

3.2 Particule totale en suspension (TSP)

3.2.1 Évolution temporelle

La figure 3.2.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations. Elles montrent une diminution. En effet, les concentrations diminuent continuellement entre 1975 et 2010. À partir de 2010, il y a une stabilisation dans les moyennes. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue avec les années. De plus, le test de Student indique qu'il y a une différence statistiquement significative entre les concentrations de 1974 et les concentrations de 2015 (p-value <0.0001).

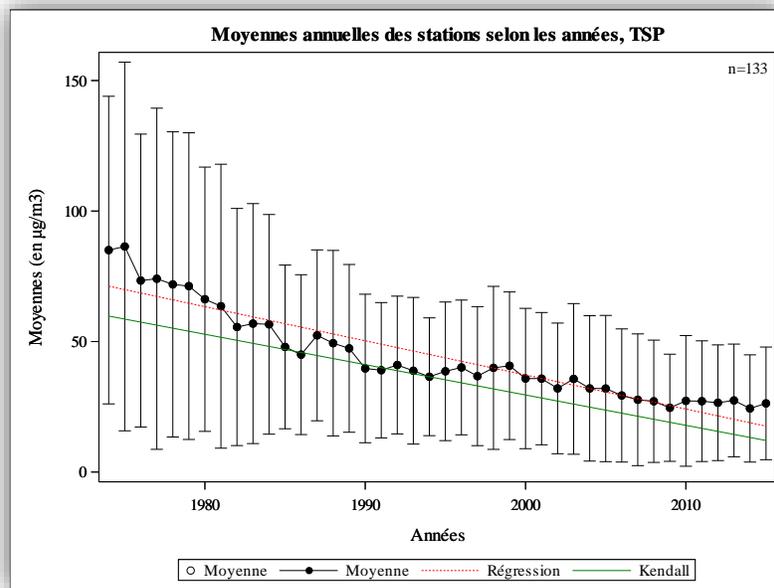


Figure 3.2.1.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, TSP

3.2.2 Dépassement de normes

Le calcul des dépassements de la norme montre qu'il n'y a aucun dépassement de la norme, qui est de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 24h.

3.2.3 Évolution temporelle selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

Le tableau 3.2.3.1 représente les tendances sur le long terme pour les diverses catégorisations. Toutes les catégories, sauf la catégorie commerciale près d'une usine,

montrent une tendance à la diminution. Pour cette catégorie, elle montre une stabilité tout au long de la série temporelle.

Tableau 3.2.3.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l’environnement et l’occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	↓	9	1975-2015
Commerciale	Commerciale (C)	↓	12	1975-2013
	Commerciale près d’une mine (CM)	↓	2	1975-2005
	Commerciale près d’un axe routier (CR)	↓	3	1975-2013
	Commerciale près d’une usine (CU)	Stable	2	1974-1982
Forêt	Forêt (F)	↓	9	1978-2015
Industrielle	Industrielle (I)	↓	7	1975-2015
	Industriel/Mine (IM)	↓	1	1997-2015
Mine	Mine (M)	↓	1	1975-1985
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1975-2012
Résidentielle	Résidentielle (R)	↓	35	1974-2015
	Résidentielle près d’une forêt (RF)	↓	1	1975-1985
	Résidentielle près d’une industrie (RI)	↓	10	1974-2001
	Résidentielle près d’une mine (RM)	↓	13	1975-2-15
	Résidentielle Montréal (RMTL)	↓	12	1975-2013
	Résidentielle près d’un axe routier (RR)	↓	3	1975-2013

La figure 3.2.3.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Les concentrations maximums sont au printemps, tandis que la majorité des concentrations minimums sont en hiver.

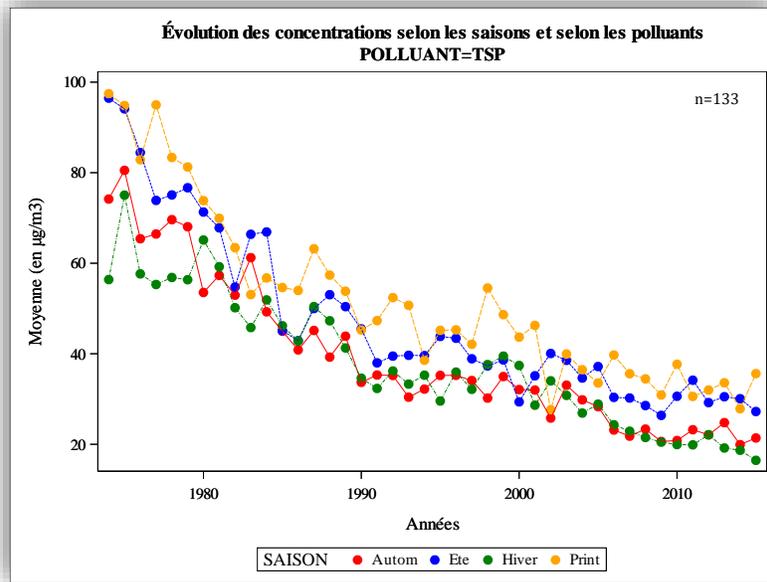


Figure 3.2.3.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, TSP

La figure 3.2.3.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. Il semble y avoir deux cycles distincts. Le premier concerne les régions du Bas-Saint-Laurent, de l'Abitibi-Témiscamingue, de la Côte-Nord et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Pour ces régions, les maximums sont davantage en été, autour des mois de juin, tandis que les minimums sont en hiver, vers décembre et janvier. Pour toutes les autres régions, les maximums sont plus tôt dans l'année, soit au printemps vers avril. Néanmoins, les minimums sont toujours autour de la même saison, soit en hiver. Pour la région du Bas-Saint-Laurent, les Laurentides et le Centre-du-Québec, les concentrations sont plus basses que pour le reste du Québec. De plus, pour l'Abitibi-Témiscamingue et la Côte-Nord, les concentrations en hiver sont beaucoup plus basses qu'en été, alors que pour les autres régions du Québec, le cycle est moins prononcé.

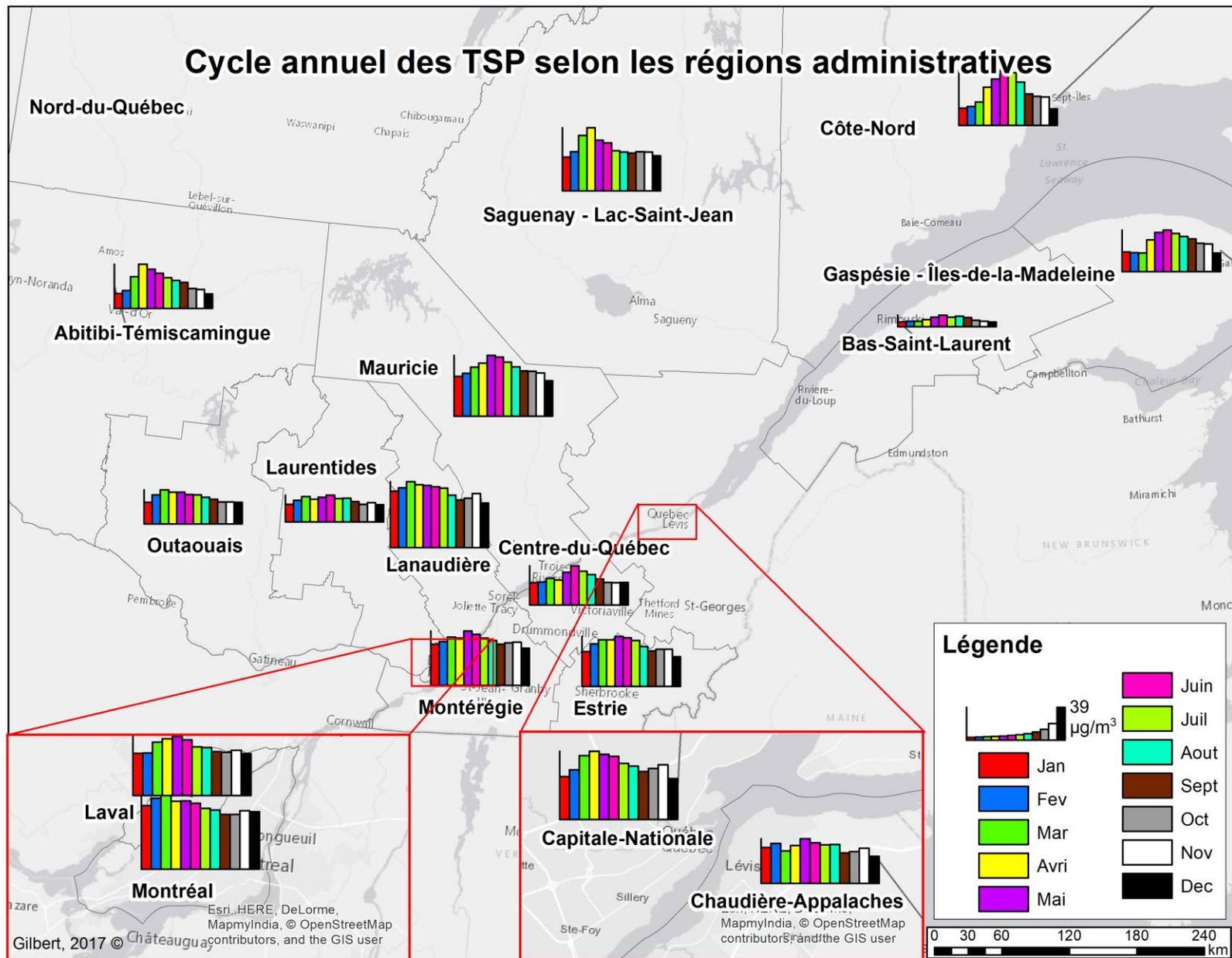


Figure 3.2.3.2 : Cycle annuel des TSP selon les régions administratives

Le tableau 3.2.3.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre janvier, de mars, novembre et décembre. La concentration maximale se trouve dans la région du Bas-Saint-Laurent. Les mois où la concentration est maximale varient entre mars, avril, mai et juin. La concentration maximale se trouve dans la région de Lanaudière.

