourds constituent un paramètre important à cause de leur haut potentiel toxique face aux différentes formes biologiques. Le pouvoir toxique d'un métal dépend d'un grand nombre de facteurs tel que la composition de l'eau en éléments dominants, la température, le pH, le potentiel d'oxydo-réduction et surtout la composition chimique dans laquelle se trouve le métal. Même si certains métaux sont liés aux sédiments, une variation de ces paramètres physico-chimiques peut amorcer leur libération.

Un métal peut être plus ou moins toxique selon qu'il se trouve sous forme de cation métallique hydraté, de complexe organo-métallique très stable ou de complexe minéral labile (Lara-Cazenave et *al.*, 1994). La conductivité permet de suivre l'évolution du taux des espèces ioniques dans les eaux de ruissellement. La toxicité de ces formes varie d'un métal à l'autre.

Les métaux lourds sous forme particulaire peuvent être éliminés par décantation et s'accumuler dans les sédiments qui se déposent au fond des bassins (Legret et *al.*, 1995). Selon les mêmes auteurs, une partie des métaux dissous peut également être éliminée par des mécanismes physico-chimiques ou biologiques et se fixer dans les sédiments. Le tableau 2.11 représente certaines concentrations de métaux lourds dans différents types de sédiments (Legret et *al.* 1995). La fraction échangeable serait considérée comme la plus disponible et potentiellement toxique (Lara-Cazenave et *al.*, 1994). Ce terme regroupe les métaux adsorbés ou faiblement fixés sur les argiles, la matière organique et les oxydes de fer et de manganèse.

De toutes les études, on peut nommer les métaux lourds dont les concentrations sont les plus importantes:

Tableau 2.11 : Concentration en métaux lourds dans les poussières et les sédiments d'origine urbaine et routière ($mg.kg^{-1}$) (Legret et *al.*, 1995).

| Échantillon | Pb | Cu | Cd | Zn |
|---|---|---|---|---|
| Poussières urbaines et autoroutes | 660-2540 | 71-312 | 2,68-4,91 | 260-539 |
| Poussières autoroutes | 2346 | 237 | 3,1 | 527 |
| Sédiments bassins de retenue urbains | 130-1400 | 7,7-39 | - | - |
| Sédiments bassins de retenue autoroutiers | 30-1025 | 4-73 | 1-28 | 22-538 |
| Aérosols autoroutiers | 4800 | - | 26,6 | 2330 |
| Sédiments eaux de ruissellement | 460-3660 | - | 4-24 | 203-2195 |
| MES. eaux de ruissellement urbaines | 702 | 470 | 6,7 | 1926 |

• Cadmium

Le cadmium provient d'activités industrielles actuelles ou passées, de l'usure des pneus, de certaines pièces de voiture et de la corrosion des pièces métalliques (Metcalf & Eddy, 1991). Il est très toxique sous forme ionique hydratée (Lara-Cazenave et*al.*, 1994).

• Cuivre

Pour la plupart des organismes (hommes et organismes supérieurs), le cuivre n'est pas toxique et son effet cumulatif n'est pas aussi important que d'autres métaux (Sartor et Boyd, 1972). Ce composé sous forme de cation libre ou hydraté est biodisponible alors que ses complexes organiques très stables et très peu labiles ne présentent qu'une faible

agressivité envers le biotope. L'usure de pneus, la corrosion des pièces métalliques , les insecticides et les fongicides en seraient l'origine.

• Plomb

Dans l'environnement, le plomb est très toxique et il est en général fortement adsorbé sur les sédiments. Les formes tétravalentes des organoplombiques sont encore plus toxiques que les espèces divalentes inorganiques (Lara-Cazenave et *al.*, 1994). Ce métal a pour source principale les carburants et l'essence. Cependant, au cours des dernières années, le tétraéthyl de plomb a été remplacé par le manganèse (MMT) dans l'essence. Le manganèse (Mn) a donc aussi été analysé.

• Zinc

La plupart des composés de zinc ne sont pas particulièrement toxiques à l'état dissous c'est-à-dire en concentrations faibles à modérées. Le zinc proviendrait des toitures métalliques, de l'usure des pneus et de la corrosion des pièces métalliques. Le tableau 2.12 présente des concentrations moyennes pour 6 métaux lourds. Pour tous les métaux, excepté le mercure, les charges sont plus fortes sur des surfaces industrielles et plus faibles sur les surfaces commerciales. Ce résultat peut s'expliquer par un lavage fréquent des zones commerciales (Sartor et Boyd, 1972). Il devient donc important de comparer les données de concentrations de contaminants dans les puits d'accès selon leurs situations géographiques et les COS environnants.

Tableau 2.12 : Concentrations moyennes en métaux lourds dans les eaux de réseaux pluviaux en période de pluie (mg/L).

| Métaux | Sartor et Boyd, 1972 | U.S. EPA, 1983 | Marsalek, 1991 (Sault Ste. Marie) | Marsalek, 1991 (Windsor) | HDR, 1993 | Lara-Cazenave et *al.*, 1994 | Folres-Rodrigeuz et *al.*,1994 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plomb | 0.530 | 0,144 | 0,097 | 0,154 | 0,013 | 0,004 | 0,009 |
| Zinc | 0.,760 | 0,135 | 0,274 | 0,234 | 0,162 | 0,071 | 0,028 |
| Cuivre | 0,200 | 0,033 | 0,070 | 0,057 | 0,015 | 0,009 | - |
| Nickel | 0,054 | - | 0,023 | - | - | - | - |
| Cadmium | - | - | 0,006 | 0,005 | - | 0,001 | 0,001 |
| Chrome | 0,093 | - | - | - | - | - | - |

On peut classer ces métaux par familles présentant des profils relativement proches: le manganèse, l'aluminium et le bore sont majoritairement issus du lessivage des surfaces (rues, stationnement, toitures, etc.), le zinc provient principalement de la remise en suspension des sédiments, l'argent vient uniquement des eaux usées et le plomb est partagé entre les différents origines.

### 2.3.3 Autres paramètres

D'autres paramètres importants doivent être considérés, car ceux-ci sont liés de façon importante aux contaminants causant la pollution. On peut les regrouper en 3 catégories générales: la matière organique, les nutriments et les bactéries.

#### 2.3.3.1 Matière organique

La matière organique rejetée dans le milieu récepteur a pour effet principal la diminution du taux d'oxygène dissous, phénomène néfaste pour la faune et la flore. La charge en matière organique présente dans une eau s'exprime en terme de quantité d'oxygène

demandée. De nombreuses demandes en oxygène peuvent être définies et on les distingue comme suit:

- DCO (demande chimique en oxygène) : c'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques à partir d'un oxydant puissant (ex: $K_2Cr_2O_7$);
- DBO (demande biochimique en oxygène) : c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la biodégradation de la matière organique avec la participation de micro-organismes qui se développent dans des conditions données; en général on la mesure avec un pas de temps de 5 jours, soit la $DBO_5$.

Ces deux derniers paramètres présentent un plus grand intérêt car en plus de quantifier la matière organique, certains métaux forment par exemple des complexes très stables avec cette dernière, constituant une source importante de pollution (Lara-Cazenave et *al.*, 1994). La valeur de la demande en oxygène est un paramètre non conservatif, c'est-à-dire que sa valeur peur changer entre l'origine et l'exutoire de bassin versant, par des processus naturels. On rencontre parfois d'autres indicateurs comme la DTO (demande totale en oxygène) et le COT (carbone organique total) aussi désigné par "TOC".

La mesure de la $DBO_5$ représente le mieux l'impact sur l'environnement mais elle est sujette à des interférences de la part de certains composés toxiques surtout les métaux lourds. Les quantités de matières organiques varient d'un endroit à l'autre. Ces valeurs sont influencées par un grand nombre de paramètres (saison, occupation des sols, etc.)

**2.2.3.2 Nutriments**

Ce terme désigne tous les éléments nutritifs nécessaires au développement des organismes. Ces éléments sont susceptibles d'être retrouvés dans le milieu récepteur et les deux principaux groupes sont les composés azotés et phosphorés. Les indicateurs qui permettent d'apprécier la quantité de nutriments présents dans l'eau sont nombreux:

azote total, azote Kjeldahl, azote organique, azote ammoniacal, nitrates, nitrites, phosphore total, phosphates totaux, orthophosphates, polyphosphates, etc.

Une abondance d'éléments nutritifs affecte de manière indirecte un cours d'eau par la prolifération d'algues, appelée eutrophisation. Ce terme désigne une très forte activité phytoplanctonique et algale qui rend les eaux colorées, turbides, ayant un mauvais goût et une mauvaise odeur.

**2.3.3.3 Bactéries**

L'utilisation de l'eau par l'homme exige le respect de normes relatives à la présence de bactéries et autres germes pathogènes. Les germes recherchés dans les eaux de ruissellement sont les coliformes fécaux, les coliformes totaux et les streptocoque fécaux.

Sartor et Boyd, 1972 ont associés les mesures de bactéries coliformes à l'occupation des sols. Ils observent que les charges en coliformes fécaux varient beaucoup d'une surface à l'autre, les zones industrielles présentant les valeurs les plus faibles et les zones commerciales les valeurs les plus fortes.

# CHAPITRE 3
# MÉTHODOLOGIE

## 3.1 Description du territoire

L'ensemble des données et des mesures provient d'une campagne d'échantillonnage effectuée de février 1996 à janvier 1997 par la compagnie Bell Canada. Monsieur Daniel Gagné, chef en environnement chez Bell Canada et responsable du projet, ainsi que son équipe, ont effectué les prélèvements d'eau et de sédiments en provenance de 160 puits d'accès de Bell Canada, soit 80 dans la province de Québec et 80 dans la province de l'Ontario.

Les puits d'accès visités ont été préalablement sélectionnés de façon aléatoire sur l'ensemble du territoire couvert par la compagnie (annexe 1), en tenant compte de l'importance que peuvent avoir les grandes villes et leurs environs. Comme le réseau souterrain est majoritairement localisé dans les grandes villes (Québec, Montréal, Ottawa et Toronto), on peut donc observer un plus grand nombre de puits d'accès échantillonnés dans ces régions (annxe 1) . Pour chaque puits d'accès, une série de facteurs caractéristiques ont été notés et prélevés directement sur l'emplacement des puits d'accès pendant l'échantillonnage, soit de façon qualitative ou avec l'aide d'appareils de mesure de l'eau et de l'air. Par la suite, plusieurs échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés à différents niveaux dans les puits d'accès. Ces échantillons ont ensuite été acheminés dans un laboratoire externe accrédité pour fin d'analyses.

L'ensemble des facteurs et résultats obtenus ont été compilés dans des fichiers Excel ®. Pour certains puits d'accès, certains facteurs et réponses sont manquants ce qui signifie que ces derniers n'ont pas été notés, mesurés ou analysés et ce, de façon volontaire. Certains facteurs et réponses contiennent des indicatifs comme NA, ND ou un espace

vide. L'indicatif NA signifie soit qu'il n'y a pas d'échantillon pour l'analyse donnée ou soit que l'échantillon prélevé n'a pas pu être analysé pour un paramètre donné. L'indicatif ND signifie que l'échantillon a été analysé mais le paramètre n'a pas été détecté (aucune trace). Un espace vide signifie que le résultat obtenu se situe sous la limite de détection de la méthode analytique. Ces résultats manquants doivent être pris en considération car leur absence lors des analyses statistiques tend à surestimer les résultats obtenus. Les espaces vides ont donc été remplacés par la médiane des limites de détection respectives de chaque paramètre analysé. Les tableaux 3.1.et.3.2 illustrent ces valeurs.

Tableau 3.1 : Limites de détection pour les échantillons d'eau.

| Paramètres | U | Limite de détection | Médiane |
|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 0,1 | 0,05 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 0,1 | 0,05 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 0,2 | 0,1 |
| Argent (Ag) | mg/L | 0,01 | 0,005 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 0,005 | 0,0025 |
| Béryllium (Be) | mg/L | 0,005 | 0,0025 |
| Bore (B) | mg/L | 0,02 | 0,01 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 0,005 | 0,0025 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 0,02 | 0,01 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 0,02 | 0,01 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 0,01 | 0,005 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 0,01 | 0,005 |
| Étain (Sn) | mg/L | 0,05 | 0,025 |
| Fer (Fe) | mg/L | 0,01 | 0,005 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 0,3 | 0,150 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 0,005 | 0,0025 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 0,1 | 0,05 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 0,02 | 0,01 |
| Phosphore (P) | mg/L | 0,1 | 0,05 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 0,05 | 0,025 |
| Potassium (K) | mg/L | 1 | 0,5 |
| Sodium (Na) | mg/L | 0,4 | 0,2 |
| Vanadium (V) | mg/L | 0,025 | 0,0125 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 0,025 | 0,0125 |

Tableau 3.2 : Limites de détection pour les échantillons de sédiments.

| Paramètres | U | Limite de détection | Médiane |
|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 100 | 50 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 100 | 50 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 10 | 5 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 10 | 5 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Béryllium (Be) | mg/Kg | 0,5 | 0,25 |
| Bore (B) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 0,5 | 0,25 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 2,5 | 1,25 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 10 | 5 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 0,5 | 0,25 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 15 | 7,5 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 0,25 | 0,125 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 5 | 2,5 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 1 | 0,5 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 5 | 2,5 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 25 | 12,5 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 80 | 40 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 20 | 10 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 2 | 1 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 1 | 0,5 |

## 3.2 Explication des facteurs et sous-facteurs considérés

Pour chaque puits d'accès, la date d'échantillonnage a été notée de même que les conditions atmosphériques, la température de l'air ambiant ainsi que la date et la nature de la dernière précipitation. L'adresse exacte (numéro civique, rues et intersections si possible), la ville, la province et le numéro d'identification des puits d'accès ont été notés afin de bien les localiser et pouvoir les retrouver et y accéder facilement si nécessaire. Lors de l'échantillonnage plusieurs facteurs et sous facteurs ont été pris en considération :

1) Facteurs urbains

Comme premier sous-facteur pris en considération, la localisation géographique du puits a été notée permettant de connaître son emplacement exact de ce dernier. En effet, la surface des sols peut influencer la quantité de contaminants pouvant être transportée par les eaux de ruissellement.

Le type de route ainsi que la circulation ont été observés. En effet, ces derniers peuvent, selon leur achalandage, déplacer plus ou moins de particules fines des dépôts de surfaces et devenir générateur de certains polluants spécifiques.

La démographie aux alentours des puits d'accès a été notée ce qui se traduit dans les municipalités par le coefficient d'occupation des sols (COS). Les secteurs résidentiels, rural, commercial et industriel ont été considérés. Le secteur résidentiel à faible densité représente un secteur d'occupation majoritairement résidentiel (maisons unifamiliales et semi-détachés) tandis que le secteur résidentiel à haute densité représente un secteur majoritairement occupé par des blocs appartements.

De même, les activités et la vocation des terrains aux environs des puits ont été observées ce qui peut faire varier, de façon importante, les quantités de polluants acheminés aux puits.

2) Facteurs topographiques

La topographie des bassins versants où se trouvent les puits d'accès a été notée puisque que celle-ci est un facteur qui peut influencer les quantités de contaminants. La hauteur du puit d'accès par rapport au sol, le type de pente dans laquelle se trouvent les puits ainsi que la position de ces dernier dans la pente peuvent avoir des effets.

3) Facteurs physiques

Le type de construction de chaque puits a été noté soit la description des ouvertures et des cheminées ainsi que le type de construction du puits lui-même. De même, les dimensions des puits et des cheminées ont été mesurées ainsi que les caractéristiques des couvercles. Le nombre de trous retrouvés sur les couvercles est un facteur pouvant influencer les quantités d'eau et de sédiments pouvant s'accumuler au fond des puits d'accès. D'autres facteurs ont été notés comme : la présence de dépôts sur les équipements ainsi que leurs caractéristiques (couleur et texture), l'aspect général de chaque puits d'accès dont l'état du puits lui-même et de la cheminée, la corrosion des supports et la couleur du béton. Ces derniers peuvent exercer une moins grande influence.

4) Facteurs reliés aux équipements

Le matériel de fabrication des équipements retrouvés dans les puits d'accès ont été inventoriés pour bien évaluer leur contribution à la contamination retrouvées. Ces équipements sont :

- le matériel de fabrication des conduits
- le matériel de fabrication des bouchons de conduits
- le matériel de fabrication des câbles
- le matériel de fabrication des boîtiers
- les autres équipements retrouvés dans les puits d'accès

5) Facteurs reliés à l'eau et aux sédiments présents dans les puits d'accès

La présence d'eau et de sédiments ainsi que plusieurs de leurs caractéristiques ont été notées. Ces facteurs sont : la présence d'eau et de sédiments, la localisation, la couleur, la texture, la profondeur et le volume contenu dans les puits. La présence de glace et de produits flottants ont aussi été observés ainsi que les odeurs remarquées dans les puits (remarques qualitatives).

## 3.3 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage de chaque puits d'accès a été effectué selon les étapes suivantes :

1- Ouverture du couvercle
2- Mesure de la qualité de l'air (la qualité de l'air a été évaluée à l'aide d'un détecteur / moniteur de gaz atmosphérique sur lequel les quatre facteurs suivants ont été mesurés : LIE (limite inférieure d'explosivité), % d'oxygène, le taux de CO (en ppm) et le taux de $H_2S$ (en ppm) ; le pourcentage d'explosivité a été mesuré principalement pour des raisons de santé et sécurité lorsque les techniciens doivent entrer dans les puits d'accès)
3- Mesure de la température de l'air ambiant
4- Mesure du pH et de la température de l'eau
5- Échantillon de l'eau de surface
6- Échantillon d'eau en profondeur
7- Vidange des puits
8- Échantillon de boue
9- Autres observations et mesures.

Les échantillons d'eau recueillis ont été pris à deux niveaux. Les premiers échantillons ont été pris directement à la surface de l'eau présente dans les puits d'accès. Cinq échantillons ont été prélevés :

-1 bouteille en plastique de 250 ml pour les métaux totaux (tableau 3.3)
-1 bouteille en plastique de 250 ml pour les métaux dissous (pré-filtrée sur place)
-1 bocal en verre de 1 litre pour les huiles et graisses totales et minérales
-1 bouteille en plastique de 1 litre pour les solides en suspension
-1 bouteille en verre de 40 ml pour les essences et autres produits pétroliers

Lorsque la colonne d'eau était supérieure à 50 cm, des échantillons ont été pris en profondeur à l'aide d'une bouteille alpha-horizontale à environ 30 cm du fond des puits. Une autre série de bouteilles (le même nombre) ont été remplies dans le but d'effectuer les mêmes analyses que les échantillons pris en surface. Ensuite, l'eau a été pompée entièrement dans le but de pouvoir recueillir des échantillons de sédiments. Lorsqu'il y avait présence de sédiments au fond des puits d'accès, ces dernièrs ont été ramassés à l'aide d'une cuillère en plastique (style vrac) et déposées dans un bocal en verre pour fins d'analyses.

Tableau 3.3: Présentation des différents métaux analysés au laboratoire.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | **Be** | | | | | | | | | | | **B** | | | | | |
| **Na** | **Mg** | | | | | | | | | | | **Al** | | **P** | | | |
| **K** | **Ca** | | | **V** | **Cr** | **Mn** | **Fe** | **Co** | **Ni** | **Cu** | **Zn** | | | | | | |
| | | | | | **Mo** | | | | | **Ag** | **Cd** | | **Sn** | | | | |
| | **Ba** | | | | | | | | | | | | **Pb** | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

### 3.4 Analyses statistiques

Parmi tous les facteurs et sous-facteurs considérés lors de la campagne d'échantillonnage, 17 ont été retenus pour fins de comparaisons avec les différentes réponses obtenues. Les facteurs retenus sont présentés à l'annexe 2. Certains facteurs sont plutôt présentés sous forme de tableaux pour faciliter la lecture:

-secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (pour fins d'analyses, tous les secteurs ont été regroupés en 5 catégories : parc / champ / lac, garage / station-service, commerce / centre d'achats, industries et autres)
-nombre de trous retrouvés sur les couvercles
-matériel de fabrication des boîtiers
-matériel de fabrication des câbles

La répartition des puits entre les 2 provinces n'est pas présentée sous forme de tableaux puisque 50% des puits échantillonnés (80 puits) se trouvent en Ontario et 50% (80 puits) se trouvent au Québec. Les analyses statistiques telles que la moyenne, le minimun, le maximum et l'écart-type ont été réalisées à l'aide des logiciels *Microsoft Excel 98* ® et *Statistica 97* ® (version 5).

Le logiciel *Statistica 97* ® (version 5) a aussi été utilisé pour effectuer des tests de comparaison des moyennes de plusieurs échantillons soit, l'analyse de la variance (ANOVA / MANOVA). Cette série de tests statistiques sert à déterminer s'il y a des différences significatives entes les facteurs testés et les réponses obtenues.

Une analyse de la variance a deux facteurs croisés a été effectuée entre le facteur province et une série de facteurs retenus, tour à tour, versus les réponses obtenues. Ce test a permis de connaître l'importance des facteurs et de leurs interactions. Nous avons utilisé un seuil de signification de 0,05 dans tous les tests statistiques. La figure 3.1

illustre les tests effectués. L'analyse de la variance double donnant une MANOVA (Analyse de la variance multivariée) a été effectuée lorsque toutes les comparaisons étaient possibles et qu'aucune cellule n'était manquante lors des comparaisons (tableaux croisés), sinon une ANOVA (Analyse de la variance univariée) en résultait.

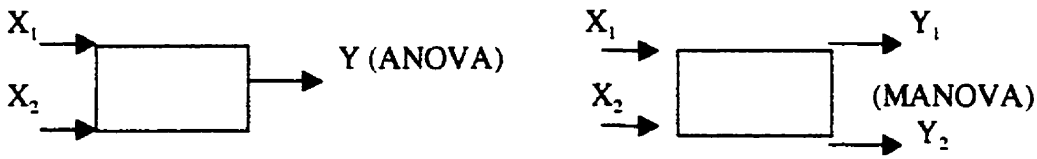



Figure 3.1 : Schéma des tests effectués entre les facteurs (X ) et réponses (Y) obtenues.

# CHAPITRE 4
# ANALYSE ET TRAITEMENT STATISTIQUES DES DONNÉES DE LA CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

## 4.1 Explication des analyses effectuées

Les analyses statistiques effectuées sont regroupées par réponses (facteur dépendant). Il y a toujours deux facteurs considérés pour l'analyse : le premier facteur est la province et le deuxième facteur est choisi (saison, localisation géographique, etc.).

Une première analyse de la variance est effectuée sur le facteur province (entre les deux provinces). Une deuxième analyse est effectuée entre les sous-facteurs du deuxième facteur choisi (Exemple: entre les sous-facteurs printemps, été, automne et hiver pour le facteur saison). Finalement, une dernière analyse de la variance est effectuée entre le facteur province et le facteur choisi (Exemple : la saison). Les différents résultats et conclusions ont été obtenus à partir des tableaux et figures suivantes :

- le diagramme de Tukey où l'on retrouve le minimum, le maximum, la plage où 25% et 75% des observations se trouvent et, la médiane;
- le tableau de l'analyse de la variance où on peut observer les effets significatifs si $p<0,05$ (seuil de signification);
- la figure de la distribution des résultats (moyenne de chaque facteur) montrant l'influence des facteurs testés;
- le tableau des statistiques descriptives où la moyenne, le nombre d'observation et l'écart type sont présentés.

## 4.2 Présence d'eau dans les puits d'accès

La présence d'eau dans les puits d'accès a été testée avec plusieurs facteurs car ce phénomène est responsable du problème de remplissage des puits d'accès et, transporte et accumule une certaine quantité de contaminants à des degrés différents. Le volume d'eau a été mesuré en $cm^3$ et a été transformé en $m^3$. Il est à noter que certaines valeurs extrêmes et aberrantes peuvent être responsables de certains effets significatifs obtenus. Une attention particulière doit être portée sur les analyses qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison). Le tableau 4.1 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.1 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence d'eau dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | + | + | + |
| Type de route | + | + | + |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | + | + | + |
| Vocation des terrains | + | - | - |
| Nombre d'ouvertures | + | + | + |
| Positionnement du couvercle | - | - | - |
| Pente | + | - | - |
| Positions des puits dans la pente | + | + | - |

« + » = différence significative

« - » = aucune différence significative

Il n'y a aucune différence significative pour le facteur saison. On note par contre que la présence d'eau est plus élevée au printemps et à l'été pour l'Ontario. Cette observation est probablement due aux pluies plus abondantes lors de ces deux saisons. Cependant, on observe des résultats contraires pour le Québec pour ces deux saisons. Il y a une

différence significative entre la localisation géographique des puits d'accès et les provinces et ce, à tous les niveaux de comparaison. Un pic est observé sur les accotements en Ontario. Cet emplacement offre une zone propice à un ruissellement plus élevé. Les valeurs de la province de Québec sont relativement stables.

Une différence significative est observée selon le type de route où des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison. On note un pic pour les rues avec fossés en Ontario et pour les routes rurales avec fossés au Québec. Il n'y a aucune différence pour le facteur circulation (trafic). On peut noter cependant que les valeurs sont complètement différentes et opposées entre le Québec et l'Ontario.

Il y a une différence significative entre la démographie et les provinces et ce, à tous les niveaux de comparaison. Un pic est observé dans le milieu rural et cela pour les deux provinces. On note aussi une différence significative entre les provinces pour les différents secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation) . On observe des valeurs un peu plus élevées dans les secteurs où l'on retrouve des parcs, champs et lacs (étendues d'eau).

Une différence significative est notée à tous les niveaux de comparaison entre le nombre d'ouvertures sur les couvercles des puits d'accès. On observe un pic avec les couvercles qui comportent 8 trous et ce pour le Québec. Les données pour la province de l'Ontario varient peu. Le positionnement des couvercles par rapport au niveau du sol n'est pas significatif mais on peut noter une fréquence de valeurs plus faibles pour les couvercles situés au même niveau du sol pour le Québec.

Une différence entre les provinces est observée selon la pente dans laquelle se situent les puits d'accès. On ne peut donc conclure que la pente a un effet significatif pour les volumes d'eau amassés dans les puits d'accès. Une différence est par contre notée pour

la position où se trouvent les puits d'accès dans la pente : il semble y avoir des quantités d'eau plus importantes dans les puits situés dans le bas d'une pente.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs suivants : localisation géographique, type de route, démographie, vocation des terrains, nombre d'ouvertures, pente et position des puits d'accès dans la pente.
- une attention particulière doit être portée sur les facteurs localisation géographique, type de route, démographie et nombre d'ouvertures qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison).
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les volumes d'eau présents dans les puits d'accès : saison, trafic et positionnement du couvercle.
- on observe des différences significatives entre les provinces pour les facteurs suivants : localisation géographique, type de route, démographie, vocation des terrains, nombre d'ouvertures, pente et position des puits d'accès.
- les puits d'accès situés sur les accotements et dans le bas d'une pente ont des volumes d'eau plus élevés.

### 4.3 Présence de sédiments dans les puits d'accès

La présence de sédiments dans les puits d'accès a été testée avec plusieurs facteurs car ce phénomène est responsable de l'accumulation de matières solides dans les puits d'accès. Le volume de sédiments a été mesuré en $cm^3$ et a été transformé en $m^3$. Il est à noter que certaines valeurs extrêmes et aberrantes peuvent être responsables de certains effets significatifs obtenus. Le tableau 4.2 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.2 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence de sédiments dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | - | - | + |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Nombre d'ouvertures | - | - | - |
| Positionnement du couvercle | - | - | - |
| Pente | - | - | - |
| Positions des puits dans la pente | - | - | - |

« + » = différence significative

« - » = aucune différence significative

Il n'y a aucune différence significative pour le facteur saison. Par contre, on remarque que les valeurs des deux provinces sont opposées. On observe des pics à l'été et l'automne pour le Québec et un pic en hiver en Ontario. Il n'y a aucun effet significatif pour le facteur localisation géographique. On note cependant un pic sur le côté des rues au Québec et un pic pour les accotements en Ontario là où le ruissellement est généralement plus élevé.

Aucune différence significative n'est observée pour le type de route mais on observe que les valeurs sont plus élevées dans les rues au Québec et pour les autoroutes avec fossés en Ontario. Il y a une différence significative entre les provinces pour la circulation (trafic). Les valeurs du Québec et de l'Ontario sont opposées pour une circulation (trafic) faible et moyenne et presque semblables pour un trafic élevé.

Une différence significative est observée pour la démographie entre les provinces et les facteurs. Un pic est noté dans le secteur résidentiel haute densité de population au Québec et pour le secteur autre, en Ontario. Il n'y a aucun effet pour le secteur d'activité (vocation) des terrains aux environs des puits d'accès. Les valeurs de l'Ontario restent

stables tandis que les valeurs sont plus élevées dans les secteurs commerciaux et avec garages et stations-service pour la province de Québec.

On note aucune différence pour le nombre d'ouvertures sur les couvercles des puits. Il n'y a aucun effet significatif pour le positionnement du couvercle des puits. Les valeurs observées sont alors stables pour l'Ontario tandis qu'on observe un pic pour les couvercles plus bas que le niveau du sol au Québec. Cette position favorise grandement l'infiltration d'eau et de sédiments par les ouvertures sur les couvercles des puits d'accès.

Il n'y a aucune différence significative pour la pente où se situent les puits d'accès. Cependant, un pic est observé dans les pentes les plus fortes en Ontario tandis que les observations au Québec sont plus élevées où il n'y a aucune pente. On ne note aucun effet significatif pour la position dans la pente où les puits d'accès se situent. On remarque aussi un volume plus élevé de sédiments quand les puits se situent où il n'y a pas de pente au Québec tandis qu'il n'y a aucune variation importante en Ontario.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs suivants : trafic et démographie.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les volumes de sédiments présents dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, type de route, vocation des terrains, nombre d'ouvertures, positionnement du couvercle, pente et position du puits dans la pente.
- on observe des différences significatives entre les provinces pour le facteur trafic.
- les puits d'accès situés dans les secteurs résidentiels haute densité de population ont des volumes de sédiments plus élevés.

## 4.4 Présence de corrosion dans les puits d'accès

En ce qui concerne la corrosion, huit facteurs ont été testés, soit ceux susceptibles d'influencer le plus la présence de corrosion dans les puits. La corrosion sera analysée plus loin avec le fer et le zinc présents dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau ainsi que dans les sédiments. Il est à noter que certaines valeurs extrêmes et aberrantes peuvent être responsables de certains effets significatifs. Le tableau 4.3 expose les résultats obtenus de façon sommaire

Tableau 4.3 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence de corrosion dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| Facteurs | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Nombre d'ouvertures | - | - | - |
| Pente | - | - | - |
| Présence d'eau | - | + | - |

« + » = différence significative

« - » = aucune différence significative

Aucun effet significatif est remarqué entre les saisons et la présence de corrosion. Par contre, on remarque une tendance où l'on retrouve plus de corrosion dans les puits d'accès en hiver, et cela pour les deux provinces. Cette remarque n'est probablement pas représentative car le processus de corrosion n'est pas un phénomène instantané et, fluctue selon les saisons. Il n'y a aucune différence significative pour le facteur localisation géographique. On observe cependant un pic sur les accotements en Ontario et au centre des rues et sur les terrains privés au Québec.

Il n'y a aucune différence significative pour le trafic mais on observe que plus la circulation est élevée, plus la corrosion est élevée. Il n'y a aucune différence pour le facteur démographie. On note par contre un pic dans les secteurs industriels en Ontario tandis que les valeurs du Québec demeurent stables. Il n'y a pas non plus de différence pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès. On note aussi un pic dans les secteurs d'activités avec industries en Ontario et un pic dans les secteurs autres au Québec.

Aucune différence n'est notée pour le nombre d'ouvertures sur les couvercles des puits d'accès de même que pour le facteur pente. On observe un effet significatif sur la présence de corrosion selon la présence d'eau. Plus il y a présence d'eau dans les puits d'accès, plus il y aura présence de corrosion sur les équipements situés dans les puits d'accès.

En somme :

- on observe des différences significatives pour le facteur présence d'eau.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur la corrosion présente dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, trafic, démographie, vocation des terrains, nombre d'ouvertures et pente.
- il n'y a pas de différence significative entre les provinces pour les huit facteurs testés.
- lorsqu'il y a présence d'eau dans les puits d'accès, il y a généralement présence de corrosion sur les équipements situés dans les puits d'accès.

### 4.5 Présence des huiles et graisses totales dans les eaux en profondeur

Les huiles et graisses totales ont été testées pour cinq paramètres sur les eaux en profondeur. Les huiles et graisses en eau de surface ainsi que les huiles minérales n'ont

pas été testées à cause du nombre insuffisant de valeurs mesurables et, à cause d'une quantité de valeurs extrêmes et aberrantes élevées pour les eaux de surface. On observe des résultats plus élevés pour les eaux de surface, ce qui tend à surestimer les concentrations d'huiles et graisses présentes dans les eaux . Les eaux en profondeur sont donc les plus représentatives des huiles et graisses totales présentes dans les puits d'accès. Le tableau 4.4 expose les résultats obtenus de façon sommaire

Tableau 4.4 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence des huiles et graisses totales dans les puits d'accès en eau de profondeur.

| | **Différences significatives entre les :** | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Il n'y a aucune différence significative notée et ce à tous les niveaux de comparaison mais on peut cependant observer certaines tendances générales vis-à-vis les provinces et facteurs testés. Concernant le facteur saison, on observe un pic pour la province de l'Ontario pour la saison d'été. Les variations au Québec sont relativement stables. On trouve des valeurs plus élevées d'huiles et graisses dans les rues pour les types de routes et ce pour les deux provinces.

Pour la circulation (trafic), il y a quand même des différences au niveau des valeurs moyennes entre les provinces. Les valeurs du Québec sont plus élevées pour les huiles et graisses quand la circulation (trafic) est moyenne. Les valeurs de l'Ontario restent stables. Le cas est le même pour la démographie où on peut observer des différences entre les provinces. Les valeurs sont plus élevées dans le secteur commercial au Québec tandis que les valeurs de l'Ontario sont relativement stables.

En ce qui concerne les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation), on note des valeurs plus élevées pour les secteurs avec garages et stations-service au niveau des deux provinces. Ces commerces manipulent de grandes quantités de produits contenants des huiles et graisses ce qui pourrait expliquer ce pic.

En somme :

- il n'y a aucune différence significative pour tous les facteurs testés pour la présence des huiles et graisses totales dans les eaux de profondeurs des puits d'accès.
- aucune différence significative est remarquée entre les provinces pour les cinq facteurs testés.

### 4.6 Présence de métaux dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau

Pour tous les métaux dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau c'est-à-dire à l'interface avec les sédiments, six paramètres ont été testés et certains ont été ajoutés selon le cas. Les eaux de surface n'ont pas été testées à cause d'une quantité de valeurs extrêmes et aberrantes susceptibles de fausser les résultats. Ces valeurs sont généralement plus élevées que les valeurs en eau de profondeur et tendent à surestimer les concentrations de métaux présents dans les eaux. En utilisant ces données, les analyses statistiques résultantes pourraient être faussées.

Les eaux en profondeurs dans la colonne d'eau sont les plus représentatives des métaux présents dans les puits d'accès. Certaines différences significatives des eaux en profondeur peuvent être aussi causées par certaines valeurs extrêmes et aberrantes. Les métaux dont l'argent (Ag), le béryllium (Be), le bore (B), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cobalt (Co), l'étain (Sn), le molybdène (Mo), le nickel (Ni) et le vanadium (V) n'ont pas été testés à cause du nombre insuffisant de valeurs mesurables.

**Baryum (Ba)**

Le baryum a été testé pour six facteurs. Aucun effet significatif n'a été observé pour tous les facteurs testés mais on peut noter certaines tendances. Le tableau 4.5 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.5 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le baryum (Ba) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on observe des résultats plus élevés pour le printemps et l'hiver. Les valeurs sont un peu plus élevées pour la province de l'Ontario. Il y a certaines différences entre les provinces pour le facteur localisation géographique. On observe un pic lorsque le puits est situé au centre de la rue pour le Québec et sur l'accotement pour l'Ontario.

En ce qui concerne le type de route, on remarque des valeurs plus élevées pour les rues avec fossés en Ontario et au niveau des routes rurales avec fossés au Québec. Pour la circulation, plus cette dernière est élevée, plus les concentrations du baryum sont élevées. Il n'y a pas de différence pour la démographie et l'on observe des valeurs plus élevées pour le baryum dans les secteurs industriels pour la province de l'Ontario et dans les secteurs ruraux au Québec. On remarque aussi un pic dans les secteurs d'activités avec industries en Ontario pour le facteur vocation des terrains aux environs des puits

d'accès. Les valeurs sont plus élevées pour les secteurs avec garages et stations-service au Québec.

En somme :

- il n'y a aucune différence significative pour tous les facteurs testés pour le baryum (Ba) dans les eaux de profondeurs des puits d'accès.
- aucune différence significative est notée entre les provinces pour les six facteurs testés.

**Bore (B)**

Le bore a été testé pour six facteurs. Le tableau 4.6 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.6 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le bore (B) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | + | + | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | + | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Il y a une différence significative entre les provinces et entre les quatre saisons où les valeurs pour l'Ontario sont plus élevées qu'au Québec. On observe un pic en été pour les deux provinces. Cela pourrait être dû au ruissellement plus élevé en été à cause des pluies plus abondantes entraînant un lessivage des surfaces plus élevé.

