

## Chapitre 2 : Méthodologie

### 2.1 Description générale des données

#### 2.1.1 Données sur les polluants

Les données des polluants atmosphériques O<sub>3</sub>, TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, sulfates et nitrates dans les TSP (NTSP et STSP) et PM<sub>10</sub> (NPM<sub>10</sub> et SPM<sub>10</sub>) ont été fournies par le MDDELCC. Elles ont été obtenues le 11 octobre 2016 en format texte (.txt). Pour ce qui est des données concernant les nitrates et sulfates dans les PM<sub>2.5</sub> (NPM<sub>2.5</sub> et SPM<sub>2.5</sub>) elles ont été acquises via le site web d'EC en format Excel (.XLS).

Les données du MDDELCC sont vérifiées, d'abord, par les techniciens qui s'occupent de l'entretien régulier des stations (MDDEFP, 2014). En effet, en s'assurant du bon état de marche et de la calibration des instruments, les techniciens s'assurent que les données enregistrées soient valides. Puis, elles sont vérifiées une deuxième fois lorsqu'elles arrivent dans les bases de données du ministère, en étant comparées aux autres données des stations voisines (MDDEFP, 2014). Une fois validées, elles deviennent alors disponibles pour l'analyse.

En ce qui concerne les données fournies par EC, les stations d'échantillonnage sont calibrées par les techniciens du laboratoire d'assurance de la qualité du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA). Ceux-ci vérifient chacune des stations et évaluent les performances des échantillonneurs, pour s'assurer qu'ils répondent aux normes du RNSPA. Ce laboratoire fournit les divers polluants servant à l'étalonnage des divers appareils de mesures. Ces polluants d'étalonnage répondent aux références d'étalonnage mondiales. De plus, tous les étalons de référence ont une traçabilité et sont vérifiés par rapport aux normes internationales tous les deux ans (EC, 2017).

#### 2.1.2 Les rétrotrajectoires

Les rétrotrajectoires sont calculées à l'aide d'un modèle stochastique lagrangien calculé par le Centre canadien de météorologie (D'Amours *et al.*, 2015). Plus particulièrement, les

rétrotrajectoires utilisées dans ce travail s'appuient sur un modèle de trajectoire, qui assume que les parcelles d'air préservent les mêmes caractéristiques tout au long de leur parcours, sans être influencées par quelconques processus atmosphériques extérieurs. Le changement de position de la parcelle d'air est obtenu grâce à la vitesse du vent, qui repose sur l'équation suivante :

$$\Delta r = \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} V(r, t) dt \quad (2.1.2.1)$$

où

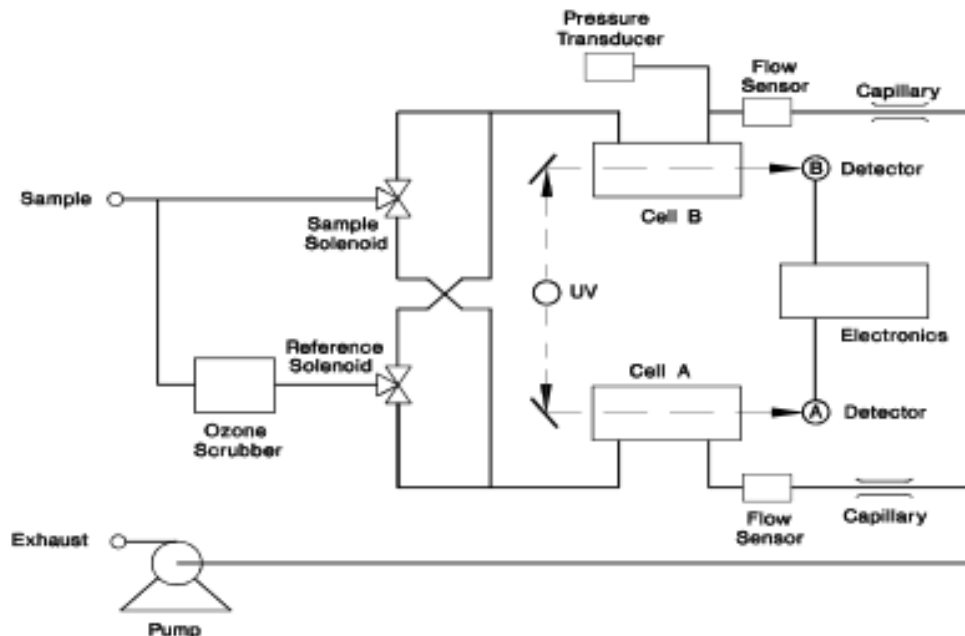
$V(r, t)$  est la vitesse du vent en 3D.

$dt$  est la discrétisation du temps déterminée en utilisant l'algorithme Runge-Kutta.

Cette approche est plus simple que d'autres types de modèle de rétrotrajectoires, ce qui peut rendre difficile l'évaluation objective d'une trajectoire. Cependant, il s'agit d'une méthode qui est largement utilisée dans divers contextes (dont les études sur la pollution atmosphérique) et son utilité n'est plus à démontrer (D'Amours *et al.*, 2015).

## 2.2 Méthodes d'échantillonnage

Les concentrations d'ozone sont mesurées par absorption du rayonnement ultraviolet (MDDELCC, 2016). Le principe de ce système (figure 2.2.1) s'appuie sur la caractéristique que la molécule d'ozone absorbe un rayonnement d'une longueur d'onde de 254 nm. Le degré d'absorption de l'ozone à cette longueur d'onde est directement relié à sa concentration, selon le principe de la loi de Beer-Lambert (Earth Observing Laboratory, 2017). La loi de Beer-Lambert est une loi linéaire entre l'absorption de la lumière à une certaine longueur d'onde et la densité de l'entité absorbeur, dans le cas présent, l'O<sub>3</sub> (Telle *et al.*, 2007). Cette loi est utilisée en spectroscopie pour déterminer la concentration de diverses substances.