Tableau 3.2.3.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des TSP selon les régions administratives

TSP				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	Déc	5,64	Juin	13,51
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Jan	39,57	Avril	74,08
Capitale-Nationale	Déc	40,07	Avril	66,72
Mauricie	Déc	41,5	Mai	71,20
Estrie	Déc	35	Mai	58,56
Montréal	Sept	51,48	Mars	70,94
Outaouais	Déc	25,13	Mars	40,07
Abitibi-Témiscamingue	Déc	16,95	Avril	52,01
Côte-Nord	Déc	19,49	Juin	64,89
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Mars	21,70	Juin	48,79
Chaudière-Appalaches	Déc	26,45	Mai	43,40
Laval	Déc	39,13	Mai	55,39
Lanaudière	Déc	52,10	Mars	77,07
Laurentides	Déc	20,31	Juin	31,34
Montérégie	Déc	43,91	Mai	63,88
Centre-du-Québec	Jan	26,23	Juin	45,80

La figure 3.2.3.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. Dépendamment des catégories, les cycles ne sont pas identiques. En effet, quelques catégories ont des pics de concentrations en été, en juin et juillet, alors que les minimums sont en janvier. C'est le cas pour les catégories agricoles, forestières et parcs urbains. Pour les autres catégories, les maximums se trouvent en avril et en mai, tandis que les minimums sont davantage en septembre et octobre. C'est le cas pour les catégories résidentielles, résidentielles près d'une mine, industriel/mine, commerciales près d'une usine, résidentielles près d'une industrie, industrielles, commerciales près d'un axe routier, résidentielles près d'un axe routier, commerciales près d'une mine, commerciales et résidentielles Montréal. La catégorie forestière est la catégorie où les concentrations sont les plus faibles tout au long de l'année.

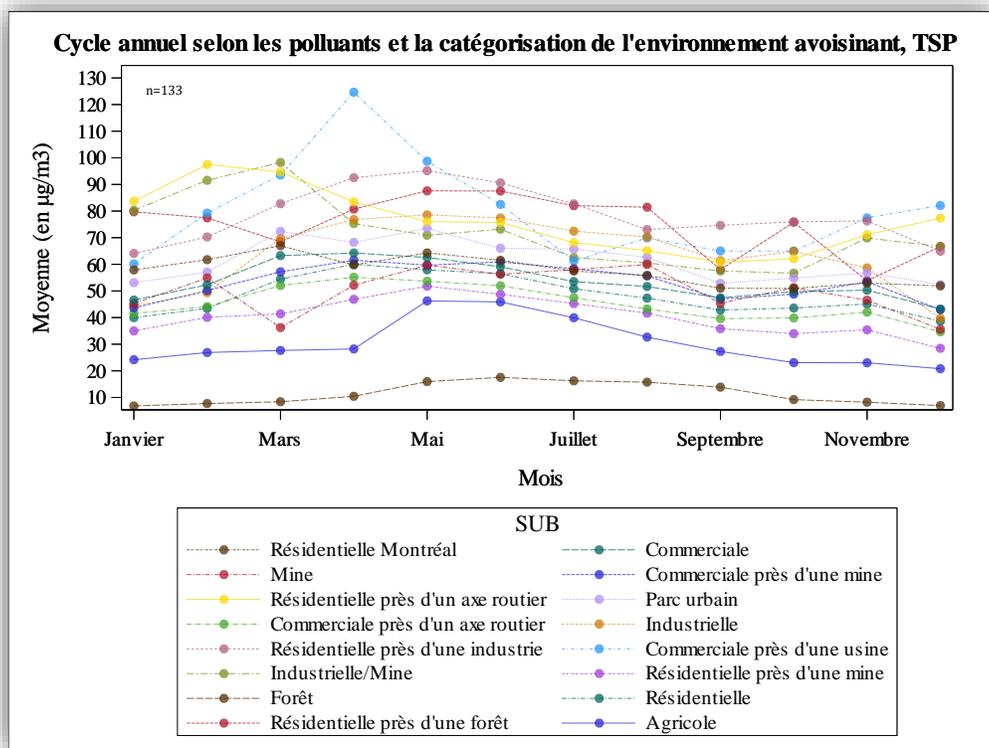


Figure 3.2.3.3: Cycle annuel des TSP selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.2.4 Ratio entre les nitrates et les sulfates

La figure 3.2.4.1 représente la moyenne des ratios des nitrates par rapport au sulfate. En fait, il s'agit de la moyenne annuelle des ratios entre les NTSP et les STPS. D'abord, avant 1994, il ne semble pas y avoir de réelles tendances qui se manifestent. Les saisons où les concentrations sont les plus élevées s'alternent. À partir de 1994, les ratios les plus élevés se trouvent à être en hiver. Cependant, ces ratios atteignent à peine 1 : 1 vers la fin de la série temporelle. Les ratios augmentent de plus en plus au cours de la série temporelle. Par la suite, les ratios minimaux se trouvent à être en été. Celles-ci demeurent relativement stables au fur et à mesure des années. Les ratios en automne et au printemps demeurent relativement égaux.

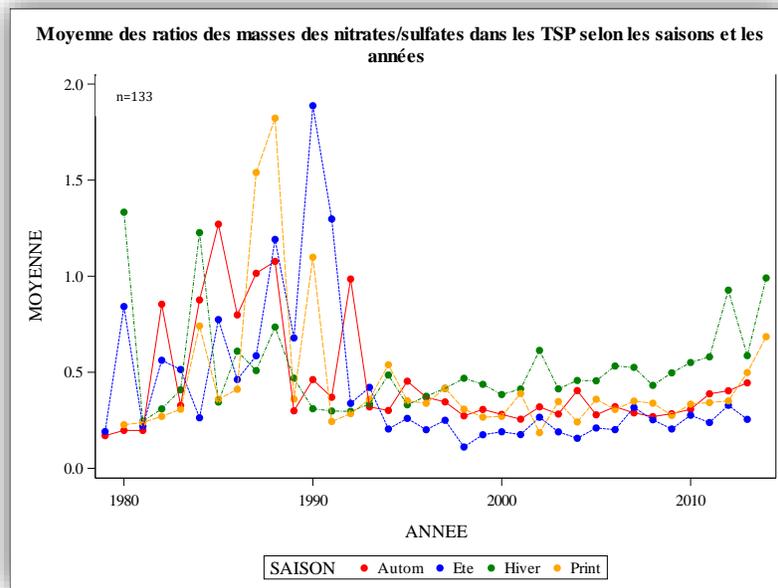


Figure 3.2.4.1 : Moyenne des ratios des nitrates/sulfates dans les TSP, selon les saisons et les années

3.3 Nitrates dans les particules totales en suspension (NTSP)

3.3.1 Évolution temporelle

La figure 3.3.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations. La tendance montre une diminution des moyennes des concentrations. Tout comme le graphique des TSP (figure 3.2.1.1), à partir de 1980, il y a une diminution constante des

moyennes jusqu'en 2008, où les moyennes se stabilisent. Elles augmentent quelque peu à partir de 2010 et puis entre 2013 et 2014, il y a une augmentation subite des concentrations. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue avec les années sauf pour 2014 où elle est plus importante. De plus, le test de Student montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les concentrations de 1980 et les concentrations de 2014 (p-value de <0.0001).

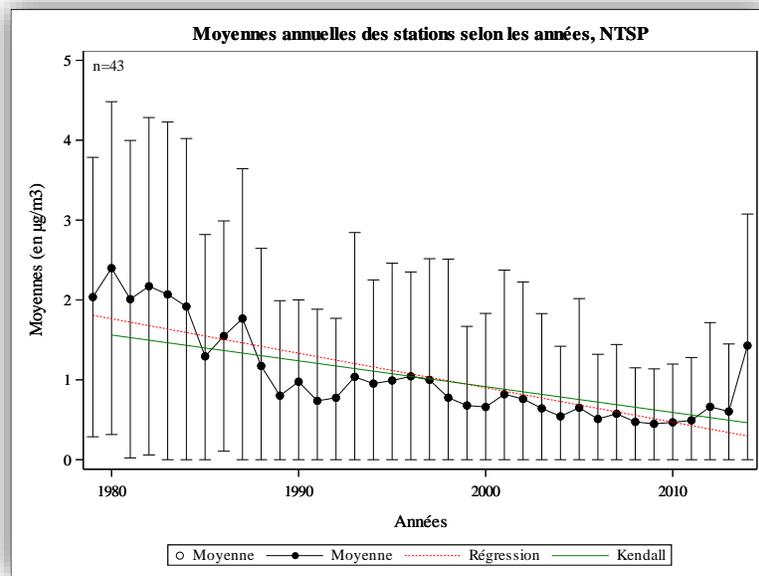


Figure 3.3.3.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, NTSP

3.3.2 Évolution temporelle selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

Le tableau 3.3.2.1 représente les tendances sur le long terme des diverses catégorisations. Les catégories montrent des tendances différentes. Les catégories agricoles, forestières, et résidentielles près d'une mine montrent une stabilité dans les concentrations alors que les catégories résidentielles et résidentielle Montréal montrent des tendances plutôt variables. Les catégories commerciales, parcs urbains, résidentielles près d'une mine et résidentielles près d'un axe routier montrent une diminution tout au long de la série temporelle.

Tableau 3.3.2.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Stable	2	1989-2014
Commerciale	Commerciale (C)	↓	6	1979-2013
Forêt	Forêt (F)	Stable	8	1979-2014
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1979-2013
Résidentielle	Résidentielle (R)	Variable	6	1979-2005
	Résidentielle près d'une industrie (RI)	↓	1	1979-1995
	Résidentielle près d'une mine (RM)	Stable	5	1981-2014
	Résidentielle Montréal (RMTL)	Variable	2	1979-1995
	Résidentielle près d'un axe routier (RR)	↓	3	1979-2013

La figure 3.3.2.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Avant les années 1990, il ne semble pas y avoir de saisonnalité dans les concentrations de NTSP. Puis, à partir de 1990, les concentrations minimums se trouvent en été alors que les concentrations maximums se retrouvent en hiver.