Il n'y a aucune différence significative pour la localisation géographique ainsi que pour le type de route. On constate par contre certaines tendances comme un pic sur les stationnements en Ontario et un autre au centre de la rue au Québec. Des valeurs plus élevées sont aussi notées sur les rues avec fossés en Ontario. On observe une différence significative pour la circulation (trafic) où les concentrations sont plus élevées pour un trafic moyen en Ontario et croissent avec l'augmentation de circulation pour le Québec.

Aucune différence n'est remarquée pour la démographie mais un pic est observé dans le secteur commercial en Ontario et dans le secteur rural au Québec. Concernant les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès, il n'y a aucun effet mais on note des concentrations plus élevées dans les secteurs avec garages et stations-service en Ontario et dans les secteurs industriels au Québec.

En somme :

- on observe des différences significatives pour les facteurs saison et trafic.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de bore (B) présent en eau de profondeur dans les puits d'accès : localisation géographique, type de route, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).
- il y a une différence significative entre les provinces pour le facteur saison.
- on retrouve des concentrations de bore (B) plus élevées en été dans les eaux de profondeurs des puits d'accès.

**Calcium (Ca)**

Le calcium a été testé pour six facteurs. Le tableau 4.7 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.7 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le calcium (Ca) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | + | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | + |

Il y a une différence significative entre les facteurs pour les saisons où un pic est observé en hiver et au printemps pour la province de l'Ontario. Les valeurs au Québec sont plus élevées au printemps. Cette saison favorise un ruissellement généralement important à cause de la fonte des neiges.

Concernant la localisation géographique, aucun effet significatif n'est remarqué mais on note un pic sur les accotements en Ontario. Les valeurs au Québec sont plus élevées au centre de la rue. On observe des différences significatives pour les types de routes. Des concentrations plus élevées sont notées sur les autoroutes avec fossés au Québec et sur les rues avec fossés en Ontario.

Il n'y a aucune différence significative avec le trafic mais on peut remarquer quand même que les valeurs des provinces sont différentes et opposées. Concernant la démographie, il n'y a aucune différence mais on remarque par contre un pic dans le secteur industriel au Québec et dans le secteur rural en Ontario. On observe des effets significatifs entre les provinces et secteurs d'activités aux environs des puits d'accès. On note un pic dans les secteurs industriels en Ontario et dans les secteurs avec garages et stations-service au Québec.

En somme :

- il y a des différences significatives pour le facteur saison, type de route et vocation des terrains.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de calcium (Ca) présentes en eau de profondeur dans les puits d'accès : localisation géographique, trafic et démographie .
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on retrouve des concentrations de calcium (Ca) plus élevées en hiver et au printemps dans les eaux de profondeurs des puits d'accès ainsi que dans les secteurs avec garages et stations-service et dans les secteurs industriels.

## Cuivre (Cu)

En ce qui concerne le cuivre, six facteurs ont aussi été testés. Aucun effet significatif n'a été observé pour tous les facteurs testés mais on peut noter quand même certaines différences et tendances. Le tableau 4.8 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.8 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cuivre (Cu) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | **Différences significatives entre les :** | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on note des valeurs plus élevées en été pour le Québec et au printemps en Ontario. On observe une différence entre les provinces pour la localisation

géographique où les valeurs sont assez stables en Ontario et plus élevées sur les trottoirs au Québec. Concernant le type de route, on remarque des concentrations stables pour le Québec tandis qu'on observe des valeurs plus élevées sur les rues avec fossés en Ontario.

Un pic est noté pour la circulation où le trafic est moyen et ce pour les deux provinces. Pour la démographie, les concentrations en Ontario sont relativement stables entre les différents paramètres. Au Québec, des pics sont observés dans les secteurs résidentiels et industriels. On peut confirmer ce fait en observant des valeurs plus élevées pour le secteur d'activités industrielles pour la province de Québec.

En somme :

- il n'y a aucune différence significative pour tous les facteurs testés pour le cuivre (Cu) dans les eaux en profondeur des puits d'accès.
- aucune différence significative est notée entre les provinces pour les six facteurs testés.

**Fer (Fe)**

Pour le fer, sept facteurs ont été testés. Aucun effet significatif n'a été observé mais on peut noter quand même certaines différences et tendances. Le tableau 4.9 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.9 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le fer (Fe) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Corrosion des équipements | - | - | - |

En ce qui concerne les saisons, on peut noter quand même des différences entre les provinces. Un pic est observé en automne en Ontario tandis qu'au Québec, les valeurs sont plus élevées au printemps et en été. Concernant la localisation géographique, il y a un pic pour les terrains vagues et ce pour les deux provinces. Cela est peut-être dû au fait que ces terrains sont susceptibles d'amasser des quantités plus importantes de débris et de déchets. En ce qui concerne le type de route, on observe un pic pour les autoroutes et ce pour les deux provinces. On constate aussi que pour une circulation forte, les valeurs sont plus élevées au Québec et plus faibles en Ontario.

Concernant le facteur démographie, on note un pic dans le secteur rural en Ontario et des valeurs plus élevées dans le secteur commercial pour le Québec. On remarque aussi un pic pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation ). En Ontario, il y a peu de fluctuations. Deux pics sont observés au Québec soit un premier dans les secteurs avec garages et stations-service et un deuxième dans les secteurs industriels. Pour la corrosion, on peut noter des concentrations de fer plus élevées où la corrosion est moyenne au Québec et forte en Ontario.

En somme :

- il n'y a aucune différence significative pour tous les facteurs testés pour le fer (Fe) dans les eaux en profondeur des puits d'accès.
- il n'y a pas de différence significative entre les provinces pour les sept facteurs testés.
- même si aucune différence significative n'est observée, on note des concentrations de fer dans les eaux en profondeur plus élevées quand la corrosion des équipements est moyenne et forte.

**Magnésium (Mg)**

Pour le magnésium, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.10 expose les résultats obtenus de façon sommaire. Les différences significatifs sont peut-être dus à des valeurs aberrantes et extrêmes.

Tableau 4.10 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le magnésium (Mg) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | **Différences significatives entre les :** | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | + |
| Type de route | - | + | + |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | + |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Aucune différence significative n'est notée pour la saison de même que pour la localisation géographique mais on peut quand même observer des différences entre les provinces. Pour la saison, on remarque un pic en hiver en Ontario et au printemps au Québec. Concernant la localisation géographique, il y a une différence significative entre

les facteurs et les provinces. Un pic est observé sur les accotements en Ontario tandis que les variations au Québec sont stables.

En ce que concerne le type de route, on observe un effet significatif entre les facteurs. Un pic est observé sur les routes rurales avec fossés au Québec et sur les autoroutes avec fossés en Ontario. Pour ce qui est de la circulation (trafic), aucun effet significatif n'est constaté mais on peut quand même noter des différences entre les provinces. Pour une circulation moyenne, les valeurs sont élevées en Ontario et faibles pour le Québec.

Il y a une différence significative pour le facteur démographie et on observe un pic pour le secteur rural et ce pour les deux provinces. Concernant les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation des terrains), il n'y a aucun effet. On note un pic dans les secteurs avec garages et stations-service en Ontario et un pic est remarqué dans les secteurs industriels au Québec.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs localisation géographique, type de route et démographie.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de magnésium (Mg) en eau de profondeur dans les puits d'accès : saison, trafic et vocation des terrains (secteur d'activités)
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on trouve des concentrations de magnésium (Mg) plus élevées dans les eaux en profondeurs des puits d'accès situés sur les accotements ainsi que dans les secteurs ruraux avec fossés.

**Manganèse (Mn)**

Concernant le manganèse, six facteurs ont été. Le tableau 4.11 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.11 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le manganèse (Mn) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | + | + |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

En ce qui concerne les saisons ainsi que pour la localisation géographique, il n'y a aucun effet significatif mais on peut noter certaines différences et tendances générales. On observe un pic en automne en Ontario tandis que les valeurs au Québec sont stables. Pour la localisation géographique, un pic est noté sur les accotements en Ontario. Au Québec, on observe des valeurs plus élevées sur les stationnements et les terrains vagues.

Il y a des différences significatives pour le facteur type de route. On remarque des valeurs plus élevées pour les autoroutes en Ontario. On observe aussi un deuxième pic pour les autoroutes avec fossés où les valeurs au Québec sont plus élevées qu'en Ontario. Le manganèse (MMT) a remplacé le plomb comme antidétonant dans l'essence (venue de l'essence sans plomb), d'où peut-être les indications relatives au type de route.

Il n'y a aucune différence significative pour la circulation (trafic) et on peut noter que pour une circulation moyenne, les concentrations de manganèse (Mn) sont plus élevées.

Il n'y a aucune différence significative pour la démographie. On observe des valeurs plus élevées au Québec dans le secteur commercial et dans le secteur rural en Ontario. Il n'y a aucun effet pour la vocation des terrains. On note des valeurs plus élevées dans les secteurs avec garages et stations-service et ce pour les deux provinces.

En somme :

- il y a des différences significatives pour le facteur type de route.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations de manganèse (Mn) en eau de profondeur dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, trafic, démographie et vocation des terrains (secteur d'activités)
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on retrouve des concentrations de manganèse (Mn) plus élevées sur les autoroutes et autoroutes avec fossés.

**Phosphore (P)**

Concernant le phosphore (P), six facteurs ont été testés. Aucun effet significatif n'a été observé mais on peut noter quand même certaines différences et tendances générales. Le tableau 4.12 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.12 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le phosphore (P) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

En ce qui concerne les saisons, il n'y a aucun effet significatif marqué mais on observe quand même des différences. On note un pic en automne pour la province du Québec et au printemps en Ontario. Pour le facteur localisation géographique on remarque un pic sur les accotements en Ontario et sur les côtés de rues au Québec. Concernant le type de route, les concentrations sont plus élevées sur les rues au Québec et pour les routes rurales avec fossés en Ontario. On peut observer que pour une circulation moyenne, les valeurs du phosphore au Québec seront plus élevées. Celles de la province de l'Ontario ont des fluctuations faibles.

Concernant la démographie, on observe un pic au Québec dans le secteur résidentiel haute densité de population. Les valeurs pour l'Ontario sont relativement stables. Pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation), les concentrations de phosphore varient peu entre les paramètres.

En somme :

- on observe aucune différence significative pour tous les facteurs testés pour le phosphore (P) dans les eaux en profondeurs des puits d'accès.
- il n'y a pas de différence significative entre les provinces pour les six facteurs testés.

**Plomb (Pb)**

En ce qui concerne le plomb (Pb), sept facteurs ont été testés. Le tableau 4.13 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.13 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le plomb (Pb) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| Facteurs | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | + | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Materiel de fabrication des câbles | - | - | + |

Il n'y a aucune différence significative pour les saisons, mais on peut observer des valeurs plus élevées en été pour les deux provinces. On observe une différence significative pour le facteur localisation géographique. On peut noter un pic dans les zones de stationnements au Québec, zone où le ruissellement risque d'être plus élevé. Les variations pour la province de l'Ontario sont plus faibles. Pour le type de rue, il n'y a aucun effet mais on note des valeurs plus élevées pour les boulevards au Québec et pour les rues avec fossés en Ontario.

Aucun effet n'est remarqué pour la circulation (trafic) mais on peut noter que plus la circulation (trafic) augmente, plus les valeurs de plomb (Pb) dans les eaux de profondeurs augmentent et ce, seulement au Québec. En Ontario, on observe des concentrations plus élevées pour une circulation moyenne. Concernant la démographie ainsi que pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès, il n'y a aucun effet significatif important . On note des valeurs plus élevées dans le secteur industriel au

Québec et dans le secteur rural en Ontario. On observe aussi un pic pour le secteur commercial en Ontario et dans les secteurs d'activités industrielles au Québec. Il y a une différence significative pour le matériel de fabrication des câbles situés dans les puits d'accès. On constate des concentrations plus élevées dans les puits d'accès ayant la combinaison de câble plomb - fibre optique au Québec tandis que les fluctuations en Ontario sont faibles.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs localisation géographique et matériel de fabrication des câbles contenus dans les puits d'accès.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de plomb (Pb) en eau de profondeur dans les puits d'accès : saison, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteur d'activités).
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on retrouve des concentrations de plomb (Pb) plus élevées dans les puits situés dans les stationnements et dans les puits d'accès ayant la combinaison (matériel de fabrication) câbles plomb - fibre optique.

**Potassium (K)**

Concernant le potassium, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.14 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.14 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le potassium (K) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | + | - | - |
| Type de route | + | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |

En ce qui concerne les saisons, il y a une différence significative entre les facteurs et on observe des valeurs plus élevées au printemps au Québec. Les valeurs en Ontario sont plus élevées à l'automne et à l'hiver. Il y a une différence significative entre les provinces pour la localisation géographique où des pics sont notés pour les trottoirs et terrains vagues dans la province du Québec tandis que les valeurs en Ontario sont plus élevées dans les stationnements. Pour le type de route, on remarque un effet entre les provinces. Un pic est noté pour les boulevards en Ontario et des pics sont observés pour les rues et routes rurales au Québec.

Aucun effet marqué n'est noté pour la circulation (trafic) mais on peut observer qu'il y a des différences entre les provinces qui montrent des résultats opposés. Pour la démographie, on observe un effet significatif entre les provinces où un pic est noté pour les secteurs résidentiels haute densité de population au Québec tandis que les valeurs de l'Ontario sont plus élevées dans les secteurs industriels.

On observe une différence significative entre les provinces et les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès. Un pic est noté dans les secteurs commerciaux au Québec et dans les secteurs industriels en Ontario.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs saison, localisation géographique, type de route, démographie et vocation des terrains (secteur d'activités) dans les puits d'accès.
- le facteur circulation (trafic) ne semble pas avoir d'effet sur les concentrations de potassium (K) présent en eau de profondeur dans les puits
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : localisation géographique, type de route, démographie et vocation des terrains.

**Sodium (Na)**

En ce qui concerne le sodium, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.15 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.15 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le sodium (Na) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | + | + | + |
| Type de route | + | - | - |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |

On observe une différence significative pour les saisons. Il y a un pic en automne dans la province de Québec et un pic en hiver en Ontario. On note des différences significatives pour la localisation géographique et ce, à tous les niveaux de comparaison. Les valeurs en Ontario sont stables d'un endroit à l'autre tandis qu'on observe un pic au centre des rues au Québec. Pour le type de route, on note des différences significatives entre les

provinces. On observe des valeurs plus élevées dans les rues au Québec et des valeurs plus élevées dans les rues avec fossés en Ontario. On peut cependant considérer ces deux localisations comme similaires.

Il y a des différences significatives entre les provinces pour la circulation : les valeurs de l'Ontario demeurent assez stables tandis que l'on observe un pic pour une circulation moyenne au Québec. Il y a aussi des différences entre les provinces pour la démographie. On note des valeurs plus élevées pour les secteurs commerciaux et industriels au Québec et dans le secteur autre en Ontario. Il y a aussi des différences significatives entre les provinces pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès. Un pic est observé pour le secteur industriel au Québec et tandis que les fluctuations en Ontario sont faibles.

En somme :

- il y a des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés en eau de profondeur dans les puits d'accès.
- il y a une différence significative entre les provinces pour tous les facteurs sauf la saison.
- on observe des concentrations de sodium (Na) plus élevées dans les puits d'accès en automne et en hiver. Les concentrations sont aussi plus élevées dans les rues plus particulièrement pour les puits d'accès situés au centre de ces dernières, ainsi que dans les secteurs d'activités commerciales et industrielles.

**Zinc (Zn)**

Concernant le zinc, sept facteurs ont été testés. Une différence significative a été observée seulement pour un facteur, la corrosion. On peut cependant noter certaines

tendances générales et différences entre les autres facteurs et provinces. Le tableau 4.16 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.16 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le zinc (Zn) en eau de profondeur dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Corrosion | + | + | - |

Il y a une différence (tendance générale) pour les saisons entre les valeurs du Québec et celles de l'Ontario pour le printemps. On observe aussi des différences entre les deux provinces pour la localisation géographique où un pic est observé sur l'accotement en Ontario et sur les terrains vagues au Québec.

On note aussi des différences pour le type de route où les valeurs du Québec sont assez stables d'un endroit à l'autre. On observe un pic sur les boulevards et sur les autoroutes avec fossés en Ontario. Pour la circulation (trafic), les valeurs suivent les mêmes tendances : plus la circulation est élevée, plus les valeurs du zinc augmentent, seulement en Ontario. Par contre, lorsque le trafic est élevé au Québec, les valeurs sont faibles en Ontario.

Concernant la démographie, on observe que les valeurs de la province de Québec sont assez stables et qu'il y a un pic dans le secteur résidentiel haute densité de population pour l'Ontario. Pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès, les valeurs des deux provinces se ressemblent et sont plus élevées dans les secteurs où l'on trouve

des parcs, champs et étendues d'eau (lacs). En ce qui concerne la corrosion, on observe une différence significative. Des valeurs plus élevées de zinc sont notées où il n'y a pas de corrosion et ce, pour les deux provinces.

En somme :

- il y a des différences significatives entre les provinces et entre les facteurs pour la corrosion.
- on observe aucune différence significative pour tous les facteurs testés en eau de profondeur dans les puits d'accès. Ces facteurs ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations de zinc (Zn).
- il y a une différence significative entre les provinces pour le facteur corrosion.

## 4.7 Présence des huiles et graisses totales dans les sédiments

Les huiles et graisses totales contenues dans les sédiments ont été testées pour cinq paramètres. Il est à noter que certaines différences significatives peuvent être causées par certaines valeurs extrêmes et aberrantes. Le tableau 4.17 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.17 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence des huiles et graisses totales dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | **Différences significatives entre les :** | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | + |
| Localisation géographique | - | + | - |
| Trafic | + | + | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |

On observe une différence significative pour les saisons. On note un pic en automne au Québec et en hiver en Ontario. Pour la localisation géographique, on note un effet significatif entre les paramètres où l'on observe un pic pour les deux provinces pour le côté de la rue. Il y a une différence significative entre les provinces pour la circulation (trafic). On peut observer que plus la circulation est élevée, plus les concentrations des huiles et graisses totales sont élevées et ce, pour les deux provinces.

Concernant la démographie, on observe une différence significative entre les provinces. Un pic est noté dans le secteur résidentiel haute densité de population pour la province de l'Ontario. On remarque des valeurs élevées pour les secteurs commerciaux et industriels pour la province de Québec. Il y a aussi une différence significative entre les provinces pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès. On note des valeurs plus élevées pour les puits situés près des garages et stations-service au Québec. Un pic est observé pour les puits situés près de commerces et centres d'achats en Ontario.

En somme :

- il y a des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés pour les huiles et graisses totales contenues dans les sédiments présents dans les puits d'accès.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants: trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).
- on observe des concentrations d'huiles et graisses totales dans les puits d'accès plus élevées en automne et en hiver. Les concentrations sont aussi plus élevées sur le côté des rues plus particulièrement là où la circulation est de moyenne et élevée, ainsi que dans les secteurs résidentiels haute densité de population et les secteurs d'activités commerciales et industrielles.

## 4.8 Présence des huiles et graisses minérales dans les sédiments

Les huiles et graisses minérales contenues dans la boue ont été testées pour cinq paramètres. Plusieurs différences significatives sont observées et il est à noter que certaines de ces différences peuvent être causées par certaines valeurs extrêmes et aberrantes. On peut aussi remarquer que les tendances générales des courbes sont pratiquement les mêmes pour les huiles et graisses minérales et totales sauf que les valeurs des huiles et graisses totales sont plus élevées. Le tableau 4.18 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.18 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur la présence des huiles et graisses minérales dans les sédiments contenus dans puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | | |
| Localisation géographique | - | + | + |
| Trafic | - | + | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Il n'y a aucune différence significative pour les saisons entre le Québec et l'Ontario. On note cependant un pic en automne au Québec et en hiver en Ontario. Pour la localisation géographique, on note une différence significative entre les facteurs. On observe un pic pour les deux provinces sur le côté des rues.

Il y a un effet significatif entre les facteurs pour la circulation (trafic). On peut observer comme pour les huiles et graisses totales que plus la circulation est élevée, plus la concentration des huiles et graisses minérales est élevée et ce pour les deux provinces.

Concernant la démographie, il n'y a aucune différence significative. Un pic est observé dans le secteur résidentiel haute densité de population dans la province de l'Ontario. On note aussi des valeurs élevées pour les secteurs commerciaux et industriels dans la province de Québec. Il n'y a aucune différence entre les provinces pour la vocation des terrains aux environs des puits. On note un pic pour les puits situés près des parcs, champs et étendues d'eau (lacs) au Québec et des valeurs plus élevées pour les puits situés près des commerces, centres d'achats, garages et stations-service en Ontario.

En somme :

- il y a des différences significatives pour les facteurs localisation géographique et circulation (trafic).
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations d'huiles et graisses minérales contenues dans les sédiments présents dans les puits d'accès : saison, démographie et vocation des terrains (secteur d'activités).
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on observe des concentrations d'huiles et graisses minérales dans les puits d'accès plus élevées en automne et en hiver. Les concentrations sont aussi plus élevées sur le côté des rues plus particulièrement là où la circulation est moyenne à élevée.

**4.9 Présence de métaux dans les sédiments**

Pour tous les métaux présents dans les sédiments contenus dans les puits d'accès, six paramètres ont été testés. Certains métaux ont été analysés avec d'autres paramètres dans le cas où ces derniers étaient susceptibles d'avoir un effet sur les métaux testés. Les métaux dont l'argent (Ag), le béryllium (Be) et le molybdène (Mo) n'ont pas été testés à cause du nombre insuffisant de valeurs mesurables. Il est à noter que certains

effets significatifs peuvent être causés par certaines valeurs extrêmes et aberrantes. Les résultats étant ce qu'ils sont, ces anomalies sont incontournables. Pour plus de détails sur ces résultats, il faut se référer aux figures et tableaux en annexe 3.

**Aluminium (Al)**

Concernant l'aluminium, six paramètres ont été testés. Il n'y a aucune différence significative observée mais on peu noter certaines tendances générales pour les différents facteurs testés. Le tableau 4.19 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.19 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur l'aluminium (Al) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on observe des valeurs assez semblables entre les deux provinces sauf pour l'été où les valeurs de l'Ontario sont plus élevées qu'au Québec. Pour la localisation géographique, on note un pic sur les accotements dans la province de l'Ontario et un pic sur les terrains vagues dans la province de Québec. On remarque des valeurs assez stables en Ontario en ce qui concerne le type de route tandis que l'on observe des concentrations plus élevées pour les autoroutes avec fossés au Québec.

Concernant la circulation (trafic), on peut noter des valeurs assez différentes pour les deux provinces même s'il n'y a pas d'effet significatif. Les valeurs entre les deux provinces sont opposées pour une circulation faible et assez différente pour les deux

autres niveaux de circulation. Pour la démographie, on peut noter des valeurs assez constantes pour les deux provinces sauf pour le paramètre secteur industriel où les concentrations entre les deux provinces sont différentes. Pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès, on note des fluctuations faibles en Ontario et un pic est observé dans les secteurs d'activités industrielles au Québec.

En somme :

- on n'observe aucune différence significative pour tous les facteurs testés dans les sédiments contenus dans les puits d'accès. Les facteurs testés ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations d'aluminium (Al).
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.

**Baryum (Ba)**

Concernant le baryum, six paramètres ont été testés. On ne note aucun effet significatif pour les facteurs sauf pour la démographie. On peut cependant noter certaines tendances générales pour les facteurs testés qui sont non significatifs. Le tableau 4.20 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.20 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le baryum (Ba) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | + |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on remarque que même s'il n'y a pas de différence significative, on note des différences entre les provinces. On observe des valeurs plus élevées en hiver en Ontario et des concentrations assez stables pour le Québec.

Les valeurs entre les deux provinces pour la localisation géographique sont assez semblables sauf pour le côté de la rue et l'accotement en Ontario où des pics sont observés. Pour le type de route, aucun effet important n'est remarqué sauf pour les routes rurales avec fossés dans la province de l'Ontario où les valeurs sont plus élevées. Les fluctuations au Québec sont faibles. Pour la circulation (trafic), on remarque que les valeurs de l'Ontario sont assez stables tandis qu'on observe des valeurs élevées pour une circulation faible et élevée au Québec.

On observe une différence significative pour la démographie. Un pic est noté dans le secteur industriel au Québec et dans le secteur rural en Ontario. Pour les secteurs d'activités (vocation des terrains), on peut noter des valeurs plus élevées dans les secteurs industriels pour le Québec. Les valeurs sont relativement stables en Ontario. On peut donc faire un lien avec la démographie.

En somme :

- on observe une différence significative pour le facteur démographie.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de baryum (Ba) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, type de route, trafic et vocation des terrains (secteur d'activités).
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on observe des concentrations de baryum (Ba) plus élevées dans les secteurs industriels et ruraux.

**Bore (B)**

Concernant le bore, six paramètres ont été testés. Il n'y a aucun effet significatif pour les différents facteurs testés sauf pour la saison. On peut aussi observer certaines tendances générales et différences entre les provinces et les facteurs. Le tableau 4.21 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.21 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le bore (B) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | + |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

En ce qui concerne les saisons, on observe une différence significative. On remarque un pic en automne en Ontario et des valeurs plus élevées au printemps et à l'été au Québec. Pour la localisation géographique, on observe des courbes presque semblables pour les deux provinces. Un pic est noté sur le côté de la rue, emplacement où le ruissellement est élevé.

Concernant le type de route, on observe certaines différences entre les provinces où on note un pic pour les routes rurales avec fossés au Québec et, pour les autoroutes avec fossés en Ontario. On remarque que pour la circulation (trafic), les concentrations entre les deux provinces sont différentes. Les valeurs sont plus élevées pour une circulation moyenne en Ontario. Plus la circulation est élevée, plus les concentrations sont fortes au Québec. Pour la démographie, on observe des valeurs assez stables en Ontario et un pic est noté dans les secteurs industriels au Québec. On peut remarquer que les

concentrations sont stables pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès au niveau des deux provinces.

En somme :

- on observe une différence significative pour le facteur saison.
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations de bore (B) dans les sédiments présents dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, type de route, trafic et vocation des terrains (secteur d'activités).
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on observe des concentrations de baryum (Ba) plus élevées dans les secteurs industriels.

**Calcium (Ca)**

En ce qui concerne le calcium, six paramètres ont été testés. Une attention particulière doit être portée sur les analyses qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison). Le tableau 4.22 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.22 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le calcium (Ca) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | + | - | - |
| Type de route | + | + | - |
| Trafic | + | - | + |
| Démographie | + | + | + |
| Vocation des terrains | + | - | + |

Concernant les saisons, on observe une différence significative entre les facteurs. Les valeurs sont assez stables au Québec et un pic est observé en hiver en Ontario. Ce fait est probablement dû à l'épandage plus élevé des sels et abrasifs en hiver.

On observe des différences significatives entre les provinces pour la localisation géographique. Des pics sont notés sur les terrains privés et sur les accotements en Ontario et sur le centre des rues et dans les stationnements au Québec. Ces zones qui sont propices à l'accumulation de neige sont sujettes à voir leurs concentrations de calcium plus élevées en hiver. Pour le type de route, on remarque des différences significatives. Un pic est observé pour les routes rurales avec fossés en Ontario et pour les boulevards avec fossés au Québec.

On note des différences significatives entre les provinces pour la circulation (trafic) où les valeurs de l'Ontario sont assez stables. Au Québec, plus la circulation augmente, plus les concentrations de calcium sont élevées (plus de trafic, plus de sels et d'abrasifs étendus). Pour la démographie, on observe des différences significatives à tous les niveaux de comparaison. Un pic est noté dans le secteur rural en Ontario et les fluctuations dans la province de Québec sont faibles. Concernant la vocation des terrains aux environs des puits d'accès, on observe des différences significatives mais les concentrations entre les facteurs sont assez semblables.

En somme :

- il y a des différences significatives pour tous les facteurs testés . Ces derniers semblent donc tous avoir un effet sur les concentrations de calcium (Ca) contenus dans les sédiments. Une attention particulière doit être portée sur le facteur démographie qui montre des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés.
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés sauf pour la saison.

- on observe des concentrations de calcuim plus élevées dans les puits d'accès particulièrement en hiver. Les concentrations sont aussi plus élevées sur les accotements et terrains privés. Ces secteurs sont sujets à l'accumulation de neige en hiver contenant des quantités variables de sels et abrasifs.

## Cadmium (Cd)

Concernant le cadmium, six paramètres ont été testés et aucune différence significative ne ressort de ces analyses sauf pour le trafic. On peut cependant noter certaines différences et tendances générales entre les provinces et les facteurs. Le tableau 4.23 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.23 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cadmium (Cd) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | + |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

En ce qui concerne les saisons, on note des différences entre les provinces. Des pics sont observés au printemps et en automne en Ontario et les valeurs sont plus élevées au printemps et en hiver au Québec.

Concernant la localisation géographique, on observe que les valeurs en Ontario sont élevées pour les trottoirs et les terrains privés. Un pic est aussi noté pour les terrains privés et au centre des rues dans la province de Québec. On note des fluctuations entre les valeurs des deux provinces pour le type de route. On observe des concentrations plus

élevées sur les autoroutes avec fossés en Ontario et sur les routes rurales avec fossés au Québec.

On observe une différence significative pour la circulation où un pic est observé pour un trafic moyen en Ontario et pour un trafic faible au Québec. On note des valeurs semblables entre les deux provinces pour la démographie et la vocation des terrains où un pic est observé dans le secteur résidentiel haute densité de population pour les deux provinces et où il y a des commerces et centres d'achats pour l'Ontario.

En somme :

- on observe des différences significatives pour le facteur circulation (trafic).
- les facteurs suivants ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations de cadmium (Cd) dans les sédiments présents dans les puits d'accès : saison, localisation géographique, type de route, démographie et vocation des terrains (secteur d'activités).
- il y a une différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.
- on observe des concentrations de cadmium (Cd) plus élevées particulièrement là où la circulation est moyenne.

**Chrome (Cr)**

Concernant le chrome, six paramètres ont été testés. Une attention particulière doit être portée s aux analyses qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison). Le tableau 4.24 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.24 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le chrome (Cr) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | + | + | + |
| Type de route | + | + | + |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | + | + | + |
| Vocation des terrains | + | + | + |

En ce qui concerne la saison, même s'il n'y a pas de différence significative, on observe des différences entre les provinces sauf pour l'hiver où les valeurs sont semblables. Pour la localisation géographique, on note des effets significatifs et un pic est observé sur le côté de la rue pour les deux provinces.

On observe des différences significatives pour le type de route où les valeurs du Québec sont plus élevées surtout pour les boulevards avec fossés et les autoroutes avec fossés. On note des valeurs plus élevées sur les boulevards en Ontario. Pour la circulation (trafic), il n'y a aucune différence significative mais on constate que plus la circulation (trafic) est élevée, plus les concentrations de chrome sont élevées.

Pour la démographie, il y a des différences significatives entre les provinces et les différents facteurs testées et ce, à tous les niveaux de comparaison. On observe des valeurs plus élevées pour les secteurs résidentiels haute densité de population et commerciaux pour l'Ontario et dans les secteurs industriels pour le Québec. Concernant la vocation des terrains (secteurs d'activités), on observe des différences significatives aussi à tous les niveaux. Un pic est observé où il y a des garages et stations-service pour l'Ontario. Les fluctuations des valeurs sont faibles pour le Québec.

En somme :

- on observe des différences significatives pour les facteurs localisation géographique, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités). Une attention particulière doit être portée aus facteurs démographie et à la vocation des terrains qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés.

- le facteur saison ne semble pas avoir d'effet sur les concentrations de chrome (Cr) dans les sédiments présents dans les puits d'accès.

- il y a une différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés sauf pour la saison et le trafic.

- on observe des concentrations de chrome (Cr) plus élevées particulièrement sur le côté des rues, endroit favorable au ruissellement.

## Cobalt (Co)

Concernant le cobalt, six paramètres ont été testés et aucune différence significative n'est observée à partir des analyses effectuées, sauf pour la localisation géographique. On peut cependant noter certaines différences et tendances générales entre les différents paramètres et modalités testés. Le tableau 4.25 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.25: Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cobalt (Co) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | **Différences significatives entre les :** | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | + | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on ne note aucune différence significative. Par contre, on note des différences entre les provinces et un pic est observé en été au Québec et en automne en Ontario. Pour la localisation géographique on observe une différence significative entre les provinces. On remarque un pic sur les stationnements au Québec et sur les accotements en Ontario.

Concernant le type de route, il n'y a aucune différence significative mais on observe des concentrations élevées pour les autoroutes avec fossés en Ontario. On note aucune différence entre les provinces pour la circulation (trafic). Les valeurs avec une circulation faible et moyenne sont opposées entre les deux provinces. Il n'y a pas d'effet significatif pour la démographie. Des pics sont observés pour les secteurs commerciaux et ruraux pour l'Ontario et, dans le secteur industriel pour le Québec. Pour ce qui est de la vocation des terrains aux environs des puits d'accès, il n'y a aucune différence significative. Un pic est noté dans les secteurs où l'on trouve des parcs, champs et étendues d'eau (lacs) en Ontario et dans les secteurs industriels au Québec.

En somme :

- il y a des différences significatives pour le facteur localisation géographique.
- les facteurs saison, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités) ne semblent pas avoir d'effet sur les concentrations de cobalt (Co) dans les sédiments présents dans les puits d'accès.
- il y a une différence significative entre les provinces pour le facteur localisation géographique.
-on observe des concentrations de cobalt (Co) plus élevées particulièrement sur les accotements et stationnements.

## Cuivre (Cu)

En ce qui concerne le cuivre, six paramètres ont été testés. Le tableau 4.26 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.26 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le cuivre (Cu) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | + | + |

Concernant les saisons, on ne note aucune différence significative. Par contre, on note des différences entre les provinces et un pic est observé en hiver pour le Québec. Les concentrations de cuivre sont relativement stables pour l'Ontario. Pour la localisation géographique, on ne note aucune différence significative mais observe un pic sur les terrains privés au Québec et des fluctuations faibles pour l'Ontario.

Concernant le type de route, il n'y a aucune différence significative mais on observe des concentrations plus élevées pour les boulevards au Québec. On ne note aucune différence entre les provinces pour la circulation (trafic) mais on remarque un pic pour une circulation faible au Québec. Il n'y a pas d'effet significatif pour la démographie. Un pic est observé pour le secteur résidentiel faible densité de population pour le Québec. Les valeurs de l'Ontario demeurent assez stables. Concernant la vocation des terrains aux environs des puits d'accès, il y a une différence significative. On observe des concentrations assez semblables en Ontario et un pic est noté dans les secteurs autres au Québec.

En somme :

- on observe des différences significatives pour le facteur vocation des terrains (secteurs d'activités).
- les facteurs saison, localisation géographique, type de route, trafic et la démographie ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de cuivre (Cu) dans les sédiments présents dans les puits d'accès.
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs.

**Fer (Fe)**

En ce qui concerne le fer, sept facteurs ont été testés. Le tableau 4.27 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.27 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le fer (Fe) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | + | - | + |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |
| Corrosion des équipements | + | - | - |

Concernant les saisons, on observe une différence significative : des pics sont observés au printemps et en hiver au Québec tandis que les valeurs restent stables en Ontario. Pour la localisation géographique, il n'y a aucune différence mais, on remarque un pic

au centre des rues et sur les terrains privés au Québec et des pics également au centre des rues en Ontario.

Concernant le type de route, on observe une différence significative et on note un pic pour les routes rurales avec fossés pour le Québec. Les valeurs de l'Ontario varient peu. Pour la circulation (trafic), on observe une différence significative entre les provinces où l'on remarque que plus le trafic est dense, plus les concentrations de fer sont élevées. Ce fait est probablement dû à l'accumulation plus élevée de particules métalliques venant de la corrosion des véhicules.

On remarque des différences significatives pour la démographie entre les provinces. Un pic est noté dans le secteur rural au Québec et les fluctuations sont faibles en Ontario. On peut noter aussi des différences entre les provinces pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation). Les valeurs en Ontario varient peu et deux pics sont observés au Québec soit un dans les secteurs avec parcs, champs et lacs et l'autre, dans les secteurs commerciaux. Pour la corrosion, il y a une différence significative entre les provinces. On peut noter des concentrations de fer plus élevées où la corrosion est élevée en Ontario.

En somme :

- on observe une différence significative pour les facteurs saison, type de route, trafic, démographie, vocation des terrains (secteurs d'activité) et corrosion.
- le facteur localisation géographique ne semble pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de fer (Fe) contenu dans les sédiments présents dans les puits d'accès.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : type de route, trafic, démographie, vocation des terrains (secteurs d'activité) et corrosion.

- les concentrations de fer dans la boue présente dans les puits d'accès sont plus élevées au printemps et en hiver et plus particulièrement pour les puits situés dans les secteurs d'activités commerciales là où la circulation est plus élevée.

**Étain (Sn)**

En ce qui concerne l'étain, six facteurs ont été testés. Aucun effet significatif n'a été observé mais on peut noter quand même certaines différences et tendances générales. Le tableau 4.28 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.28 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur l'étain (Sn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, on note un pic en hiver au Québec et un en été en Ontario. Pour la localisation géographique, un pic est observé sur les trottoirs pour l'Ontario tandis que les valeurs au Québec sont plus élevées sur les stationnements.