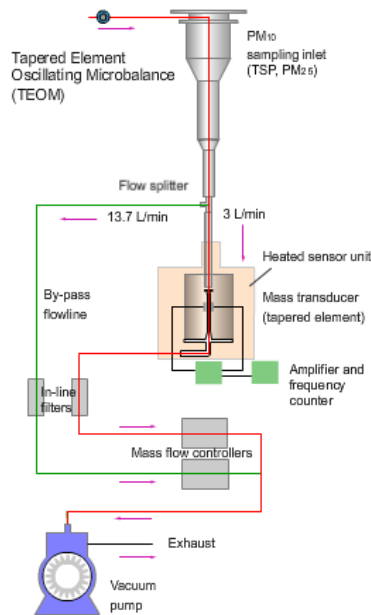
**Figure 2.2.1** : Schéma d'un échantillonneur d'ozone (Earth Observing Laboratory, 2017)

Pour ce qui est des particules, il existe deux types d'échantillonneurs utilisés au Québec. Le premier est le *Beta Attenuation monitoring* (BAM) (figure 2.2.2). Le second est le *Tapered element oscillating microbalance* (TEOM) (figure 2.2.3). Pour le BAM, le système envoie, au début de la prise de données, un rayon d'électron à hautes énergies (soit un rayon *bêta*) sur une feuille qui servira à l'échantillonnage, grâce à des molécules de carbone 14. Ce rayonnement est par la suite détecté et quantifié par un capteur à scintillement sensible. Cette mesure sert de référence. Le morceau de papier est, par la suite, placé dans un vacuum pendant un période de temps prédéterminé (dans le cas du Québec, 24 heures tous les six jours pour les TSP et PM<sub>10</sub> et une heure pour les PM<sub>2.5</sub> pour toutes heures de la journée). À la fin de la période d'échantillonnage, ce morceau de papier est placé de nouveau sous le rayonnement *bêta*. Les particules vont causer une atténuation du rayonnement *bêta* vers le détecteur. La différence entre les deux valeurs permet de déterminer la concentration de particule sur la feuille d'échantillonnage, par la loi de Beer-Lambert. La tête peut être changée pour laisser entrer une certaine taille de particule (Met One Instruments, 2010).



**Figure 2.2.2 :** Échantillonneur BAM (Met One Instruments, 2010)

Le second type d'échantillonneur est le TEOM (figure 2.2.3). Dans ce système, une pompe aspire l'air à une certaine vitesse. Une tête permet de choisir la taille de particule qui sera aspirée. Par la suite, le flux d'air est divisé en deux, et la vitesse de chacun des deux nouveaux flux est différente. Le plus lent des deux flux d'air entre dans un élément conique constitué d'un filtre qui est placé sur la pointe d'un tube de verre vide. La pression, la température et l'humidité sont conservées à un niveau constant. La base de ce tube ne peut pas bouger, alors que le haut peut vibrer à une certaine fréquence. Lorsqu'il n'y a aucun polluant sur la tige, la fréquence du tube est dite comme fréquence naturelle. Cette fréquence naturelle est connue et sert de référence. Lorsque le flux d'air entre dans cet élément avec des particules, celles-ci se déposent sur le tube de verre, modifiant la fréquence à laquelle le tube va vibrer. Cette vibration est capturée par un appareil et la modification de la fréquence permet de déterminer la concentration des particules (Queensland Government, 2017).



**Figure 2.2.3 :** Schéma d'un échantillonneur TEOM (Queensland Government, 2017)

Pour les TSP, PM<sub>10</sub>, un échantillonnage tous les six jours est pris en calculant la moyenne des échantillons horaires pris sur 24 heures. Par la suite, les composantes des TSP, des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2.5</sub> sont alors analysées selon diverses méthodes chimiques, afin d'isoler les nombreux constituants des particules, dont les nitrates et les sulfates (MDDELCC, 2016). Ces analyses sont faites par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (MDDELCC, 2016). Pour les sulfates et les nitrates, la méthode utilisée est la méthode par chromatographie ionique (CEAQ, 2014). Cette méthode repose sur la séparation des ions soit grâce à l'attraction des ions, soit avec la répulsion des ions (Bhattacharyya *et al.*, 2011). L'échantillonneur TEOM n'est pas particulièrement adapté pour l'échantillonnage par temps froid (Foucreault *et al.*, 2016). En effet, celui-ci a tendance à sous-estimer les concentrations des particules lors des temps froids, ce qui peut fausser l'interprétation des tendances annuelles. Ce type d'échantillonneur est graduellement remplacé par le BAM. L'interprétation des tendances avant et après 2010 devra donc être faite avec une grande prudence (Foucreault *et al.*, 2016).

### 2.3 Les normes des polluants atmosphériques

La définition d'une norme s'inspire de la définition du MDDELCC. D'abord, une norme est un seuil de référence lorsque celle-ci s'inscrit dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA). La valeur limite est déterminé pour protéger la santé humaine, en se basant sur diverses études (Li *et al.*, 2002).

Le Québec s'est doté de normes à ne pas dépasser. Pour une heure, la concentration ne doit pas dépasser 160 µg/m<sup>3</sup> (soit 82 ppbv) et, pour huit heures, la concentration ne doit pas dépasser 125 µg/m<sup>3</sup> (soit 65 ppbv) (Li *et al.*, 2002). Il est intéressant de noter que la ligne directrice pour huit heures de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) est de 100 µg/m<sup>3</sup> (soit 50 ppbv) (OMS, 2005). De plus, l'ozone est un polluant qui est utilisé pour définir l'indice de la qualité de l'air émis par le MDDELCC (MDDELCC, 2016). Pour ce faire, le MDDELCC prend la moyenne horaire l'intègre dans l'équation suivante :

$$y_{O_3} = (x/82 \text{ ppbv}) * 50 \quad (2.3.1)$$

où

$y_{O_3}$  représente le sous-indice de l'O<sub>3</sub>.

x représente la moyenne horaire.

Puis, cette équation est comparée aux sous-indices des autres polluants servant à définir la qualité de l'air (soit l'ozone, les particules fines, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et le monoxyde de carbone). Le sous-indice qui est le plus élevé représente l'indice de la qualité de l'air pour cette portion de territoire (MDDELCC, 2016).

La norme quotidienne pour les TSP à ne pas dépasser au Québec est de 120 µg/m<sup>3</sup> (Li *et al.*, 2002). Il n'y a pas de norme à respecter en ce qui concerne les concentrations des particules grossières au Québec. Toutefois, l'OMS a instauré une ligne directrice pour les PM<sub>10</sub>. La ligne directrice pour un an de l'OMS est 20 µg/m<sup>3</sup> (OMS, 2005). La norme québécoise est de 30 µg/m<sup>3</sup> pour une moyenne journalière (MDDELCC, 2016) tandis que

la ligne directrice de l’OMS pour une moyenne annuelle est de 10 µg/m<sup>3</sup> et 24 µg/m<sup>3</sup> pour une moyenne journalière (OMS, 2005). Les PM<sub>2.5</sub> sont utilisées pour définir l’indice de la qualité de l’air au Québec (MDDELCC, 2016). Pour ce faire, une moyenne sur trois heures est prise. Puis, cette moyenne est intégrée à l’équation suivante :

$$y_{PM_{2.5}} = (x/35 \mu\text{g}/\text{m}^3) * 50 \quad (2.3.2)$$

où

$y_{PM_{2.5}}$  représente le sous-indice des particules fines.