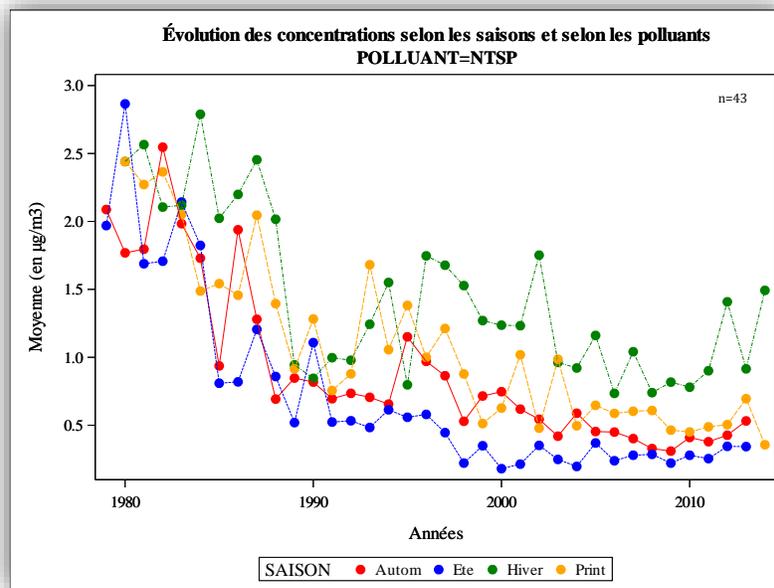


Figure 3.3.2.1: Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, NTSP

La figure 3.3.2.2 représente les cycles annuels des NTSP selon les régions administratives. Pour toutes les régions, excepté la Côte-Nord et la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, le cycle commence en janvier-février, où les concentrations sont les plus élevées. Par la suite, les concentrations diminuent pour atteindre le minimum en été, autour du mois de juillet. Par la suite, les concentrations remontent graduellement jusqu'en janvier, où le cycle recommence. Pour les régions de la Côte-Nord et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, il y a deux maximums, soit le premier en mai-juin et le deuxième en novembre. Puis, les minimums se retrouvent aussi en juillet. De plus, le second minimum se trouve en février pour la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et en octobre pour la Côte-Nord. De plus, certaines régions administratives comme la Capitale-Nationale, l'Estrie ou la Montérégie ont des concentrations tout au long de l'année beaucoup plus haute que d'autres régions comme les Laurentides, Chaudière-Appalaches et le Bas-Saint-Laurent.

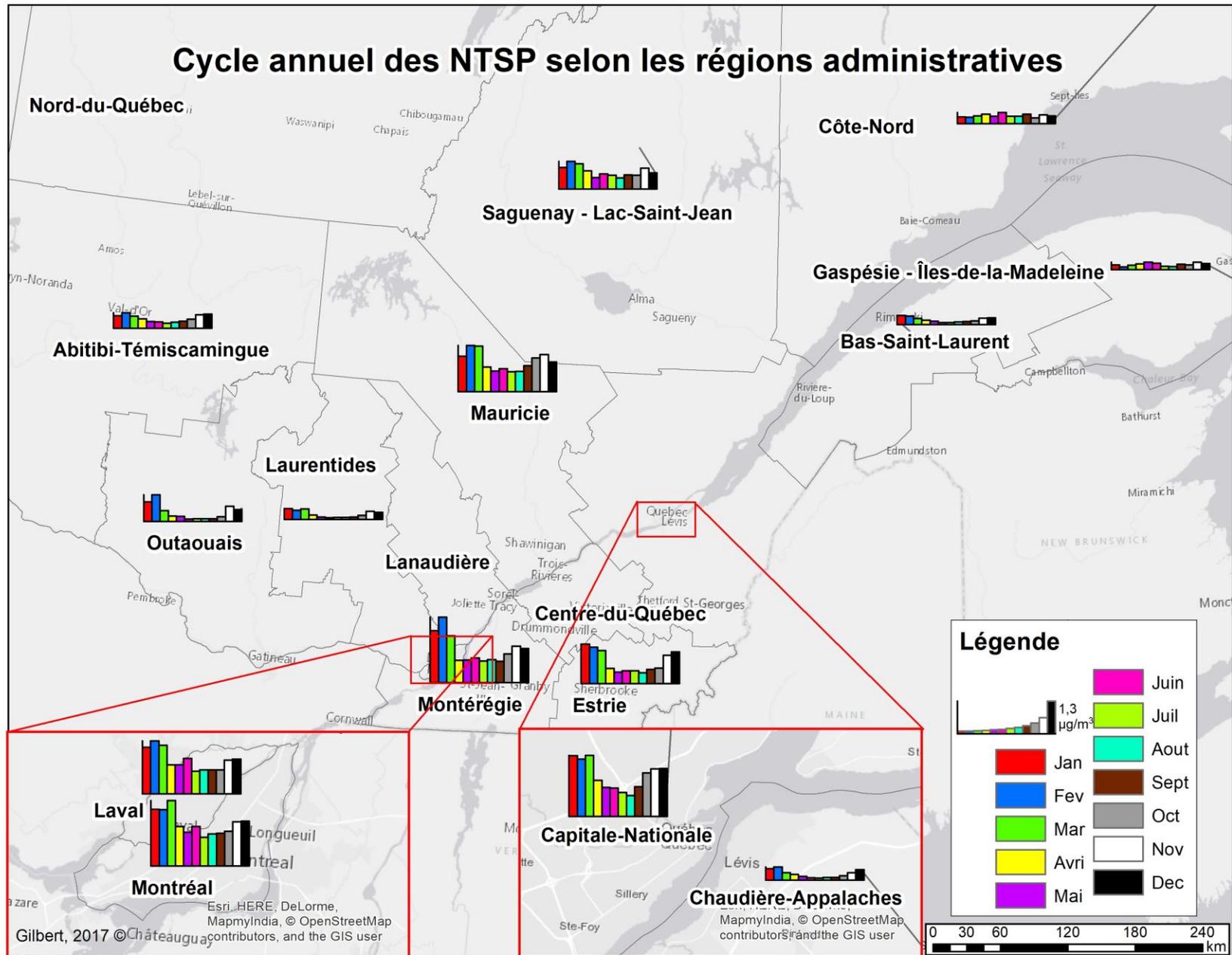


Figure 3.3.2.2 : Cycle annuel des NTSP selon les régions administratives

Le tableau 3.3.2.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre juin, juillet, août et septembre. La région de la Côte-Nord fait bande à part avec comme mois minimal octobre. La concentration minimale se trouve dans des Laurentides. Les mois où les concentrations sont maximales sont entre janvier, février, mars, mai. Encore une fois, la région de la Côte-Nord se démarque avec un mois maximal en juin. La concentration maximale se trouve à Montréal.

Tableau 3.3.2.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des NTSP selon les régions administratives

NTSP				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	Juil	0,08	Jan	0,38
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Août	0,45	Fév	1,13
Capitale-Nationale	Août	0,85	Mars	2,48
Mauricie	Juil	0,81	Fév	1,867
Estrie	Août	0,44	Jan	1,6
Montréal	Juil	1,13	Mars	2,59
Outaouais	Juin	0,09	Fév	1,07
Abitibi-Témiscamingue	Juil	0,21	Fév	0,63
Côte-Nord	Oct	0,24	Juin	0,45
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Fév	0,11	Mai	0,3
Chaudière-Appalaches	Juil	0,08	Fév	0,53
Laval	Juil	0,89	Fév	2,09
Lanaudière	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laurentides	Juin	0,07	Jan	0,44
Montérégie	Sept	0,86	Jan	2,11
Centre-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

La figure 3.3.2.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. La catégorie résidentielle près d'une industrie, et dans une moindre mesure, la catégorie parc urbain, suivent le même cycle. Pour ce qui est des autres catégories, ceux-ci ont une diminution des concentrations en février/mars jusqu'à avril/mai. Puis, ils ont un premier maximum vers juin. Les concentrations diminuent de nouveau jusqu'en août. Par la suite, les concentrations recommencent à augmenter en l'hiver, où les concentrations sont maximales. La catégorie forestière a les plus faibles concentrations de NTSP.

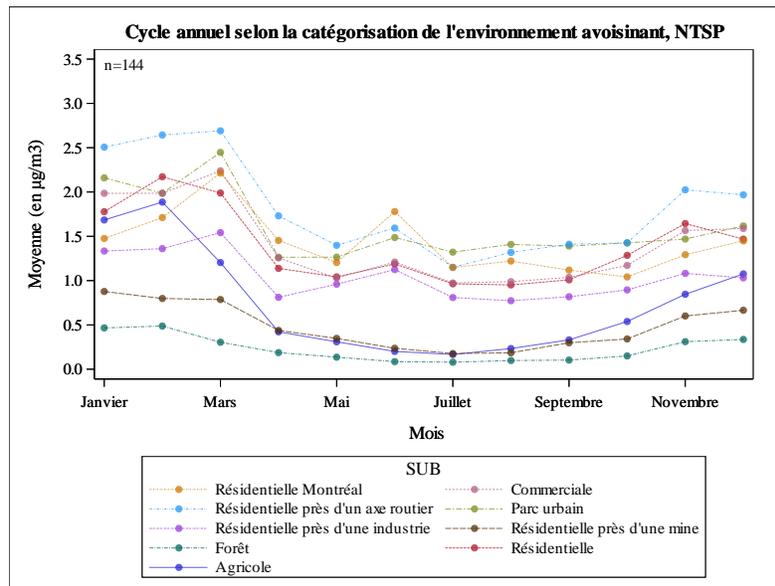


Figure 3.3.2.3 : Cycle annuel des NTSP selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.4 Sulfates dans les particules totales en suspension (STSP)

3.4.1 Évolution temporelle

La figure 3.4.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations. Celle-ci montre une tendance à la diminution des moyennes des concentrations sur toute la série temporelle. En effet, à partir de 1980, les moyennes des concentrations diminuent rapidement jusqu'en 1990. Puis, à partir de 1990, les concentrations moyennes continuent de diminuer, beaucoup moins rapidement cette fois. Autour de 2010, les moyennes des concentrations semblent se stabiliser. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue grandement avec les années. De plus, le test de Student montre qu'il y a une différence statistiquement

significative entre les concentrations de 1977 et les concentrations de 2014 (p-value <0.0001).