Concernant le type de route, on observe des valeurs plus élevées pour les routes rurales avec fossés au Québec et, sur les autoroutes avec fossés dans la province de l'Ontario. Pour ce qui est de la circulation (trafic), même si aucun effet significatif n'est observé, on peut quand même noter des différences entre les provinces. On observe des valeurs plus élevées pour un trafic élevé au Québec et, pour une circulation faible en Ontario.

Concernant la démographie, on observe un pic pour le secteur rural en Ontario et dans le secteur commercial au Québec. Pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation), il n'y a aucun effet mais on observe des différences entre les provinces. On note un pic dans les secteurs autres en Ontario et dans les secteurs commerciaux et avec centres d'achats au Québec.

En somme :

- on n'observe aucune différence significative pour tous les facteurs testés sur les concentrations d'étain (Sn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.

**Magnésium (Mg)**

Concernant le magnésium, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.29 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.29 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le magnésium (Mg) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | + | - | - |
| Type de route | + | - | + |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | + |
| Vocation des terrains | + | - | + |

Concernant les saisons, on observe une différence significative et un pic est noté en hiver en Ontario tandis que les valeurs du Québec restent stables. Pour la localisation

géographique, il y a une différence significative et un pic est observé sur le côté des rues en Ontario et dans les stationnements au Québec.

Concernant le type de route, on note un effet significatif entre les facteurs. Un pic est observé pour les boulevards en Ontario et pour les boulevards avec fossés au Québec. Pour ce qui est de la circulation (trafic), il y a une différence significative et l'on note que plus la circulation est élevée, plus les concentrations de magnésium (Mg) sont élevées et ce, pour les deux provinces.

Pour la démographie, on note un effet significatif et on observe un pic pour le secteur commercial en Ontario et dans le secteur industriel au Québec. Pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation), il y a une différence significative. On observe un pic dans les secteurs avec garages et stations-service en Ontario et un pic est aussi observé dans les secteurs industriels pour le Québec.

En somme :

- on observe des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : localisation géographique, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).
- on retrouve des concentrations de magnésium (Mg) plus élevées en automne plus particulièrement pour les puits d'accès situés sur le côté des rues et dans les stationnements et, là où le trafic est plus dense. Les concentrations sont aussi plus élevées dans les secteurs industriels, commerciaux et comportant des garages et stations-service.

**Manganèse (Mn)**

Concernant le manganèse, six facteurs ont été testés. Une attention particulière doit être portée sur les analyses qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison). Le tableau 4.30 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.30 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le manganèse (Mn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| Facteurs | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | + | - | - |
| Type de route | + | + | + |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | + |
| Vocation des terrains | + | - | + |

En ce qui concerne les saisons, il y a une différence significative et on observe un pic en hiver en Ontario et au printemps au Québec. Pour la localisation géographique, il y a une différence significative entre les provinces et un pic est noté sur les côtés de rues en Ontario tandis que les fluctuations pour le Québec sont faibles. On observe des différences significatives pour le type de route et ce, à tous les niveaux de comparaison. On remarque des valeurs plus élevées pour les routes rurales avec fossés et ce pour les deux provinces. Il y a une différence significative entre les provinces pour la circulation (trafic) et on peut noter que plus la circulation est élevée, plus les concentrations de manganèse (Mn) seront élevées. Il y a une différence significative pour le facteur démographie et l'on observe des valeurs plus élevées en Ontario dans les secteurs commerciaux et ruraux et dans le secteur industriel pour le Québec. On peut confirmer ce fait en observant un pic pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès

(vocation) dans les secteurs industriels au Québec et dans les secteurs avec garages et stations-service pour l'Ontario.

En somme :

- on observe des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés. Une attention particulière doit être portée sur le facteur type de route qui montre des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : localisation géographique, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).
- on trouve des concentrations de manganèse (Mn) plus élevées en hiver et au printemps plus particulièrement sur le côté des rues, dans les stationnements et, là où le trafic est plus dense. Les concentrations sont aussi plus élevées dans les secteurs industriels, commerciaux et comportant des garages et stations-service.

**Nickel (Ni)**

En ce qui concerne le nickel, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.31 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.31 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le nickel (Ni) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | + | - | - |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |

Concernant les saisons, il y a une différence significative et l'on observe un pic en hiver au Québec et en automne en Ontario. Pour la localisation géographique, il n'y a aucun effet significatif. On observe cependant des valeurs plus élevées au centre des rues et sur les trottoirs en Ontario et sur les terrains privés au Québec.

Il y a des différences significatives entre les provinces pour le type de route. On remarque des valeurs plus élevées pour les routes rurales avec fossés au Québec tandis que les valeurs en Ontario restent stables. Il y a des différences significatives pour la circulation (trafic) et on peut noter des pics en Ontario pour une circulation moyenne et au Québec pour un trafic faible et élevé. Il y a une différence significative entre la démographie et les provinces où l'on observe des valeurs plus élevées en Ontario dans les secteurs commerciaux et pour le Québec dans les secteurs ruraux. Pour les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès (vocation), les fluctuations sont faibles pour les deux provinces.

En somme :

- on observe des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés sauf pour la localisation géographique.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : type de route, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).
-on trouve des concentrations de nickel (ni) plus élevées en automne et en hiver plus particulièrement sur les routes rurales avec fossés. Les concentrations sont aussi plus élevées dans les secteurs commerciaux et ruraux.

**Plomb (Pb)**

En ce qui concerne le plomb (Pb), sept facteurs ont été testés. Le tableau 4.32 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.32 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le plomb (Pb) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | + |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |
| Matériel de fabrication des câbles | - | - | + |

Concernant les saisons, il n'y a aucune différence significative mais on peut observer des valeurs plus élevées en été en Ontario et en hiver au Québec. On observe une différence significative pour la localisation géographique. On peut noter un pic dans les zones de stationnements et de terrains privés au Québec où le ruissellement risque d'être plus élevé. On observe des valeurs plus élevées dans la province de l'Ontario sur les trottoirs. Pour le type de rue, il n'y a aucun effet mais on note des valeurs plus élevées pour les routes rurales avec fossés au Québec et pour les autoroutes avec fossés en Ontario.

Aucun effet significatif n'est remarqué pour la circulation (trafic) mais on peut par contre noter en Ontario que plus la circulation (trafic) est élevée, plus les valeurs sont élevées. Au Québec, on observe des concentrations plus élevées pour une circulation faible.

Concernant la démographie ainsi que pour la vocation des terrains, il n'y a aucun effet significatif important. On note des valeurs plus élevées dans le secteur rural au Québec et dans le secteur commercial en Ontario. On observe aussi un pic pour les secteurs d'activités commerciales en Ontario et dans les secteurs d'activités autres au Québec. Il y a une différence significative pour le matériel de fabrication des câbles situés dans les puits d'accès. On observe des concentrations plus élevées pour les câbles faits de MDPE et de fibre optique en Ontario et pour les câbles faits de MDPE et de fibre optique, et de MDPE et de plomb au Québec.

En somme :

- on observe une différence significative pour les facteurs suivants testés sur le plomb (Pb) contenu dans les sédiments : localisation géographique et matériel de fabrication des câbles.
- les facteurs saison, type de route, trafic, démographie et vocation des terrains ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de plomb (Pb) contenu dans les sédiments présents dans les puits d'accès.
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.

**Phosphose (P)**

En ce qui concerne le phosphore, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.33 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.33 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le phosphore (P) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | + |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | + | - |

Concernant les saisons, il n'y a pas de différence significative mais on observe des valeurs plus élevées en hiver au Québec. Les valeurs en Ontario sont plus élevées au printemps. On note aucune différence significative pour la localisation géographique mais on observe des valeurs plus élevées sur les terrains privés au Québec tandis que les valeurs en Ontario sont plus élevées sur les trottoirs. Pour le type de route, on observe aucun effet significatif mais un pic est remarqué sur les boulevards avec fossés pour les deux provinces.

Aucun effet marqué n'est noté pour la circulation (trafic) mais on peut observer que les valeurs sont plus élevées au Québec avec une circulation faible et en Ontario pour un trafic moyen. Concernant la démographie, il n'y a aucun effet significatif entre les provinces mais un pic est noté pour les secteurs résidentiels haute densité de population pour les deux provinces. On observe une différence significative entre les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès où un pic est remarqué dans les secteurs autres au Québec tandis que les fluctuations en Ontario sont faibles.

En somme :

- on observe des différences significatives pour les facteurs saison et vocation des terrains (secteur d'activités) autour les puits d'accès.

- les facteurs localisation géographique, circulation (trafic), type de route et démographie ne semblent pas avoir d'effet (aucune différence significative) sur les concentrations de phosphore (P) présentes dans les sédiments dans les puits.

- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour les tous les facteurs testés.

- on observe des concentrations de phosphore plus élevées au printemps et en hiver.

**Potassium (K)**

Concernant le potassium, six facteurs ont été testés. Aucun effet significatif n'a été observé mais on peut noter quand même certaines différences et tendances générales. Le tableau 4.34 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.34 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le potassium (K) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | - | - | - |
| Trafic | - | - | - |
| Démographie | - | - | - |
| Vocation des terrains | - | - | - |

Concernant les saisons, il n'y a pas de différence significative mais on observe des valeurs plus élevées au printemps pour le Québec. Les valeurs pour l'Ontario sont plus élevées à l'hiver. Il n'y a aucune différence significative pour la localisation géographique. Cependant, les pics sont observés sur les terrains vagues au Québec tandis que les valeurs en Ontario sont plus élevées sur les accotements. Concernant le

type de route, il n'y a aucun effet entre les provinces mais un pic est remarqué pour les autoroutes au Québec tandis que les valeurs en Ontario restent stables.

Aucun effet n'est noté pour la circulation (trafic) mais on peut observer des valeurs plus élevées au Québec pour une circulation faible. En Ontario, on note que plus le trafic est dense plus les concentrations de potassium seront élevées. Concernant la démographie, il n'y a pas d'effet mais un pic est noté pour les secteurs résidentiels haute densité de population en Ontario tandis que les valeurs du Québec sont plus élevées dans les secteurs industriels. On n'observe aucune différence significative entre les secteurs d'activités aux environs des puits d'accès mais un pic est remarqué dans les secteurs industriels pour le Québec et les fluctuations sont faibles pour l'Ontario.

En somme :

- aucun facteur ne semble avoir d'effet sur les concentrations de potassium (K) contenus dans les sédiments présents des puits d'accès.
- il n'y a aucune différence significative entre les provinces pour tous les facteurs testés.

**Vanadium (V)**

Concernant le vanadium, six facteurs ont été testés. Le tableau 4.35 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.35 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le vanadium (V) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | + | - |
| Localisation géographique | - | - | - |
| Type de route | + | - | - |
| Trafic | + | - | - |
| Démographie | + | - | + |
| Vocation des terrains | + | - | + |

On observe une différence significative pour les saisons. On note un pic en automne dans la province de l'Ontario tandis que les valeurs au Québec sont stables. Il n'y a aucune différence significative pour la localisation géographique mais on observe des pics pour les deux provinces sur le côté des rues. Pour le type de route, on note des différences significatives entre les provinces. On remarque des valeurs plus élevées sur les routes rurales avec fossés au Québec et des valeurs stables en Ontario.

On observe des différences significatives entre les provinces pour la circulation et les valeurs en Ontario et au Québec augmentent avec le niveau de circulation. Il y a aussi des différences pour la démographie et on note des valeurs plus élevées dans le secteur industriel au Québec tandis que les fluctuations en Ontario sont faibles. Il y a aussi des différences significatives pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès. Un pic est observé pour le secteur industriel au Québec et dans les secteurs avec garages et stations-service en Ontario.

En somme :

- on observe des différences significatives au niveau de tous les facteurs testés sauf pour la localisation géographique.

- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : saison, type de routes, trafic, démographie et vocation des terrains (secteurs d'activités).

- on observe des concentrations de vanadium (V) plus élevées dans les puits d'accès en automne. Les concentrations sont aussi plus élevées dans les rues plus particulièrement pour les puits d'accès situés sur le côté de ces dernières, ainsi que dans les secteurs d'activités industrielles. Plus la circulation est dense, plus les concentrations de vanadium seront élevées.

## Zinc (Zn)

En ce qui concerne le zinc, sept facteurs ont été testés. Le tableau 4.36 expose les résultats obtenus de façon sommaire.

Tableau 4.36 : Sommaire des analyses statistiques effectuées sur le zinc (Zn) dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

| | Différences significatives entre les : | | |
|---|---|---|---|
| **Facteurs** | Provinces | Facteurs | Provinces et facteurs |
| Saison | - | - | + |
| Localisation géographique | - | + | + |
| Type de route | + | - | - |
| Trafic | + | + | - |
| Démographie | + | - | - |
| Vocation des terrains | + | - | - |
| Corrosion | + | - | - |

Concernant les saisons, on note une différence significative et on observe un pic en hiver au Québec et au printemps et en été pour l'Ontario. On remarque aussi des différences significatives pour la localisation géographique. Un pic est constaté sur l'accotement en Ontario et sur les terrains privés au Québec.

On note aussi des différences entre les provinces pour le type de routes. On observe un pic sur les routes rurales avec fossés pour les deux provinces. Pour la circulation (trafic), on note des différences et un pic est noté en Ontario pour un trafic moyen et au Québec pour un trafic faible.

Concernant la démographie, on observe une différence entre les provinces et on note qu'il y un pic dans le secteur industriel et rural en Ontario et dans le secteur rural au Québec. Pour la vocation des terrains aux environs des puits d'accès, on observe des différences significatives entre les provinces. On remarque des valeurs plus élevées dans les secteurs industriels pour l'Ontario et dans les secteurs où l'on trouve des parcs, champs et étendues d'eau (lacs) pour le Québec.

On note des différences significatives entre les provinces pour la corrosion. Plus la corrosion est élevée dans les puits d'accès, plus les concentrations de zinc seront élevées dans les sédiments.

En somme :

- on observe une différence significative au niveau de tous les facteurs testés dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.
- il y a une différence significative entre les provinces pour les facteurs suivants : type de rue, trafic, démographie, vocation des terrains (secteur d'activité) et la corrosion.
- on observe des concentrations de zinc (Zn) plus élevées dans les puits d'accès en automne.

Les concentrations sont aussi plus élevées dans les rues plus particulièrement pour les puits d'accès situés sur les accotements et sur les terrains privés, ainsi que dans les

secteurs d'activités industrielles et rurales. Il y a aussi plus de zinc dans les puits où la corrosion est élevée.

### 4.10 Accumulation des matières solides

Les matières solides de provenance locale ou lointaine ont tendance à s'accumuler à la surface des bassins versants (Marsalek, 1984). Ces accumulations sont ensuite totalement ou partiellement éliminées lors de périodes de pluie suivies de périodes de ruissellement et, sont alors acheminées vers les canalisations d'égout, les collecteurs et les puits d'accès. Les matières solides proviennent de sources diverses comme : les poussières et autres saletés, les abrasifs, l'usure des pneus et des chaussées, la corrosion de différents matériaux métalliques et du béton, les bordures de terrains, etc. (Delisle et al., 1997).

Comme les puits d'accès ne sont pas étanches et comportent une série de trous, une certaine quantité de particules est acheminée dans ces derniers. Selon plusieurs études, il est démontré que ce sont aux particules en suspension que s'attachent, par adsorption, plusieurs contaminants toxiques pour la faune et la flore aquatique dont les métaux lourds (Delisle et al., 1997). La figure 4.1 montre la distribution granulométrique des matières solides accumulées dans les puits d'accès et la figure 4.2 les quantités de solides en suspension présentes dans les échantillons d'eaux prélevés dans les puits d'accès. Le tableau 4.37 montre les statistiques descriptives de ces particules.

On observe un pourcentage élevé de sable et de particules fines dans les puits d'accès. Ceci est dû au fait que ces particules sont plus facilement transportables par le ruissellement ealors que le gravier ne peut franchir les trous des couvercles ou décantent en cours de route. Les solides en suspension de faibles diamètres sont associés aux particules les plus fines. Ces dernières sont plus élevées dans les échantillons de

surfaces car ces particules ont un taux de sédimentation faible ou presque nul (Comeau, 1997).

Étant donné que les particules fines et les sables sont entraînés majoritairement par le ruissellement, elles pénètrent dans les puits d'accès. Leur incidence sur la contamination des eaux réceptrices (eaux des puits d'accès) n'est pas négligeable puisqu'elles peuvent transporter des contaminants et peuvent perturber différents processus de transformation dans les eaux réceptrices (Marsalek, 1984). Pour ainsi dire, les puits d'accès servent en quelque sorte d'intercepteurs de contamination.

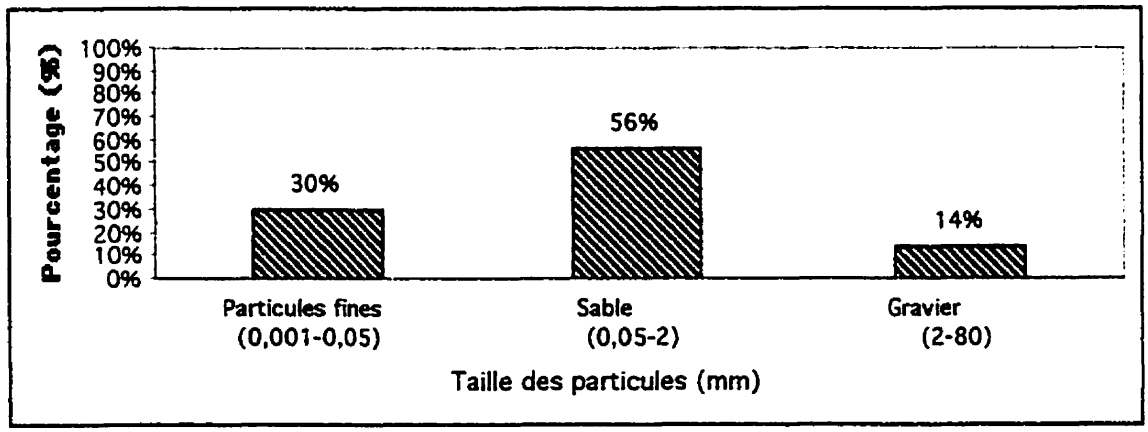



Figure 4.1 : Distribution granulométrique des particules solides accumulées dans les puits d'accès (moyenne ).

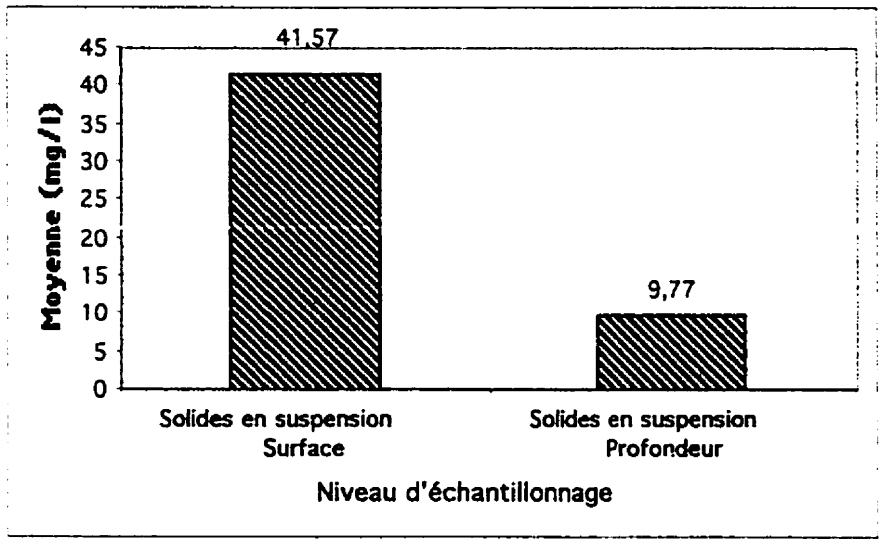



Figure 4.2 :Solides en suspension dans les échantillons d'eau prélevés dans les puits d'accès.

Tableau 4.37 : Statistiques descriptives des solides en suspension et particules contenues dans les puits d'accès.

| | N | Minimum | Moyenne | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|
| Particules fines (0,001-0,05 mm) | 143 | 3,40 | 34,0790 | 95,0 | 22,3712 |
| Sables (0,05-2 mm) | 143 | 3,0 | 56,3622 | 92,0 | 19,3309 |
| Gravier (2-30 mm) | 140 | 0 | 14,3786 | 53,0 | 11,9979 |
| Solides en suspension (Surface) | 160 | 0,50 | 35,4125 | 620,0 | 74,6974 |
| Solides en suspension (Profondeur) | 118 | 0,50 | 8,7500 | 160,0 | 17,3531 |

## 4.11 Résumé des analyses et des résultats

Le but principal de cette partie était de déterminer les facteurs les plus susceptibles d'expliquer les variations entre les différents paramètres responsables de la

contamination des puits d'accès de la compagnie Bell Canada. Suite aux analyses statistiques des données, on peut conclure que selon leur emplacement, les puits d'accès sont contaminés par différents polluants (huiles et graisses, métaux lourds, etc.) à des degrés et concentrations différentes. Une attention particulière doit être portée aux analyses qui montrent des différences significatives positives vis-à-vis tous les facteurs analysés (des " + " sont observés à tous les niveaux de comparaison). On observe des " + " à tous les niveaux de comparaison et cela, pour les 11 facteurs suivants :

- facteur présence d'eau ($m^3$) et le facteur localisation géographique
- facteur présence d'eau ($m^3$) et le facteur type de route
- facteur présence d'eau ($m^3$) et le facteur démographie
- facteur présence d'eau ($m^3$) et le facteur nombre d'ouvertures sur les couvercles
- le sodium (Na) présent dans les eaux en profondeur et le facteur localisation géographique
- le calcium (Ca) présent dans les sédiments et le facteur démographie
- le chrome (Cr) présent dans les sédiments et le facteur localisation géographique
- le chrome (Cr) présent dans les sédiments et le facteur type de route
- le chrome (Cr) présent dans les sédiments et le facteur démographie
- le chrome (Cr) présent dans les sédiments et le facteur vocation des terrains aux environs des puits d'accès
- le manganèse (Mn) présent dans les sédiments et le facteur type de route

Une attention doit donc être portée sur ces différences significatives qui identifient les facteurs les plus probables pouvant expliquer les variations entre les paramètres responsables de la contamination des puits d'accès de la compagnie Bell Canada.

Nous devions aussi vérifier si les différents contaminants présents dans les puits d'accès sont acheminés essentiellement par des phénomènes de ruissellement de surface, incluant la fonte des neiges.

Dans l'ensemble, une certaine proportion (environ 17 %) des analyses statistiques effectuées sur les différents facteurs a donné des différences significatives ($p<0,05$). Il y a plus d'effets significatifs observés au niveau des métaux présents dans les sédiments que dans les métaux présents dans les puits d'accès en eau en profondeur. Les différents facteurs testés sont directement reliés au phénomène de ruissellement entraînant une certaine quantité de contaminants au cours du lessivage des surfaces. Les eaux de ruissellement sont alors chargées en matières organiques, en sels et en certains toxiques, en particulier métalliques, contaminant les puits d'accès de la compagnie Bell Canada. La composition des eaux de ruissellements et son évolution temporelle varient donc en fonction le l'importance des précipitations et du volume d'eau de fonte pour la neige et, de l'emplacement des puits d'accès.

De même, sous devions déterminer si les différents contaminants présents dans les puits d'accès sont également acheminés par la détérioration des équipements de la compagnie Bell Canada.

Les facteurs les plus susceptibles d'influencer la contamination des eaux et des sédiments des puits d'accès sont les équipements dans les puits (câbles, boîtiers, supports, etc.) qui sont composés essentiellement de fer, de plomb et de zinc. La dégradation des équipements contenus dans les puits d'accès ainsi que la corrosion de ces mêmes équipements sont susceptibles de faire augmenter les concentrations de fer, de plomb et de zinc dans l'eau et les sédiments. Certains tests ont démontré des différences significatives pour le fer, le plomb et le zinc contenus dans les sédiments. Cependant, aucun effet significatif n'a été observé pour ces métaux contenus dans les eaux en profondeur sauf pour le zinc, ce dernier étant le premier à se détacher des supports en acier galvanisé. Les matières solides en suspension dans l'eau ainsi que les plus grosses particules acheminées par le ruissellement de surface peuvent se déposer au fond des puits pour former des sédiments. Les différents contaminants comme le fer,

le plomb et le zinc venant des équipements peuvent se fixer aux sédiments par absorption et augmenter ainsi les concentrations de contaminants des puits d'accès (Delisle et al., 1997).

Finalement, il fallait démontrer si des différences notables existent entre les provinces de Québec et de l'Ontario au niveau des résultats obtenus.

Dans l'ensemble, 26 % des analyses statistiques effectuées entre les provinces ont donné des différences significatives ($p<0,05$). Il y a plus de différences significatives pour les analyses statistiques effectuées sur la présence d'eau que sur la présence de sédiments et de corrosion. Il y a plus de différences entre les provinces au niveau des métaux présents dans les sédiments que dans les métaux présents dans les puits d'accès en eau de profondeur. On peut noter aussi que les concentrations moyennes de la province de Québec sont généralement plus élevées que celles de l'Ontario. Ces différences peuvent provenir des différents types de sites échantillonnés ainsi que leur degré d'urbanisation.

Bien sur, cette étude n'est qu'une partie des analyses possibles cela est dû principalement au nombre très élevé de données brutes disponibles. Les tests statistiques employés pour vérifier la présence de différences significatives sont relativement peu élevés par rapport au nombre d'analyses statistiques disponibles pour vérifier s'il existe des différences entre les données brutes.

# CHAPITRE 5
# COMPARAISON DES DONNÉES ENTRE ELLES, AVEC LA LITTÉRATURES ET AVEC LES NORMES

## 5.1 COMPARAISON DES DONNÉES ENTRE ELLES

Les différentes comparaisons ont été effectuées entre les valeurs des trois niveaux de prélèvements lors de l'échantillonnage soit entre les eaux de surface, les eaux en profondeur dans la colonne d'eau et les sédiments. Les différents paramètres considérés sont les huiles et graisses minérales et totales, les solides en suspension ainsi que 22 métaux (concentrations totales). Les analyses statistiques telles que la moyenne, le minimum, le maximum et l'écart-type ont été réalisées à l'aide des logiciels *Microsoft Excel 98* ® et *Statistica 97* ® (version 5). Les tableaux en annexe 3 exposent ces statistiques descriptives pour les 25 paramètres physico-chimiques analysés dans les eaux et les sédiments des puits d'accès échantillonnés.

### 5.1.1 Eau de surface

Le sommaire, c'est-à-dire la moyenne, le minimum, le maximum et l'écart-type pour toutes les données (Québec et Ontario), des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de surface est présenté au tableau de l'annexe 3.

En comparant les données de tous les tableaux (toutes provinces et villes confondues) pour les eaux de surface, on observe un écart important au niveau de la concentration moyenne pour 8 des 25 paramètres analysés, soit : solides en suspension, calcium, fer, magnésium, plomb, potassium, sodium et zinc.

Les figures 5.1 à 5.8 illustrent ces différences de moyennes. Pour les autres paramètres, il n'y a pas d'écart important entre les moyennes des différentes villes et

agglomérations. Concernant les solides en suspension, le fer, le plomb, le potassium, le sodium et le zinc, on observe des concentrations nettement plus élevées pour les puits situés dans la ville de Québec et ses environs. Ces resultats peuvent être jugés plus ou moins représentatifs considérant le nombre d'échantillons peu élevé.

Pour ce qui est du calcium, on remarque que les valeurs moyennes sont plus élevées en Ontario surtout pour la ville de Toronto. Finalement, on observe des concentrations moyennes de magnésium inférieures pour les régions autres, au Québec et en Ontario et, pour la ville de Québec.

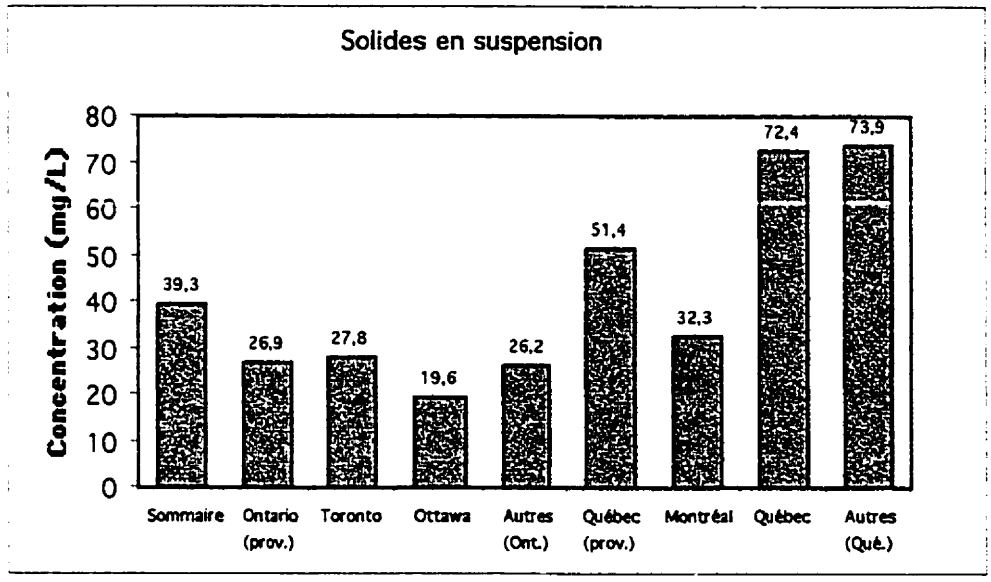



Figure 5.1: Comparaison des moyennes des solides en suspension présents dans l'eau de surface des puits d'accès.

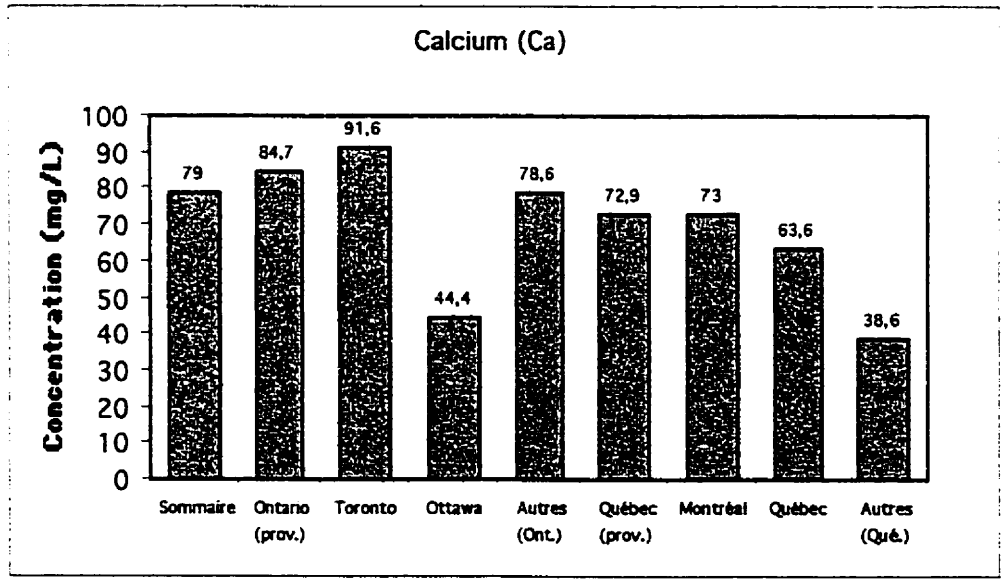



Figure 5.2: Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

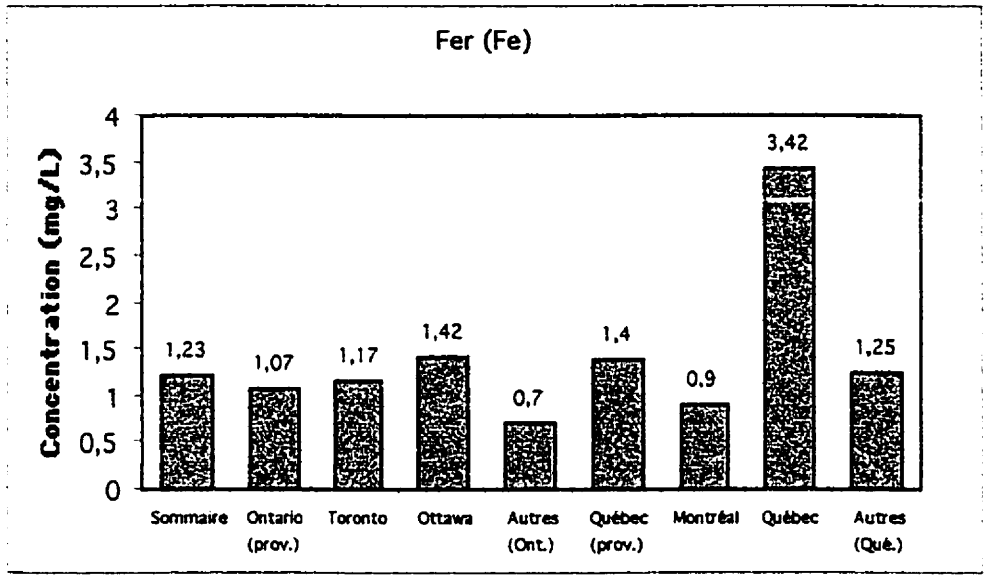



Figure 5.3: Comparaison des moyennes du fer (Fe) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

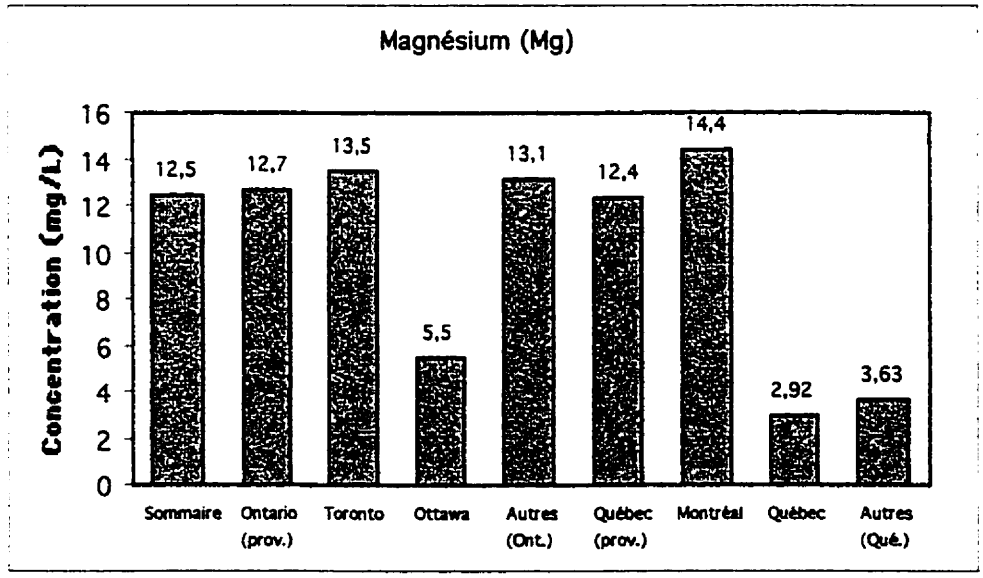



Figure5.4: Comparaison des moyennes du magnésium (Mg) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

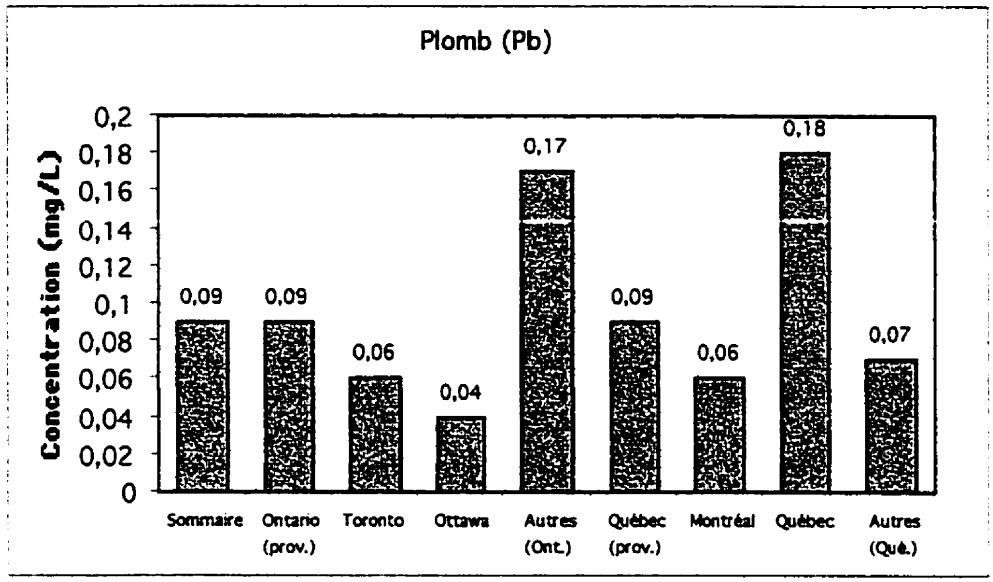



Figure 5.5: Comparaison des moyennes du plomb (Pb) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

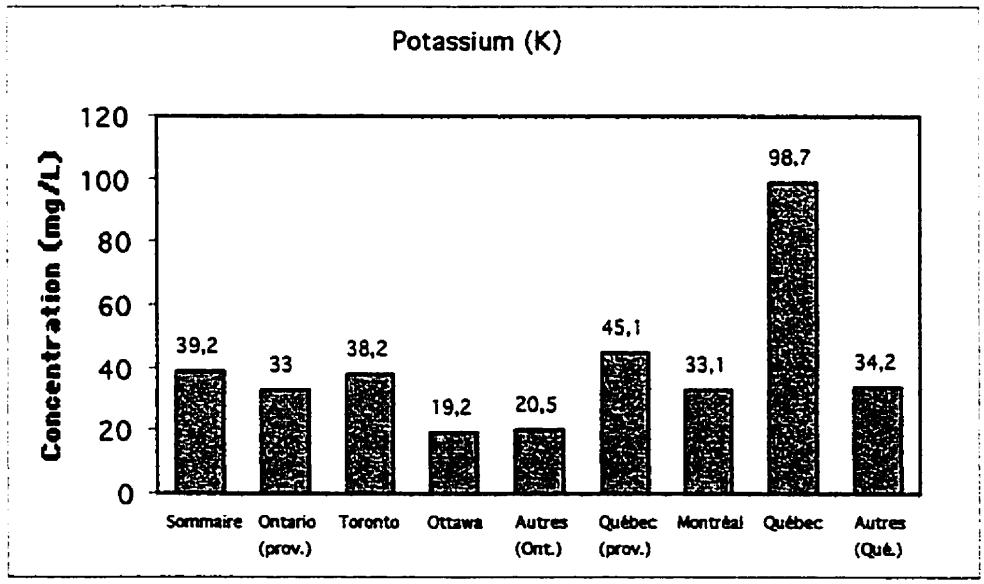



Figure 5.6: Comparaison des moyennes du potassium (K) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

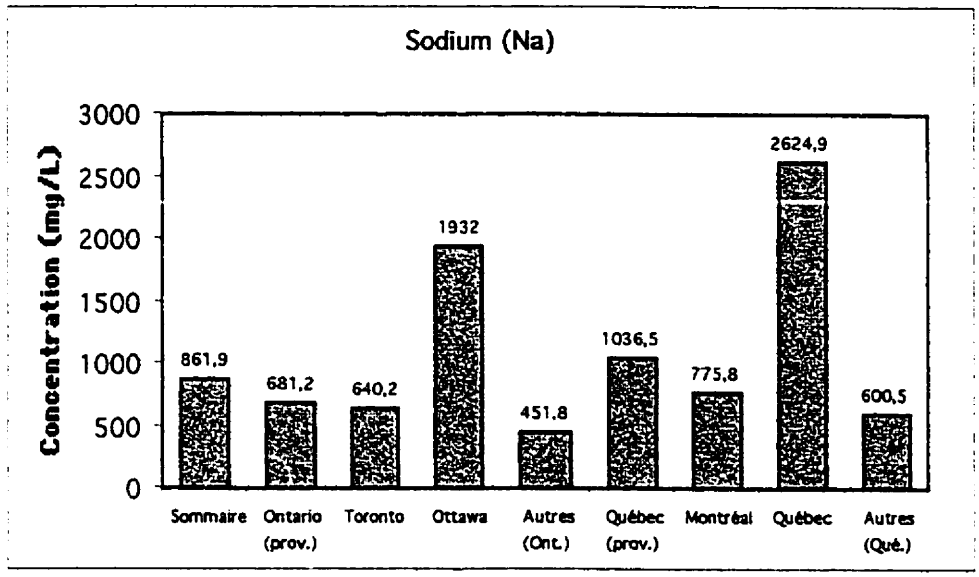



Figure 5.7: Comparaison des moyennes du sodium (Na) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

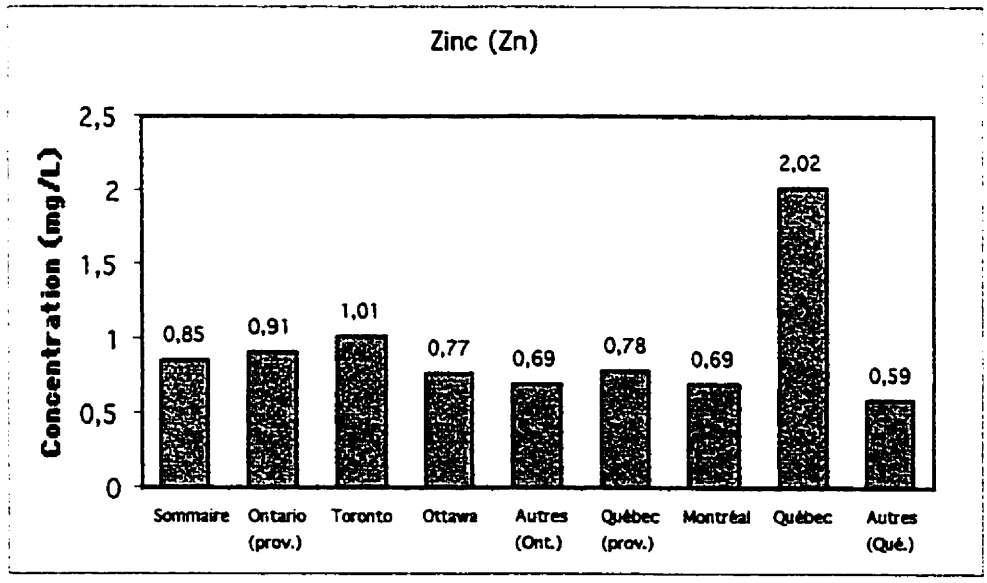



Figure 5.8: Comparaison des moyennes du zinc (Zn) présent dans l'eau de surface des puits d'accès.