$x$  représente la moyenne sur trois heures.

Cet indice, comme pour le cas de l’ozone (équation 2.3.1), est comparé aux autres sous-indices des polluants et le sous-indice le plus élevé représente l’indice de la qualité de l’air pour cette portion de territoire (MDDELCC, 2016).

Les normes du MDDELCC et les lignes directrices de l’OMS sont utilisées. Ces normes et ligne sont résumées dans le tableau 2.3.1. Les concentrations seront comparées à ces normes et lignes et seront présentées dans la section des résultats.

**Tableau 2.3.1** : Les diverses normes du Québec et de l’OMS, selon les polluants

<b>Polluant</b>	<b>Période</b>	<b>Normes québécoises</b>	<b>Lignes directrices de l’OMS</b>
<b>O<sub>3</sub></b>	1 h	82 ppbv	Aucune
	8 h	65 ppbv	50 ppbv
<b>TSP</b>	Annuelle	70 µg/m <sup>3</sup>	Aucune
<b>PM<sub>10</sub></b>	Annuelle	Aucune	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	3 h	35 µg/m <sup>3</sup>	Aucune
	24 h	30 µg/m <sup>3</sup>	24 µg/m <sup>3</sup>
	Annuelle	Aucune	10 µg/m <sup>3</sup>

## 2.4 Organisation des fichiers de données

Les fichiers de données fournies par le MDDELCC contiennent le numéro de la station, la date et l'heure de la prise de données, le polluant, l'équipement de la prise de mesure (sauf pour l'ozone) et les concentrations (soient en ppbv pour l'ozone et en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les TSP, les  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ , les sulfates et les nitrates), comme le démontre la figure 2.4.1.

**Tableau 2.4.1:** Échantillon de la base de données originale fournie par le MDDELCC, pour les particules

Fichier	Edition	Format	Affichage	?
"NO_STATION_CESPA";	"DATH_RESL_CONTN";	"ETIQUETTE";	"VALR_RESL_CONTN"	
"01810	";22/5/2005 9:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"2.115"	
"01810	";22/5/2005 10:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"2.38"	
"01810	";22/5/2005 11:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"1.388"	
"01810	";22/5/2005 12:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"0.926"	
"01810	";22/5/2005 13:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"1.388"	
"01810	";22/5/2005 14:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"0.661"	
"01810	";22/5/2005 15:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"0.595"	
"01810	";22/5/2005 16:00:00;	"PM2,5 - BAM hr";	"0.661"	

Pour les fichiers fournis par EC, les données étaient en format Excel. Il y a un fichier par année et par station (figure 2.4.2). Chaque fichier contient la date de l'échantillonnage, la grosseur de la particule (*coarse* pour les  $\text{PM}_{10}$  et *fine* pour les  $\text{PM}_{2.5}$ , la masse totale de la particule, la concentration des sulfates et des nitrates, ainsi que la limite de la détection. Ces fichiers contiennent d'autres informations sur d'autres polluants qui ne sont pas à l'étude. Une fois tous les fichiers téléchargés, ceux-ci ont été transférés en format texte, qui est plus facilement manipulable dans le logiciel statistique SAS. Finalement, un tri des stations a été fait pour ne garder que les stations sur le territoire du Québec.



**Tableau 2.4.2** : Échantillon de la base de données originale récupérée via le site d'EC

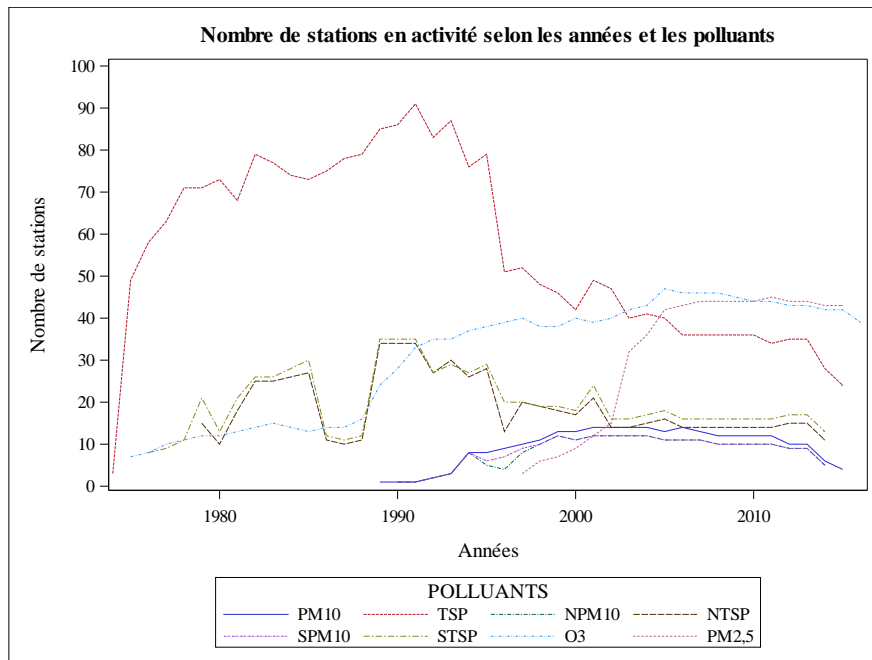
1	Dichotomous Sampler Concentrations (ug/m3) at QUEBEC CITY - DES SABLES NAPS No. 5030						
2	DATE	C/F	MASS	SO4	D.L.	NO3	D.L.
3	1-3-95	C	2,73	0,14395282	0,01	0,11103041	0,02
4	1-3-95	F	11,5	1,92734555	0,01	0,72044128	0,02
5	1-9-95	C	6,00152921	0,15758429	0,01	0,17794041	0,02
6	1-9-95	F	15,9639436	2,43647204	0,01	0,71951754	0,02
7	1-15-95	C	6,79382656	0,42375692	0,01	0,35792372	0,02
8	1-15-95	F	24,3569595	2,65387275	0,01	0,18845159	0,02
9	1-21-95	C	1,44103148	0,10813556	0,01	0	0,02
10	1-21-95	F	2,65453166		0,01		0,02
11	1-27-95	C	14,1362526	0,21285716	0,01	0	0,02

Il y a donc un total de 10 polluants à l'étude. Le tableau 2.4.1 montre chacun des polluants à l'étude, le nombre de stations, la portée temporelle disponible ainsi que la source pour chacun des polluants.