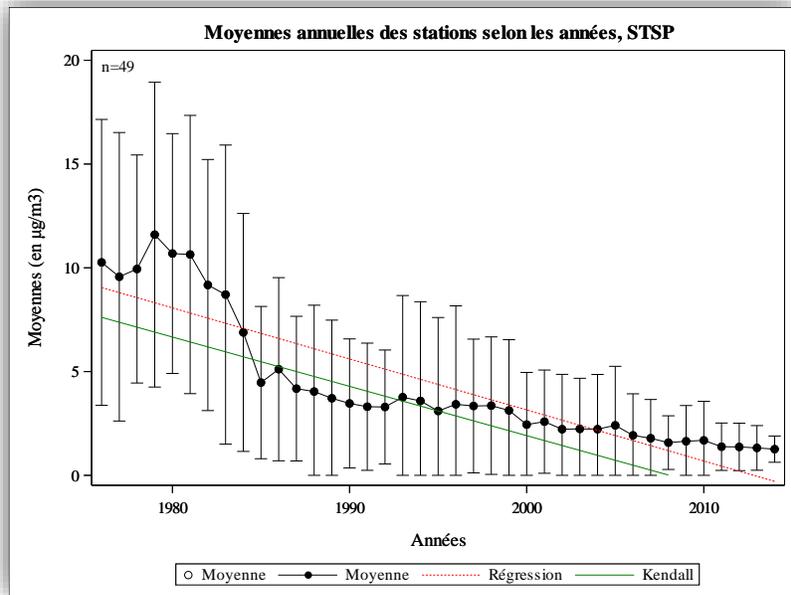


Figure 3.4.1.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, STSP

3.4.2 Évolution temporelle selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

Le tableau 3.4.2.1 représente les tendances sur le long terme pour les diverses catégorisations de l'environnement avoisinant. Toutes les catégories excepté la catégorie agricole et la catégorie forestière montrent une diminution des tendances des concentrations de STSP. Pour les catégories agricoles et forestières, les tendances des concentrations demeurent relativement stables.

Tableau 3.4.2.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Stable	2	1989-2014
Commerciale	Commerciale (C)	↓	6	1979-2013
	Commerciale près d'un axe routier (CR)	↓	1	1976-1988
Forêt	Forêt (F)	Stable	8	1979-2014
Industrielle	Industrielle (I)	↓	1	1979-2001
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1977-2013
Résidentielle	Résidentielle (R)	↓	8	1977-2005
	Résidentielle près d'une industrie (RI)	↓	2	1976-1995
	Résidentielle près d'une mine (RM)	↓	7	1977-2014
	Résidentielle Montréal (RMTL)	↓	2	1976-1995
	Résidentielle près d'un axe routier (RR)	↓	3	1977-2013

La figure 3.4.2.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Il n'y a pas de saisons qui se démarquent des autres.

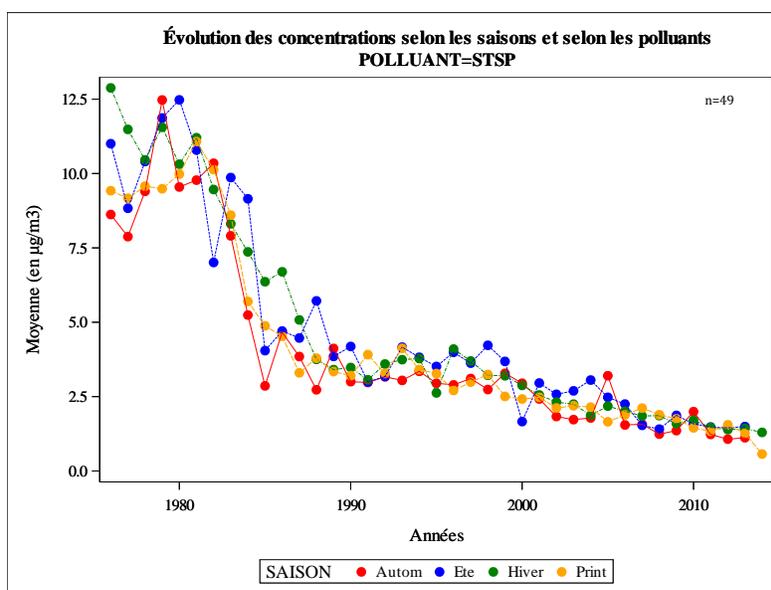


Figure 3.4.2.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, STPS

La figure 3.4.2.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. Il semble, une fois de plus, y avoir deux cycles distincts. Le premier concerne les régions du Bas-Saint-Laurent, du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de la Capitale-Nationale, de la Mauricie, de Montréal, de l'Abitibi-Témiscamingue, de la Côte-Nord, de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, de Laval et de la Montérégie. Pour ce cycle, il y a deux maximums et deux minimums. Le premier maximum se trouve autour du mois de février et mars tandis que le deuxième se trouve autour de juillet. Pour les minimums, le premier se trouve autour d'avril et mai tandis que le deuxième se trouve autour d'octobre-novembre. Pour le deuxième cycle, celui-ci à un maximum très important autour de juillet et le minimum des concentrations se trouve davantage en hiver, autour de janvier. Ce cycle touche la région de l'Estrie, de l'Outaouais, de Chaudière-Appalaches et des Laurentides. De plus, les concentrations de la Côte-Nord, du Bas-Saint-Laurent, de Chaudière-Appalaches, des Laurentides et de l'Outaouais sont plus basses que le reste des régions administratives.

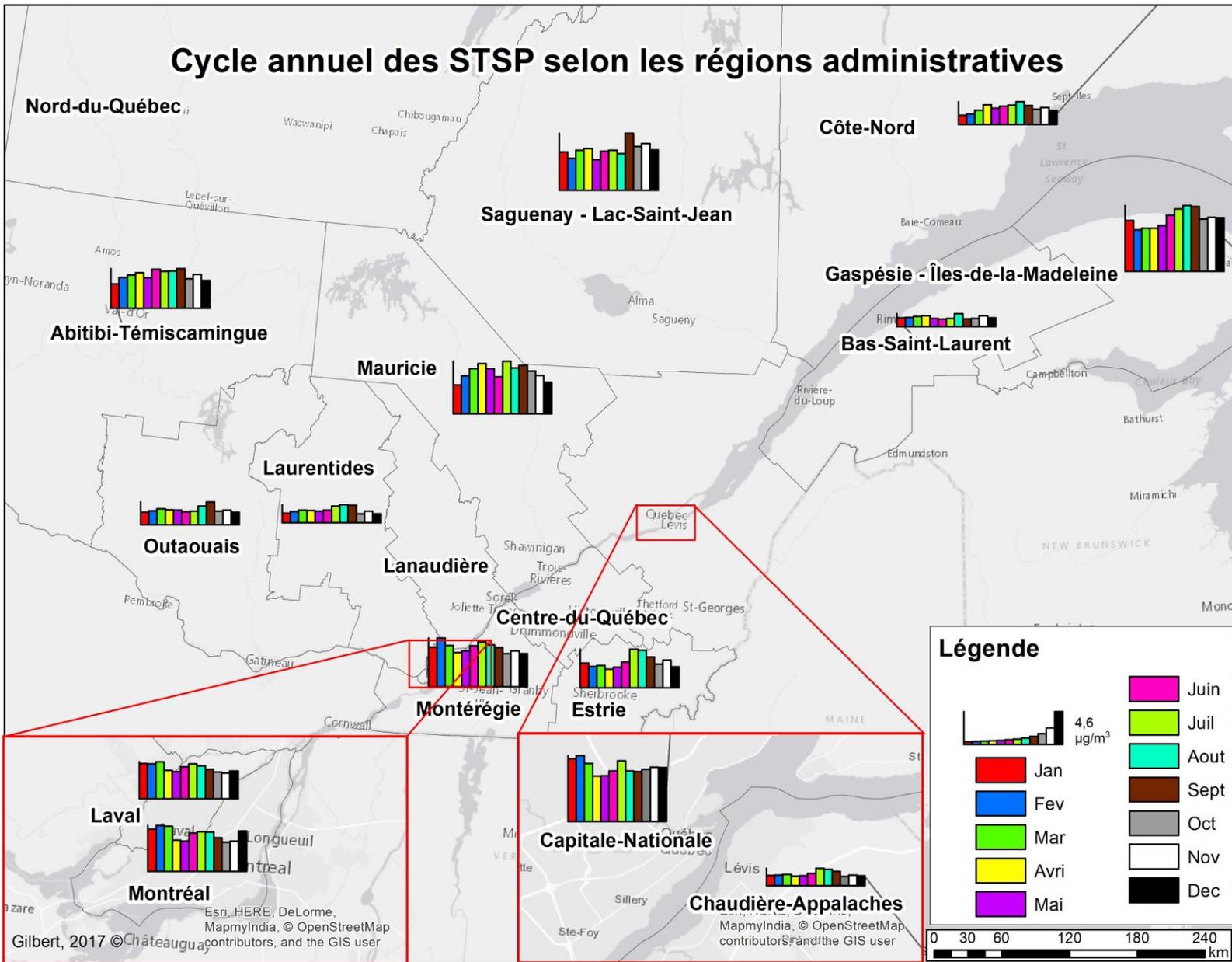


Figure 3.4.2.2 : Cycle annuel des STSP selon les régions administratives

Le tableau 3.4.2.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives, pour les STSP. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre janvier, février, avril, mai, juin, octobre et novembre. La concentration minimale se trouve dans le Bas-Saint-Laurent. Les mois où les concentrations sont maximales varient entre février, mars, juillet, août et septembre. La concentration maximale se trouve dans la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

Tableau 3.4.2.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des STSP selon les régions administratives

STSP				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	Juin	0,92	Août	1,58
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Mai	3,75	Sept	7,01
Capitale-Nationale	Avril	6,29	Fév	9,11
Mauricie	Jan	3,53	Juil	6,45
Estrie	Mai	2,55	Juil	4,76
Montréal	Oct	4,03	Fév	6,33
Outaouais	Jan	1,52	Sept	2,77
Abitibi-Témiscamingue	Jan	3,01	Sept	4,85
Côte-Nord	Jan	1,14	Août	2,82
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Fév	5,07	Août	8,1
Chaudière-Appalaches	Avril	1,32	Juil	2,37
Laval	Nov	3,52	Mars	5,09
Lanaudière	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laurentides	Oct	1,11	Août	2,22
Montréal	Oct	4,08	Fév	6,01
Centre-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

La figure 3.4.2.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. Les concentrations augmentent de janvier et en février. Puis, elles diminuent jusqu'en mai. À partir du mois de mai, elles remontent jusqu'en juillet pour atteindre un second maximum. Elles vont, ensuite, diminuer jusqu'en septembre. À partir de septembre, elles augmentent pour recommencer le cycle. Ce cycle est représentatif pour les catégories résidentielles Montréal, commerciales, commerciales près d'une usine, résidentielles près d'un axe routier, parcs urbains, résidentielles près d'une usine, résidentielles près d'une mine, et résidentielles. Les concentrations ne varient presque pas pour la catégorie agricole et la forestière. Finalement, la catégorie industrielle augmente de manière graduelle de février jusqu'en septembre, pour ensuite diminuer de septembre jusqu'en janvier.