### 5.1.2 Eau en profondeur dans la colonne d'eau

Un sommaire des caractéristiques physico-chimiques de l'eau située en profondeur dans la colonne d'eau, c'est-à-dire à l'interface avec les sédiments, dans les puits d'accès est présenté en annexe 3.

Selon les données de tous les tableaux illustrés pour les eaux en profondeur dans la colonne d'eau, on observe un écart important au niveau de la concentration moyenne pour 7 des 25 paramètres analysés soit : solides en suspension, calcium, fer, magnésium, potassium, sodium et zinc. Les figures 5.9 à 5.15 illustrent ces différences de moyennes. Pour les autres paramètres, il n'y a pas de différences notables entre les moyennes des valeurs présentées. En ce qui concerne les solides en suspension, le fer, le potassium, le sodium et le zinc, on observe des concentrations moyennes nettement plus élevées pour les puits d'accès situés dans la ville de Québec et son agglomération. Pour ce qui est du calcium, on remarque que les valeurs moyennes sont plus élevées dans la province de l'Ontario et concernant le magnésium, on note que les valeurs moyennes sont plus élevées pour la province de Québec.

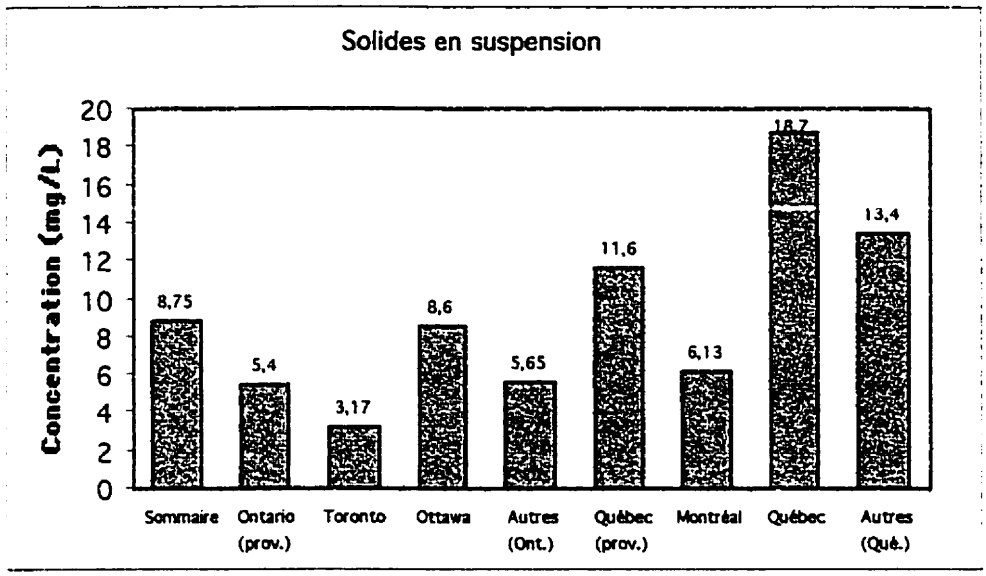



Figure 5.9: Comparaison des moyennes des solides en suspension présents dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

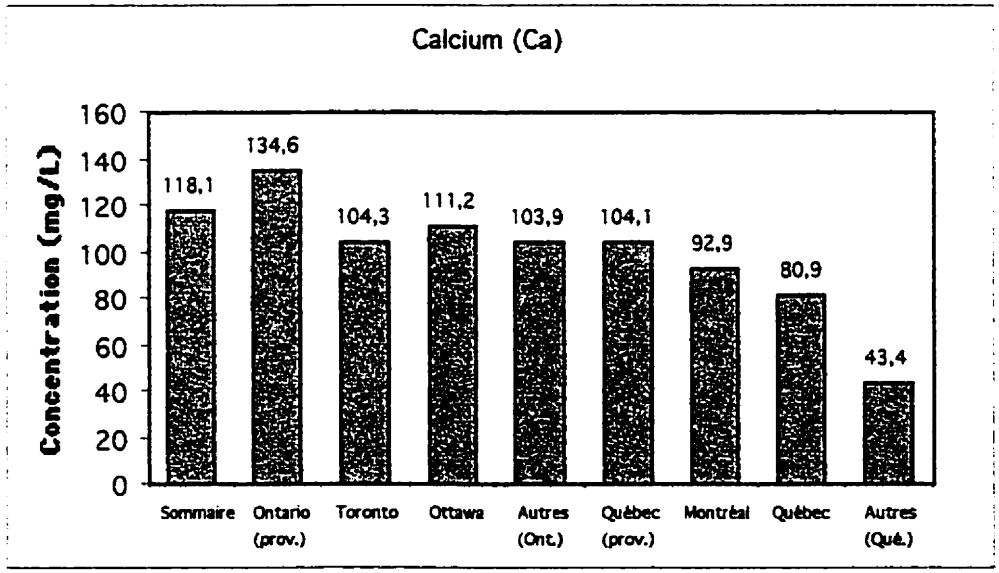



Figure 5.10: Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

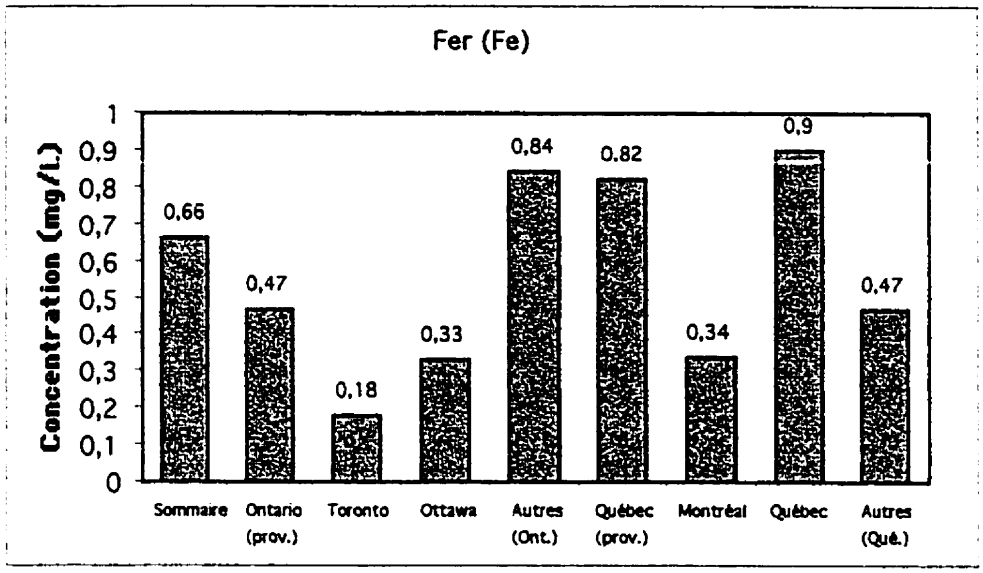



Figure 5.11: Comparaison des moyennes du fer (Fe) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

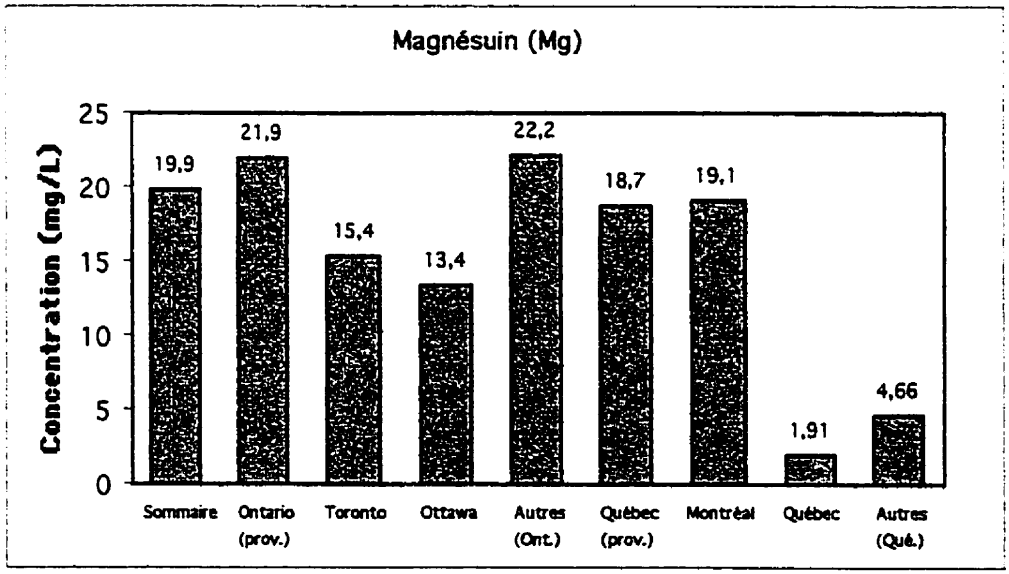



Figure 5.12: Comparaison des moyennes du magnésium (Mg) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

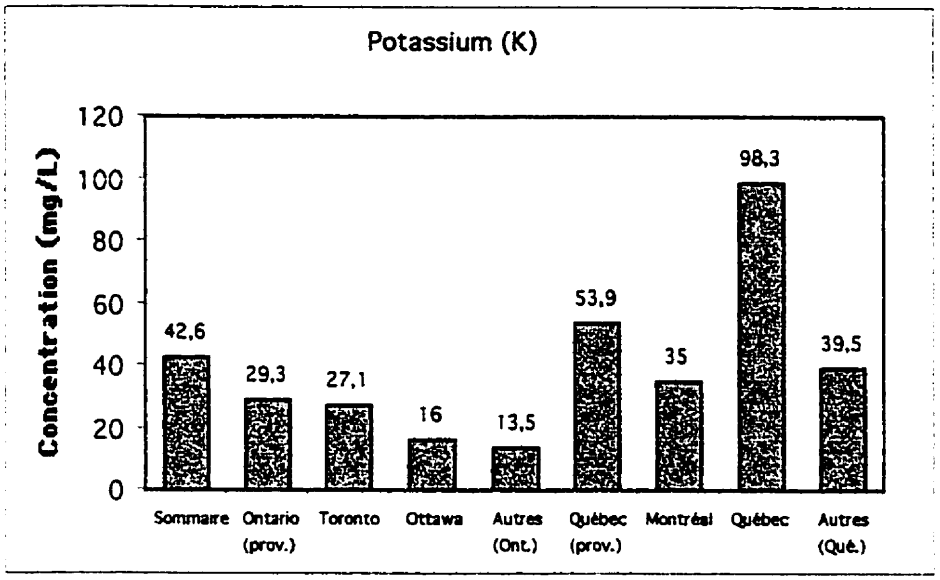



Figure 5.13: Comparaison des moyennes du potassium (K) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

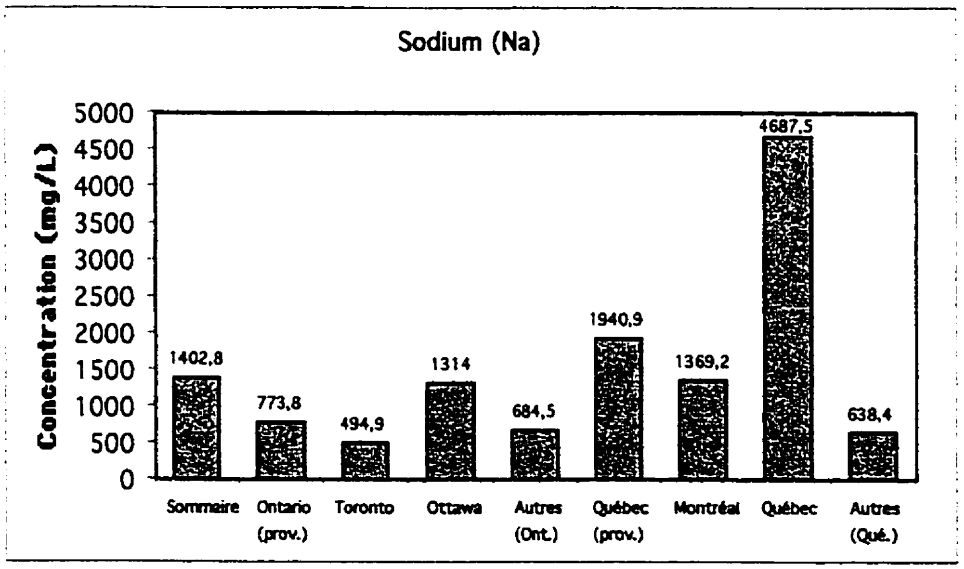



Figure 5.14 : Comparaison des moyennes du sodium (Na) présent dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

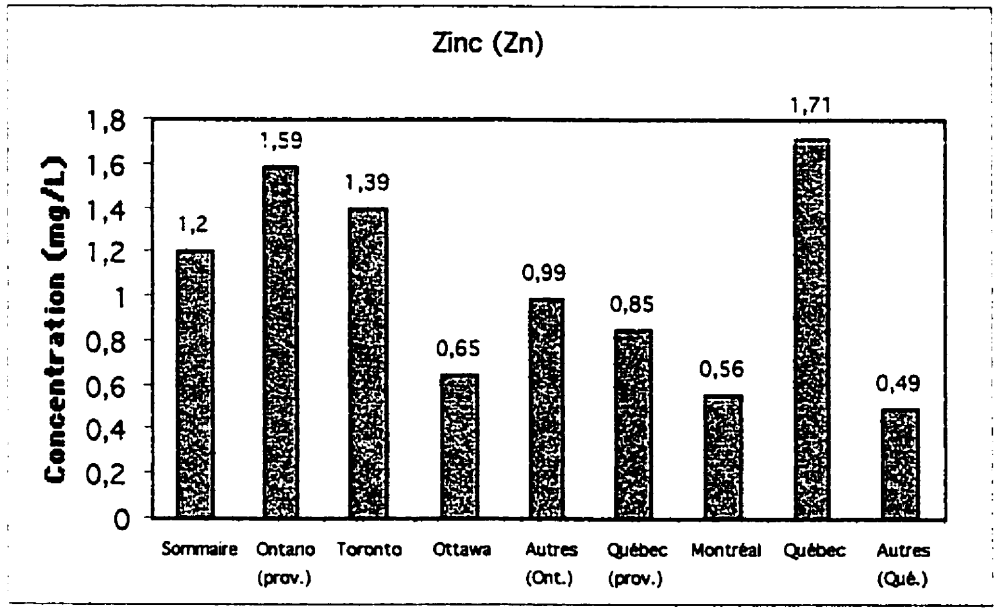



Figure 5.15: Comparaison des moyennes du zinc (Zn) présent dans l'eau en profondeurdans la colonne d'eau dans les puits d'accès.

### 5.1.3 Sédiments

Un sommaire des caractéristiques physico-chimiques des sédiments trouvés dans les puits d'accès de Bell Canada est présenté en annexe 3.

En ce qui concerne les sédiments, on observe que les concentrations sont plus élevées que pour les eaux et l'on peut noter plus de différences. Ce fait est causé par le phénomène d'adsorption engendrant un attachement de plusieurs contaminants (huiles et graisses, métaux lourds, etc.) aux particules et matières en suspension (MES), ainsi que par la décantation de ces particules en suspension qui se déposent au fond des puits. En comparant les données de tous les tableaux illustrés pour les sédiments , on observe un écart important de la concentration moyenne des paramètres pour 14 des 24

paramètres analysés, soit : huiles et graisses minérales et totales, aluminium, calcium, cuivre, étain, fer, magnésium, nickel, phosphore, plomb, potassium, sodium et zinc. Les figures 5.16 à 5.28 illustrent ces différences de moyennes. Certains autres paramètres montrent des différences mais ces dernières sont moins importantes soit : baryum, bore, chrome, cobalt, manganèse, molybdène et le vanadium. Pour les autres paramètres, il n'y a pas de différences notables entre les moyennes des valeurs présentées.

En ce qui concerne le cuivre, le fer, le nickel, le phosphore et le plomb, on observe des concentrations moyennes nettement plus élevées pour les puits situés dans la ville de Montréal et son agglomération. On note aussi des concentrations moyennes élevées dans la région d'Ottawa notamment pour les huiles et graisses minérales et totales, le calcium, le potassium et le sodium. Pour ce qui est du magnésium, on note que les moyennes sont plus élevées dans la province de l'Ontario et à propos du zinc, on note que les valeurs moyennes sont plus élevées pour les villes dans les régions autres en Ontario. Il en est de même pour l'étain qui montre des concentrations moyennes élevées dans les régions autres en Ontario et à Montréal et, une moyenne relativement faible pour la région d'Ottawa.

En somme, les paramètres montrant le plus de différences de concentrations entre les différentes provinces, villes et agglomérations sont : l'aluminium, le calcium, le cuivre, l'étain, le fer, le magnésium, le nickel, le phosphore, le plomb, le potassium le sodium, le zinc, les solides en suspension et les huiles et graisses minérales et totales. Ces paramètres représentent 14 des 25 paramètres analysés lors de cette étude (eaux et sédiments).

Concernant les eaux de surface et en profondeur dans la colonne d'eau, on observe un nombre d'écarts importants plus élevées au niveau des concentrations moyennes pour la ville de Québec. Concernant les sédiments, les moyennes de concentrations les plus

élevées sont assez bien réparties entre les différentes provinces, villes et leurs agglomérations.

Comme les différentes concentrations moyennes peuvent être influencées par plusieurs facteurs notamment la saison de l'échantillonnage, les précipitations, la topographie des emplacements des puits, les environs des puits d'accès, la démographie, la géographie, etc., il peut être difficile de comparer ces concentrations moyennes et interpréter adéquatement les résultats.

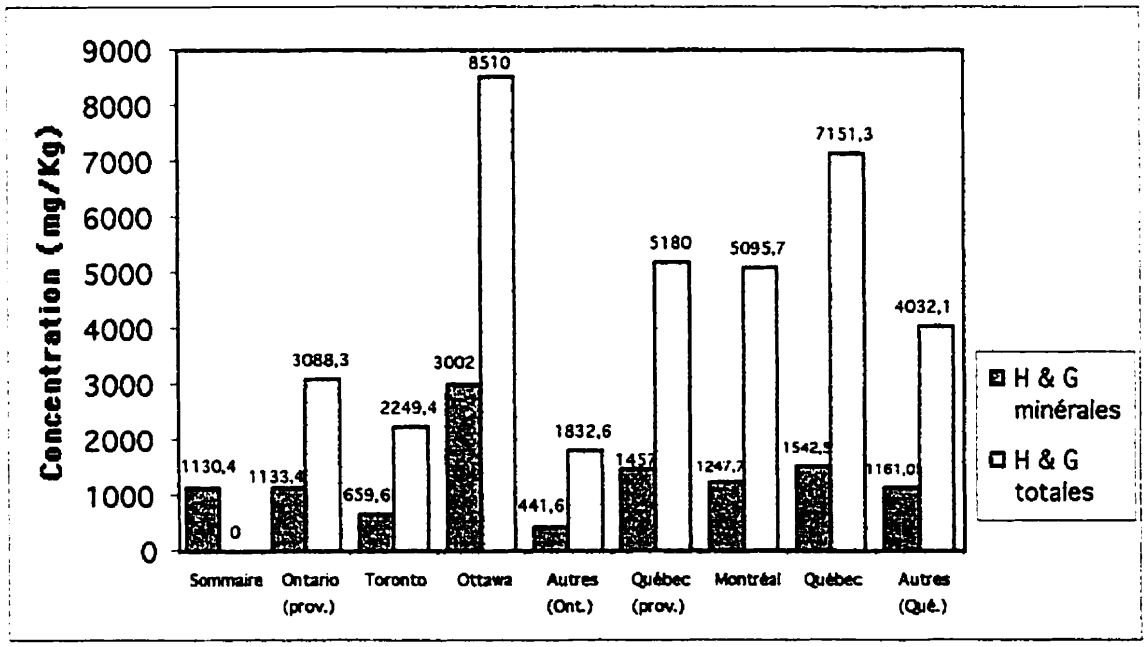



Figure 5.16: Comparaison des moyennes des huiles et graisses minérales et totales présentes dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

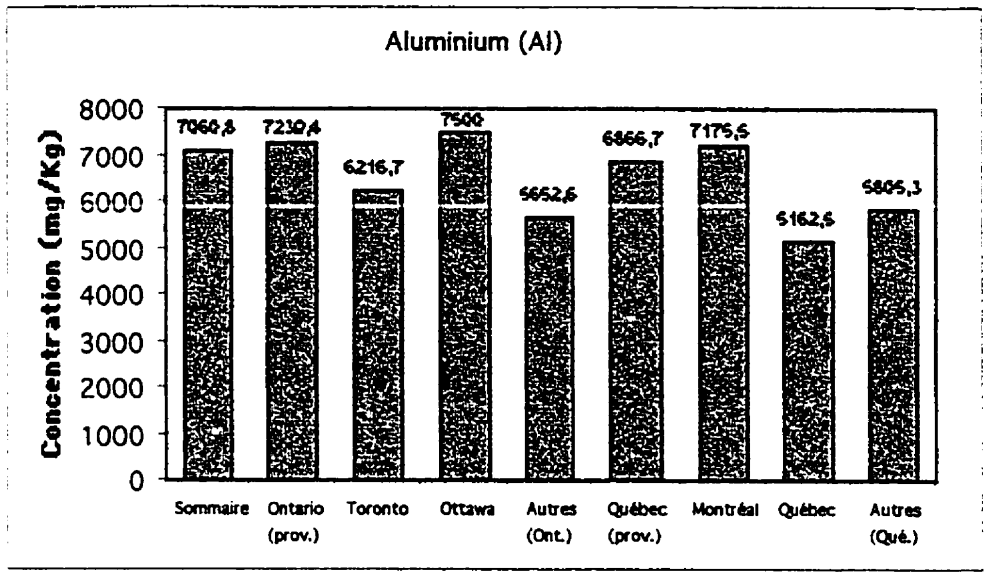



Figure 5.17: Comparaison des moyennes de l'aluminium (Al) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

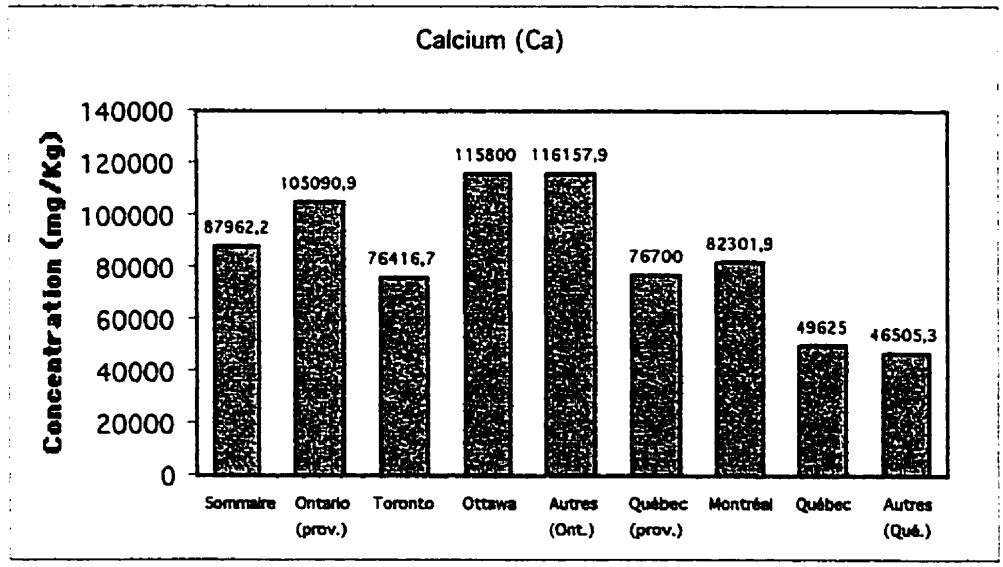



Figure 5.18: Comparaison des moyennes du calcium (Ca) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

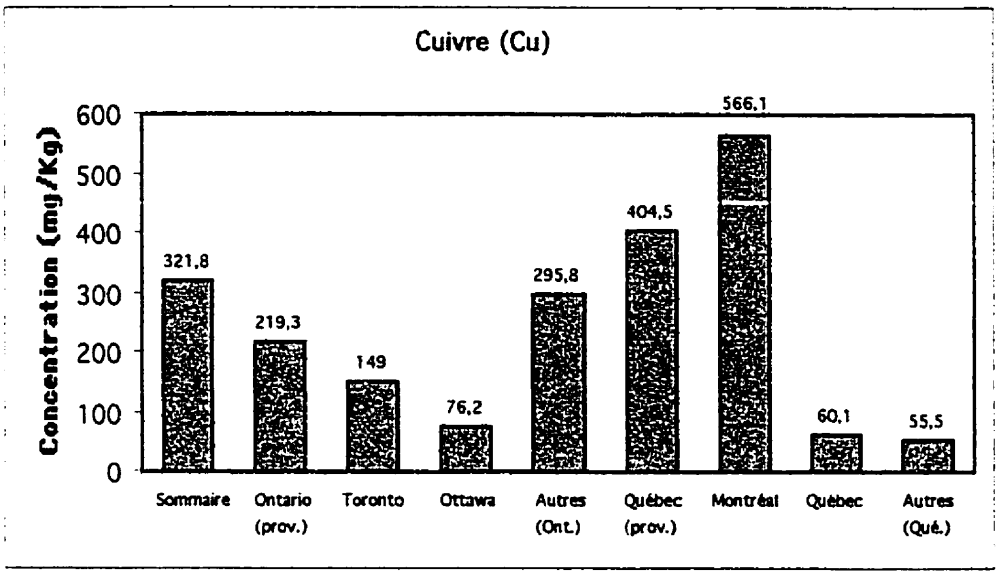



Figure 5.19: Comparaison des moyennes du cuivre (Cu) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

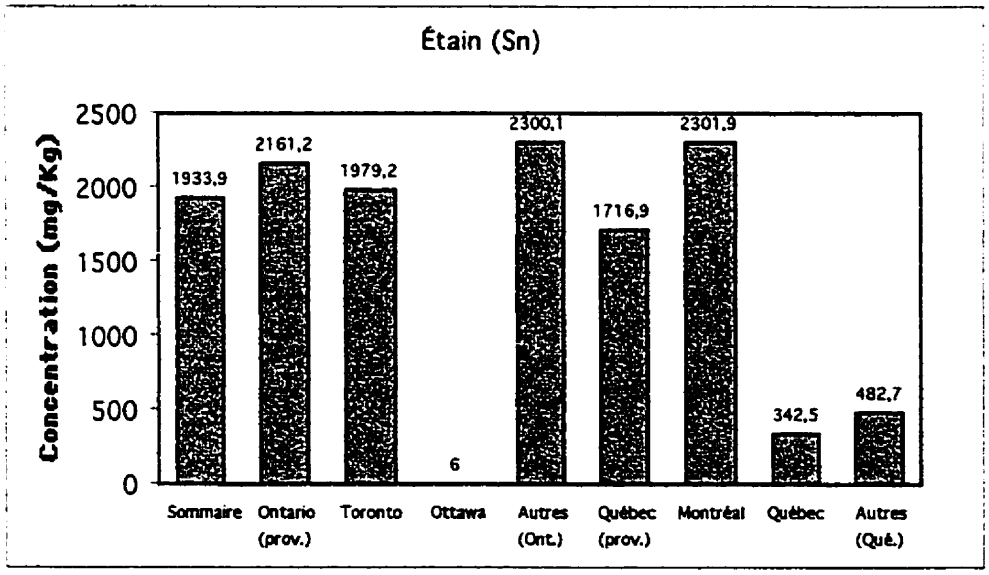



Figure 5.20: Comparaison des moyennes de l'étain (Sn) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

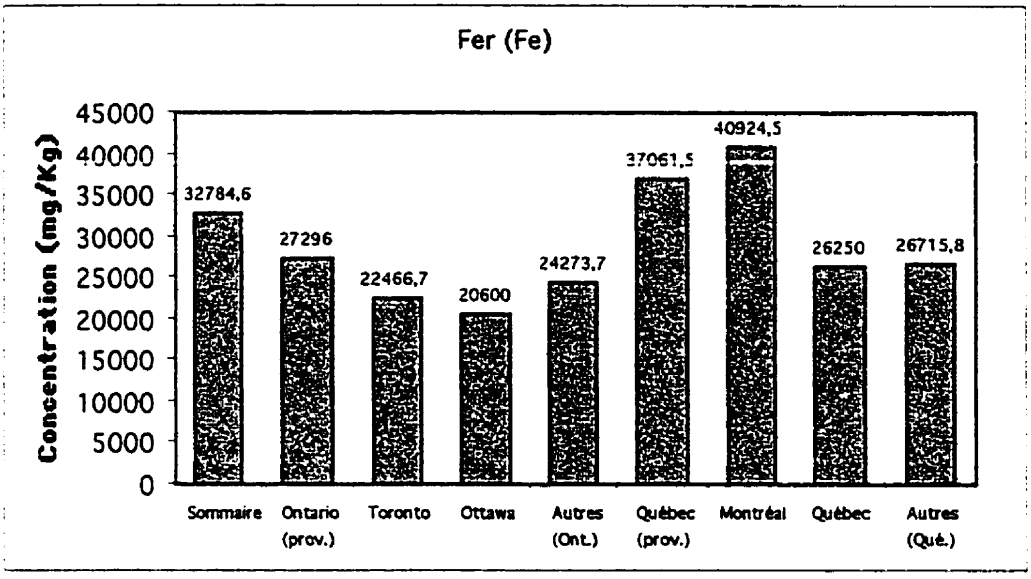



Figure 5.21: Comparaison des moyennes de fer (Fe) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

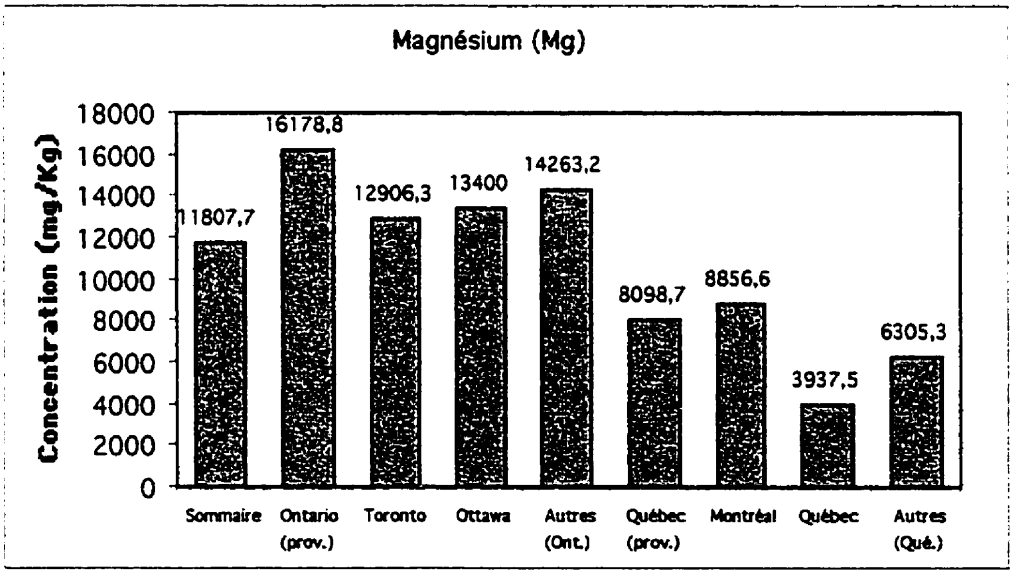



Figure 5.22: Comparaison des moyennes de magnésium (Mg) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