**Tableau 2.4.3** : Nombre de stations et intervalles de temps pour chacun des polluants

Polluants	Nombre de stations totales	Intervalles de temps	Source
O <sub>3</sub>	56	1975-2015	MDDELCC
TSP	133	1974-2015	MDDELCC
NTSP	43	1979-2014	MDDELCC
STSP	49	1976-2014	MDDELCC
PM <sub>10</sub>	14	1989-2015	MDDELCC
NPM <sub>10</sub>	12	1991-2014	MDDELCC
SPM <sub>10</sub>	12	1991-2014	MDDELCC
PM <sub>2.5</sub>	45	1997-2015	MDDELCC
NPM <sub>2.5</sub>	8	1984-2015	EC
SPM <sub>2.5</sub>	8	1984-2015	EC

L'intervalle de temps des données se situe, au mieux, entre 1974 et 2015. En effet, beaucoup de stations ont été installées après 1974, tandis que d'autres ont été retirés ou relocalisés (figure 2.4.1). Le réseau comporte, en date de 2015, 67 stations dont 53 sont directement exploitées par le ministère (figure 2.4.2) (MDDELCC, 2016) et deux qui sont en partenariat avec le réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) (MDDELCC, 2016). Au total, il y a 338 stations qui, à un moment ou un autre, ont été en activité sur le territoire à l'étude et qui ont récolté des données.



**Figure 2.4.1** : Nombre de stations en activité selon les années et les polluants

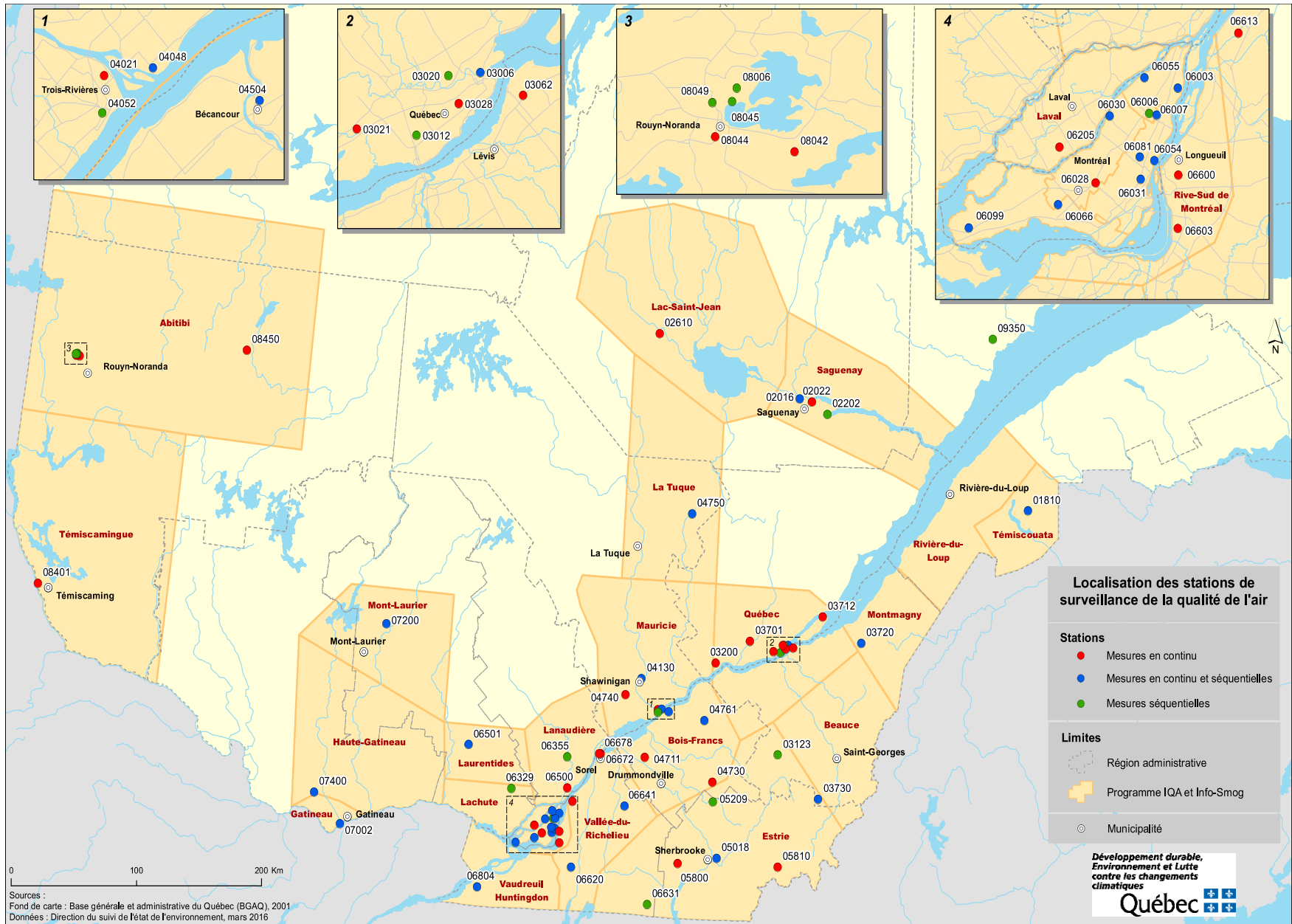
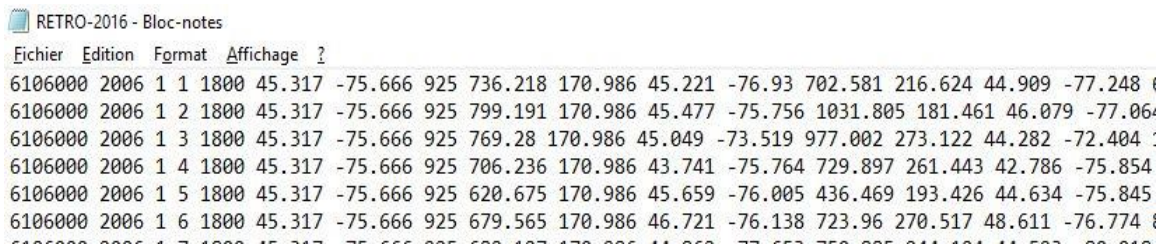


Figure 2.4.2 : Carte de la localisation des stations (MDDELCC, 2016)