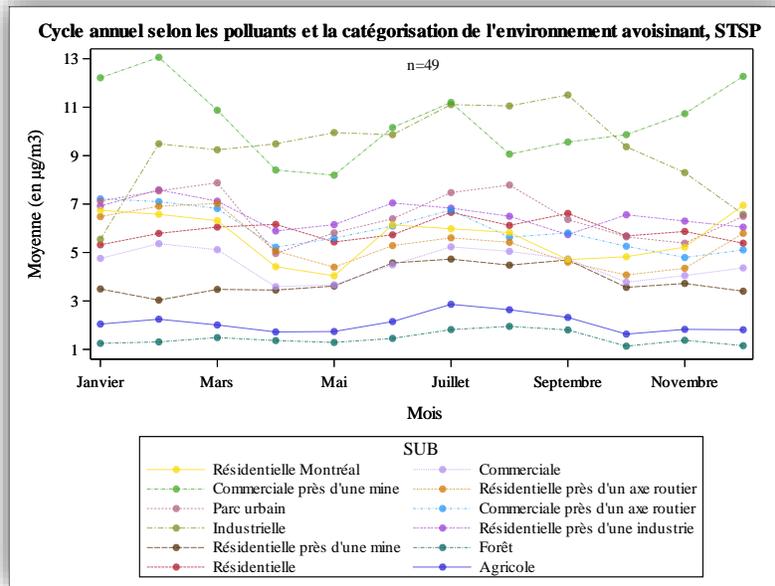


Figure 3.4.2.3 : Cycle annuel des STSP selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.5 Particules grossières (PM₁₀)

3.5.1 Évolution temporelle

La figure 3.5.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations entre 1989 et 2015. Tout au long des années, il y a une diminution constante des concentrations, malgré quelques fluctuations entre 2000 et 2005. À partir de 2010, il y a une certaine stabilité ainsi

qu'une augmentation entre 2013 et 2015 de $16,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $19,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue avec les années. De plus, le test de Student montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les concentrations de 1989 et les concentrations de 2015 (p-value <0.0001) et une différence statistiquement significative entre les concentrations de 1990 et les concentrations de 2015 (p-value 0.0045).

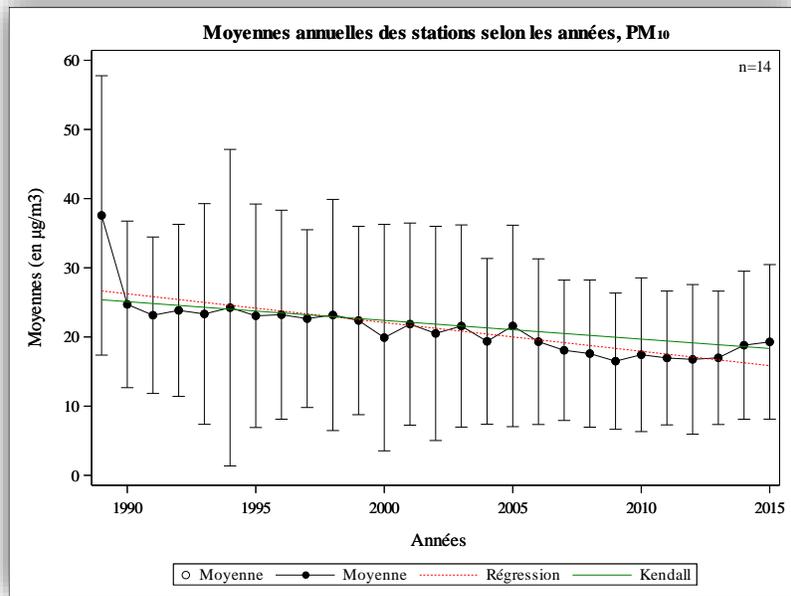


Figure 3.5.1.1: Moyennes annuelles des stations selon les années, PM_{10}

3.5.2 Dépassement de normes

La figure 3.5.2.1 représente les proportions des observations qui dépassent la ligne directrice annuelle de l'OMS pour toutes les stations urbaines sur le territoire. Rappelons que la ligne directrice de l'OMS est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. D'abord, il n'y a aucun dépassement dans les milieux ruraux (non présentée). En ce qui concerne les stations en milieux urbains, celles-ci ont eu beaucoup de dépassement entre les années 1990 et 2015. Les proportions augmentent entre 1992 et 1994, où elle reste sensiblement au même niveau jusqu'en 2005. Puis, à partir de 2005, les proportions diminuent.

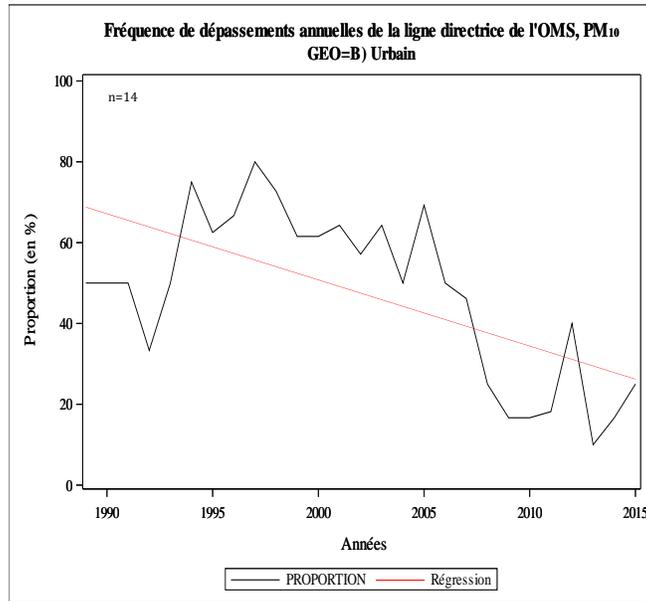


Figure 3.5.2.1 : Fréquence de dépassements annuelles de la ligne directrice de l’OMS, PM₁₀ Urbain

La figure 3.5.2.2 représente la proportion des dépassements de la ligne directrice annuelle de l’OMS sur le territoire du Québec. Dans l’ensemble du territoire, la proportion des dépassements est relativement basse. Il y a néanmoins quelques endroits où la fréquence de dépassements est nettement plus élevée. Par exemple, Saguenay et Québec ont une proportion de dépassement élevée, tout comme la ville de Montréal.

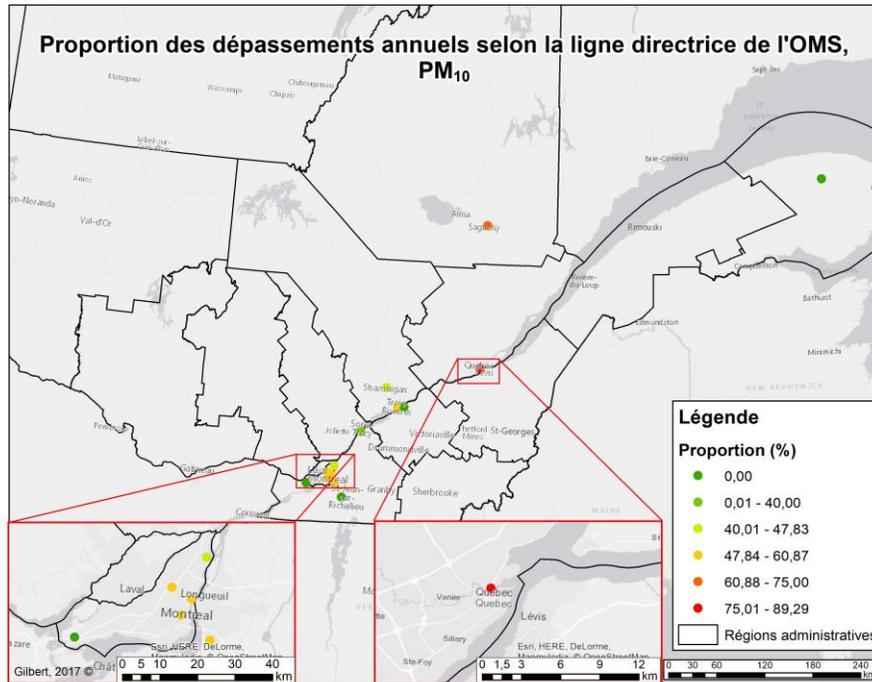


Figure 3.5.2.2 : Proportion des dépassements annuels selon la ligne directrice de l’OMS, PM₁₀

3.5.3 Évolution temporelle selon la catégorisation de l’environnement avoisinant

Le tableau 3.5.3.1 représente les tendances sur le long terme des diverses catégorisations. Toutes les catégories, sauf la catégorie agricole, montrent une tendance à la diminution des concentrations de PM₁₀ tout au long des séries temporelles.