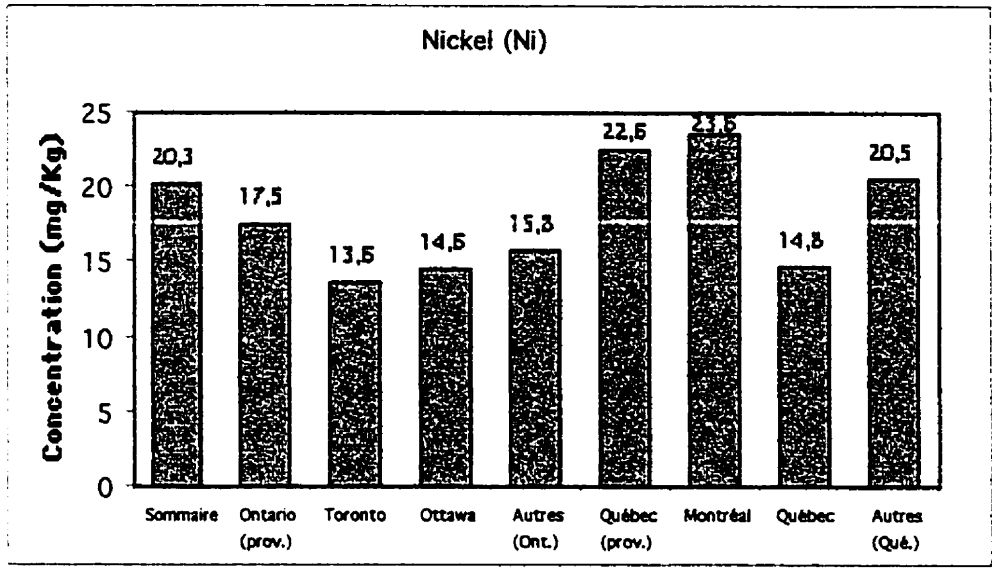



Figure 5.23: Comparaison des moyennes de nickel (Ni) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

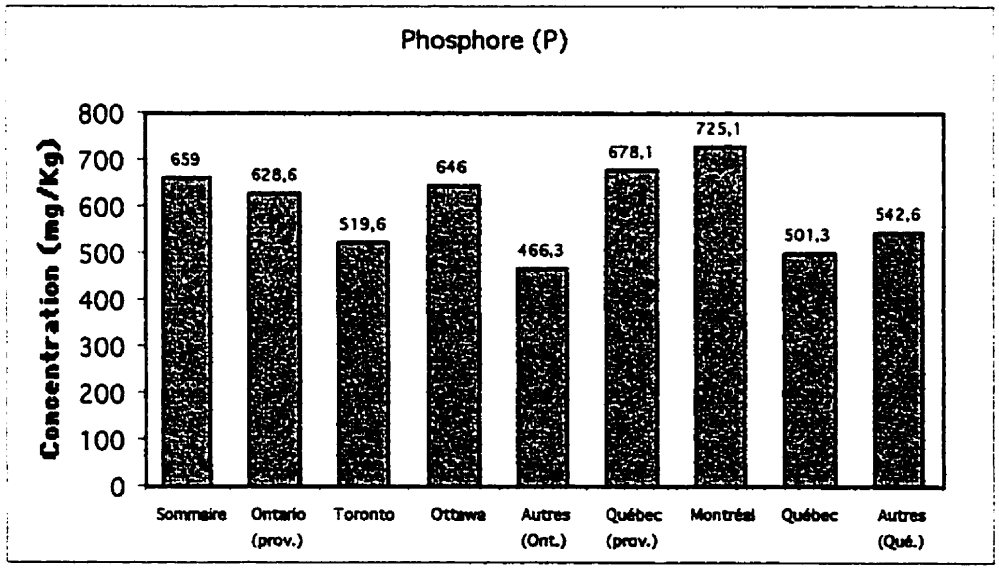



Figure 5.24: Comparaison des moyennes de phosphore (P) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

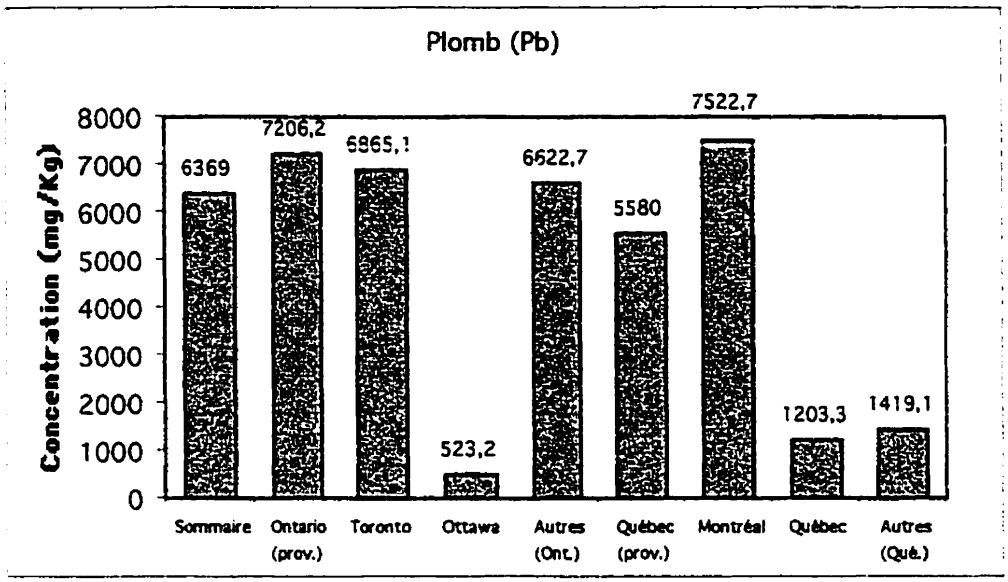



Figure 5.25: Comparaison des moyennes de plomb (Pb) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

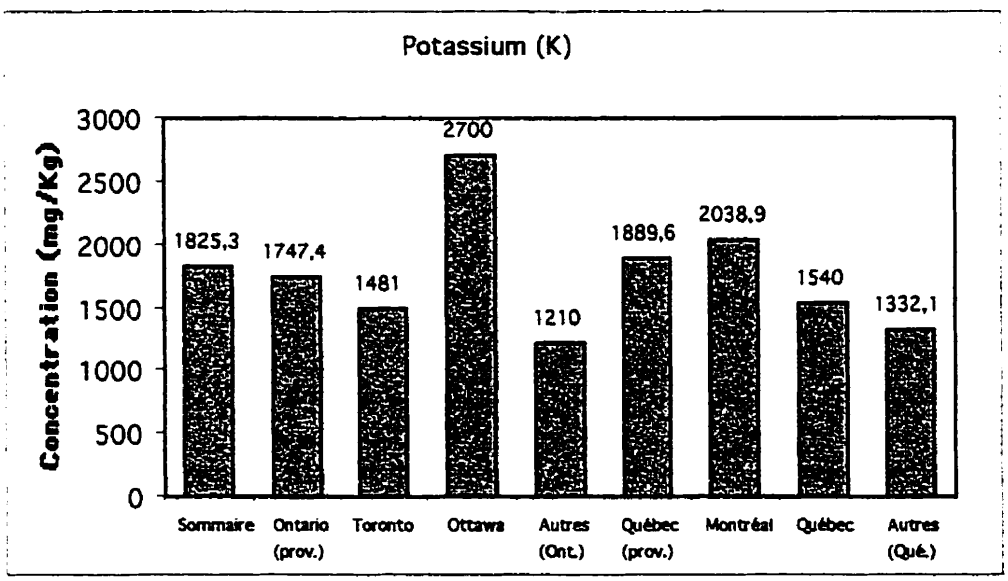



Figure 5.26: Comparaison des moyennes de potassium (K) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

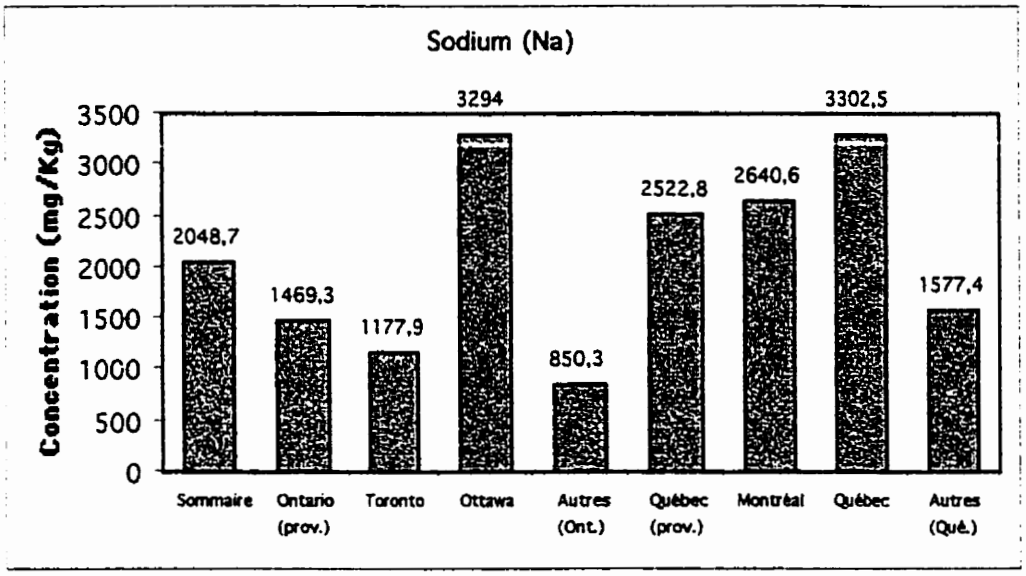



Figure 5.27: Comparaison des moyennes de sodium (Na) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

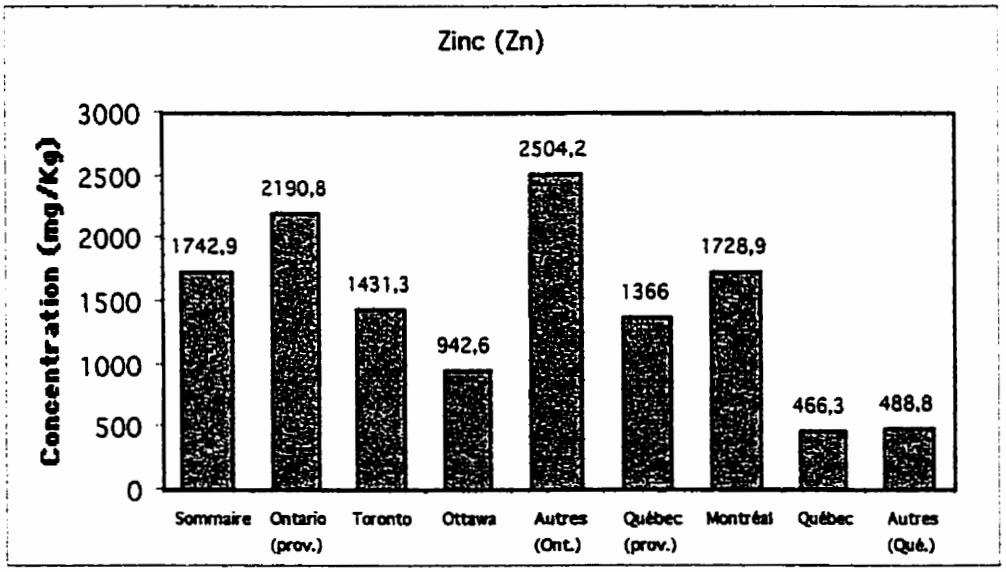



Figure 5.28: Comparaison des moyennes de zinc (Zn) présent dans les sédiments contenus dans les puits d'accès.

## 5.2 Comparaison des données avec la littérature scientifique

Dans la littérature scientifique existante, plusieurs études traitent des problèmes de la contamination par les eaux de ruissellement provenant de différents endroits et emplacements. La revue de la littérature a établi un éventail de ces différentes études. Le tableau 5.1 illustre des résultats trouvés pour différents paramètres dans les eaux.

Tableau 5.1 : Moyennes de certains paramètres analysés par différents auteurs et études.

| Paramètres | U | Sartor et Boyd, 1972 | Simpson et Kemp, 1982 (site commercial) | U.S. EPA, 1983 | Delisle et Leduc, 1987 (site commercial) | Delisle et Leduc, 1987 (site résidentiel) | Marsalek, 1991 (Sault Ste-Marie) | Bannerman et al., 1993 | Lara-Cazenave et al., 1994 | Torno et al., 1994 (Lac Ontario) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium (Al) | mg/L | | | | | | | | | 1,2-2,5 |
| Argent (Ag) | mg/L | | | | | | | | | 0,002-0,005 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | | | | | | 0,006 | 0,004 | 0,001 | 0,001-0,024 |
| Calcium (Ca) | mg/L | | | | 39,9 | 36,9 | | | | |
| Chrome (Cr) | mg/L | 0,093 | 0,070 | | 0,010 | 0,040 | | | | 0,009-0,025 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 0,200 | 0,155 | 0,033 | | | 0,070 | 0,016 | 0,009 | 0,045-0,460 |
| Fer (Fe) | mg/L | | 15,68 | | 5,2 | 4,4 | | | | 2,7-7,2 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | | 0,350 | | | | | | | 0,120-0,170 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 0,054 | | | | | 0,023 | | | 0,009-0,016 |
| Phosphore (P) | mg/L | | | 0,330 | | | | | | 0,300-0,700 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 0,530 | 1,05 | 0,144 | 0,280 | 0,190 | 0,097 | 0,032 | 0,004 | 0,038-0,055 |
| Sodium (Na) | mg/L | | | | 9,3 | 6,5 | | | | |
| Zinc (Zn) | mg/L | 0,760 | 2,565 | 0,135 | | | 0,274 | 0,203 | 0,071 | 0,140-0,260 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | | | | 10,3 | | | | | |
| Solides en suspension | mg/L | | | 100,0 | 128,3 | 122,3 | | | | 87-188 |

Les données utilisées pour fins de comparaison lors dans cette section se limitent aux eaux de surface et de ruissellement, et aux paramètres analysés et disponibles dans les différentes études recensées. Les données de la littérature seront donc comparées au sommaire des différents résultats de la campagne d'échantillonnage de la compagnie Bell Canada ainsi qu'aux valeurs des provinces de Québec et de l'Ontario (voir tableaux en annexe 3).Un résumé des concentrations moyennes de ces tableaux (en fonction des valeurs disponibles dans la littérature) est illustré au tableau 5.2.

Tableau 5.2: Résumé des concentrations moyennes pour les eaux de surface et en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de Bell Canada.

| | | Eau de surface | | | Eau en profondeur dans la colonne d'eau | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Paramètres | U | Sommaire | Ontario | Québec | Sommaire | Ontario | Québec |
| Aluminium (Al) | mg/L | 0,5042 | 0,3630 | 0,6479 | 0,2 | 0,1161 | 0,2746 |
| Argent (Ag) | mg/L | 0,0399 | 0,0734 | 0,0050 | 0,0053 | 0,0055 | 0,0051 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 0,0026 | 0,0027 | 0,0025 | 0,0028 | 0,0031 | 0,0025 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 78,9855 | 84,7261 | 72,8720 | 118,0933 | 134,6073 | 104,0794 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 0,0117 | 0,0107 | 0,0128 | 0,0102 | 0,01 | 0,0103 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 0,0224 | 0,0199 | 0,0249 | 0,0135 | 0,0117 | 0,015 |
| Fer (Fe) | mg/L | 1,2336 | 1,0654 | 1,3956 | 0,6579 | 0,4654 | 0,8197 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 0,0637 | 0,0674 | 0,0591 | 0,0833 | 0,1057 | 0,0620 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 0,0107 | 0,0105 | 0,0108 | 0,110 | 0,0107 | 0,0113 |
| Phosphore (P) | mg/L | 0,2441 | 0,2473 | 0,2101 | 0,1767 | 0,1750 | 0,1770 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 0,0907 | 0,0941 | 0,0862 | 0,0386 | 0,0364 | 0,0402 |
| Sodium (Na) | mg/L | 861,8706 | 681,1643 | 1036,4789 | 1402,7983 | 29,2912 | 53,8952 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 0,8489 | 0,9114 | 0,07808 | 1,1997 | 1,5851 | 0,8539 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 0,4273 | 0,3669 | 0,4806 | 0,1975 | 0,1348 | 0,2508 |
| Solides en suspension | mg/L | 39,2917 | 26,8767 | 51,3611 | 8,75 | 5,4018 | 11,6190 |

En comparant les données de la campagne d'échantillonnage de Bell Canada et les valeurs disponibles dans la littérature, on observe que les concentrations moyennes de trois paramètres de la campagne sont nettement inférieures aux valeurs présentées dans la littérature soit : le fer, les huiles et graisses totales et les solides en suspension. Les

concentrations moyennes d'aluminium, de cadmium, de chrome, de cuivre, de manganèse, de nickel et de phosphore sont également plus faibles que les données des différentes études. On remarque que les concentrations d'argent, de plomb et de zinc se situent environ dans la même plage de concentration que lcelles de différents auteurs. Ces valeurs sont plus on moins similaires.

Par contre, on remarque que les concentrations de calcium et de sodium sont nettement supérieures aux valeurs provenant des différentes études. Cette situation peut s'expliquer par les différences d'échantillonnage des études dans le temps et dans l'espace. Par exemple, le calcium est souvent employé sous forme de $CaCl_2$ qui est utilisé en saison froide sur les routes. Les endroits, les fréquences et le choix des matériaux d'épandage varient selon le type d'événements météorologiques selon la température ainsi que la qualité des abrasifs et du $CaCl_2$ disponibles. Pour que les données puissent être comparées, les municipalités devraient appliquer toutes les mêmes politiques d'épandage aux mêmes conditions météorologiques (Delisle et *al.*,1997).

Les données de la littérature (disponibles pour les sédiments) (tableau 5.3) seront donc aussi comparées au sommaire des concentrations des sédiments des différents résultats de la campagne d'échantillonnage ainsi qu'aux valeurs des provinces de Québec et de l'Ontario (voir tableaux en annexe 3). Un résumé des concentrations moyennes de ces tableaux est illustré au tableau 5.4.

Tableau 5.3 : Moyennes de certains paramètres analysés dans les sédiments par différents auteurs et études.

| Paramètres | U | Legret et al., 1995 (Sédiments) | Hamilton et al., 1984 (Poussière autoroutes) | Nightingale, 1987 (Sédiments) | Yousef et al., 1990) (Sédiments) | Lebreton et Thevenot, 1992 (Aérosols routiers) | Flores-Rodriguez, 1994) (Sédiments) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 48,5 | - | - | - | - | - |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 2,83 | 3,1 | - | 1-28 | 26,6 | 4-24 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 103,3 | - | - | - | - | - |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 197,3 | 237 | 7,7-39 | 4-73 | - | - |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 39,3 | - | - | - | - | - |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 806 | 2346 | 130-1400 | 30-1025 | 4800 | 460-3600 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 1890 | 527 | - | 22-538 | 2300 | 203-2195 |

Tableau 5.4: Résumé des concentrations moyennes pour les sédiments contenus dans les puits d'accès de Bell Canada.

| Paramètres | U | Sommaire | Ontario | Québec |
|---|---|---|---|---|
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 7060,8 | 7239,4 | 6866,7 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 1,69 | 1,85 | 1,52 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 30,58 | 26,08 | 34,66 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 321,8 | 219,3 | 404,5 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 20,35 | 17,48 | 22,6 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 6590,2 | 7206,2 | 5581,0 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 1742,94 | 2190,8 | 1366,0 |

En faisant la comparaison des données disponibles dans la littérature sur les sédiments avec les résultats de la campagne d'échantillonnage de Bell Canada, on observe que les valeurs du cadmium et du chrome résultant de la campagne sont inférieures aux valeurs retrouvées dans la littérature. On remarque les concentrations du nickel se situent environ dans la même plage de données que les résultats venant des différentes études. Concernant l'aluminium, le cuivre, le plomb et le zinc, on observe des valeurs généralement plus élevées que les données disponibles dans la littérature. Il est important de souligner que ces différences sont beaucoup moins importantes que les

résultats obtenus pour les eaux de ruissellement à cause des endroits et conditions d'échantillonnages qui sont très différents. De même, comme les sédiments sont dans les puits depuis un certain temps, il est normal que les concentrations de certains métaux soient plus élevées que les résultats dans la littérature à cause des phénomènes de bioaccumulation et adsorption sur les particules en suspension, d'accumulation, de décantation, etc. Les contaminants sont donc concentrés au fond des puits d'accès.

### 5.3 Comparaison des données avec les normes et critères en vigueurs

Les effluents des différents égouts parcourent parfois un long chemin avant d'arriver à leur destination finale, les ruisseaux, rivières et fleuves (égouts pluviaux), et la station d'épuration (égouts sanitaires). Ces eaux, parfois chargées de différentes particules et débris (formant des sédiments), sont susceptibles d'être chargées de différentes concentrations de contaminants et, peuvent voir ces concentrations augmenter en cours de route. Les différents gouvernements en collaboration avec les municipalités ont donc établi différents règlements, normes, seuils et critères à respecter pour les rejets aux égouts dans le but de protéger à la fois leur station d'épuration et l'environnement.

#### 5.3.1 Normes générales

Selon les ministères et les municipalités, une série de normes, concentrations, seuils à suivre et à respecter par les responsables des sources de contaminants ( ex : compagnies avec rejets industriels) pour les rejets aux égouts ainsi que pour les sédiments des terrains contaminés ont été établis. Ces concentrations permettent la protection de l'environnement tout en limitant les rejets de contaminants (huiles et graisses, métaux lourds, etc.) dans les égouts. Ces normes et règlements seront utilisés dans cette section pour fin de comparaison avec les résultats de la campagne d'échantillonnage de Bell

Canada. On pourra alors estimer le degré de contamination des eaux et sédiments contenus dans les puits d'accès.

Les normes de rejets apparaissant dans les différents règlements sont généralement basées sur l'application des technologies d'assainissement usuelles. Elles constituent un niveau de protection de base en assurant une réduction inconditionnelle des rejets de contaminants. Les milieux aquatiques récepteurs présentent cependant des vulnérabilités très variées en fonction des usages et des conditions hydrodynamiques. Le respect des critères de qualité (objectifs de rejets établis par les différents ministères) peut donc exiger aux responsables des sources de contaminants des objectifs de rejets plus limitants que les normes prévues par l'approche technologique.

Les règlements et programmes d'assainissement des eaux établis par les différentes municipalités visent donc à réduire à un niveau acceptable, les contaminants venant de leur territoire, des eaux usées et pluviales de sources domestiques et industrielles avant leur rejet dans l'effluent. La comparaison des concentrations des eaux de ruissellement pluviales, avec les normes à respecter, devient alors de niveau plus indicatif car ces eaux ont souvent des concentrations de contaminants (avant le ruissellement) plus élevées que les normes pluviales.

Le premier tableau de l'annexe 4 expose les normes générales de rejets dans un réseau d'égout pluvial (hors réseau) et le second, les normes générales de rejets dans un réseau d'égout unitaire, domestique ou sanitaire (en réseau). Certains paramètres de contamination et certains métaux lourds n'ont pas de normes établies, comme par exemple, le calcium, le sodium, le magnésium et le potassium. Les exigences de rejets imposées pour ces métaux dépendent de la technologie de traitement, de la taille des stations d'épuration et de la période de l'année (Comeau, 1997).

Pour ce qui est des sédiments contaminés dans la province de Québec, ceux-ci sont référés à la section de la loi (loi 65) sur la qualité de l'environnement pour la restauration des sols contaminés (MEF, 1998). La politique de réhabilitation des terrains contaminés (Menviq,1988) contient des critères indicatifs qui ne sont pas des normes de la contamination des sols pour les métaux lourds et autres polluants sous différentes formes. Le tableau 5.5 expose la grille de gestion des sols contaminés excavés (MEF, 1998) tandis que le tableau 5.6 montre un tableau de critères génériques pour les sols (MEF, 1998). Le CCME (Environnement Canada), utilise les mêmes critères (CCME, 1991). Ces critères sont par contre utilisés en relation avec la réutilisation des sols.

Pour ce qui est de la province de l'Ontario, le Ministère de l'environnement de l'Ontario a établi ses critères génériques de sols contaminés en fonction de la future utilisation des sols. Les critères et seuils mentionnés dans plusieurs tables peuvent êtres appliqués selon la réutilisation des sols : vocation lié à l'agriculture, vocation résidentielle / parc et vocation commerciale / industrielle (MOEE, 1996). Le tableau 5.7 expose la grille de critères de restauration des sols (MOEE, 1996).

### 5.3.2 Les eaux de surface dans les puits d'accès vs les normes

Les concentrations des contaminants contenus dans les eaux de surface ont été comparées avec les normes de la CUM et l'Ontario (les valeurs pour Toronto et Ottawa sont les mêmes). Un sommaire de la répartition des résultats, en pourcentage, est présenté au tableau 5.8.

Tableau 5.5 : Grille de gestion des sols contaminés excavés (MEF, 1998).

| Niveau de contamination | Options de gestions possibles |
|---|---|
| < A | 5 Réutilisation importe où, sans conditions et restrictions |
| Plage A-B | • Sol faiblement contaminé.<br>• Réutilisation comme matériaux de remblayage sur un terrain à vocation industrielle ou commerciale à la condition que leur utilisation n'ait pas pour effet d'augmenter le niveau de contamination du terrain récepteur et que les sols n'émettent pas d'odeurs d'hydrocarbures perceptibles.<br>• Élimination dans un dépôt de matériaux secs (DMS) à la condition que les sols n'émettent pas d'odeurs d'hydrocarbures.<br>• Utilisation comme matériaux de recouvrement dans un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) sans avoir à comptabiliser selon l'article 54 du Règlement sur les déchets solides. |
| Plage B-C | • Sol moyennement contaminé.<br>• Entreposage et traitement dans un lieu autorisé.<br>• Utilisation comme matériaux de remblayage sur le terrain d'origine à la condition que les sols aient fait l'objet d'un traitement optimal, que leur utilisation n'augmente pas le niveau de contamination du terrain et que l'usage de ce terrain soit à vocation industrielle ou commerciale.<br>• Si les options précédentes sont irréalisables, utilisation dans des lieux d'enfouissement sanitaire (LES) comme matériel de recouvrement sans avoir à comptabiliser selon l'article 54 du Règlement sur les déchets solides. |
| > C | • Sol contaminé.<br>• Entreposage et traitement (décontamination) dans un lieu autorisé.<br>• Si l'option précédente n'est pas réalisable, élimination dans un lieu d'enfouissement sécuritaire autorisé. |

Les trois niveaux seuils (A,B,C) peuvent être définis comme suit :

**Niveau A** : Bruit de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques, (concentration naturelle). La limite de quantification est définie comme la concentration minimale qui peut être quantifiée à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie.

**Niveau B** : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation résidentielle, récréative et institutionnelle. Sont également inclus, les terrains à vocation commerciale situés dans un secteur résidentiel.

**Niveau C** : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation commerciale, non situés dans un secteur résidentiel, et pour des terrains à usage industriel.

Tableau 5.6 : Critères indicateurs de contamination des sols (MEF, 1998).

| | CRITÈRES DE SOL mg/Kg de matière sèche (ppm) | | |
|---|---|---|---|
| Paramètres | A | B | C |
| Aluminium (Al) | - | - | - |
| Antimoine (Sb) | - | - | - |
| Argent (Ag) | 2 | 20 | 40 |
| Arsenic (As) | 10 | 30 | 50 |
| Baryum (Ba) | 200 | 500 | 2000 |
| Cadmium (Cd) | 1.5 | 5 | 20 |
| Cobalt (Co) | 15 | 50 | 300 |
| Chrome total (Cr) | 75 | 250 | 800 |
| Cuivre (Cu) | 50 | 100 | 500 |
| Étain (Sn) | 5 | 50 | 300 |
| Mercure (Hg) | 0.2 | 2 | 10 |
| Molybdène (Mo) | 2 | 10 | 40 |
| Nickel (Ni) | 50 | 100 | 500 |
| Plomb (Pb) | 50 | 500 | 1000 |
| Sélénium (Se) | 1 | 3 | 10 |
| Sodium (Na) | - | - | - |
| Zinc (Zn) | 110 | 500 | 1500 |

Tableau 5.7 : Critères de restauration des sols selon l'utilisation envisagée (MOEE, 1996).

| | CRITÈRES DE RESTAURATIONS DES SOLS mg/k<g | | |
|---|---|---|---|
| Paramètres | Agriculture | Résidentiel / parc | Commercial / industriel |
| Aluminium (Al) | - | - | - |
| Antimoine (Sb) | 13 | 13 | 40 |
| Argent (Ag) | 20 | 20 | 40 |
| Arsenic (As) | 20 | 20 | 40 |
| Baryum (Ba) | 750 | 750 | 1500 |
| Cadmium (Cd) | 3 | 12 | 12 |
| Cobalt (Co) | 40 | 40 | 80 |
| Chrome total (Cr) | 750 | 750 | 750 |
| Cuivre (Cu) | 150 | 225 | 2254 |
| Étain (Sn) | - | - | - |
| Manganèse (Mn) | - | - | - |
| Mercure (Hg) | 10 | 10 | 10 |
| Molybdène (Mo) | 5 | 40 | 40 |
| Nickel (Ni) | 150 | 150 | 150 |
| Plomb (Pb) | 200 | 200 | 1000 |
| Sélénium (Se) | 2 | 10 | 10 |
| Sodium (Na) | - | - | - |
| Zinc (Zn) | 600 | 600 | 600 |

Tableau 5.8 : Résumé de la répartition des résultats (%) par rapport aux normes pour les eaux de surface.

| **Paramètres** | **≤ norme pluviale** | **entre norme pluviale et sanitaire** | **≥ norme sanitaire** |
|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Huiles et graisses totales | 99 % (CUM)<br>100 % (Ontario) | 1 % (CUM | - |
| Solides en suspension | 72 % (CUM)<br>48 % (Ontario) | 28 % (CUM)<br>50 % (Ontario) | -<br>2 % (Ontario) |
| Aluminium (Al) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Argent (Ag) | une seule valeur (5), sous limite sanitaire | | |
| Baryum (Ba) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Béryllium (Be) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Cadmiun (Cd) | deux valeurs (0.05 et 0.013), sous limite pluviale | | |
| Chrome (Cr) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Cobalt (Co) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Cuivre (Cu) | 100 % (CUM<br>56 % (Ontario) | -<br>44 % (Ontario | -<br>- |
| Étain (Sn) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Fer (Fe) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Manganèse (Mn) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Molybdène (Mo) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Nickel (Ni) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Phosphore (P) | 98 % (CUM)<br>100 % (Ontario) | 2 % (CUM)<br>- | -<br>- |
| Plomb (Pb) | 86 % (CUM)<br>72 % (Ontario) | 13 % (CUM)<br>28 % (Ontario) | 1 % (CUM)<br>- |
| Vanadium (V) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Zinc (Zn) | 68 % (CUM)<br>4 % (Ontario) | 30 % (CUM)<br>92 % (Ontario) | 2 % (CUM)<br>4 % (Ontario) |

En général, on observe que les résultats obtenus lors de la campagne d'échantillonnage sont satisfaisants, c'est-à-dire que les concentrations respectent les normes et sont bien au-delà de ces dernières. Seule une faible proportion les excède.

Concernant les huiles et graisses minérales, l'aluminium, l'argent, le baryum, le cadmium, le chrome, l'étain, le fer, le manganèse, le nickel et le vanadium, on observe des concentrations bien en dessous du seuil de la limite pluviale. Certains métaux présentent toutes leurs valeurs sous la limite de détection. Il s'agit du béryllium, du cobalt et du molybdène. En ce qui concerne les autres paramètres analysés : huiles et graisses totales, solides en suspension, cuivre, phosphore, plomb et zinc, on remarque que certaines valeurs excèdent le seuil de la norme pluviale mais seulement une faible proportion excède la norme sanitaire.

### 5.3.3 Les eaux en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès vs les normes

Pour les eaux situées en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès, on observe plus ou moins les mêmes résultats que pour les eaux de surface. Les concentrations des contaminants ont été comparées avec les normes de la CUM et le l'Ontario. Un sommaire des caractéristiques de la répartition des concentrations, en pourcentage, est présenté au tableau 5.9.

Pour les eaux en profondeur dans la colonne d'eau, on remarque que les valeurs obtenues provenant de la campagne d'échantillonnage de Bell Canada sont très satisfaisantes. Seulement une faible proportion des résultats excède les seuils à respecter. Concernant les huiles et graisses minérales, les huiles et graisse totales, l'aluminium, l'argent, le baryum, le cadmium, le chrome, l'étain, le fer, le manganèse, le nickel et le vanadium, on note également que les concentrations sont bien en dessous du seuil de la limite pluviale. Les mêmes métaux que pour les eaux de surface ont tous leurs valeurs

sous la limite de détection soit le béryllium, le cobalt et le molybdène. En ce qui concerne les autres paramètres analysés : solides en suspension, cuivre, phosphore, plomb et zinc, on remarque aussi que certaines valeurs sont plus élevées que la norme pluviale mais peu sont au-dessus de la norme sanitaire.

Tableau 5.9 : Résumé de la répartition des concentrations (%) par rapport aux normes pour les eaux en profondeur dans la colonne d'eau.

| **Paramètres** | **≤ norme pluviale** | **entre norme pluviale et sanitaire** | **≥ norme sanitaire** |
|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Huiles et graisses totales | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Solides en suspension | 97 % (CUM)<br>89 % (Ontario) | 5 % (CUM)<br>11 % (Ontario) | -<br>- |
| Aluminium (Al) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Argent (Ag) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Baryum (Ba) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Béryllium (Be) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Cadmium (Cd) | une valeur (0.04), sous limite pluviale | | |
| Chrome (Cr) | une valeur (0.03), sous limite pluviale | | |
| Cobalt (Co) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Cuivre (Cu) | 100 % (CUM)<br>75 % (Ontario) | -<br>25 % (Ontario | -<br>- |
| Étain (Sn) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Fer (Fe) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Manganèse (Mn) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Molybdène (Mo) | toutes les valeurs sous la limite de détection | | |
| Nickel (Ni) | 100 % sous la norme pluviale | | |
| Phosphore (P) | 99 % (CUM) | 1% (CUM) | - |
| Plomb (Pb) | 82 % (CUM)<br>86 % (Ontario) | 18 % (CUM)<br>14 % (Ontario) | -<br>- |
| Vanadium (V) | deux valeurs (0.04 et 0.05), sous limite la pluviale | | |
| Zinc (Zn) | 68 % (CUM)<br>8 % (Ontario) | 31 % (CUM)<br>86 % (Ontario) | 1 % (CUM)<br>6 % (Ontario) |

### 5.3.4 Critères indicatifs et sédiments

Les concentrations des contaminants contenus dans les sédiments des puits d'accès de Bell Canada ont été comparées avec les critères indicatifs en vigueur pour la province de Québec (MEF,1998) et de l'Ontario (MOEE,1996). Ces comparaisons permettront de comparer le degré de contamination des sédiments contenus dans les puits d'accès de Bell. Un sommaire des caractéristiques de la répartition des concentrations, en pourcentage, est présenté au tableau 5.10 et 5.11.

Concernant les sédiments, on note des concentrations plus élevées que les eaux de surfaces et en profondeur dans la colonne d'eau. Ce fait est dû à la déposition (décantation) de matières en suspension au fond des puits et sur lesquelles s'attachent, par phénomène d'adsorption, plusieurs contaminants toxiques pour la faune et la flore dont les métaux lourds (Delisle, 1997).

Tableau 5.10: Résumé de la répartition des concentrations (%) par rapport aux critères indicatifs pour les sédiments au Québec.

| Paramètres | ≤ Critère A | entre Critère A et Critère B | entre Critère B et Critère C | ≥ Critère C |
|---|---|---|---|---|
| Argent (Ag) | 100 % | - | - | - |
| Baryum (Ba) | 100 % | - | - | - |
| Cadmium (Cd) | 58 % | 30 % | 12 % | - |
| Chrome (Cr) | 87 % | 13 % | - | - |
| Cobalt (Co) | 84 % | 16 % | - | - |
| Cuivre (Cu) | 28 % | 24 % | 30 % | 18 % |
| Étain (Sn) | 31 % | 17 % | 13 % | 39 % |
| Molybdène (Mo) | - | 99 % | 1 % | - |
| Nickel (Ni) | 97 % | 2 % | 1 % | - |
| Plomb (Pb) | 13 % | 30 % | 8 % | 49 % |
| Zinc (Zn) | 3 % | 27 % | 36 % | 34 % |

Tableau 5.11: Résumé de la répartition des concentrations (%) par rapport aux critères de restauration et de réutilisation des sols pour les sédiments en Ontario.

| **Paramètres** | **≤ agriculture** | **entre agriculture et ≤ résidentiel / parc** | **entre résidentiel / parc et ≤ commercial / industriel** | **≥ commercial / industriel** |
|---|---|---|---|---|
| Argent (Ag) | 100 % | | - | - |
| Baryum (Ba) | 100 % | | - | - |
| Cadmium (Cd) | 86 % | 13 % | | 1 % |
| Chrome (Cr) | 100 % | | - | - |
| Cobalt (Co) | 99 % | | 1 % | - |
| Cuivre (Cu) | 70 % | 10% | 17 % | 3% |
| Étain (Sn) | - | - | - | - |
| Molybdène (Mo) | 95 % | | 5 % | - |
| Nickel (Ni) | 100 % | | | - |
| Plomb (Pb) | - | - | - | 100 % |
| Zinc (Zn) | 35 % | | | 65 % |

Les premières comparaisons seront faites en fonction des critères génériques des sols pour la province de Québec En ce qui concerne l'argent et le baryum, on observe que les concentrations se situent sous le critère A. Les sédiments sont donc peu ou pas contaminés par ces métaux. Quant au chrome et au cobalt, on observe qu'aucune des valeurs de Bell Canada n'excèdent le critère B. Les sédiments ayant ces métaux sont alors considérés comme faiblement contaminés.