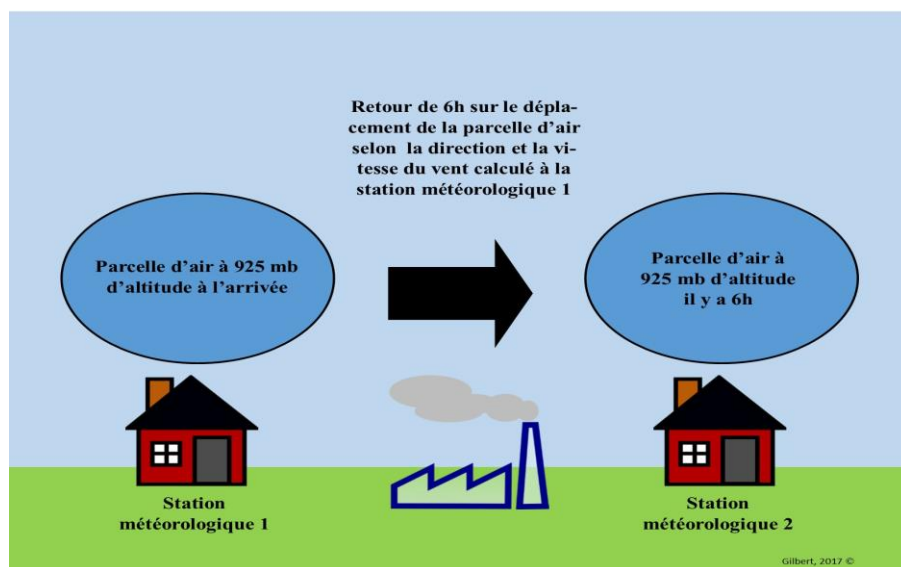
Le fichier des rétrotrajectoires a été fourni par EC en format texte. Il contient les rétrotrajectoires pour huit stations météorologiques pour la période entre 2006 et 2015. Le fichier est construit en faisant en sorte que chaque ligne représente toutes les rétrotrajectoires pour la journée de l'enregistrement. En effet, chaque ligne comporte le numéro de la station météorologique, l'année, le mois, le jour, l'heure d'arrivée de la parcelle d'air (en temps UTC), la latitude, la longitude, la pression à l'arrivée, la hauteur à l'arrivée en mètre ainsi que la topographie de la station. La latitude, longitude, pression à l'arrivée et la topographie demeurent identiques à chaque début de journée, puisque les coordonnées représentent les coordonnées de la station, la pression à l'arrivée est toujours de 925 mb, puisque c'est la pression de la prise de mesure de la masse d'air, et la topographie représente la topographie de la station.

**Tableau 2.4.4 :** Échantillon de la base de données des rétrotrajectoires



Fichier	Edition	Format	Affichage	?											
6106000	2006	1	1	1800	45.317	-75.666	925	736.218	170.986	45.221	-76.93	702.581	216.624	44.909	-77.248
6106000	2006	1	2	1800	45.317	-75.666	925	799.191	170.986	45.477	-75.756	1031.805	181.461	46.079	-77.06
6106000	2006	1	3	1800	45.317	-75.666	925	769.28	170.986	45.049	-73.519	977.002	273.122	44.282	-72.404
6106000	2006	1	4	1800	45.317	-75.666	925	706.236	170.986	43.741	-75.764	729.897	261.443	42.786	-75.854
6106000	2006	1	5	1800	45.317	-75.666	925	620.675	170.986	45.659	-76.005	436.469	193.426	44.634	-75.845
6106000	2006	1	6	1800	45.317	-75.666	925	679.565	170.986	46.721	-76.138	723.96	270.517	48.611	-76.774

Le reste de la ligne correspond à la latitude de la parcelle d'air il y a 6 h, la longitude d'il y a 6 h, la hauteur d'il y a 6 h, la topographie d'il y a 6 h et ainsi de suite jusqu'à un retour de 36 h par bond de 6 h. Par exemple, pour la première ligne, pour une masse d'air arrivée le premier janvier 2006, cette masse d'air se trouvait à la coordonnée 45,221° de latitude et -76,93° de longitude à une pression de 702,6 mb il y a 6 h. La figure 2.4.3 représente une schématisation d'une rétrotrajectoire.



**Figure 2.4.3** : Schéma d'une rétrotrajectoire

## 2.5 Traitement des données

### 2.5.1 Prétraitement

Les fichiers contenant les données sont séparés selon les polluants. Il y a donc quatre fichiers contenant les données de base. Il y a un fichier contenant les données d'O<sub>3</sub>, un fichier contenant les données des TSP, PM<sub>10</sub>, NTSP, STSP, NPM<sub>10</sub> et SPM<sub>10</sub>, un fichier contenant les données des PM<sub>2.5</sub> et un fichier contenant les données des NPM<sub>2.5</sub> et les SPM<sub>2.5</sub>. Dans le premier fichier, il y a 11 658 415 données à traiter. Le second contient 300 118 données, le troisième contient 6 371 767 données et le dernier contient 16 567 données. Ces données sont traitées à l'aide du logiciel Statistical Analysis Software 9.4 (SAS).

Par la suite, il y a eu un nettoyage des bases de données. En effet, pour l'O<sub>3</sub> et les PM<sub>2.5</sub>, toute journée qui ne disposait pas de 75 % des données horaires était systématiquement rejetée, n'était pas considérée comme suffisamment représentative de la journée. Ceci est aussi la procédure standard du MDDELCC (Foucreault *et al.*, 2016). Pour les autres polluants, puisque l'échantillonnage s'effectue aux six jours, il a été déterminé

subjectivement que si un mois ne contenant pas plus de 50 % des données, celui-ci était rejeté. Puis, un second nettoyage des données consistait à éliminer toute station qui ne contenait pas au moins 9 ans de données, ce qui correspond à environ 1/5 de la période de temps sur laquelle porte étude. Finalement, un nettoyage des valeurs extrême a été fait. Pour ce faire, toutes les données extrêmes ont été exportées et comparées avec les données voisines (temporellement et spatialement) pour déterminer si ces données sont fiables ou non.

Suite au nettoyage, les fichiers comportent respectivement 10 649 419 (soit 8,7% de données rejetées), 229 870 (23,4%), 4 517 788 (29,1%) et 2 886 (82,6%) données.