Tableau 3.5.3.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l’environnement et l’occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Stable	3	1995-2015
Commerciale	Commerciale (C)	↓	2	1994-2013
Industrielle	Industrielle (I)	↓	2	1994-2015
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1996-2013
Résidentielle	Résidentielle (R)	↓	3	1992-2015
	Résidentielle près d’une mine (RM)	↓	2	1989-2015
	Résidentielle Montréal (RMTL)	↓	2	1999-2013

La figure 3.5.3.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Quoique les concentrations se retrouvent près les unes des autres pour chacune des saisons, il est possible d'observer que les minimums se retrouvent dans la saison d'hiver. Pour ce qui est des concentrations maximums, entre 1990 et 2000, elles se trouvent majoritairement dans la saison du printemps. Par la suite, à partir des années 2000, il y a certaines concentrations maximums qui se trouvent en été et d'autres au printemps. Puis, à partir de 2010, les concentrations maximums se retrouvent en été.

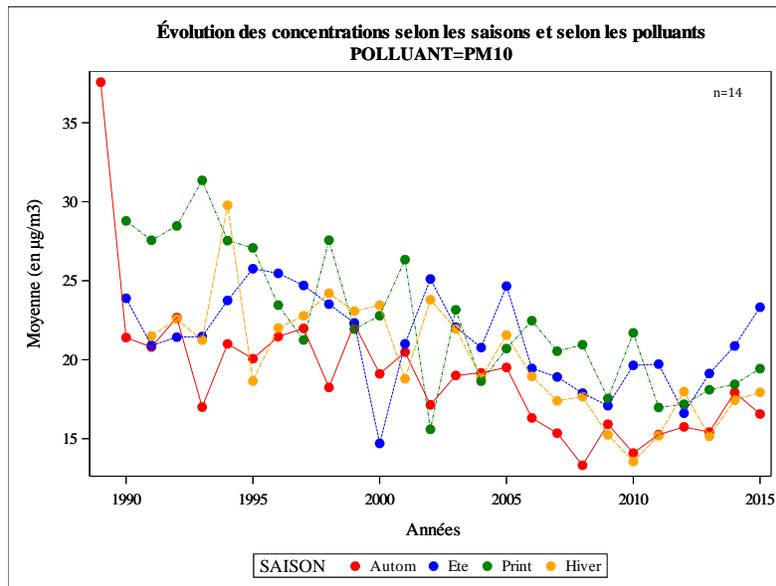


Figure 3.5.3.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, PM₁₀

La figure 3.5.3.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. D'abord, il semble difficile de déterminer une tendance applicable à chacune des régions administratives. Néanmoins, pour toutes les régions administratives, sauf la région de Montréal et le Centre-du-Québec, les concentrations les plus élevées se situent autour du mois de mai. Pour ce qui est des minimums, celles-ci dépendent beaucoup des régions. En effet, dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de la Capitale-Nationale, de la Mauricie, de Montréal, de la Montérégie et du Centre-du-Québec, les minimums se retrouvent vers la fin de l'été et en automne, autour du mois de septembre. Toutefois, pour les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, de la

Montérégie et du Centre-du-Québec, il y a aussi un minimum autour du mois de mars. Il est donc difficile d'établir un cycle saisonnier pour les PM_{10} . Les concentrations sont plus ou moins identiques pour l'ensemble des régions administratives sauf pour la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et le Centre-du-Québec, où elles sont moins importantes.

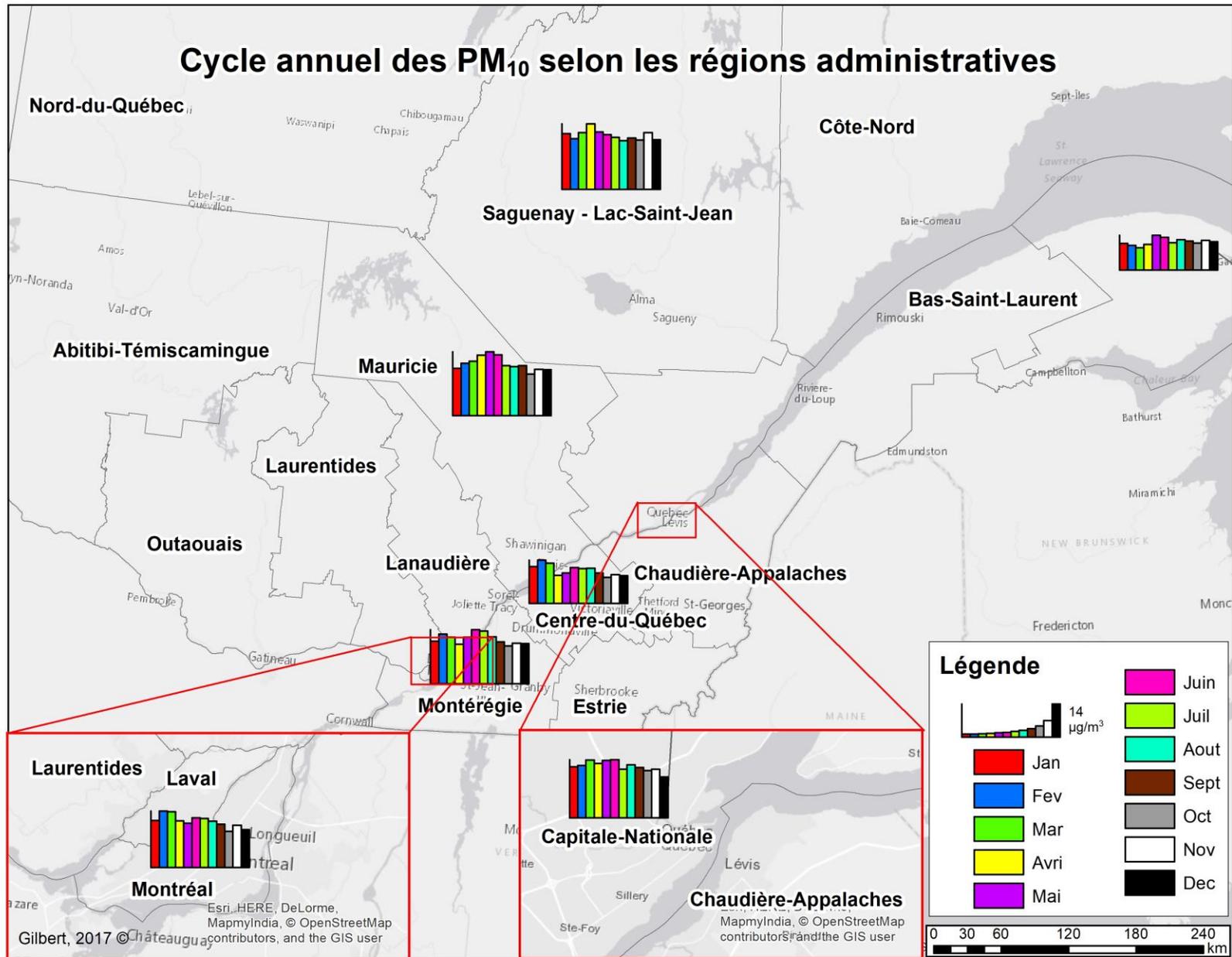


Figure 3.5.3.2: Cycle annuel des PM₁₀ selon les régions administratives

Le tableau 3.5.3.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre août, d'octobre, de décembre et de février et la concentration minimale se situe dans la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Les concentrations maximales varient entre avril, mai et juin sauf pour la région du Centre-du-Québec, où le mois maximal ce trouve à être février. La concentration maximale se trouve dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Tableau 3.5.3.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des PM₁₀ selon les régions administratives

PM₁₀				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Août	21,17	Avril	28,58
Capitale-Nationale	Déc	17,84	Juin	25,3
Mauricie	Oct	18,11	Mai	27,77
Estrie	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montréal	Déc	16,49	Fév	24,59
Outaouais	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Abitibi-Témiscamingue	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Côte-Nord	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Mars	9,73	Mai	15,07
Chaudière-Appalaches	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laval	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lanaudière	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laurentides	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montérégie	Oct	16,48	Juin	23,6
Centre-du-Québec	Oct	11,32	Fév	18,86

La figure 3.5.3.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. D'abord, la catégorie agricole a des concentrations qui sont plus basses que le reste des catégories, tout au long du cycle. Puis, les cycles ne sont pas identiques pour chacune des catégories. En effet, pour la catégorie résidentielle Montréal, et dans une moindre mesure, la catégorie commerciale et la catégorie résidentielle, le premier maximum se trouve autour du mois de mars et le second au mois de juin. Les minimums pour ces catégories sont en mai et en octobre. Pour les autres catégories, soit résidentielles près des mines et industrielle, les maximums sont retardés d'un ou deux mois.

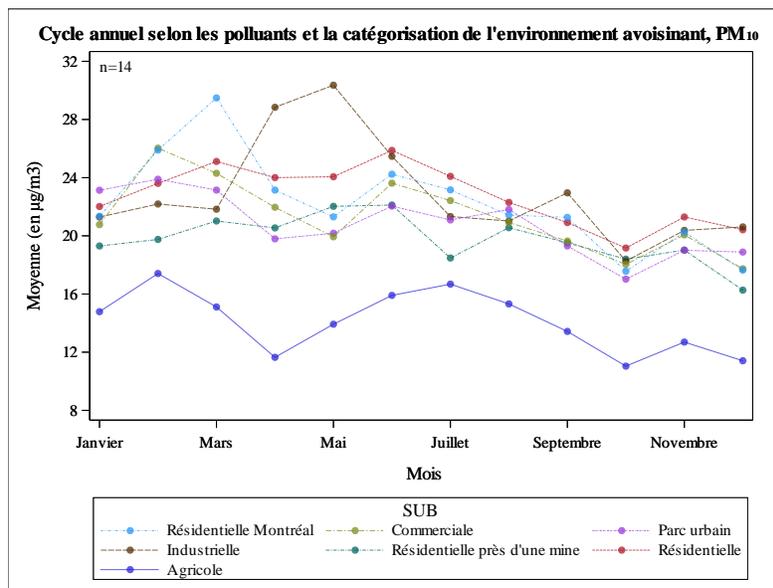


Figure 3.5.3.3 : Cycle annuel des PM₁₀ selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.5.4 Ratio entre les nitrates et les sulfates

La figure 3.5.4.1 représente la moyenne des ratios des nitrates par rapport au sulfate dans les PM₁₀. En fait, il s'agit de la moyenne annuelle des ratios entre les NPM₁₀ et les SPM₁₀. Les moyennes hivernales sont beaucoup plus élevées que les autres saisons, et ces moyennes augmentent au fur et à mesure des années. Néanmoins, ces ratios demeurent relativement faibles, ne dépassant pas un ratio de 1,25 :1. En ce qui concerne les moyennes pour l'automne et le printemps, celles-ci demeurent très près l'une de l'autre tout au long de la série temporelle. Finalement, les moyennes des ratios en été sont les plus faibles, restant autour de 0,25 :1.