Pour le cadmium, le molybdène et le nickel, une plus grande proportion des concentrations se situent entre la plage B et C. On observe alors une contamination plus importante pour ces sédiments. Finalement, on remarque une plus forte contamination des sédiments par les métaux tels le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc. Un pourcentage important des résultats se situe entre la plage B et C et même au-delà de critère C. Une attention particulière devrait être portée à ces métaux.

Concernant les comparaisons des données avec les critères de l'Ontario, on observe que le degré de contamination des sédiments est en fonction de la réutilisation des sols. En ce qui concerne le baryum, le chrome, le cobalt et le nickel, on note que les concentrations se situent sous le critère des sols pour une utilisation lié à l'agriculture. Ces critères étant les plus sévères, ces sédiments sont donc peu contaminés par ces métaux.

Quant au cadmium, au cuivre et au molybdène, on remarque qu'une bonne proportion des sédiments contenus dans les puits peuvent être utilisés pour l'agriculture. On note qu'un faible pourcentage des sédiments peuvent être utilisés soit à des vocations résidentielle / parc ou commerciale / industrielle.

Concernant le plomb et le zinc, on observe que soit la totalité (plomb), ou la majeure partie (zinc) des concentrations des sédiments exèdent la valeur des sols à vocation commerciale / industrielle. Ces sédiments sont donc plus contaminés par les métaux et devront être gérés avec plus d'attention.

### 5.3.5 Bilan des comparaisons

L'objectif principal de cette partie du projet consistait en la réalisation d'un travail de comparaison des données de la compagnie Bell Canada avec les résultats rapportés dans la littérature ainsi qu'avec les normes et critères existants, autant pour les eaux de ruissellement urbain que pour les sédiments.

La première étape était de comparer les données de la campagne d'échantillonnage de Bell Canada entre les provinces et entre les différentes villes et agglomérations concernées par cette étude. Dans l'ensemble, on observe des différences significatives au niveau des concentrations moyennes pour 14 des 25 paramètres analysés.

La deuxième étape consistait à vérifier si les concentrations de contaminants mesurées lors de la campagne d'échantillonnage sont inférieures ou supérieures aux concentrations mesurées lors d'études similaires dans la littérature existante. Dans ce cas, on observe que les résultats de Bell Canada sont dans les plages de valeurs identiques ou plus faibles que les valeurs rapportées dans la littérature. Cependant, une attention particulière doit être portée aux métaux suivants : calcium et sodium qui montrent des valeurs supérieures aux valeurs venant des différentes études. Cela peut être dû aux différences de conditions d'échantillonnages d'une étude à l'autre et peut-être aux conditions hivernales qui amènent ces deux métaux via les sels de déglaçage (Delisle et Dériger, 1999).

Finalement la dernière étape était de vérifier si les concentrations de contaminants présents dans les eaux et les sédiments contenus dans les puits d'accès sont inférieures et respectent les normes de rejets des égouts pluviaux et sanitaires ainsi que les critères indicatifs pour la contamination des sols. Ces derniers critères ont permis d'estimer le degré de contamination des sédiments contenus dans les puits d'accès. Concernant la qualité des eaux de surface et des eaux en profondeur dans la colonne d'eau dans les puits d'accès, la majorité des concentrations des paramètres n'excèdent pas les normes.

Pour ce qui est des sédiments, on remarque que ces derniers sont chargés de métaux dans une proportion plus importante. Une attention particulière doit être portée aux métaux qui ont un pourcentage plus élevé, entre les plages B et C, ainsi que des concentrations plus élevées que le critère C et, qui exèdent les critères de restauration des sols pour une réutilisation commerciale / industrielle (MEF, 1998 ; MOEE, 1996). Le cadmium, le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc sont particulièrement concernés.

# CHAPITRE 6
# CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les comparaisons et les analyses statistiques effectuées dans le cadre de cette étude permettent de conclure que les contaminants pouvant rejoindre les puits d'accès sont nombreux. Ces derniers peuvent se retrouver sous différentes formes et concentrations. Les puits d'accès sont donc victimes, d'une certaine façon, de la contamination urbaine et ce, dans le temps et dans l'espace. Les polluants trouvés dans les puits d'accès proviennent de plusieurs phénomènes comme le ruissellement urbain, les eaux de fonte, l'achanladage routier, etc. Ils sont drainées, décantées et accumulées dans les puits d'accès (même principe que les effluents des bassins de décantation utilisés par les municipalités). Une attention particulière doit être portée au ruissellement urbain.

Le traitement et l'analyse statistique des données de la campagne d'échantillonnage de Bell Canada montrent que plusieurs paramètres se démarquent des autres. De tous les tests statistiques effectués, certains résultats ont des différences significatives vis-à-vis tous des facteurs analysés. Une attention a donc a été portée sur ces paramètres qui identifient les facteurs les plus probables pouvant expliquer les variations entre les paramètres responsables de la contamination des puits d'accès de la compagnie Bell Canada. Les facteurs suivants sont donc à considérer : présence d'eau, présence de sédiments, localisation géographique, type de route, démographie, nombre d'ouvertures sur les couvercles, vocation des terrains aux environs des puits d'accès ainsi que certains métaux dont le sodium, le chrome, le manganèse et le calcium.

Il ne faut par contre pas négliger les autres facteurs comportant une ou deux différences significatives car ces derniers ont parfois aussi un rôle important à jouer selon les cas au niveau du degré de contamination des puits d'accès.

Un travail de comparaison des données de la compagnie Bell Canada, avec les résultats rapportés dans la littérature ainsi qu'avec les normes et critères existant, autant pour les eaux de ruissellement urbain que pour les sédiments a été effectué. Il a montré que plusieurs contaminants peuvent rejoindre les puits d'accès et s'y accumuler. Ces contaminants peuvent se retrouver autant dans les eaux de surface, dans les eaux en profondeur dans la colonne d'eau (interface eau – sédiments) et dans les sédiments des puits d'accès. Cependant, ces derniers sont plus beaucoup propices à l'accumulation des polluants.

Au niveau des comparaisons des données entre elles, des différences significatives au niveau des concentrations moyennes pour 14 des 25 paramètres analysés ont été notées. Ces valeurs se démarquent par leurs moyennes plus élevées. Ces concentrations plus élevées ne sont pas localisées dans une province ou une ville en particulier. Cela varie d'un paramètre à l'autre.

Selon les comparaisons avec la littérature existante, on a observé que les résultats de Bell Canada sont dans des plages de valeurs égales ou plus faibles que les valeurs rapportées dans la littérature. Les métaux suivants sont particulièrement à considérer: calcium et sodium qui montrent des valeurs supérieures aux valeurs en provenance des différentes études consultées.

Finalement, des comparaisons par rapport aux normes de rejets des égouts pluviaux et sanitaires ainsi que des critères indicatifs pour la contamination des sols ont été effectuées. Le degré de contamination des sédiments contenus dans les puits d'accès a été confirmé. Concernant la qualité des eaux de surface et des eaux en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès, la majorité des concentrations des paramètres n'excèdent pas les normes. Pour ce qui est des sédiments, on remarque que ces derniers sont chargés de métaux dans une proportion plus importante. Une attention particulière doit être portée aux métaux qui ont un pourcentage plus élevé, entre les plages B et C,

ainsi que des concentrations plus élevées que le critère C et qui exèdent les critères de restauration des sols pour une réutilisation commerciale / industrielle pour les provinces de Québec et de l'Ontario. Le cadmium, le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc sont particulièrement concernés.

La principale recommandation concerne donc ces métaux. Il est impératif, lors du pompage de l'eau et des sédiments des puits d'accès de la compagnie Bell Canada, de ne pas toucher aux sédiments afin de ne pas remettre en suspension les particules ayant déjà décantées. Dans l'éventualité où des sédiments contaminés doivent être pompés, ils devront être manipulés avec soins et gérés adéquatement. De même, on peut conclure que selon les données d'échantillonnage et les données de la littérature, la contamination retrouvée dans les puits d'accès de Bell Canada se compare aux niveaux de contamination urbaine ailleurs dans le monde.

Ainsi, ce projet a permis d'évaluer le degré de contamination des puits d'accès de la compagnie Bell Canada et de réaliser que les activités urbaines sont responsables des contaminants d'origine anthropiques rencontrées dans les puits d'accès.

# RÉFÉRENCES

APWA (1969) Water pollution aspects or urban runoff. Federal Water Pollution Control Administration. Water pollution Control Series. Report n° WP 20-15

AUTUGELLE, C., ROSIN, C., MORLOT, M. et P. HARTEMANN. (1996) Étude des métaux lourds dans les eaux de ruissellement en milieu urbain. Techniques, sciences, méthodes: génie urbain, génie rural. 11:50

AVCO ( 1970) Storm water pollution from urban land activity. Water Pollution Control Series. Federal Water Quality Administration. Report n° 11034 FKL, 325 p.

BANNERMAN, R.T., OWENS, D.W., DODDS, R.B. and N.J. HORNEVER. (1993) sources of polluants in Wisconsin Stormwater. Water Sciences and Technology (G.B.). 28:241

BLANCHET, P. et C.E. DELISLE. (1998). Étude et caractérisation physico-chimique de l'eau et des sédiments contenus dans les puits d'accès de la compagnie Bell Canada. (Synthèse bibliographique). Rapport d'étape. Projet C.D.T.-P2297. Bureau de la Recherche et Centre de Développement Technologique de l'École Polytechnique de Montréal. 58 p.

BLANCHET, P., DELISLE, C.E. et B. CLÉMENT (1998). Étude et caractérisation physico-chimique de l'eau et des sédiments contenus dans les puits d'accès de la compagnie Bell Canada. (Analyse et traitement des données). Rapport d'étape. Projet C.D.T.-P2297. Bureau de la Recherche et Centre de Développement Technologique de l'École Polytechnique de Montréal. 91 p. + annexes

BLANCHET, P., DELISLE, C.E. et B. CLÉMENT (1998). Étude et caractérisation physico-chimique de l'eau et des sédiments contenus dans les puits d'accès de la compagnie Bell Canada. (Comparaison des données). Rapport final. Projet C.D.T.-P2297. Bureau de la Recherche et Centre de Développoment Technologique de l'École Polytechnique de Montréal. 57 p. + annexes

BLANIC, R. (1977) La pollution des eaux pluviales. Rapport de l'École des Ponts & Chaussée. 105 p.

BOUCHARD, R. (1997) Suivi environnemental des eaux de fonte du dépôt à neiges usées Gagnon (Jonquière, Québec). M.Sc. Université de Sherbrooke. 106 p.

BURM, R.J., KRAWCZYK, D.F. and G.L. HARLOW. (1968) Chemical and physical comparison of combined and separate sewer discharges. Journal of the Water Pollution Control Federation. 40(1):112-126

CCME. (1991). Le programme national d'assainissement des lieux contaminés. 1990-1991. Rapport annuel. CCME-EPC/CS14. Secrétariat CCME Winnipeg (Manitoba) 104 p.

CLÉMENT,B. (1997) Planification et analyse statistiques d'expériences industrielles. Notes de cours. 315 p.

COLEMAN, A., (1969) The planning Cpchallenge of the Ottawa area. Department of Energy, Mines and Ressources, Canada. Geographical Paper No. 42. The Queen's Printers, Ottawa. 98 p.

COMEAU, Y. (1997) Biorestauration des sols contaminés-Notes de cours. École Polytechniques de Montréal. 400p.

Conseil Régional de concentration et développement de la Région de Québec. (1994) Planification stratégique de développement de la région de Québec. 2ème édition. 109 p.

COTTINET, D., COUILLARD, D., DARTOIS, J., DEMAR, H. et D. MASCOLO. (1975) Réseau de collecte des eaux usées. Tome 1: Méthodologie INRS Eau. Québec Rapport n° 59

DELISLE, C.E. (1981) Répercussions écologiques des déversements de la neige usée dans le fleuve Saint-Laurent au niveau du pont de la concorde et des quais 30 et 52 dans le port de Montréal. Projet CDT-P830. Centre de Développement de l'École Polytechnique de Montréal. 255 p.

DELISLE, C.E. et A. LEDUC. (1987) Évolution dans le temps et dans l'espace de la qualité de la neige usée et de l'eau de ruissellement de pluie du territoire de la ville de Montréal. Projet CDT-P981. Centre de Développement de l'École Polytechnique de Montréal. 155 p.

DELISLE, C.E., LEDUC, A. et M.-H. RACICOT. (1992) Les précipitations acides an milieu urbain. Chimie de l'atmosphère. Exposés du 9e Congrès mondial sur l'air pur. 2:IU-10.12

DELISLE, C.E., ANDRÉ, P. ET J.-F. PARADIS. (1993) Caractérisation des neiges usées en fonction de la densité résiduelle (hiver 1992-1993). Le Centre de développement technologique de l'École Polytechnique. Rapport final aux villes de Lasalle, Verdun et Lachine. 124 p.

DELISLE, C.E. (1995) La gestion des neiges usées. Routes et Transports. Hiver 1994-1995. 24 (4)20-27.

DELISLE, C.E. , CHENEVIER, C. et P. ANDRÉ. (1997) Synthèse des données physico-chimiques sur les neiges usées au Québec et leurs répercussions environnementales. Vecteur Environnement. 30(6):33-44

DELISLE, C.E. et L. DÉRIGER. (1999). Caractérisation et élimination des neiges usées : impacts sur l'environnement. Rapport présenté à Environnement Canada, direction de l'évaluation des produits chimiques commerciaux, groupe ressource sur les sels de déglaçage. Juin 1999. 64 p. + annexes

DROSTE, R.L. & J.C. JOHNSTON. (1993) Urban snow dump quality and polluant reduction in snowmelt by sedimentation. Canadian Journal of civil engineering. 20:9-21

ÉNERGIE, MINES et RESSOURCES CANADA. (1985) Séries de cartes de base du Canada. Atlas National du Canada. MRC 129F

FIELD, R., STRUZESKI, E.J., MASTERS, H.E. and A.N. TAFURI. (1974) Water pollution and associated effects from street salting. ASCE Journal of the Environmental Engineering Division 459-477

FLORES-RODRIGUEZ, J., BUSSY, A.-L. and D.R. THÉVÉNOT. (1994) Toxic metals in urban runoff: physico-chemical mobility assesment using speciation schemes. Water Science and Technology .29(1/2):83-93

GELDRICH, E.E., BEST, L.C., KENNER, B.A. and D.J. VAV DONSEL. (1968) The bacteriological aspects of stormwater pollution. Journal of the Water Pollution Control Federation. 40(11):1861-1972

GOETTLE, A. (1978) Atmospheric contaminants, fallout and their effects on storm water quality. Prog. Wat. Tehc. 10(5/6): 455-467

Groupe de travail sur Montréal et sa région. (1993) Montréal, une ville-région. Médiabec Inc.147 p.

Government of Ontario. (1970) Desing for development : The Toronto-centered Region. The Queen's Printer and Publisher, Toronto, 23 p.

HAMILTON, R.S., REVITT, D.M. and S.J. WARREN. (1984) Levels and Physico-chemical Association of Cd, Cu, Pb, and Zn in Road Sediments. The Sci. Tot Environ. 33 : 59-74

HDR (HDR Engineering). (1993) NPDES Stormwater sampling Results, Part 2. Report to the city of Winston-Salem, North Carolina. HDR Engineering, Inc., Charlotte. NC

HEDLEY, G. and J.C. LOCKLEY. (1975) Quality of water discharged from urban motorway. Water Pollution Control. 74(6):659-674

JOLICOEUR, P. (1991) Introduction à la biométrie. Décarie Éditeur, Montréal. 300 p.

KLUESNER, J.W. and G.F. LEE. (1974) Nutrient loading from a separate storm sewer in Madison, Wisconsin. Journal of the Water Pollution Control Federation. 46(5):920-936

KOTHANDARAMAN, V. (1972) Water quality characteristics of storm sewer discharges and combined sewer overflow. Illinois State Water Survey, Circular 109, Urbana, Illinois,
19 p.

LAPOINTE, M. (1991) Élaboration d'un protocole expérimental d'échantillonnage des neiges usées en milieu urbain. M.Sc.A. Département de génie civil, Montréal, Université de Montréal, École Polytechnique. 164 p.

LARA-CAZENAVE, M.B, CASTETBON, A., POTIN-GAUTHIER, M. et M. ASTRUC. (1994) Pollution d'eaux de ruissellement par les métaux lourds en zone urbaine. Première partie: Métal total. Environmental Technology, 15:1149-1159

LARA-CAZENAVE, M.B, CASTETBON, A., POTIN-GAUTHIER, M. et M. ASTRUC. (1994) Pollution d'eaux de ruissellement par les métaux lourds en zone urbaine. Deuxième partie: spéciation. Environmental Technology, 15:1135-1147

LEBRETON, L. et D., THEVENOT. (1992). Pollution métallique relargable par les aérosols d'origines autoroutières. Environ. Technol. 13 :35-44

LEGRET, M., LE MARC, C., DEMARE, D. et V COLANDINI. (1995) Pollution par les métaux lourds dans un bassin de décantation recevant des eaux de ruissellement d'origine routière. Environmental Technology 16:1049-1060

MARSALEK, J. (1984) Caractérisation du ruissellement de surface issu d'une zone urbaine. Sciences et Techniques de l'eau. 17(2):163-167

MARSALEK, J. (1991). Pollutant Loads in Urban Stormwater : Review of method for Planning-level Estimate. Water Ressources Bulletin. 27(2) : 283-291

MEF. (1996) Projet de politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés- Document de consultation. Service des lieux contaminés. Direction des politiques du secteurs industriels. Ministère de l'environnement et de la faune. Québec. Mars 1996.

MEF. (1998) Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Service des lieux contaminés. Direction des politiques du secteurs industriels. Ministère de l'environnement et de la faune. Québec.

MENVIQ. (1983) Lignes direcrices pour l'élimination des neiges usées. Gouvernement du Québec. Ministère de l'environnement. 27 p.

MENVIQ (1988). Guide standard de caractérisation de terrains contaminés. Direction des substances dangereuses- Gestion des lieux contaminés. Menviq. Québec. Document QEN/SD-2. 19 p.

MENVIQ (1988). Guide technique des mesures de contrôle à effectuer lors des travaux d'excavation des sols contaminés.Direction des substances dangereuses.QEN/SD-3.10 p.

METCALF & EDDY, INC. (1991) Wastewater engineering. Treatment, Disposal, and Reuse. Third edition. McGraw-Hill, Inc. New York. 1334 p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. (1979) Bureau d'étude sur les substances toxiques, " Étude de la contamination de la neige par les métaux lourds dans la région de Rouyn-Noranda."

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. (1983) Lignes directrices pour l'élimination des neiges usées. 45 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (1992). Objectifs environnementaux de rejet (OER). Projet de règlement sur les rejets liquides Q-2, R-200.

MOEE (1996) Guide for Use at Contaminated sites in Ontario. Ontario Ministry of Environment and Energy, PIBS3161E01. June 1996.

NIGHTINGALE H.I. (1987). Accumutation of As, Ni, Cu and Pb in Retention and Recharge Basin Soils rom Urban Runoff. Wat Resources Bull. 23 :663-672

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT (1988). Model Sewer Use By-law. Queen's Printer. Ontario. 44 p.

OTTAWA-CARLETON (1991). Regional Sewer regulation. Regional Regulatory Code. 32 p.

PÉLOQUIN, Y. (1993) Qualité des eaux de fonte provenant d'un site de surface pour l'élimination des neiges usées à la ville de Laval. Montréal, Université du Québec à Montréal: 91

PHILIPPE, J-P. et J. RANCHET. (1987) Pollution des eaux de ruissellement pluvial en zone urbaine. Rapport de recherche LPC N° 142. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.76p.

RANDALL, C. W., HELSEL, D. R., GIZZARD, T. J. and R. C.HOEHN. (1978) The impact of atmospheric contaminants on storm water quality in an urban area. Prog. Wat. Tech. 10(5-6):417-431

RIBSTEIN, P. et M. DESBORDES. (1978) Étude de la qualité du ruissellement urbain: synthèse bibliographique. L.H.M. / U.S.T.L. -Montpellier Rapport 45 . 55p.

RICHARDS, J.L. & ASSOCIATED LTD et LABRECQUE, VÉZINA & ASSOCIÉS. (1973)Étude sur l'élimination de la neige pour le territoire de la capitale nationale. 183 p.

SARTOR, J.D. and G.B. BOYD. (1972) Water pollution aspects of street surface contaminants. URS Research Company for U.S. EPA Office of Research and Monitoring, Env. Prot. Series EPA R2 72 08. 237 p.

SAWER, C.N., MCCARTY, P.L. et G.F. PARKIN (1994). Chemistry for Environmental Engineering. 4 th Edition. McGraw-Hill Inc. New York. 658 p.

SIMPSON, D.E. and P.H. KEMP. (1982) Quality and quantity of stormwater runoff from commercial land-use catchment in Natal, South Africa. Water Sciences and Technology 14:323-338

THE MUNICIPALITY OF METROPOLITAN TORONTO (1989) By-law No. 153-89. 39 p.

TORNO, H.C. et *al.* (Eds.) (1994). Stormwater NPDES Related Monitoring Needs. Am. Soc. Civ. Eng. New York. 306 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1983). Result of the Nationwide Urban Runoff Program. Volume I-Final report. Water Plann. Div. Washington. D.C..

U.S. EPA. (1983) Results of the nationwide urban runoff program: Executive summary. Washington. D.C.

VILLE DE MONTRÉAL. (1996) Politique d'épandage des fondants et des abrasifs pour l'hiver 1997-1997. Service des travaux publics, Division technique, Bureau technique - Déneigement et projet spéciaux.

WELS, D.M. ANDERSON, J.F., SWEAZY, R.M. and B.J. CLABORN. (1973). Variation of the Urban Runoff Quality with Duration-intensity of Storm. Texas Tech. University. 87 p.

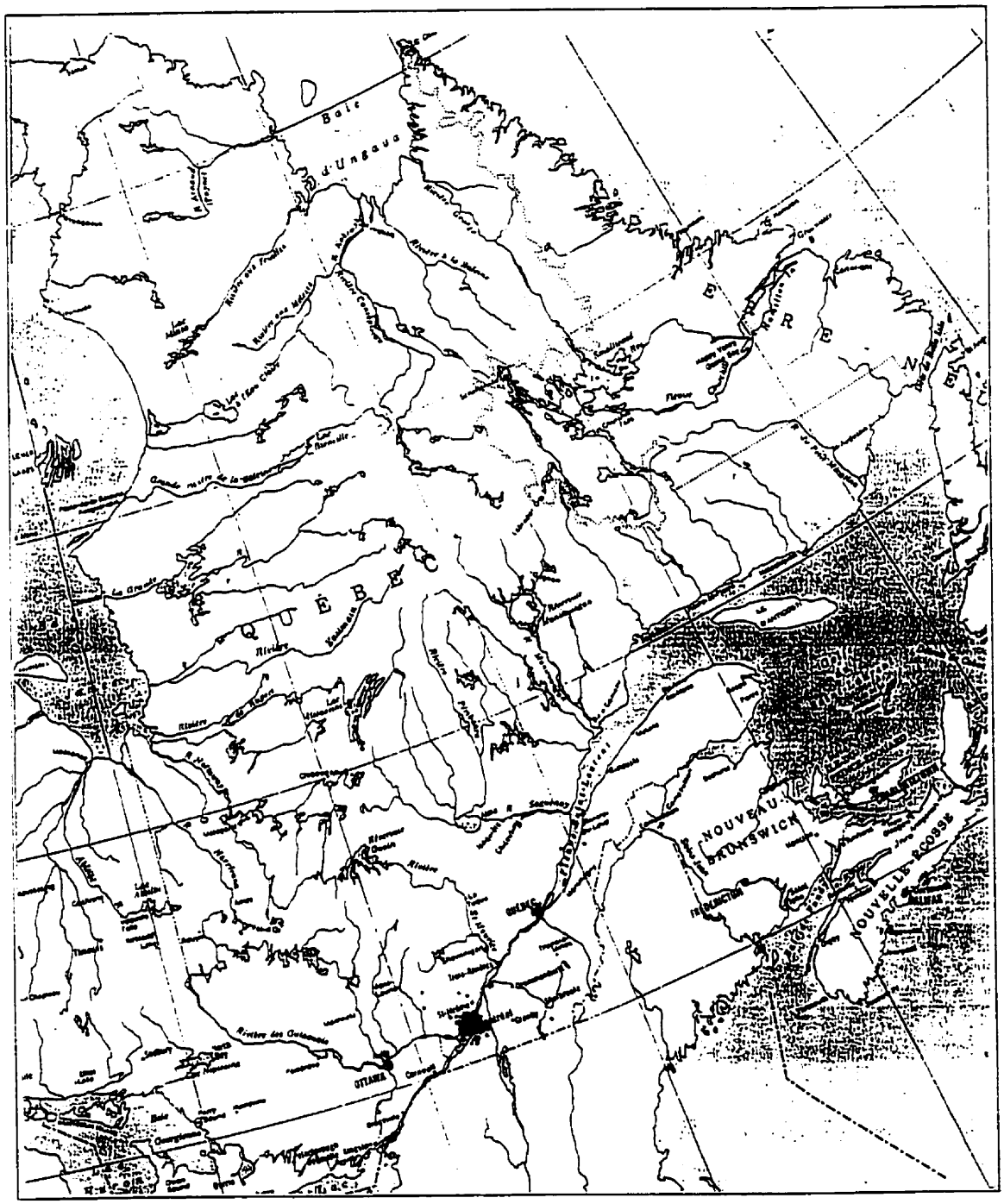
WIPPLE, W., HUNTER, J.V. and S.L. YU. (1978) Ronoff pollution from multiple family housing. Water Ressources Bulletin, 14(2):228-301

ZINGER, I. and C.E. DELISLE. (1985) Quality of used-snow discharged in the St-lawrence River, in the region of the Montreal Harbor. Water, Air and Soil Pollution, 39: 47-57

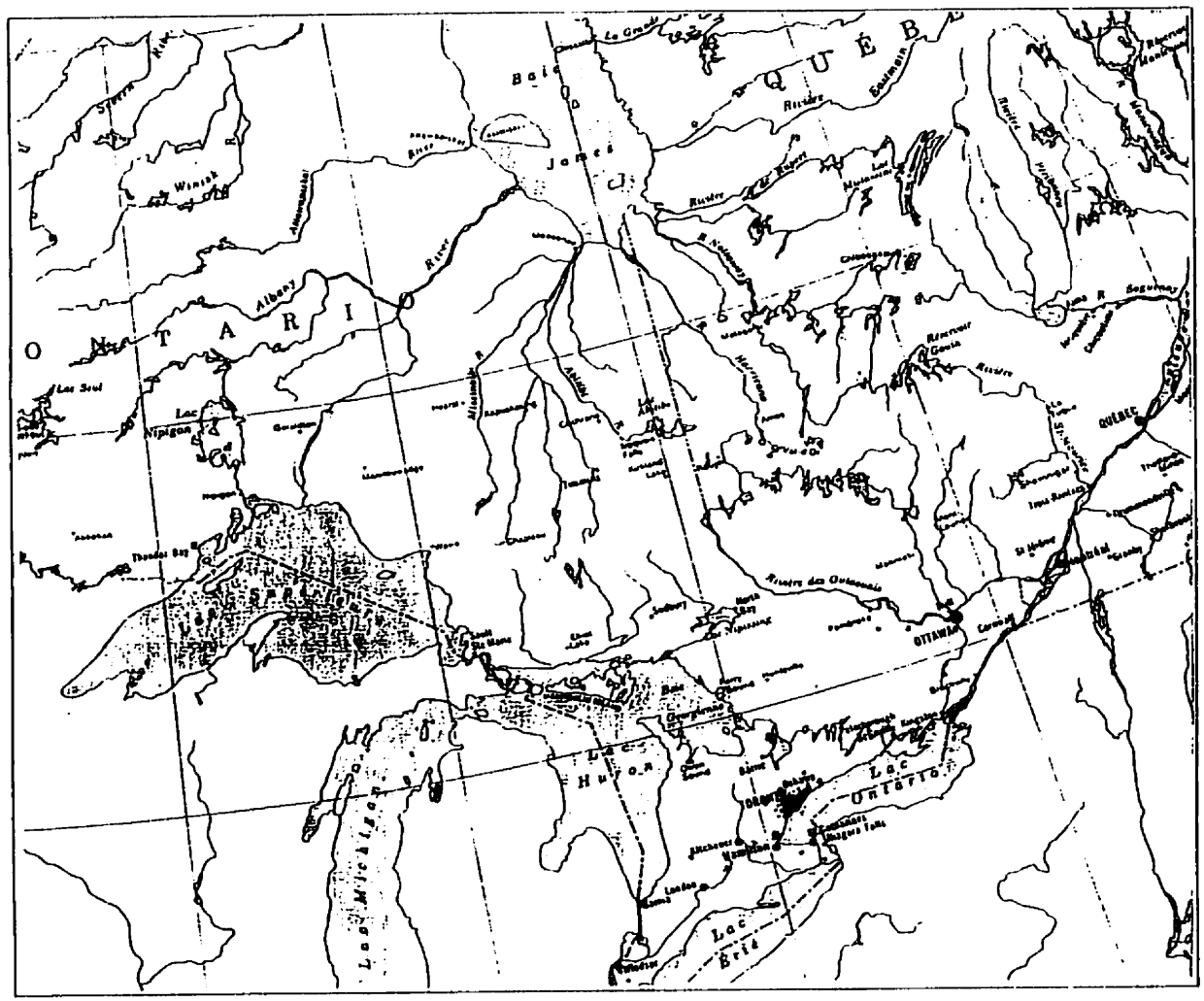
YOUSEF, Y.A., HVITVED-JACOBSEN, T., HARPER, M.H. AND LIN, L.Y. (1990). Heavy Metal Accumulation and Transport Through Detention Ponds Receiving Highway Runoff. The Sci. Total. Environ. 93 : 433-440.

# ANNEXE 1

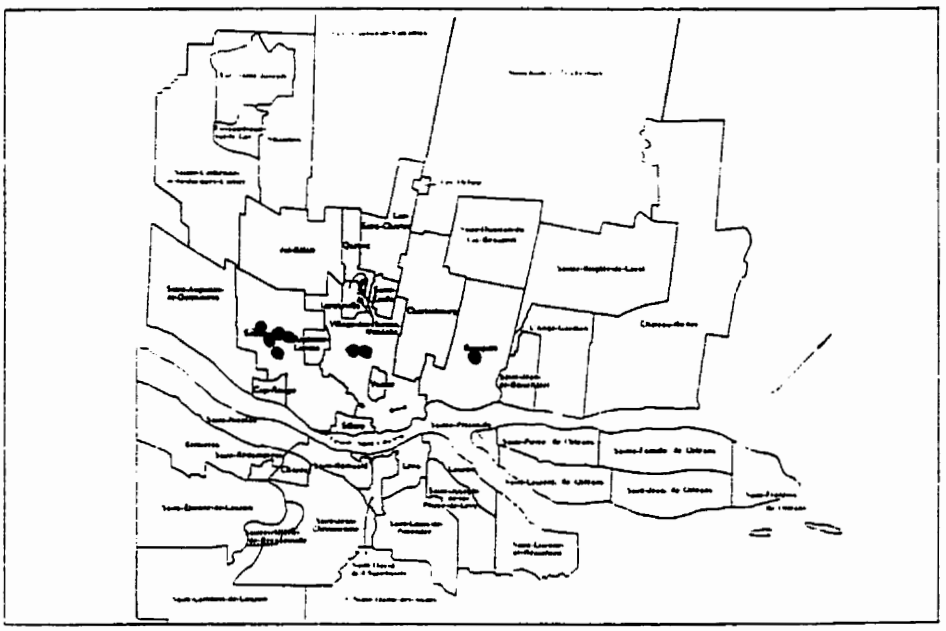
Répartition des puits d'accès échantillonnés dans les différentes provinces, villes et agglomérations.



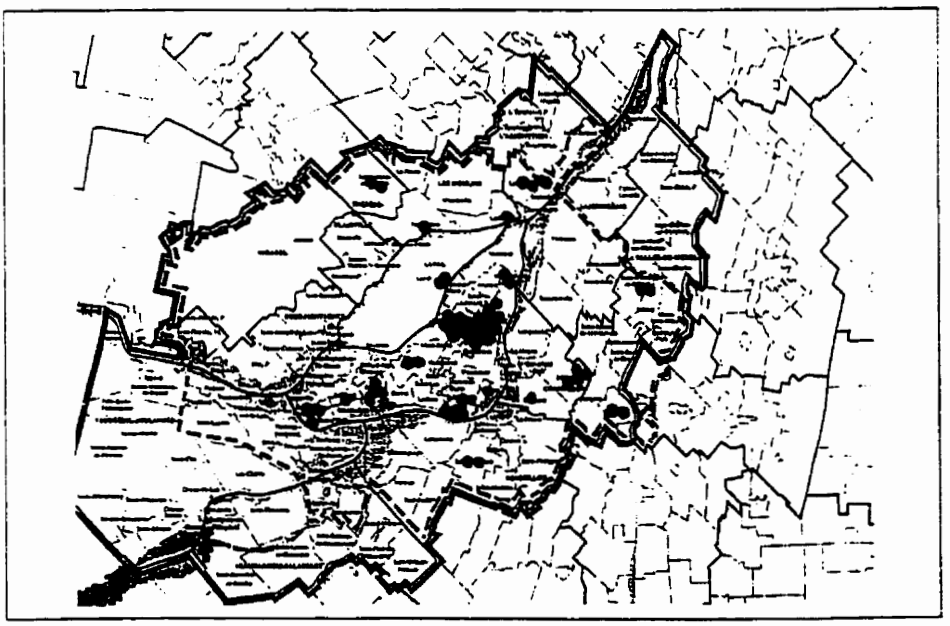

Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la province de Québec.
(Énergie, Mines et Ressources Canada, 1985)



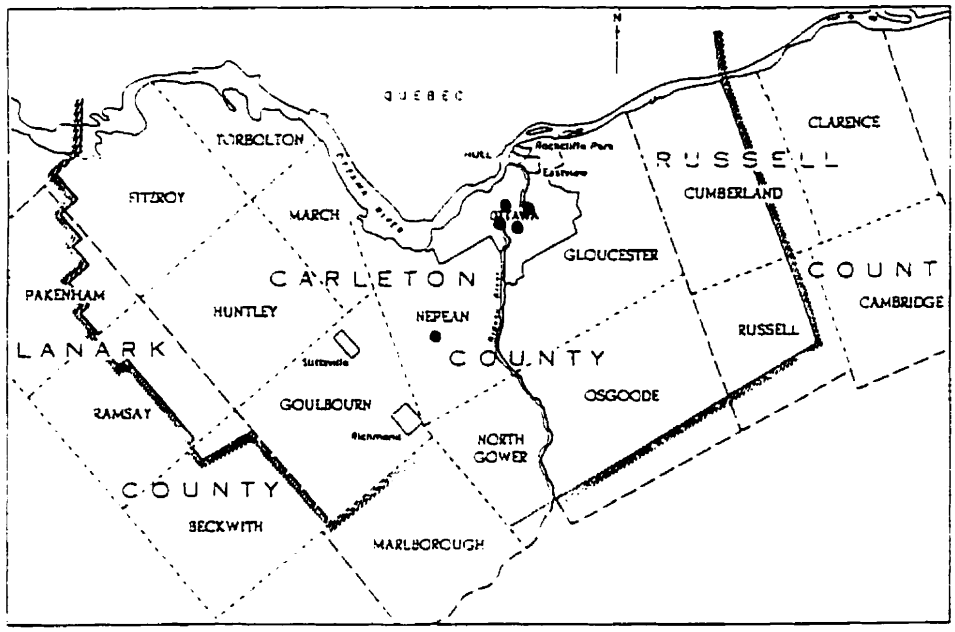

Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la province de l'Ontario.
(Énergie, Mines et Ressources Canada, 1985)



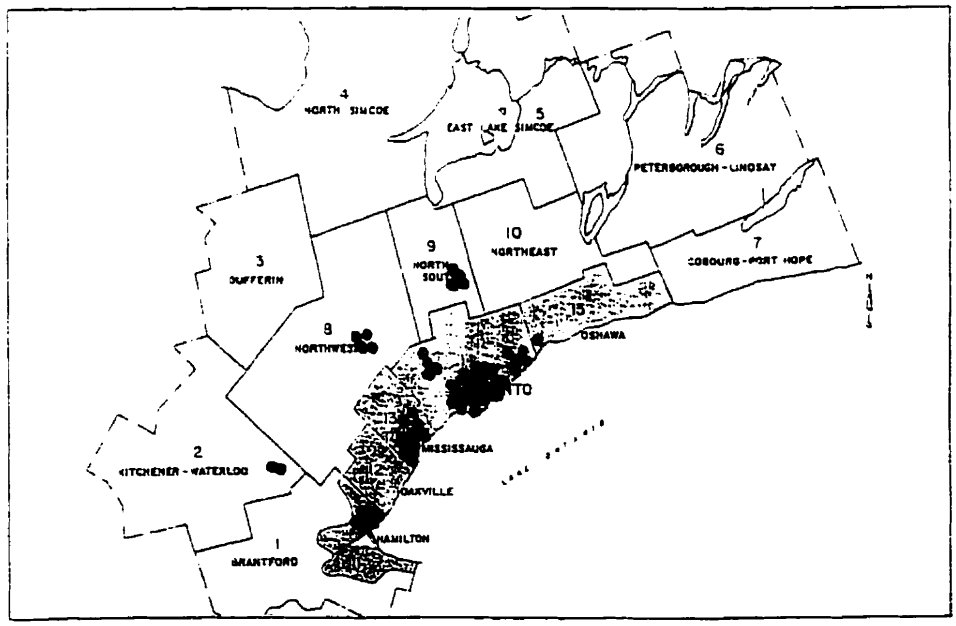
Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la région de Québec.
(Conseil Régional de concentration et développement de la Région de Québec, 1994)



Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la région de Montréal.
(Groupe de travail sur Montréal et sa région, 1993)



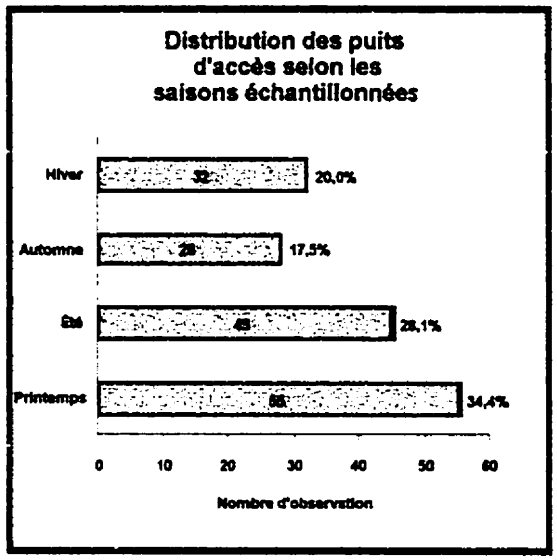

Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la région d'Ottawa.
(Coleman, 1969)

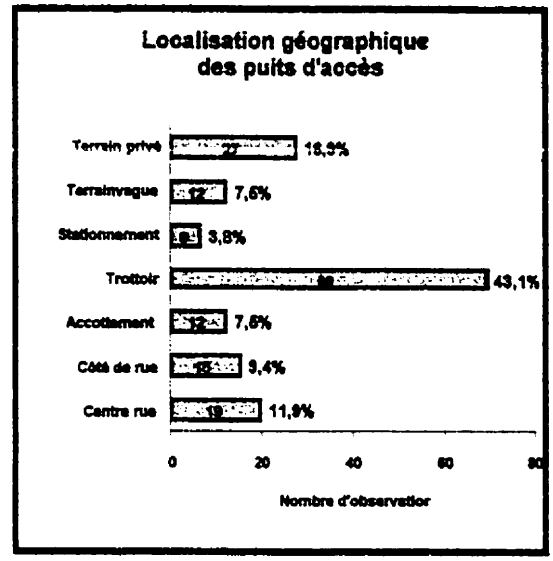


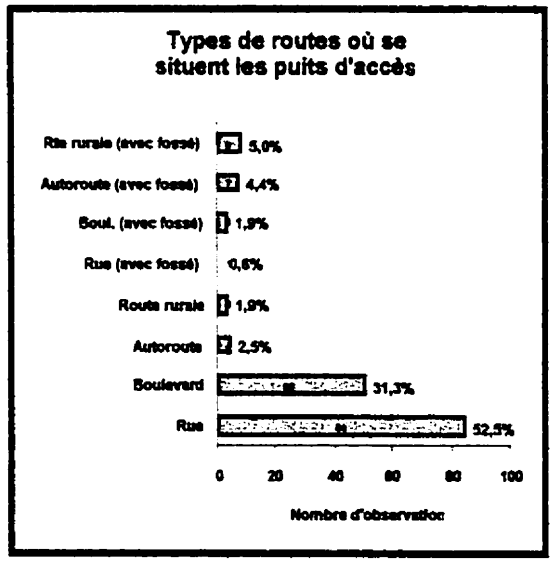

Répartition des puits d'accès échantillonnés dans la région de Toronto.
(Government of Ontario, 1970)

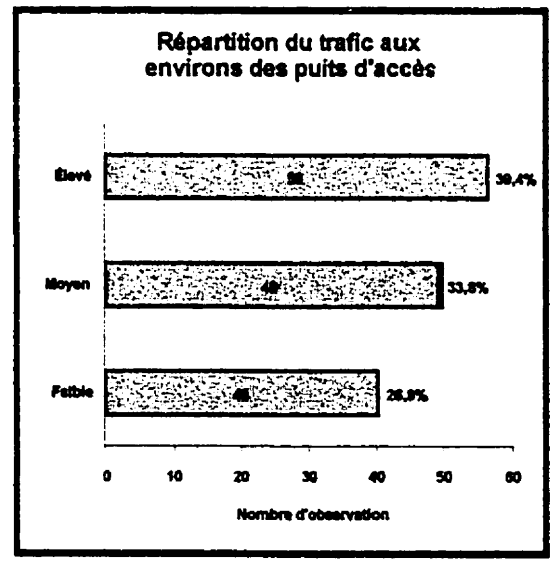
# ANNEXE 2

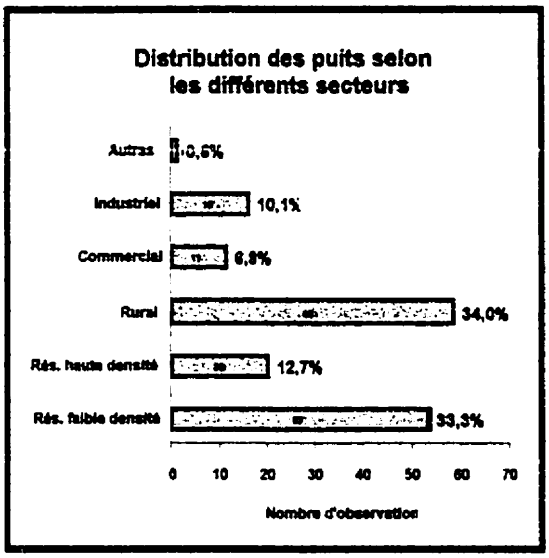
Facteurs et sous-facteurs retenus pour fins de comparaisons et analyses statistiques.

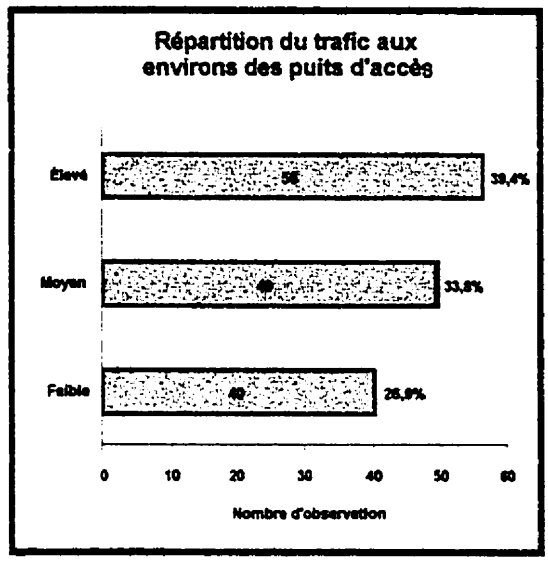

Distribution des puits d'accès selon les saisons échantillonnées
Hiver
20,0%
Automne
17,5%
Été
28,1%
Printemps
34,4%
0
10
20
30
40
50
60
Nombre d'observation

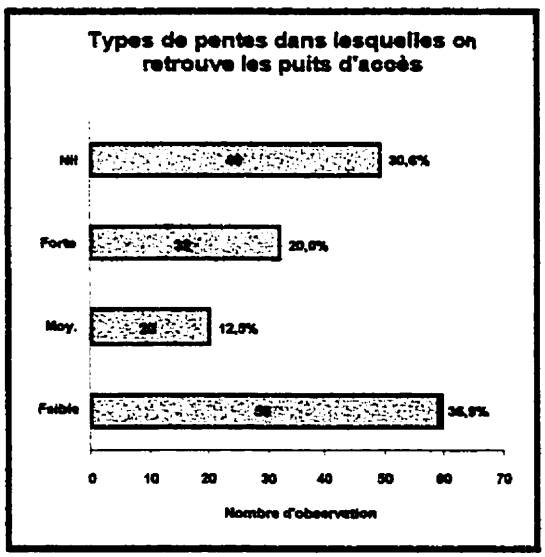

Localisation géographique des puits d'accès
Terrain privé
18,9%
Terrainvague
7,6%
Stationnement
3,8%
Trottoir
43,1%
Accotement
7,6%
Côté de rue
9,4%
Centre rue
11,9%
0
20
40
60
Nombre d'observatior

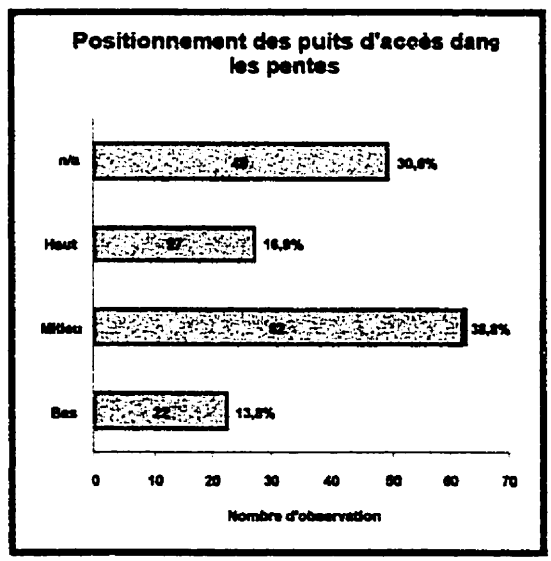

Types de routes où se situent les puits d'accès
Rte rurale (avec fossé)
5,0%
Autoroute (avec fossé)
4,4%
Boul. (avec fossé)
1,9%
Rue (avec fossé)
0,6%
Route rurale
1,9%
Autoroute
2,5%
Boulevard
31,3%
Rue
52,5%
0
20
40
60
80
100
Nombre d'observatior

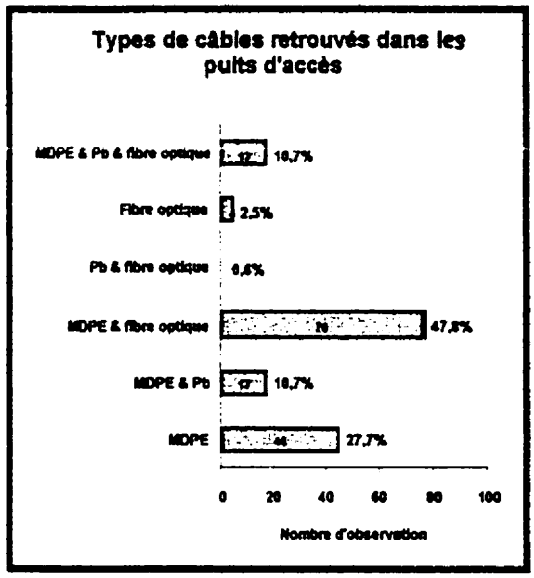

Répartition du trafic aux environs des puits d'accès
Élevé
39,4%
Moyen
33,8%
Faible
26,9%
0
10
20
30
40
50
60
Nombre d'observation

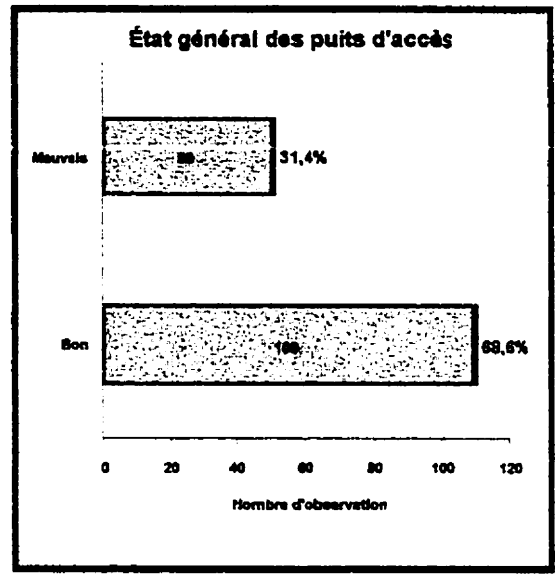

Distribution des puits selon les différents secteurs
Autres
0,6%
Industriel
10,1%
Commercial
6,8%
Rural
34,0%
Rés. haute densité
12,7%
Rés. faible densité
33,3%
0 10 20 30 40 50 60 70
Nombre d'observation

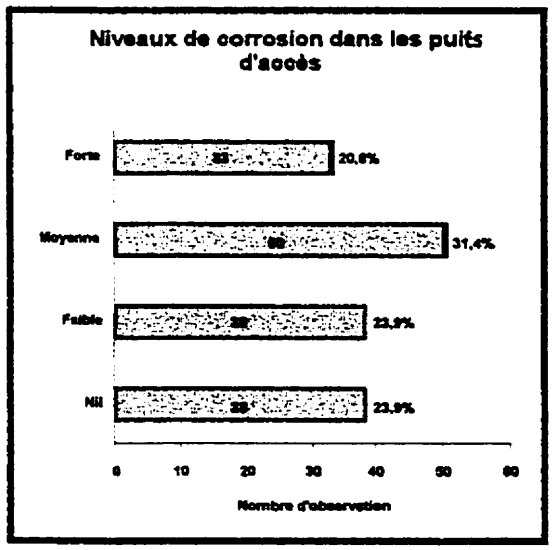

Répartition du trafic aux environs des puits d'accès
Élevé
39,4%
Moyen
33,8%
Faible
26,8%
0 10 20 30 40 50 60
Nombre d'observation


Types de pentes dans lesquelles on retrouve les puits d'accès
Nil
30,6%
Forte
20,6%
Moy.
12,5%
Faible
36,8%
0 10 20 30 40 50 60 70
Nombre d'observation


Positionnement des puits d'accès dans les pentes
n/a
30,6%
Haut
16,9%
Milieu
38,8%
Bas
13,8%
0 10 20 30 40 50 60 70
Nombre d'observation


Types de câbles retrouvés dans les puits d'accès
MDPE & Pb & fibre optique
16,7%
Fibre optique
2,5%
Pb & fibre optique
0,8%
MDPE & fibre optique
47,8%
MDPE & Pb
16,7%
MDPE
27,7%
0
20
40
60
80
100
Nombre d'observation


État général des puits d'accès
Mauvais
31,4%
Bon
68,6%
0
20
40
60
80
100
120
Nombre d'observation


Niveaux de corrosion dans les puits d'accès
Forte
20,6%
Moyenne
31,4%
Faible
23,9%
Nil
23,9%
0
10
20
30
40
50
60
Nombre d'observation

| Activités et vocations des terrains aux environs des puits d'accès | | | | | n | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lac / plan d'eau | | | | | 8 | 5,9 |
| Lac / plan d'eau | Restaurant / hôtel | | | | 1 | 0,7 |
| Lac / plan d'eau | Parc / golf | | | | 2 | 1,5 |
| Lac / plan d'eau | Garage / mécanique | | | | 2 | 1,5 |
| Lac / plan d'eau | Commerces variés | | | | 3 | 2,2 |
| Lac / plan d'eau | Terrain vague | Station-service | Commerces variés | | 1 | 0,7 |
| Lac / plan d'eau | Station-service | Parc / golf | | | 1 | 0,7 |
| Champs cultivé | | | | | 9 | 6,7 |
| Champs cultivé | Station-service | Commerces variés | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | | | | | 8 | 5,9 |
| Terrain vague | Condos industriels | | | | 3 | 2,2 |
| Terrain vague | Autres | | | | 3 | 2,2 |
| Terrain vague | Garage / mécanique | Autres | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Condos industriels | Autres | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Commerces variés | | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Centre d'achats | Parc / golf | | | 2 | 1,5 |
| Terrain vague | Centre d'achats | Garage / mécanique | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Station-service | Garage / mécanique | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Garage / mécanique | Réservoir chimique | | | 1 | 0,7 |
| Terrain vague | Station-service | Restaurant / hôtel | Garage / mécanique | Commerces variés | 1 | 0,7 |
| Station-service | | | | | 2 | 1,5 |
| Station-service | Restaurant / hôtel | | | | 2 | 1,5 |
| Station-service | Centre d'achats | | | | 2 | 1,5 |
| Station-service | Parc / golf | | | | 1 | 0,7 |
| Station-service | Garage / mécanique | | | | 1 | 0,7 |
| Station-service | Commerces variés | | | | 3 | 2,2 |
| Station-service | Centre d'achats | Commerces variés | | | 1 | 0,7 |
| Station-service | Restaurant / hôtel | Garage / mécanique | | | 1 | 0,7 |
| Station-service | Garage / mécanique | Commerces variés | | | 2 | 1,5 |
| Station-service | Restaurant / hôtel | Commerces variés | | | 1 | 0,7 |
| Restaurant / hôtel | | | | | 3 | 2,2 |
| Restaurant / hôtel | Commerces variés | | | | 5 | 3,7 |
| Restaurant / hôtel | Centre d'achats | | | | 2 | 1,5 |
| Restaurant / hôtel | Parc / golf | | | | 1 | 0,7 |
| Restaurant / hôtel | Garage / mécanique | | | | 1 | 0,7 |
| Restaurant / hôtel | Centre d'achats | Garage / mécanique | | | 1 | 0,7 |
| Centre d'achats | | | | | 5 | 3,7 |
| Centre d'achats | Commerces variés | | | | 1 | 0,7 |
| Centre d'achats | Parc / golf | | | | 1 | 0,7 |
| Centre d'achats | Autres | | | | 2 | 1,5 |
| Parc / golf | | | | | 9 | 6,7 |
| Parc / golf | Commerces variés | | | | 2 | 1,5 |
| Parc / golf | Autres | | | | 2 | 1,5 |
| Garage / mécanique | | | | | 1 | 0,7 |
| Garage / mécanique | Commerces variés | | | | 4 | 3,0 |
| Commerces variés | | | | | 17 | 12,6 |
| Condos industriels | | | | | 4 | 3,0 |
| Réservoir de pétrole | | | | | 1 | 0,7 |
| Autres | | | | | 6 | 4,4 |
| Total | | | | | 135 | 100% |

Nombre de trous se retrouvant sur les couvercles.

| | Trous centraux | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Trous latéraux | 0 | 1 | 2 | 12 | Total |
| 0 | 0 | 5 | 22 | 0 | 27 |
| 4 | 24 | 0 | 103 | 4 | 131 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Total | 25 | 5 | 126 | 4 | 160 |

Matériels de fabrication des boîtiers contenus dans les puits d'accès

| Polypropylène | Pb | Acier inoxydable | QDT | n | % |
|---|---|---|---|---|---|
| X | | | | 12 | 8,1% |
| | X | | | 66 | 44,6% |
| | | X | | 1 | 0,7% |
| | | | X | 1 | 0,7% |
| X | X | | | 31 | 20,9% |
| X | | X | | 1 | 0,7% |
| | X | X | | 13 | 8,8% |
| | X | | X | 12 | 8,1% |
| X | X | X | | 7 | 4,7% |
| X | X | | X | 1 | 0,7% |
| | X | X | X | 2 | 1,4% |
| X | X | X | x | 1 | 0,7% |
| Total | | | | 148 | 100% |

Matériels de fabrication des câbles contenus dans les puits d'accès

| | MDPE | MDPE & Pb | MDPE & fibre optique | Pb & fibre optique | Fibre optique | MDPE & Pb & Fibre optique | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | 44 | 17 | 76 | 1 | 4 | 17 | 159 |
| % | 27,7% | 10,7% | 47,8% | 0,6% | 2,5% | 10,7% | 100% |

# ANNEXE 3

Sommaire des différentes analyses statistiques descriptives

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées

dans l'eau de surface des puits d'accès de la région de Toronto.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 50 | 0.3493 | 0.0500 | 13.0 | 1.8311 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 50 | 0.4813 | 0.0500 | 15.0 | 2.1102 |
| Solides en suspension | mg/L | 50 | 27.7813 | 0.5000 | 270.0 | 47.4708 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 50 | 0.3417 | 0.1000 | 4.8000 | 0.6827 |
| Argent (Ag) | mg/L | 50 | 0.1090 | 0 | 5.0 | 0.6994 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 50 | 0.0622 | 0.0090 | 0.2400 | 0.0482 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 50 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 50 | 0.0477 | 0.0100 | 0.1600 | 0.0326 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 50 | 0.0028 | 0.0025 | 0.0130 | 0.0015 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 50 | 91.5625 | 13.0 | 330.0 | 63.4849 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 50 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 50 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 50 | 0.0193 | 0.0050 | 0.1200 | 0.0230 |
| Étain (Sn) | mg/L | 50 | 0.0271 | 0.0250 | 0.1300 | 0.0147 |
| Fer (Fe) | mg/L | 50 | 1.1680 | 0.0050 | 6.5000 | 1.4782 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 50 | 13.5500 | 1.6000 | 84.0 | 14.2680 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 50 | 0.0713 | 0.0025 | 0.7500 | 0.1352 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 50 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 1.9712 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 50 | 0.0106 | 0.0100 | 0.0400 | 0.0042 |
| Phosphore (P) | mg/L | 50 | 0.2417 | 0.0500 | 1.3000 | 0.2111 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 50 | 0.0568 | 0.0250 | 0.6900 | 0.1177 |
| Potassium (K) | mg/L | 50 | 38.2063 | 1.3000 | 200.0 | 44.1930 |
| Sodium (Na) | mg/L | 50 | 640.2292 | 6.0 | 14000.0 | 1956.6722 |
| Vanadium (V) | mg/L | 50 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 4.9281 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 50 | 1.0060 | 0.0600 | 9.0 | 1.5500 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées

dans l'eau de surface des puits d'accès de la région d'Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 5 | 0.0800 | 0.0500 | 0.2000 | 0.0671 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 5 | 0.1500 | 0.0500 | 0.4000 | 1.5411 |
| Solides en suspension | mg/L | 5 | 19.6000 | 4.0 | 42.0 | 16.0093 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 5 | 0.8000 | 0.3000 | 1.3000 | 0.3606 |
| Argent (Ag) | mg/L | 5 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 5 | 0.0562 | 0.0300 | 0.1100 | 0.0326 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 5 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 5 | 0.0260 | 0 0100 | 0.0600 | 0.0207 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 5 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 5 | 44.4020 | 0.0100 | 89.0 | 32.0090 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 5 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 5 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 5 | 0.0270 | 0.0050 | 0.0600 | 0.0259 |
| Étain (Sn) | mg/L | 5 | 0.0250 | 0.0250 | 0.0250 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 5 | 1.4200 | 0.2300 | 2.8000 | 1.1029 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 5 | 5.5000 | 3.1000 | 8.8000 | 2.5933 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 5 | 0.0508 | 0.0190 | 0.0760 | 0.0263 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 5 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 5 | 0.01200 | 0.0100 | 0.0200 | 0.0045 |
| Phosphore (P) | mg/L | 5 | 0.3300 | 0.0500 | 0.0800 | 0.2992 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 5 | 0.0360 | 0.0250 | 0.0800 | 0.0246 |
| Potassium (K) | mg/L | 5 | 19.2000 | 8.0 | 27.0 | 8.2885 |
| Sodium (Na) | mg/L | 5 | 1932.0 | 110.0 | 6100.0 | 2452.6251 |
| Vanadium (V) | mg/L | 5 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 5 | 0.7740 | 0.0500 | 1.9000 | 0.8596 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau de surface des puits d'accès de la province de l'Ontario pour les villes autres que celles des agglomérations de Toronto et Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 18 | 0.0526 | 0.0500 | 0.1000 | 0.01147 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 18 | 0.1421 | 0.0500 | 1.0 | 0.2329 |
| Solides en suspension | mg/L | 18 | 26.1842 | 0.5000 | 230.0 | 52.9059 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 18 | 0.3053 | 0.1000 | 1.8000 | 0.4720 |
| Argent (Ag) | mg/L | 18 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 18 | 0.0579 | 0.0200 | 0.1700 | 0.0419 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 18 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 18 | 0.0547 | 0.0100 | 0.3700 | 0.0815 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 18 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 18 | 78.5789 | 33.0 | 140.0 | 33.0863 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 18 | 0.0126 | 0.0100 | 0.0600 | 0.0115 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 18 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 18 | 0.0142 | 0.0050 | 0.1200 | 0.0252 |
| Étain (Sn) | mg/L | 18 | 0.0389 | 0.0250 | 0.2900 | 0.0608 |
| Fer (Fe) | mg/L | 18 | 0.7163 | 0.0900 | 5.700 | 1.2850 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 18 | 13.0947 | 2.4000 | 27.0 | 8.1743 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 18 | 0.0580 | 0.0025 | 0.5400 | 0.1308 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 18 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 18 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 18 | 0.2105 | 0.0500 | 0.7000 | 0.1612 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 18 | 0.1721 | 0.0250 | 2.6000 | 0.5885 |
| Potassium (K) | mg/L | 18 | 20.5105 | 2.0 | 99.0 | 29.3245 |
| Sodium (Na) | mg/L | 18 | 451.7894 | 14.0 | 5700.0 | 1279.7887 |
| Vanadium (V) | mg/L | 18 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 18 | 0.6879 | 0.0400 | 2.3000 | 0.6025 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau de surface des puits d'accès de la province de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 70 | 0.2317 | 0.0500 | 3.8000 | 0.5643 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 70 | 0.4806 | 0.0500 | 6.3000 | 1.0118 |
| Solides en suspension | mg/L | 70 | 51.3611 | 0.5000 | 620.0 | 98.4460 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 70 | 0.6479 | 0.1000 | 7.3000 | 1.0507 |
| Argent (Ag) | mg/L | 70 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 70 | 0.0686 | 0.0090 | 1.0 | 0.1194 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 70 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 70 | 0.0314 | 0.0100 | 0.1300 | 0.0233 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 70 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 70 | 72.8720 | 0.0100 | 560.0 | 81.9586 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 70 | 0.0128 | 0.0100 | 0.09 | 0.0118 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 70 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 70 | 0.0249 | 0.0050 | 0.1800 | 0.0311 |
| Étain (Sn) | mg/L | 70 | 0.0256 | 0.025 | 0.0700 | 0.0054 |
| Fer (Fe) | mg/L | 70 | 1.3956 | 0.0400 | 15.0 | 2.0247 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 70 | 12.4197 | 0.4000 | 200.0 | 25.1316 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 70 | 0.0591 | 0.0025 | 0.3400 | 0.0732 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 70 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 2.8364 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 70 | 0.0108 | 0.0100 | 0.05000 | 0.0050 |
| Phosphore (P) | mg/L | 70 | 0.2401 | 0.0500 | 1.3000 | 0.2529 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 70 | 0.0862 | 0.0250 | 1.0 | 0.1761 |
| Potassium (K) | mg/L | 70 | 45.0887 | 2.1000 | 340.0 | 64.4430 |
| Sodium (Na) | mg/L | 70 | 1036.4789 | 14.0 | 8100.0 | 1832.2747 |
| Vanadium (V) | mg/L | 70 | 0.0138 | 0.0125 | 0.05000 | 0.0064 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 70 | 0.7808 | 0.0300 | 13.0 | 1.5705 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées

dans l'eau de surface des puits d'accès de la région de Montréal.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 45 | 0.1594 | 0.0500 | 2.500 | 0.4144 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 45 | 0.3009 | 0.0500 | 2.9000 | 0.6087 |
| Solides en suspension | mg/L | 45 | 32.3302 | 0.5000 | 400.0 | 63.3574 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 45 | 0.4264 | 0.1000 | 3.4000 | 0.6563 |
| Argent (Ag) | mg/L | 45 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 45 | 0.0472 | 0.0110 | 0.2100 | 0.0403 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 45 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 45 | 0.0291 | 0.0100 | 0.0900 | 0.0203 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 45 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 45 | 72.9549 | 0.0100 | 560.0 | 95.0685 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 45 | 0.0104 | 0.0100 | 0.0900 | 0.0122 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 45 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 45 | 0.0208 | 0.0050 | 0.1800 | 0.0333 |
| Étain (Sn) | mg/L | 45 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 45 | 0.8964 | 0.0400 | 6.6000 | 1.1239 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 45 | 14.4415 | 0.6000 | 200.0 | 30.3687 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 45 | 0.0496 | 0.0025 | 0.3400 | 0.0775 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 45 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 45 | 0.0096 | 0.0100 | 0.0500 | 0.0063 |
| Phosphore (P) | mg/L | 45 | 0.1755 | 0.0500 | 1.3000 | 0.2131 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 45 | 0.0631 | 0.0250 | 1.0 | 1.1696 |
| Potassium (K) | mg/L | 45 | 33.1528 | 3.0 | 310.0 | 549019 |
| Sodium (Na) | mg/L | 45 | 775.7547 | 14.0 | 7300.0 | 1567.1194 |
| Vanadium (V) | mg/L | 45 | 0.0124 | 0.0125 | 0.0500 | 0.0080 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 45 | 0.6879 | 0.0400 | 2.3000 | 0.6025 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées

dans l'eau de surface des puits d'accès de la région de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 7 | 0.6413 | 0.0500 | 3.8000 | 1.3658 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 7 | 1.5938 | 0.0500 | 6.3000 | 2.5354 |
| Solides en suspension | mg/L | 7 | 72.3750 | 14.0 | 250.0 | 80.7604 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 7 | 1.3875 | 0.3000 | 7.3000 | 2.6156 |
| Argent (Ag) | mg/L | 7 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 7 | 0.1845 | 0.0280 | 1.0 | 0.3515 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 7 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 7 | 0.0325 | 0.0100 | 0.0600 | 0.0189 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 7 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 7 | 63.6250 | 15.0 | 150.0 | 56.7325 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 7 | 0.0138 | 0.0100 | 0.0500 | 0.0151 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 7 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 7 | 0.03312 | 0.0050 | 0.1200 | 0.0404 |
| Étain (Sn) | mg/L | 7 | 0.0275 | 0.0250 | 0.0700 | 0.0170 |
| Fer (Fe) | mg/L | 7 | 3.4213 | 0.8700 | 15.0 | 4.9620 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 7 | 2.9250 | 0.6000 | 5.6000 | 1.6752 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 7 | 0.07537 | 0.0220 | 0.2500 | 0.0799 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 7 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 7 | 0.4063 | 0.0500 | 1.0 | 0.3816 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 7 | 0.1775 | 0.0250 | 0.9200 | 0.3276 |
| Potassium (K) | mg/L | 7 | 98.725 | 2.8000 | 340.0 | 119.0958 |
| Sodium (Na) | mg/L | 7 | 2624.8750 | 59.0 | 8100.0 | 3304.4485 |
| Vanadium (V) | mg/L | 7 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 7 | 2.0188 | 0.1200 | 13.0 | 4.7320 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau de surface des puits d'accès de la province de Québec pour les villes autres que celles des agglomérations de Montréal et Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 18 | 0.1605 | 0.0500 | 1.3000 | 0.2983 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 18 | 0.3079 | 0.0500 | 1.5000 | 0.4033 |
| Solides en suspension | mg/L | 18 | 73.8684 | 0.5000 | 620.0 | 154.5390 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 18 | 0.6263 | 0.1000 | 2.9000 | 0.7244 |
| Argent (Ag) | mg/L | 18 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 18 | 0.0453 | 0.0090 | 0.1100 | 0.02976 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 18 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 18 | 0.0221 | 0.0100 | 0.1300 | 0.0277 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 18 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 18 | 38.6474 | 7.3000 | 110.0 | 27.9072 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 18 | 0.0126 | 0.0100 | 0.0500 | 0.0100 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 18 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 18 | 0.0205 | 0.0050 | 0.0700 | 0.0210 |
| Étain (Sn) | mg/L | 18 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 18 | 1.2500 | 0.0600 | 5.1000 | 1.3123 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 18 | 3.6316 | 0.4000 | 22.0 | 4.8751 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 18 | 0.0506 | 0.0060 | 0.2600 | 0.0609 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 18 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 18 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 18 | 0.2263 | 0.0500 | 1.2000 | 0.2538 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 18 | 0.0700 | 0.0250 | 0.3500 | 0.0932 |
| Potassium (K) | mg/L | 18 | 34.1789 | 2.1000 | 180.0 | 45.5085 |
| Sodium (Na) | mg/L | 18 | 600.4737 | 22.0 | 5500.0 | 1292.5780 |
| Vanadium (V) | mg/L | 18 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 18 | 0.5942 | 0.1700 | 2.4000 | 0.5225 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 118 | 0,0837 | 0,0500 | 2,4000 | 0,2211 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 118 | 0,1975 | 0,0500 | 3,6000 | 0,3568 |
| Solides en suspension | mg/L | 118 | 8,7500 | 0,5000 | 160,0 | 17,3531 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 118 | 0,2000 | 0,1000 | 2,9000 | 0,3619 |
| Argent (Ag) | mg/L | 118 | 0,0053 | 0,0050 | 0,0200 | 0,0016 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 118 | 0,0895 | 0,0025 | 0,4300 | 0,0706 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 118 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0000 |
| Bore (B) | mg/L | 118 | 0,0430 | 0,0100 | 0,2100 | 0,0304 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 118 | 0,0028 | 0,0025 | 0,0400 | 0,0035 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 118 | 118,0933 | 0,0100 | 450,0 | 87,2591 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 118 | 0,0102 | 0,0100 | 0,0300 | 0,0018 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 118 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0000 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 118 | 0,0135 | 0,0050 | 0,1100 | 0,0181 |
| Étain (Sn) | mg/L | 118 | 0,0031 | 0,0025 | 0,0700 | 0,0062 |
| Fer (Fe) | mg/L | 118 | 0,6579 | 0,0050 | 8,0000 | 1,2721 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 118 | 19,8818 | 0,1500 | 130,0 | 22,9795 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 118 | 0,0833 | 0,0025 | 1,1000 | 0,1453 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 118 | 0,0500 | 0,0500 | 0,0500 | 0,0000 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 118 | 0,0110 | 0,0100 | 0,0500 | 0,0059 |
| Phosphore (P) | mg/L | 118 | 0,1767 | 0,0500 | 1,1000 | 0,1789 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 118 | 0,0386 | 0,0250 | 0,2700 | 0,0390 |
| Potassium (K) | mg/L | 118 | 42,6415 | 3,0000 | 340,0 | 49,6666 |
| Sodium (Na) | mg/L | 118 | 1402,7983 | 0,2000 | 15000,0 | 2389,6069 |
| Vanadium (V) | mg/L | 118 | 0,0134 | 0,0125 | 0,0900 | 0,0076 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 118 | 1,1997 | 0,0025 | 22,0 | 2,4449 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la province de l'Ontario.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 56 | 0.0566 | 0.0500 | 0.2000 | 0.02678 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 56 | 0.1348 | 0.0500 | 0.9000 | 0.1513 |
| Solides en suspension | mg/L | 56 | 5.4018 | 0.5000 | 51.0 | 8.3907 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 56 | 0.1161 | 0.1000 | 0.7000 | 0.0848 |
| Argent (Ag) | mg/L | 56 | 0.0055 | 0.0050 | 0.0200 | 0.0023 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 56 | 0.1012 | 0.0025 | 0.4300 | 0.0783 |
| Béryllium (Be) | mg/L | 56 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 56 | 0.0455 | 0.0100 | 0.2100 | 0.0357 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 56 | 0.0031 | 0.0003 | 0.0400 | 0.0050 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 56 | 134.6073 | 0.0100 | 350.0 | 75.4883 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 56 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 56 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 56 | 0.0117 | 0.0050 | 0.0500 | 0.0110 |
| Étain (Sn) | mg/L | 56 | 0.0037 | 0.0025 | 0.0700 | 0.0090 |
| Fer (Fe) | mg/L | 56 | 0.4654 | 0.0050 | 8.0 | 1.2363 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 56 | 21.9286 | 0.7000 | 89.0 | 18.2927 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 56 | 0.1057 | 0.0025 | 1.1000 | 0.1992 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 56 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 2.2464 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 56 | 0.0107 | 0.0100 | 0.0400 | 0.0042 |
| Phosphore (P) | mg/L | 56 | 0.1750 | 0.0500 | 0.6000 | 0.1424 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 56 | 0.0364 | 0.0250 | 0.1500 | 0.0283 |
| Potassium (K) | mg/L | 56 | 29.2912 | 3.0 | 170.0 | 34.3574 |
| Sodium (Na) | mg/L | 56 | 773.7857 | 25.0 | 6900.0 | 1064.9688 |
| Vanadium (V) | mg/L | 56 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 5.6161 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 56 | 1.5851 | 0.0400 | 22.0 | 3.0166 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la région de Toronto.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 39 | 0.0431 | 0.0500 | 0.2000 | 0.0307 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 39 | 0.0854 | 0.0500 | 0.7000 | 0.1159 |
| Solides en suspension | mg/L | 39 | 3.1667 | 0.5000 | 51.0 | 8.3224 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 39 | 0.0813 | 0.1000 | 0.3000 | 0.0359 |
| Argent (Ag) | mg/L | 39 | 0.0044 | 0.0050 | 0.0200 | 0.0027 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 39 | 0.0671 | 0.0025 | 0.2500 | 0.0543 |
| Béryllium (Be) | mg/L | 39 | 0.0019 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 39 | 0.0363 | 0.0100 | 0.2100 | 0.0370 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 39 | 0.0027 | 0.0025 | 0.0400 | 0.0061 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 39 | 104.3335 | 0.0100 | 350.0 | 79.8048 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 39 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 39 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 39 | 0.0083 | 0.0050 | 0.0400 | 0.0107 |
| Étain (Sn) | mg/L | 39 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 39 | 0.1757 | 0.0050 | 2.6000 | 0.4566 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 39 | 15.4063 | 0.7000 | 89.0 | 18.8482 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 39 | 0.0693 | 0.0025 | 1.1000 | 0.2054 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 39 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 39 | 0.0081 | 0.0100 | 0.0400 | 0.0049 |
| Phosphore (P) | mg/L | 39 | 0.1186 | 0.0500 | 0.5000 | 0.1468 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 39 | 0.0252 | 0.0250 | 0.1300 | 0.02219 |
| Potassium (K) | mg/L | 39 | 27.1483 | 7.0 | 170.0 | 39.1718 |
| Sodium (Na) | mg/L | 39 | 494.9167 | 37.0 | 2200.0 | 575.2998 |
| Vanadium (V) | mg/L | 39 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 39 | 1.3875 | 0.0920 | 22.0 | 3.6020 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la région d'Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 4 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 4 | 0.1100 | 0.0500 | 0.2000 | 0.0750 |
| Solides en suspension | mg/L | 4 | 8.6000 | 4.000 | 15.0 | 4.9917 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 4 | 0.2000 | 0.1000 | 0.7000 | 0.3000 |
| Argent (Ag) | mg/L | 4 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 4 | 0.0858 | 0.04600 | 0.2400 | 0.0902 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 4 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 4 | 0.0260 | 0.0100 | 0.0800 | 0.0330 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 4 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 4 | 111.200 | 51.0 | 300.0 | 114.2249 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 4 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 4 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 4 | 0.0210 | 0.0050 | 0.0500 | 0.0221 |
| Étain (Sn) | mg/L | 4 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 4 | 0.3320 | 0.2400 | 0.7900 | 0.2580 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 4 | 13.4000 | 25.000 | 32.0 | 13.6168 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 4 | 0.1404 | 0.0240 | 0.4800 | 0.2141 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 4 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 4 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 4 | 0.1600 | 0.0500 | 0.6000 | 0.2677 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 4 | 0.0250 | 0.0250 | 0.0250 | 0 |
| Potassium (K) | mg/L | 4 | 16.0 | 8.0 | 38.0 | 12.9615 |
| Sodium (Na) | mg/L | 4 | 1314.0 | 400.0 | 3100.0 | 1409.4532 |
| Vanadium (V) | mg/L | 4 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 4 | 0.6500 | 0.0500 | 2.2000 | 0.9801 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la province de l'Ontario pour les villes autres que celles des agglomérations de Toronto et Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 13 | 0.0474 | 0.0500 | 0.1000 | 0.0171 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 13 | 0.1526 | 0.0500 | 0.9000 | 0.2175 |
| Solides en suspension | mg/L | 13 | 5.6579 | 0.5000 | 29.0 | 8.3924 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 13 | 0.1000 | 0.1000 | 0.1000 | 0 |
| Argent (Ag) | mg/L | 13 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 13 | 0.1061 | 0.0300 | 0.4300 | 0.1121 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 13 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 13 | 0.0358 | 0.0100 | 0.1200 | 0.0342 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 13 | 0.0020 | 0.0003 | 0.0025 | 0.0006 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 13 | 103.8947 | 42.0 | 210.0 | 49.4164 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 13 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 13 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 13 | 0.0079 | 0.0050 | 0.0300 | 0.0075 |
| Étain (Sn) | mg/L | 13 | 0.0057 | 0.0025 | 0.0700 | 0.0169 |
| Fer (Fe) | mg/L | 13 | 0.8405 | 0.0050 | 8.0 | 2.1664 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 13 | 22.1842 | 2.8000 | 67.0 | 20.6827 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 13 | 0.0997 | 0.0025 | 0.8100 | 0.2099 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 13 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 13 | 0.0089 | 0.0100 | 0.0200 | 0.0025 |
| Phosphore (P) | mg/L | 13 | 0.1737 | 0.0500 | 0.6000 | 0.1721 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 13 | 0.0384 | 0.0250 | 0.1500 | 0.0399 |
| Potassium (K) | mg/L | 13 | 13.5421 | 3.0 | 53.0 | 16.0274 |
| Sodium (Na) | mg/L | 13 | 684.5263 | 25.0 | 6900.0 | 1650.1157 |
| Vanadium (V) | mg/L | 13 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 13 | 0.9954 | 0.0400 | 2.8000 | 0.8356 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la province de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 62 | 0.1073 | 0.0500 | 2.4000 | 0.3030 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 62 | 0.2508 | 0.0500 | 3.60000 | 0.4655 |
| Solides en suspension | mg/L | 62 | 11.6190 | 0.5000 | 160.0 | 22.2334 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 62 | 0.2746 | 0.1000 | 2.9000 | 0.4826 |
| Argent (Ag) | mg/L | 62 | 0.0051 | 0.0050 | 0.0100 | 0.0006 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 62 | 0.0789 | 0.0025 | 0.3100 | 0.06160 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 62 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 62 | 0.0356 | 0.0100 | 0.1100 | 0.0240 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 62 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 62 | 104.0794 | 11.0 | 450.0 | 94.8141 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 62 | 0.0103 | 0.0100 | 0.0300 | 0.0025 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 62 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 62 | 0.0150 | 0.0050 | 0.1100 | 0.0226 |
| Étain (Sn) | mg/L | 62 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 62 | 0.8197 | 0.0300 | 7.200 | 1.2889 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 62 | 18.7151 | 0.1500 | 130.0 | 26.5293 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 62 | 0.0620 | 0.0025 | 0.2500 | 0.0618 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 62 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 2.6113 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 62 | 0.0113 | 0.0100 | 0.0500 | 0.0071 |
| Phosphore (P) | mg/L | 62 | 0.1770 | 0.0500 | 1.1000 | 0.2076 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 62 | 0.0402 | 0.0250 | 0.2700 | 0.0482 |
| Potassium (K) | mg/L | 62 | 53.8952 | 3.0 | 340.0 | 57.9276 |
| Sodium (Na) | mg/L | 62 | 1940.9079 | 0.2000 | 1500.0 | 3039.4882 |
| Vanadium (V) | mg/L | 62 | 0.0142 | 0.0125 | 0.0900 | 0.0104 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 62 | 0.8539 | 0.0025 | 13.0 | 1.7323 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la région de Montréal.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 39 | 0.0500 | 0.0500 | 0.3000 | 0.0470 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 39 | 0.1292 | 0.0500 | 0.6000 | 0.1324 |
| Solides en suspension | mg/L | 39 | 6.1321 | 0.5000 | 28.0 | 6.9291 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 39 | 0.1528 | 0.1000 | 1.7000 | 0.2873 |
| Argent (Ag) | mg/L | 39 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 39 | 0.0619 | 0.0025 | 0.3100 | 0.0653 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 39 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 39 | 0.0298 | 0.0100 | 0.1000 | 0.0230 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 39 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 39 | 92.9623 | 20.0 | 450.0 | 102.5025 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 39 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 39 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 39 | 0.0116 | 0.0050 | 0.1000 | 0.0228 |
| Étain (Sn) | mg/L | 39 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 39 | 0.3356 | 0.0300 | 7.200 | 1.4852 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 39 | 19.1358 | 1.3000 | 130.0 | 30.0899 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 39 | 0.0503 | 0.0025 | 0.2500 | 0.0643 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 39 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 39 | 0.0092 | 0.0100 | 0.0500 | 0.0088 |
| Phosphore (P) | mg/L | 39 | 0.1406 | 0.0500 | 1.1000 | 0.2237 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 39 | 0.0296 | 0.0250 | 0.2700 | 0.0462 |
| Potassium (K) | mg/L | 39 | 34.9925 | 3.0 | 190.0 | 40.5301 |
| Sodium (Na) | mg/L | 39 | 1369.2113 | 0.2000 | 14000.0 | 2699.4673 |
| Vanadium (V) | mg/L | 39 | 0.0117 | 0.0125 | 0.0900 | 0.0129 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 39 | 0.5621 | 0.0025 | 3.5000 | 0.7956 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la région de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 7 | 0.3625 | 0.0500 | 2.4000 | 0.9443 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 7 | 0.7000 | 0.1000 | 36.000 | 1.3367 |
| Solides en suspension | mg/L | 7 | 18.7500 | 10.0 | 80.0 | 27.0924 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 7 | 0.3250 | 0.1000 | 1.9000 | 0.7230 |
| Argent (Ag) | mg/L | 7 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 7 | 0.0884 | 0.0440 | 0.2200 | 0.0662 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 7 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 7 | 0.0375 | 0.0100 | 0.1100 | 0.0341 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 7 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 7 | 80.7500 | 14.0 | 240.0 | 78.6223 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 7 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 7 | 0.0217 | 0.0050 | 0.1100 | 0.0492 |
| Étain (Sn) | mg/L | 7 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 7 | 0.9038 | 0.3900 | 3.5000 | 1.1413 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 7 | 1.9125 | 1.8000 | 4.5000 | 1.0134 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 7 | 0.0589 | 0.0110 | 0.1600 | 0.0501 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 7 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 7 | 0.1750 | 0.0500 | 0.9000 | 0.3416 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 7 | 0.0381 | 0.0250 | 0.1800 | 0.0633 |
| Potassium (K) | mg/L | 7 | 98.2500 | 5.0 | 340.0 | 118.3368 |
| Sodium (Na) | mg/L | 7 | 4687.5000 | 1100.0 | 15000.0 | 5199.5192 |
| Vanadium (V) | mg/L | 7 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 7 | 1.7051 | 0.0260 | 13.0 | 5.2557 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans l'eau en profondeur dans la colonne d'eau des puits d'accès de la province de Québec pour les villes autres que celles des agglomérations de Montréal et Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/L | 16 | 0.0612 | 0.0500 | 0.4100 | 0.0900 |
| Huiles et graisses totales | mg/L | 16 | 0.1737 | 0.0500 | 0.8000 | 0.1873 |
| Solides en suspension | mg/L | 16 | 13.4211 | 0.5000 | 160.0 | 38.8068 |
| Aluminium (Al) | mg/L | 16 | 0.3421 | 0.1000 | 2.900 | 0.7164 |
| Argent (Ag) | mg/L | 16 | 0.0042 | 0.0050 | 0.0100 | 0.0013 |
| Baryum (Ba) | mg/L | 16 | 0.0481 | 0.0090 | 0.1700 | 0.0446 |
| Béryllium (Bé) | mg/L | 16 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Bore (B) | mg/L | 16 | 0.0174 | 0.0100 | 0.0700 | 0.0171 |
| Cadmium (Cd) | mg/L | 16 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Calcium (Ca) | mg/L | 16 | 43.3684 | 11.0 | 200.0 | 50.8428 |
| Chrome (Cr) | mg/L | 16 | 0.0089 | 0.0100 | 0.0300 | 0.0050 |
| Cobalt (Co) | mg/L | 16 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0 |
| Cuivre (Cu) | mg/L | 16 | 0.0076 | 0.0050 | 0.0300 | 0.0081 |
| Étain (Sn) | mg/L | 16 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0 |
| Fer (Fe) | mg/L | 16 | 0.4747 | 0.0900 | 2.7000 | 0.6591 |
| Magnésium (Mg) | mg/L | 16 | 4.6605 | 0.1500 | 31.0 | 9.0347 |
| Manganèse (Mn) | mg/L | 16 | 0.0403 | 0.0025 | 0.2000 | 0.0589 |
| Molybdène (Mo) | mg/L | 16 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0500 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/L | 16 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0 |
| Phosphore (P) | mg/L | 16 | 0.1158 | 0.0500 | 0.2000 | 0.0606 |
| Plomb (Pb) | mg/L | 16 | 0.0334 | 0.0250 | 0.1600 | 0.0444 |
| Potassium (K) | mg/L | 16 | 39.5158 | 5.9000 | 150.0 | 46.2834 |
| Sodium (Na) | mg/L | 16 | 638.4210 | 80.0 | 2500.0 | 868.0390 |
| Vanadium (V) | mg/L | 16 | 0.0125 | 0.0125 | 0.0125 | 0 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 16 | 0.4927 | 0.0260 | 2.5000 | 0.6663 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 143 | 1130.420 | 50,0 | 13000,0 | 1634.642 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 143 | 4249,7902 | 120,0 | 39000,0 | 5573,7470 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 143 | 7060,8392 | 1300,0 | 24000,0 | 4422,5580 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 143 | 5,4685 | 5,0 | 19,0 | 2,2976 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 143 | 60,9650 | 12,0 | 180,0 | 35,2275 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 143 | 0,4136 | 0,2500 | 2,0 | 0,2860 |
| Bore (B) | mg/Kg | 143 | 6,8350 | 0,5000 | 29,0 | 4,8412 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 143 | 1,6871 | 0,0500 | 16,0 | 2,6970 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 143 | 87962,2378 | 6000,0 | 340000,0 | 48555,8816 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 143 | 30,5804 | 5,0 | 90,0 | 18,2889 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 143 | 5,6497 | 0,2500 | 50,0 | 6,3927 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 143 | 321,7570 | 1,2500 | 18000,0 | 1555,2112 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 143 | 1933,9301 | 2,0 | 45000,0 | 5627,0654 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 143 | 32784,6154 | 4200,0 | 220000,0 | 29579,24736 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 143 | 11807,6923 | 1600,0 | 55000,0 | 9566,3526 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 143 | 363,8182 | 54,0 | 1900,0 | 903,3274 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 143 | 2,9091 | 2,5000 | 30,0 | 2,5479 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 143 | 20,3497 | 4,0 | 120,0 | 14,8823 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 143 | 659,0210 | 130,0 | 3600,0 | 376,5547 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 143 | 6369,9510 | 12,5000 | 62000,0 | 12304,3037 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 143 | 1825,3147 | 400,0 | 6500,0 | 1175,4752 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 143 | 2048,5664 | 35,0 | 15000,0 | 2285,4727 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 143 | 20.5594 | 1.0 | 64,0 | 9,6383 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 143 | 1742,9441 | 53,0 | 21000,0 | 2410,3520 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la province de l'Ontario.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 80 | 1133.3962 | 120.0 | 13000.0 | 1954.8844 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 80 | 3088.3333 | 120.0 | 39000.0 | 5742.7604 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 80 | 7239.3939 | 1300.0 | 23000.0 | 4536.4126 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 80 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 80 | 63.7424 | 12.0 | 180.0 | 40.2951 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 80 | 0.3636 | 0.2500 | 1.1000 | 0.1904 |
| Bore (B) | mg/Kg | 80 | 7.1121 | 2.0 | 20.0 | 4.0609 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 80 | 1.8523 | 0.0500 | 13.0 | 2.8847 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 80 | 105090.9090 | 35000.0 | 340000.0 | 49502.0519 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 80 | 26.0758 | 5.0 | 90.0 | 18.8731 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 80 | 4.6765 | 0.2500 | 50.0 | 7.1264 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 80 | 219.2879 | 9.0 | 4400.0 | 551.2355 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 80 | 2161.1970 | 5.0 | 45000.0 | 6673.0045 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 80 | 27296.9697 | 4200.0 | 130000.0 | 17821.0677 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 80 | 16178.7879 | 3100.0 | 5550.0 | 10991.5844 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 80 | 444.6970 | 150.0 | 1900.0 | 324.5694 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 80 | 2.5682 | 2.5000 | 7.000 | 0.5539 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 80 | 17.4697 | 5.0 | 99.0 | 12.6676 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 80 | 628.6364 | 130.0 | 1800.0 | 334.1206 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 80 | 7206.1818 | 12.5000 | 62000.0 | 13041.2500 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 80 | 1747.4242 | 400.0 | 5500.0 | 1141.6349 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 80 | 1469.3182 | 65.0 | 15000.0 | 2129.8465 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 80 | 17.7273 | 1.0 | 36.0 | 7.9102 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 80 | 2190.8030 | 53.0 | 12000.0 | 2197.3411 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la région de Toronto.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 45 | 659.5833 | 120.0 | 5500.0 | 1123.3173 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 45 | 2249.375 | 120.0 | 26000.0 | 4049.1268 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 45 | 6216.6667 | 1300.0 | 23000.0 | 4834.1878 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 45 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 45 | 46.4042 | 20.0 | 170.0 | 35.2146 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 45 | 0.2958 | 0.2500 | 1.1000 | 0.1966 |
| Bore (B) | mg/Kg | 45 | 5.8833 | 2.0 | 20.0 | 3.8246 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 45 | 1.7281 | 0.0500 | 13.0 | 3.0620 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 45 | 76416.6667 | 35000.0 | 220000.0 | 36942.0628 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 45 | 22.5625 | 7.0 | 90.0 | 19.2522 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 45 | 3.2843 | 0.2500 | 20.0 | 4.2869 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 45 | 149.0417 | 12.0 | 870.0 | 188.8409 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 45 | 1979.2292 | 5.0 | 45000.0 | 6960.0742 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 45 | 22466.6667 | 6400.0 | 60000.0 | 12741.2693 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 45 | 12906.2500 | 3100.0 | 55000.0 | 12195.4273 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 45 | 368.5417 | 180.0 | 1600.0 | 298.4274 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 45 | 2.1250 | 2.500 | 7.0 | 0.6564 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 45 | 13.6458 | 7.0 | 35.0 | 7.3444 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 45 | 519.5833 | 130.0 | 1500.0 | 319.7519 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 45 | 6865.0833 | 12.5 | 62000.0 | 12242.9797 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 45 | 1481.0417 | 400.0 | 5500.0 | 1211.1116 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 45 | 1177.9167 | 210.0 | 15000.0 | 2273.8912 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 45 | 14.3125 | 1.0 | 36.0 | 7.7078 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 45 | 1755.0 | 170.0 | 8500.0 | 2264.6131 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la région d'Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 5 | 3002.0 | 170.0 | 13000.0 | 5613.1293 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 5 | 8510.0 | 660.0 | 39000.0 | 17046.1814 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 5 | 7500.0 | 5500.0 | 9400.0 | 1795.8285 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 5 | 99.8 | 37.0 | 180.0 | 57.3864 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 5 | 0.3700 | 0.2500 | 0.6000 | 0.1681 |
| Bore (B) | mg/Kg | 5 | 6.8000 | 4.0 | 12.0 | 3.1145 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 5 | 0.8400 | 0.0500 | 4.0 | 1.7665 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 5 | 115800.0 | 83000.0 | 160000.0 | 33677.8859 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 5 | 27.6000 | 10.0 | 66.0 | 22.2329 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 5 | 5.2500 | 0.2500 | 8.0 | 3.1721 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 5 | 76.2000 | 23.0 | 180.0 | 65.0477 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 5 | 6.0 | 5.0 | 10.0 | 2.2361 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 5 | 20600.0 | 15000.0 | 28000.0 | 5941.3803 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 5 | 13400.0 | 10000.0 | 16000.0 | 2792.8480 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 5 | 310.0 | 200.0 | 400.0 | 84.8528 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 5 | 14.6000 | 8.0 | 27.0 | 7.5697 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 5 | 646.0 | 520.0 | 910.0 | 156.6206 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 5 | 523.2 | 56.0 | 1000.0 | 374.1139 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 5 | 2700.0 | 1300.0 | 3700.0 | 1079.3517 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 5 | 3294.0 | 870.0 | 6900.0 | 2626.0579 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 5 | 21.4 | 12.0 | 35.0 | 8.9051 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 5 | 942.6000 | 53.0 | 3200.0 | 1281.1455 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès de la province de l'Ontario pour les villes autres que celles des agglomérations de Toronto et Ottawa.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 16 | 441.5789 | 140.0 | 2700.0 | 769.3735 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 16 | 1832.6316 | 150.0 | 7500.0 | 2143.1188 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 16 | 5652.6316 | 1500.0 | 16000.0 | 4227.6668 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 16 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 16 | 61.6842 | 12.0 | 170.0 | 52.4207 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 16 | 0.3079 | 0.2500 | 0.7000 | 0.1823 |
| Bore (B) | mg/Kg | 16 | 5.5789 | 2.0 | 19.0 | 4.9649 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 16 | 1.4712 | 0.0500 | 7.0 | 2.5225 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 16 | 116157.8950 | 54000.0 | 340000.0 | 69689.2806 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 16 | 15.3158 | 5.0 | 61.0 | 13.8044 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 16 | 5.6105 | 0.2500 | 50.0 | 12.4963 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 16 | 295.8421 | 9.0 | 4400.0 | 1086.1229 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 16 | 2300.0526 | 5.0 | 24000.0 | 6560.9003 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 16 | 24273.6842 | 4200.0 | 130000.0 | 29242.1499 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 16 | 14263.1579 | 5100.0 | 34000.0 | 8153.5166 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 16 | 375.2631 | 150.0 | 1900.0 | 435.2313 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 16 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 16 | 15.8421 | 5.0 | 99.0 | 2260.45 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 16 | 466.3158 | 140.0 | 1800.0 | 396.6169 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 16 | 6622.6842 | 12.5 | 52000.0 | 16319.8123 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 16 | 1210.0 | 550.0 | 3200.0 | 873.2240 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 16 | 850.2632 | 65.0 | 3000.0 | 811.6988 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 16 | 13.0 | 1.0 | 27.0 | 7.8057 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 16 | 2504.2105 | 60.0 | 12000.0 | 3168.2653 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la province de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 77 | 1456.9565 | 130.0 | 8700.0 | 1479.4617 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 77 | 5180.0 | 190.0 | 29000.0 | 5259.6579 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 77 | 6866.6667 | 1900.0 | 24000.0 | 4346.5584 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 77 | 5.8590 | 5.0 | 19.0 | 3.0837 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 77 | 59.6282 | 12.0 | 180.0 | 30.2908 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 77 | 0.4538 | 0.2500 | 2.0000 | 0.3431 |
| Bore (B) | mg/Kg | 77 | 6.5897 | 0.5000 | 29.0 | 5.4371 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 77 | 1.5263 | 0.0500 | 16.0 | 2.5356 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 77 | 76700.0 | 6000.0 | 190000.0 | 42850.5360 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 77 | 34.6641 | 10.0 | 85.0 | 16.9585 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 77 | 6.4038 | 0.2500 | 30.0 | 5.6052 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 77 | 404.452 | 1.2500 | 18000.0 | 2059.6848 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 77 | 1716.8974 | 2.0 | 22000.0 | 4581.9349 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 77 | 37061.5385 | 6600.0 | 220000.0 | 36256.7234 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 77 | 8098.7180 | 1600.0 | 26000.0 | 4511.5394 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 77 | 292.6410 | 54.0 | 1400.0 | 215.3043 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 77 | 3.1923 | 2.500 | 30.0 | 3.4175 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 77 | 22.6026 | 4.0 | 120.0 | 16.2235 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 77 | 678.0769 | 270.0 | 3600.0 | 409.8318 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 77 | 5580.9872 | 12.5000 | 54000.0 | 11674.1285 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 77 | 1889.6154 | 400.0 | 6500.0 | 1207.1458 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 77 | 2522.8205 | 160.0 | 11000.0 | 2310.5551 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 77 | 22.7051 | 8.0000 | 64.0000 | 10.3498 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 77 | 1366.0 | 68.0 | 21000.0 | 2530.2538 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la région de Montréal.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 50 | 1247.7359 | 200.0 | 8700.0 | 1563.1492 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 50 | 5095.6604 | 250.0 | 29000.0 | 5475.3733 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 50 | 7175.4717 | 3200.0 | 24000.0 | 4764.8122 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 50 | 5.9811 | 5.0 | 19.0 | 3.7898 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 50 | 59.3396 | 24.0 | 170.0 | 26.6712 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 50 | 0.4726 | 0.2500 | 2.0 | 0.3903 |
| Bore (B) | mg/Kg | 50 | 6.6981 | 0.5000 | 29.0 | 5.1428 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 50 | 2.0066 | 0.0500 | 16.0 | 2.8632 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 50 | 82301.8868 | 26000.0 | 190000.0 | 38234.7409 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 50 | 33.6226 | 13.0 | 85.0 | 17.2424 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 50 | 6.6292 | 0.2500 | 30.0 | 6.6049 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 50 | 566.0802 | 1.2500 | 18000.0 | 2570.2400 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 50 | 2301.9057 | 4.0 | 22000.0 | 5523.8955 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 50 | 40924.5283 | 13000.0 | 220000.0 | 43535.4555 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 50 | 8856.6038 | 3200.0 | 26000.0 | 4281.9785 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 50 | 305.7170 | 54.0 | 1400.0 | 217.5822 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 50 | 3.3113 | 2.5000 | 30.0 | 4.2358 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 50 | 23.5849 | 7.0 | 120.0 | 17.7034 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 50 | 725.0943 | 290.0 | 3600.0 | 456.3616 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 50 | 7522.7359 | 12.5000 | 54000.0 | 13927.155 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 50 | 2038.8679 | 960.0 | 6500.0 | 1248.7928 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 50 | 2640.7547 | 430.0 | 11000.0 | 2300.7524 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 50 | 21.4528 | 10.0 | 60.0 | 10.1812 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 50 | 1728.8679 | 150.0 | 21000.0 | 3046.8156 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits d'accès dans la région de Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 8 | 1542.5000 | 130.0 | 3700.0 | 1385.9370 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 8 | 7151.2500 | 710.0 | 16000.0 | 5924.4178 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 8 | 5162.5000 | 2500.0 | 9200.0 | 2766.6057 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 8 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 8 | 51.5000 | 30.0 | 77.0 | 19.3833 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 8 | 0.3500 | 0.2500 | 0.700 | 1.1871 |
| Bore (B) | mg/Kg | 8 | 9.8750 | 2.0 | 24.0 | 8.9831 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 8 | 0.7875 | 0.0500 | 4.0 | 1.4665 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 8 | 49625.0 | 30000.0 | 86000.0 | 17840.0633 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 8 | 34.2500 | 14.0 | 65.0 | 20.0196 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 8 | 4.6000 | 2.0 | 8.0 | 2.0234 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 8 | 60.1250 | 30.0 | 110.0 | 24.3512 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 8 | 342.5 | 5.0 | 2400.0 | 836.7456 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 8 | 26250.0 | 19000.0 | 34000.0 | 6065.1228 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 8 | 3937.5000 | 2200.0 | 6800.0 | 1569.2924 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 8 | 249.2500 | 84.0 | 430.0 | 130.3575 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 8 | 2.5000 | 2.5000 | 2.5000 | 0 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 8 | 14.7500 | 5.0 | 25.0 | 5.7259 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 8 | 501.25 | 370.0 | 680.0 | 115.3179 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 8 | 1203.3125 | 12.5000 | 5500.0 | 1886.2868 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 8 | 1540.0 | 830.0 | 3000.0 | 775.3524 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 8 | 3302.5000 | 610.0 | 10000.0 | 3011.363 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 8 | 26.6250 | 19.0 | 34.0 | 5.0692 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 8 | 466.2500 | 270.0 | 880.0 | 202.9030 |

Sommaire des caractéristiques physico-chimiques analysées dans les sédiments des puits de la province de Québec pour les villes autres que celles des agglomérations de Montréal et Québec.

| Paramètres | U | N | Moyenne | Minimum | Maximum | Écart-type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Huiles et graisses minérales | mg/Kg | 19 | 1161.0526 | 200.0 | 5500.0 | 1394.2830 |
| Huiles et graisses totales | mg/Kg | 19 | 4032.1053 | 190.0 | 19000.0 | 4342.8454 |
| Aluminium (Al) | mg/Kg | 19 | 5805.2631 | 1900.0 | 17000.0 | 3410.2747 |
| Argent (Ag) | mg/Kg | 19 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0 |
| Baryum (Ba) | mg/Kg | 19 | 50.2105 | 12.0 | 180.0 | 40.1041 |
| Béryllium (Bé) | mg/Kg | 19 | 0.3842 | 0.2500 | 1.0 | 0.2414 |
| Bore (B) | mg/Kg | 19 | 3.8947 | 0.5000 | 14.0 | 3.0055 |
| Cadmium (Cd) | mg/Kg | 19 | 0.3342 | 0.0500 | 2.0 | 0.5872 |
| Calcium (Ca) | mg/Kg | 19 | 46505.2632 | 6000.0 | 140000.0 | 46903.2666 |
| Chrome (Cr) | mg/Kg | 19 | 31.3684 | 10.0 | 71.0 | 15.2743 |
| Cobalt (Co) | mg/Kg | 19 | 5.8474 | 2.0 | 16.0 | 3.2973 |
| Cuivre (Cu) | mg/Kg | 19 | 55.5263 | 15.0 | 190.0 | 48.4430 |
| Étain (Sn) | mg/Kg | 19 | 482.7368 | 2.0 | 6500.0 | 1466.5015 |
| Fer (Fe) | mg/Kg | 19 | 26715.7895 | 6600.0 | 89000.0 | 19728.3952 |
| Magnésium (Mg) | mg/Kg | 19 | 6305.2632 | 1600.0 | 17000.0 | 4356.7824 |
| Manganèse (Mn) | mg/Kg | 19 | 235.7368 | 54.0 | 1100.0 | 252.9318 |
| Molybdène (Mo) | mg/Kg | 19 | 2.6842 | 2.5000 | 6.0 | 1.0773 |
| Nickel (Ni) | mg/Kg | 19 | 20.4737 | 4.0 | 52.0 | 14.8907 |
| Phosphore (P) | mg/Kg | 19 | 542.6316 | 270.0 | 1400.0 | 291.9170 |
| Plomb (Pb) | mg/Kg | 19 | 1419.1316 | 12.5000 | 12000.0 | 2841.1715 |
| Potassium (K) | mg/Kg | 19 | 1332.1053 | 400.0 | 4900.0 | 1051.2372 |
| Sodium (Na) | mg/Kg | 19 | 1557.3684 | 160.0 | 7500.0 | 1776.3961 |
| Vanadium (V) | mg/Kg | 19 | 22.1053 | 8.0 | 64.0 | 12.3215 |
| Zinc (Zn) | mg/Kg | 19 | 488.8421 | 68.0 | 2500.0 | 672.9892 |

# ANNEXE 4

Normes et limites de rejets dans les différents réseaux

# Normes générales de rejets dans un réseau d'égout pluvial (mg/l).

| CONTAMINANTS | R.R.L. 1992 | CUM REGL. 87 | BY-LAW ONTARIO 1988 | BY-LAW TORONTO | OTTAWA-CARLETON |
|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium total (Al) | 10 | | | | |
| Antimoine total (Sb) | 1 | | | | |
| Argent total (Ag) | 0.1 | | | | |
| Arsenic total (As) | 0.1 | 1 | | | |
| Azote ammoniacal ($N\text{-}NH_3$) | | | | | |
| Azote kjeldahl | | | | | |
| Bactéries coliformes/100 ml | 2400* | | | | |
| Baryum total (Ba) | 1 | 1 | | | |
| Béryllium (Be) | 1 | | | | |
| Bismuth | | | | | |
| BPC | 0.001 | | | | |
| Brome résiduel (Br) | 0.3 | | | | |
| Cadmium total (Cd) | 0.05 | 0.1 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Carbone organique total (COT) | | | | | |
| Chlore résiduel ($Cl_2$) | 0.3 | | | | |
| Chlore total | | 1 | | | |
| Chlorures totaux (Cl) | | 1500 | | | |
| Chrome total (Cr) | 1 | 1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Cobalt total (Co) | 1 | | | | |
| Coliformes fécaux/100 ml | 400 | 400 | 200 | 200 | 200 |
| Coliformes totaux/100 ml | | 2400 | | | |
| Composés phénoliques totaux (4-AAP) | 0.01 | 0.02 | | | |
| Couleur (unités) | 15 | 15 | Décoloration | Décoloration | Décoloration |
| Cuivre total (Cu) | 1 | 1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Cyanures oxydables (CN) | 0.1 | | | | |
| Cyanures totaux (CN) | 1 | 0.1 | | | |
| $DBO_5$ | 30** ou 98% d'enlèvement | 30 | | | |
| Demande chimique en oxygène (DCO) | 100 ou 98% d'enlèvement | | | | |
| Étain total (Sn) | 1 | 1 | | | |
| Fer total (Fe) | 10 ou 97% d'enlèvement | 17 | | | |
| Fluorures totaux | | | | | |
| Formaldéhyde | | | | | |
| HAP | | | | | |
| Huiles et graisses minérales ou d'origines synthétiques (exception : buanderie) | | 15 | | | |
| Huiles et graisses totales | 15 | | Film ou décoloration | Film ou décoloration | Film ou décoloration |
| Huiles et graisses totales d'origines végétales et animales (fondoir, usine d'équarrissage) | | 15 | | | |
| Huiles et graisses totales (exception : fondoir, usine d'équarrissage, buanderie, laiterie) | | | | | |
| Huiles et graisses totales (buanderies) | | | | | |
| Manganèse total (Mn) | 5 | | | | |
| Matières en suspension totales | 30 ou 97% d'enlèvement | 30 | 15 | 15 | 15 |
| Mercure total (Hg) | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Métaux totaux | | 2kg/d | | | |
| Molybdène total (Mo) | 10 | | | | |
| Nickel total (Ni) | 1 | 1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Nitrites-nitrates | | | | | |
| pH (unités) | 6.0-9.5 | 6.0-9.5 | 6.0-9.0 | 6.0-9.0 | 6.0-9.0 |
| Phosphates totaux (P) | 1 | | | | |
| Phosphore élémentaire (P) | 0.001 | | | | |
| Phosphore total (P) | | 1 | | | |
| Plomb total (Pb) | 0.1 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Sélénium total (Se) | 0.1 | | | | |
| Sulfates totaux ($SO_4$) | 1500 | 1500 | | | |
| Sulfures totaux (S) | 1 | 1 | | | |
| Titane total (Ti) | 1 ou 97% d'enlèvement | | | | |
| Température (°C) | 65°C | 65°C | 40°C | 40°C | 40°C |
| Vanadium total (V) | 5 | | | | |
| Zinc total (Zn) | 1 | 1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

- * = L'effluent des traitements de type biologique n'est pas soumis à cette norme.
- ** = L'effluent des traitements de type biologique peut contenir 60 mg/l entre le 15 novembre et le 15 mars.

# Normes générales de rejets dans un réseau d'égout unitaire, domestique ou sanitaire (mg/l).

| CONTAMINANTS | R.R.I. 1992 | CUM REGL. 87 | BY-LAW ONTARIO 1988 | BY-LAW TORONTO | OTTAWA-CARLETON |
|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium total (Al) | 50 | | 50 | 50 | 50 |
| Antimoine total (Sb) | 1 | | 5 | 5 | 5 |
| Argent total (Ag) | 1 | | 5 | 5 | 5 |
| Arsenic total (As) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Azote ammoniacal ($N\text{-}NH_3$) | | | | | |
| Azote kjeldahl | | | 100 | 100 | 100 |
| Bactéries coliformes/100 ml | | | | | |
| Baryum total (Ba) | 5 | | | | |
| Béryllium (Be) | | | | | |
| Bismuth | | | 5 | 5 | 5 |
| BPC | 0.001 | | | | |
| Brome résiduel (Br) | 3 | | | | |
| Cadmium total (Cd) | 0.5 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Carbone organique total (COT) | | | | | |
| Chlore résiduel ($Cl_2$) | 3 | | | | |
| Chlore total | | | | | |
| Chlorures totaux (Cl) | | | 1500 | 1500 | 1500 |
| Chrome total (Cr) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Cobalt total (Co) | 5 | | 5 | 5 | 5 |
| Coliformes fécaux/100 ml | | | | | |
| Coliformes totaux/100 ml | | | | | |
| Composés phénoliques totaux (4-AAP) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Couleur (unités) | | | Décoloration | | |
| Cuivre total (Cu) | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| Cyanures oxydables (CN) | 2 | 2 | | | |
| Cyanures totaux (CN) | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| $DBO_5$ | | | 300 | 300 | 300 |
| Demande chimique en oxygène (DCO) | | | | | |
| Étain total (Sn) | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Fer total (Fe) | 50 | | 50 | 50 | 50 |
| Fluorures totaux | | | 10 | 10 | 10 |
| Formaldéhyde | | | | | |
| HAP | | | | | |
| Huiles et graisses minérales ou d'origines synthétiques (exception : buanderie) | 30 | 30 | 15 | 15 | 15 |
| Huiles et graisses totales | | | | | |
| Huiles et graisses totales d'origines végétales et animales (fondoir, usine d'équarrissage) | 100 | 100 | 150 | 150 | 150 |
| Huiles et graisses totales (exception : fondoir, usine d'équarrissage, buanderie, laiterie) | 150 | 150 | | | |
| Huiles et graisses totales (buanderies) | 250 | 250 | | | |
| Manganèse total (Mn) | 50 | | 5 | 5 | 5 |
| Matières en suspension totales | | | 350 | 350 | 350 |
| Mercure total (Hg) | 0.001 | 0.05 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Métaux totaux | 10 Cd, Cr, Cu Ni, Pb, Zn | 4 kg/d – 12 kg/d (selon les débits) As, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn | | | |
| Molybdène total (Mo) | 50 | | 5 | 5 | 5 |
| Nickel total (Ni) | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| Nitrites-nitrates | | | | | |
| pH (unités) | 6.0-10.5 | 6.0-10.5 | 5.5-9.5 | 6-10.5 | 5.5-9.5 |
| Phosphates totaux (P) | 50 | | | | |
| Phosphore élémentaire (P) | | | | | |
| Phosphore total (P) | | | 10 | 10 | 10 |
| Plomb total (Pb) | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Sélénium total (Se) | 1 | | 5 | 5 | 5 |
| Sulfates totaux ($SO_4$) | | | 1500 | 1500 | 1500 |
| Sulfures totaux (S) | 10 | 5 | | | |
| Titane total (Ti) | 10 | | 5 | 5 | 5 |
| Température (° C) | 65°C | 65°C | 65°C | 65°C | 65°C |
| Vanadium total (V) | 5 | | 5 | 5 | 5 |
| Zinc total (Zn) | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 |