Les données ont été soumises au test de Mann-Kendall afin de déterminer s'il y a une saisonnalité dans les données (Pohlert, 2017). Les équations de ce test se résument ainsi :

$$S_g = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_{jg} - X_{kg}), g = 1, 2, \dots, m \quad (2.5.1)$$

où  $g$  représente le nombre de saisons (soit  $n$  saison)

$k$  et  $j$  représente une saison

$X$  représente la donnée

$$\text{et } \text{sgn}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

Par la suite, pour appliquer ce test à l'ensemble de la série, il suffit de faire l'équation 2.5.2

$$\hat{S} = \sum_{g=1}^m S_g \quad (2.5.2)$$

Comme il n'existe aucune procédure pour ce type de test dans SAS, le code utilisé pour ce test statistique provient du professeur Schwarz de l'Université Simon Fraser, en Colombie-Britannique (Schwarz, 2014). Ce test a permis de déterminer que, pour tous les mois pour tous les polluants excepté les NPM<sub>10</sub>, il y avait un effet de saisonnalité dont il faut tenir compte. Pour les NPM<sub>10</sub>, les mois de février, mars, octobre, novembre et décembre ne présentent pas d'effet de saisonnalité. Donc, pour les polluants autres que les NPM<sub>10</sub>, au lieu de faire une régression linéaire standard pour déterminer les tendances, des pentes de Kendall ont été fait. Pour les NPM<sub>10</sub>, une courbe de Sen a été utilisée.

Par la suite, les stations d'échantillonnages ont été classées selon divers critères environnementaux (tableau 2.5.1.1 et figure 2.5.1.1), afin de créer une classification différente d'une classification par région administrative. Pour ce faire, l'étude des photos fournies par le MDDELCC décrivant le milieu dans lequel la station d'échantillonnage se trouvait au moment de son installation a été faite. Les images satellitaires fournies par le logiciel Google Earth ont été utilisées pour compléter l'étude des photos. Au total, 18 classifications (tableau 2.5.1.1) ont été identifiées et créées aux fins de l'étude. L'environnement immédiat autour de la station fut utilisé pour créer les diverses catégories. Ces catégories s'inspirent des catégories d'usage du sol. Il est important à noter que toutes les stations qui se retrouvent dans la catégorie résidentielle sur l'île de Montréal se retrouvent dans une classification distincte, de par le fait que Montréal est un milieu très urbanisé. Cette caractéristique est propre à cette ville sur le territoire à l'étude.

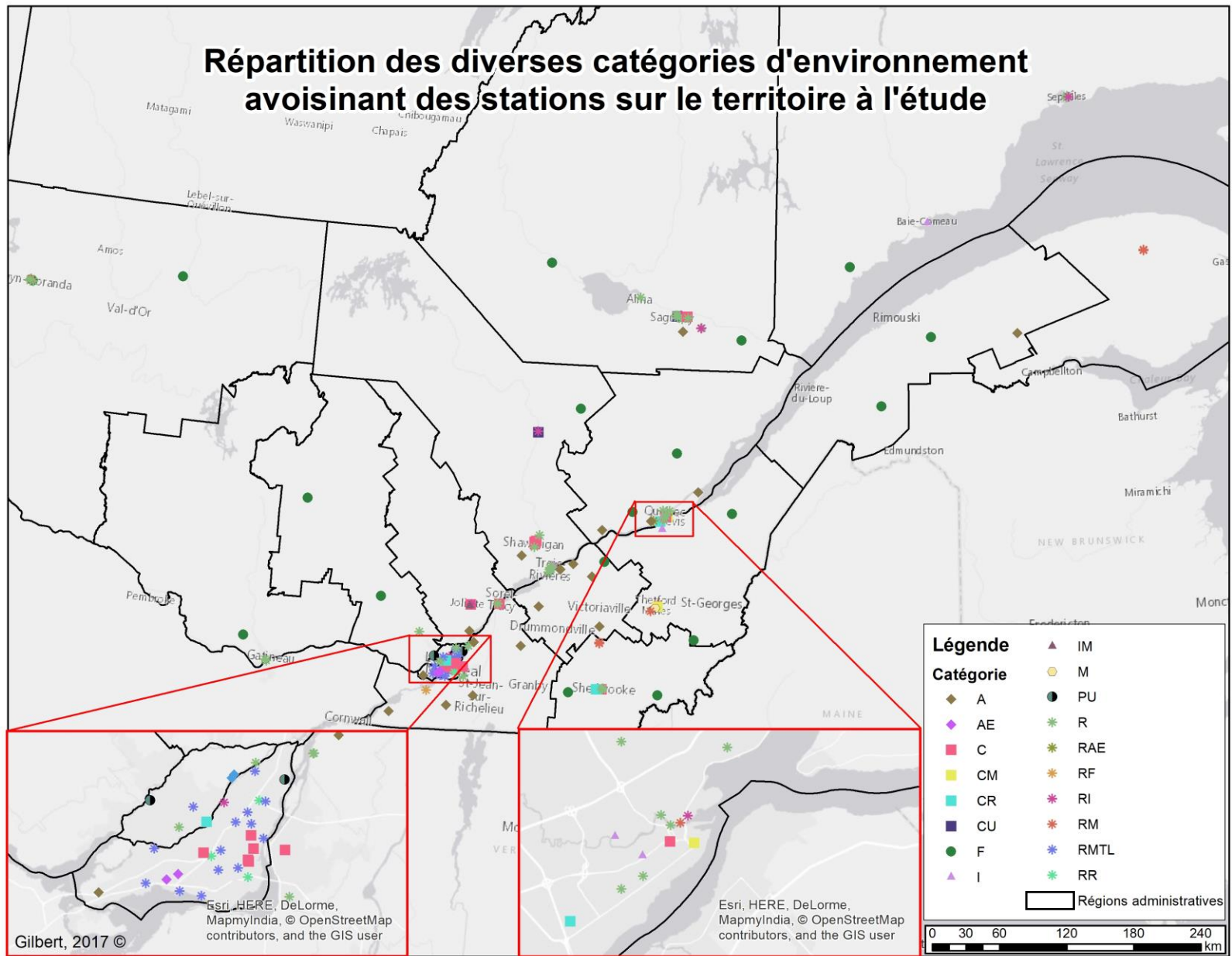
**Tableau 2.5.1.1** : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant

Catégorie	Sous-catégorie	Code pour désigner la sous-catégorie	Nb de stations	Polluant mesuré dans la sous-catégorie et (nombre de stations)
Agricole	Agricole	A	21	O <sub>3</sub> (16), PM <sub>10</sub> (3), NPM <sub>10</sub> (3), SPM <sub>10</sub> (3), TSP (9), NTSP (2), STSP (2),