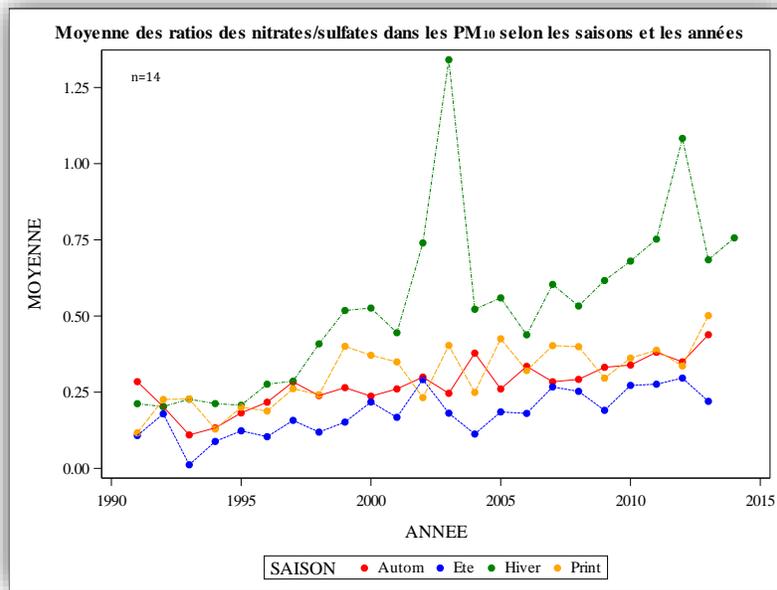


Figure 3.5.4.1 : Moyenne des ratios des nitrates/sulfates dans les PM₁₀, selon les saisons et les années

3.6 Nitrates dans les particules grossières (NPM₁₀)

3.6.1 Évolution temporelle

La figure 3.6.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations. La tendance générale montre une augmentation des concentrations. Les moyennes des concentrations montrent une fluctuation entre 1990 et 2000. Partir de 2000, les concentrations demeurent plus stables, pour ensuite diminuer de 2006 à 2010, où elles recommencent à augmenter. Puis, les moyennes des concentrations connaissent une grande augmentation en 2015. La variance ($\pm 1\sigma$) demeure importante avec les années. De plus, le test de Student montre qu'il n'y a pas de différence statistique entre les concentrations de 1991 et les concentrations de 2014 (p-value 0.3893).

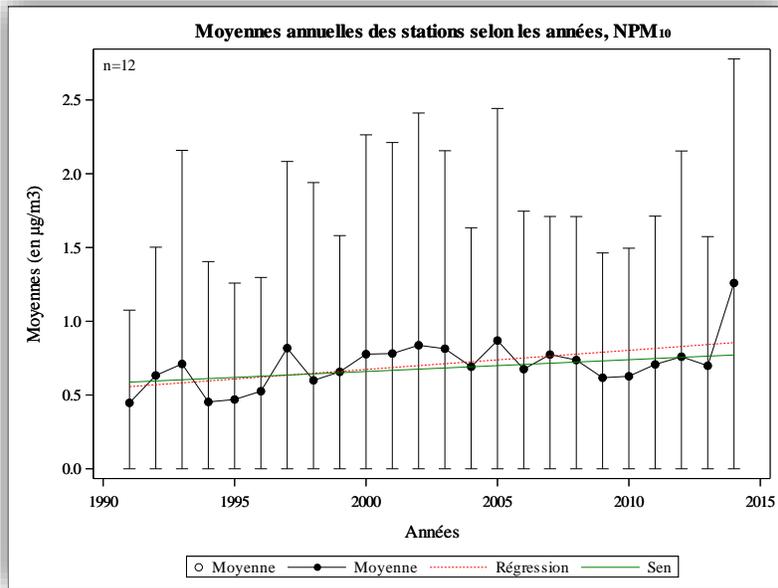


Figure 3.6.1.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, NPM₁₀

3.6.2 Évolution temporelle selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

Le tableau 3.6.2.1 représente les tendances sur le long terme des diverses catégorisations. Les tendances sont variables dépendamment de la catégorisation. En effet, les catégories agricoles et industrielles ont des tendances relativement stables. Les catégories résidentielles et résidentielles près d'une mine ont des tendances à la hausse et les catégories parcs urbains et commerciales ont des tendances à la baisse.

Tableau 3.6.2.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Stable	3	1997-2014
Commerciale	Commerciale (C)	↓	2	1997-2013
Industrielle	Industrielle (I)	Stable	2	1997-2014
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1996-2013
Résidentielle	Résidentielle (R)	↑	2	1992-2014
	Résidentielle près d'une mine (RM)	↑	2	1991-2013

La figure 3.6.2.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Les concentrations minimums se trouvent en été alors que les concentrations maximums se trouvent en hiver.

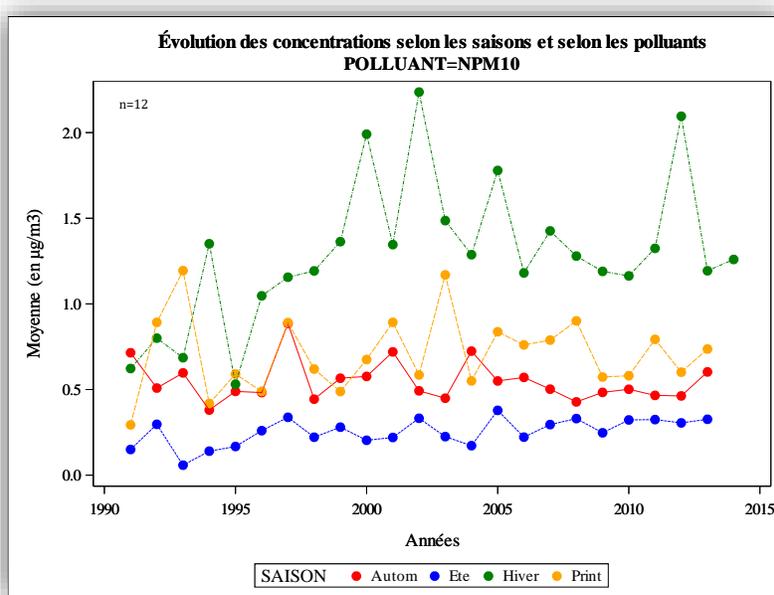


Figure 3.6.2.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, NPM₁₀

La figure 3.6.2.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. Le cycle peut se résumer par un maximum des concentrations en janvier. Par la suite, les concentrations stagnent jusqu'en février, où elle commence à diminuer. Elles diminuent jusqu'à atteindre un minimum en juillet. Puis, elle recommence à augmenter graduellement jusqu'en septembre-octobre, où elles augmentent de manière plus significative jusqu'en janvier. La région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine fait exception. En effet, cette région ne semble pas avoir de cycle saisonnier et les concentrations sont très basses tout au long de l'année. La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean ainsi que celle de l'Abitibi-Témiscamingue ont aussi des concentrations basses tout au long de l'année.