<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>	<b>Code pour désigner la sous-catégorie</b>	<b>Nb de stations</b>	<b>Polluant mesuré dans la sous-catégorie et (nombre de stations)</b>
				PM <sub>2.5</sub> (11), NPM <sub>2.5</sub> (1), SPM <sub>2.5</sub> (1)
<b>Aéroport</b>	Aéroport	AE	1	O <sub>3</sub> (1), PM <sub>2.5</sub> (1)
<b>Commercial</b>	Commerciale	C	14	O <sub>3</sub> (4), PM <sub>10</sub> (2), NPM <sub>10</sub> (2), SPM <sub>10</sub> (2), TSP (12), NTSP (6), STSP (6), PM <sub>2.5</sub> (3), NPM <sub>2.5</sub> (1), SPM <sub>2.5</sub> (1)
	Commerciale près d'une mine	CM	2	TSP (2), STSP (1)
	Commerciale près d'un axe routier	CR	3	TSP (3), STSP (1)
	Commerciale près d'une usine	CU	2	TSP (2)
<b>Forêt</b>	Forêt	F	18	O <sub>3</sub> (16), TSP (9), NSTP (8), STSP (8), PM <sub>2.5</sub> (11)
<b>Industriel</b>	Industrielle	I	9	O <sub>3</sub> (2), PM <sub>10</sub> (2), NPM <sub>10</sub> (2), SPM <sub>10</sub> (2), TSP (7), NTSP (1), STSP (1), PM <sub>2.5</sub> (2)
	Industriel/Mine	IM	1	TSP (1)
<b>Mine</b>	Mine	M	1	TSP (1)
<b>Parc urbain</b>	Parc urbain	PU	2	O <sub>3</sub> (2), PM <sub>10</sub> (1), NPM <sub>10</sub> (1), SPM <sub>10</sub> (1), TSP (1), NTSP (1), STSP (1)
<b>Résidentiel</b>	Résidentielle	R	41	O <sub>3</sub> (11), PM <sub>10</sub> (3), NPM <sub>10</sub> (2), SPM <sub>10</sub> (2), TSP (35), NTSP (6), STSP (8), PM <sub>2.5</sub> (8)
	Résidentielle près d'un aéroport	RAE	1	PM <sub>2.5</sub> (1)
	Résidentielle près d'une forêt	RF	1	TSP (1)



<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>	<b>Code pour désigner la sous-catégorie</b>	<b>Nb de stations</b>	<b>Polluant mesuré dans la sous-catégorie et (nombre de stations)</b>
	Résidentielle près d'une industrie	RI	10	O <sub>3</sub> (1), TSP (10), NTSP (1), STSP (2), PM <sub>2.5</sub> (1)
	Résidentielle près d'une mine	RM	13	O <sub>3</sub> (1), PM <sub>10</sub> (2), NPM <sub>10</sub> (2), SPM <sub>10</sub> (2), TSP (13), STSP (7), NTSP (5), PM <sub>2.5</sub> (1), NPM <sub>2.5</sub> (1), SPM <sub>2.5</sub> (1)
	Résidentielle Montréal	RMTL	14	O <sub>3</sub> (4), PM <sub>10</sub> (2), TSP (12), NTSP (2), STSP (2), PM <sub>2.5</sub> (3), NPM <sub>2.5</sub> (1), SPM <sub>2.5</sub> (1)
	Résidentielle près d'un axe routier	RR	3	O <sub>3</sub> (2), TSP (3), NTSP (3), STSP (3), PM <sub>2.5</sub> (1), NPM <sub>2.5</sub> (2), SPM <sub>2.5</sub> (2)



**Figure 2.5.1.1 :** Répartition des diverses catégories d'environnement avoisinant des stations sur le territoire à l'étude

## 2.6 Analyse des données

### 2.6.1 Méthodes pour déterminer les tendances

Une fois que les données ont été nettoyées, des tendances pour chacune des stations ont été mesurées. Les tendances totales (soit toutes les stations réunies dans un seul graphique par polluant), annuelles, saisonnières, hebdomadaires et journalières, lorsque possibles, ont été faites. Pour y parvenir, les moyennes des données corrigées selon les divers critères temporels ont été calculées. Puis, les tendances annuelles ont été calculées selon la catégorisation de l'environnement avoisinant afin de déterminer si certains milieux ont des concentrations différentes. Les moyennes des données nettoyées ont été utilisées pour construire les graphiques et qui serviront à l'analyse. Comme les données démontrent une saisonnalité, des pentes de Kendall selon la méthode de Schwarz (2014) ont été réalisées pour évaluer les tendances à long terme des polluants, ainsi que des tendances linéaires simples, à des fins de comparaison.

### 2.6.2 Méthodes pour les dépassements de normes

Les dépassements des normes ont aussi été faits afin de vérifier si les concentrations de polluants dépassent les normes à un certain moment dans l'année. Les normes utilisées sont celle de l'OMS lorsqu'elles sont disponibles (dépassement aux huit heures pour l'O<sub>3</sub>, annuelle pour les PM<sub>10</sub>, annuelle et journalière pour les PM<sub>2.5</sub>) et celle du Québec lorsqu'elles sont disponibles (dépassement horaire et aux huit heures pour l'O<sub>3</sub>, annuelle pour les TSP, dépassement aux trois heures et journalière pour les PM<sub>2.5</sub>). Puis, pour comparer l'évolution des dépassements de normes dans le temps, les nombres de dépassements de normes ont été transformés soit en un ratio de 1 pour 100, soit en un ratio de 1 pour 1000 entre le nombre d'observations où il y a dépassement de la norme et le nombre total d'observations pour une même année. Cette transformation a été faite pour permettre de comparer les différents milieux et de comparer les dépassements de normes pour la série temporelle. Une observation est une donnée dans la base de données ou une donnée modifiée, dépendamment de la situation. Par exemple, pour les dépassements horaires, une heure représente une observation. Dans le cas d'un dépassement aux huit heures, la moyenne des huit heures représente une observation. Puisque le nombre

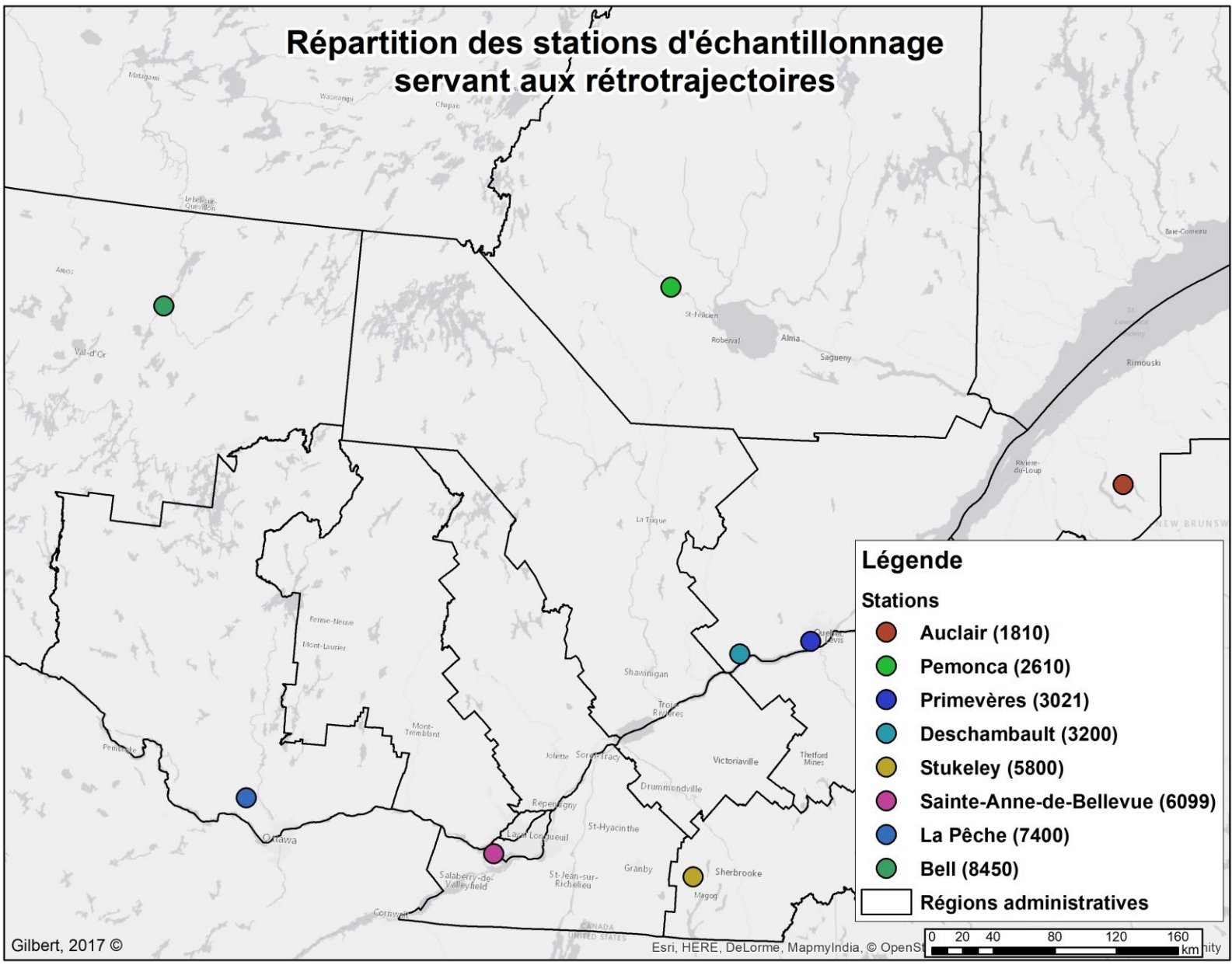
d'observations varie d'une année à l'autre, dépendamment du nombre de stations, durant l'année et du nettoyage des données, il s'avère plus judicieux de transformer les dépassements de norme en ratio, pour une comparaison adéquate. En effet, une année ayant moins de données a plus de chance d'avoir moins de dépassement de norme, mais le ratio va demeurer comparable à une année qui aurait plus d'observations et plus de dépassement de norme. Puis, chaque station montrant un dépassement de norme a été placée sur une carte. Les classes ont été divisées selon la méthode de Jenks proposée par le logiciel ArcGIS 10.3.1.

Par la suite, les stations ont été classées dans deux catégories, soit les stations urbaines et les stations rurales. Pour ce faire, les stations en milieux ruraux ont été identifiées à l'aide de l'ouvrage produit de la Chaire de recherche du Canada en développement rural (Jean *et al.*, 2009). Cet ouvrage offre une cartographie des zones rurales et des urbaines divisées selon les secteurs de recensement (Jean *et al.*, 2009). Cette classification entre les stations urbaines et rurales a servi à séparer les stations en deux groupes lors des mesures concernant les dépassements de normes, puisque les maximums de concentrations varient selon le milieu dans l'étude de Lebel *et al.* (2012).

### 2.6.3 Méthode pour les rétrotrajectoires

Pour le calcul des rétrotrajectoires, 8 stations ont été utilisées, autant pour le polluant O<sub>3</sub> que le polluant PM<sub>2.5</sub> pour la période 2006-2015. Ces stations sont la station Auclair (1810), Pemonca (2610), Primevères (3021), Deschambault (3200), Stukeley (5800), Sainte-Anne-de-Bellevue (6099), La Pêche (7400) et Bell (8450). Le nombre en parenthèse représente le numéro de la station. Le fichier des rétrotrajectoires est divisé en série de points représentant un quadrillage. Chaque point est identifié par une valeur et cette valeur correspond au sommet inférieur gauche du quadrillage. Ces points ont été intégrés dans le logiciel ArcGIS 10.3.1 afin de pouvoir créer un fichier surfacique de ce quadrillage. La résolution de 190 km par 190 km a été choisie puisqu'elle est le quadrillage le plus fin disponible. Puis, l'origine des rétrotrajectoires a été calculée pour toute la période. Donc, pour chaque jour, un point de quadrillage a été identifié comme étant le lieu d'origine de

la masse d'air. Ces données ont été jointes aux moyennes journalières de l'O<sub>3</sub> et des PM<sub>2.5</sub>. Donc, pour chaque jour, il y a une moyenne journalière ainsi qu'un secteur de provenance de rétrotrajectoire. Puis, pour chacune des stations, des seuils de concentrations ont été calculés. Ces seuils correspondent au 33<sup>e</sup> centile et au 66<sup>e</sup> centile. Le premier 33 % représentent les moyennes journalières les plus basses de la période d'étude. Le 33 % suivant représente les moyennes journalières moyennes. Finalement, le dernier 33 % représente les moyennes journalières les plus élevées. Par la suite, pour chaque station et chaque polluant, la fréquence du nombre de jours dont les masses d'air sont originaires est calculée pour chacun des groupements de centiles. Le tout est cartographié afin de représenter les secteurs de la fréquence de provenance des rétrotrajectoires. Pour ce qui de la division des classes dans la cartographie, la méthode de Jenks proposée par le logiciel ArcGIS a été utilisée. Cette méthode est la même que celle utilisée par Leduc *et al.*, (2005).



**Figure 2.6.3.1** : Répartition des stations d'échantillonnage utilisé pour les rétrotrajectoires