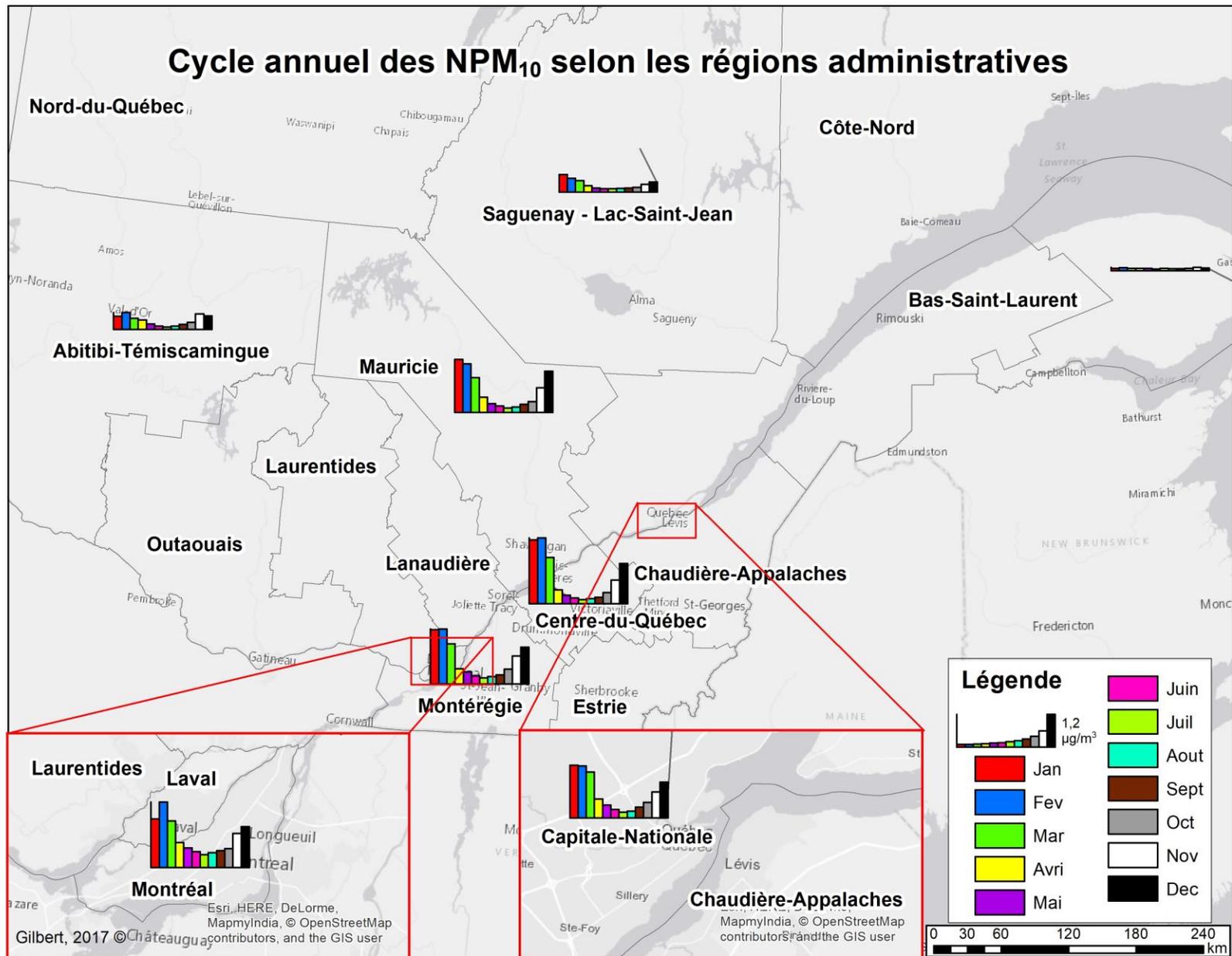


Figure 3.6.2.2 : Cycle annuel des NPM₁₀ selon les régions administratives

Le tableau 3.6.2.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales sont juin et juillet. La concentration minimale se trouve dans la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Les concentrations maximales varient entre janvier et de février, sauf pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, où la concentration maximale se trouve en novembre. La concentration maximale se situe dans la région de Montréal.

Tableau 3.6.3.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des NPM₁₀ selon les régions administratives

NPM ₁₀				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Juil	0,12	Jan	0,6
Capitale-Nationale	Juil	0,21	Jan	1,94
Mauricie	Juil	0,15	Jan	1,79
Estrie	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montréal	Juil	0,47	Fév	2,41
Outaouais	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Abitibi-Témiscamingue	Juil	0,08	Fév	0,56
Côte-Nord	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Juin	0,05	Nov	0,11
Chaudière-Appalaches	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laval	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lanaudière	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laurentides	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montérégie	Juil	0,20	Fév	1,87
Centre-du-Québec	Juil	0,14	Fév	2,22

La figure 3.6.3.3 représente les cycles annuels selon les diverses catégorisations. Pour presque toutes les catégories, le cycle commence en février, où les concentrations sont à leurs maximums. Puis, ces concentrations diminuent jusqu'en mai, où elles atteignent les concentrations planchers. Les concentrations demeurent relativement les mêmes jusqu'en septembre, où elle recommence à augmenter, redémarrant ainsi le cycle. Finalement, la catégorie commerciale est celle qui a les plus hautes concentrations de NPM₁₀ tout au long du cycle alors que la catégorie industrielle est la catégorie ayant les plus basses concentrations tout au long du cycle.

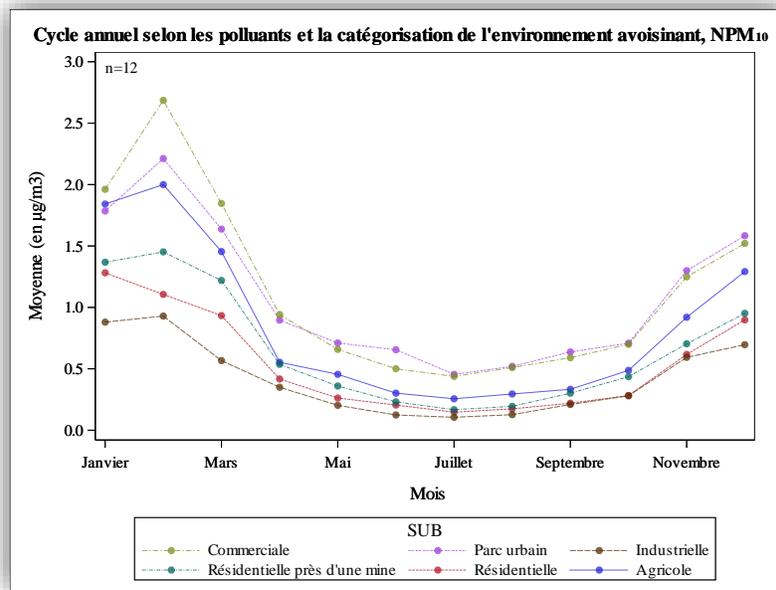


Figure 3.6.3.3 : Cycle annuel des NPM₁₀ selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.7 Sulfates dans les particules grossières (SPM₁₀)

3.7.1 Évolution temporelle

La figure 3.7.1.1 représente les concentrations moyennes pour toutes les stations. Celle-ci montre une tendance à la diminution des moyennes des concentrations. Il y a eu une augmentation marquée entre 1992 et 1993 des concentrations. Puis, à partir de 1993, les concentrations diminuent jusqu'en 2011, où elles se stabilisent autour de 2 µg/m³. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue avec les années. De plus, le test Student montre qu'il y a une différence significative entre les concentrations de 1991 et les concentrations de 2015 (p-value 0.0101).

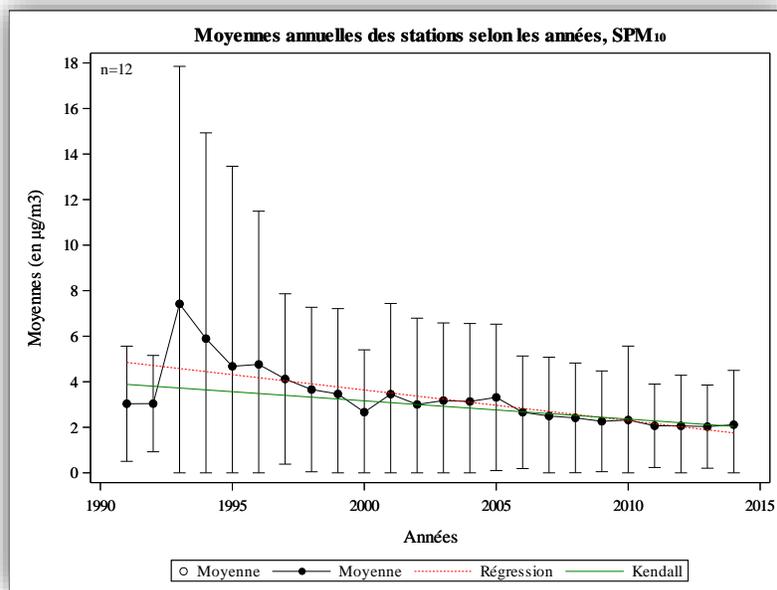


Figure 3.7.1.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, SPM₁₀

3.7.2 Évolution temporelle selon la catégorisation de l’environnement avoisinant

Le tableau 3.7.2.1 représente les tendances sur le long terme des diverses catégorisations. Deux seules tendances peuvent être retenues pour les SPM₁₀, soit une diminution des concentrations pour les catégories résidentielles, industrielles et parcs urbains, ou alors une stabilité dans les tendances pour les catégories agricoles, résidentielles près d’une mine et commerciale.

Tableau 3.7.2.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l’environnement et l’occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Stable	3	1997-2014
Commerciale	Commerciale (C)	Stable	2	1995-2013
Industrielle	Industrielle (I)	↓	2	1993-2014
Parc urbain	Parc urbain (PU)	↓	1	1996-2013
Résidentielle	Résidentielle (R)	↓	2	1992-2014
	Résidentielle près d’une mine (RM)	Stable	2	1991-2013

La figure 3.7.2.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. Il n’y a pas de saisons qui se démarquent des autres.

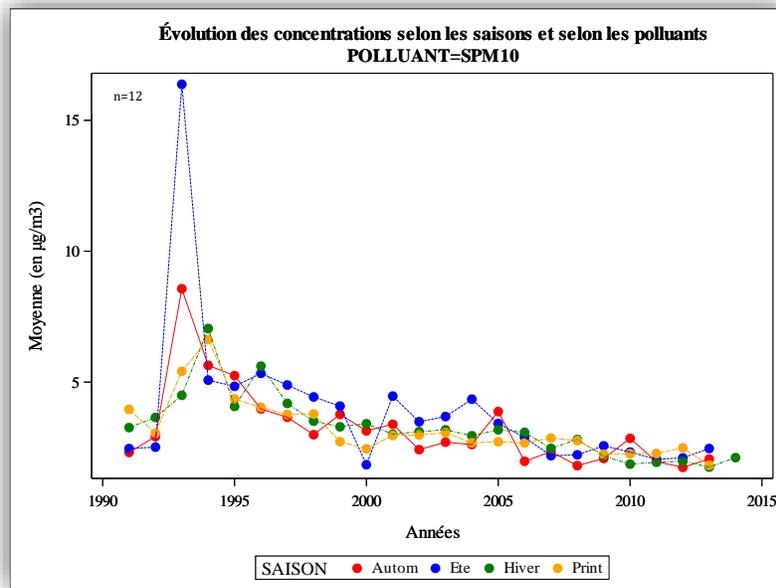


Figure 3.7.2.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, SPM₁₀

La figure 3.7.2.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. Tout comme la figure des PM₁₀ (figure 3.5.3.2), il semble difficile de trouver un cycle saisonnier commun à chacune des régions. Néanmoins, les régions de la Capitale-Nationale, de Montréal, de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, de la Montérégie et du Centre-du-Québec semblent avoir quelques éléments en commun. D’abord, ces régions ont deux minimums, soit en mai et en octobre. De plus, certaines de ces régions, soit la Capitale-Nationale, Montréal et le Centre-du-Québec ont deux maximums aussi, soit en janvier et en juillet. Pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, le maximum est en janvier et pour la région de la Montérégie, le maximum est en juillet. Les autres régions ne semblent pas répondre à quelconque cycle saisonnier. Finalement, les concentrations en Abitibi-Témiscamingue sont beaucoup plus élevées que les autres régions du Québec.

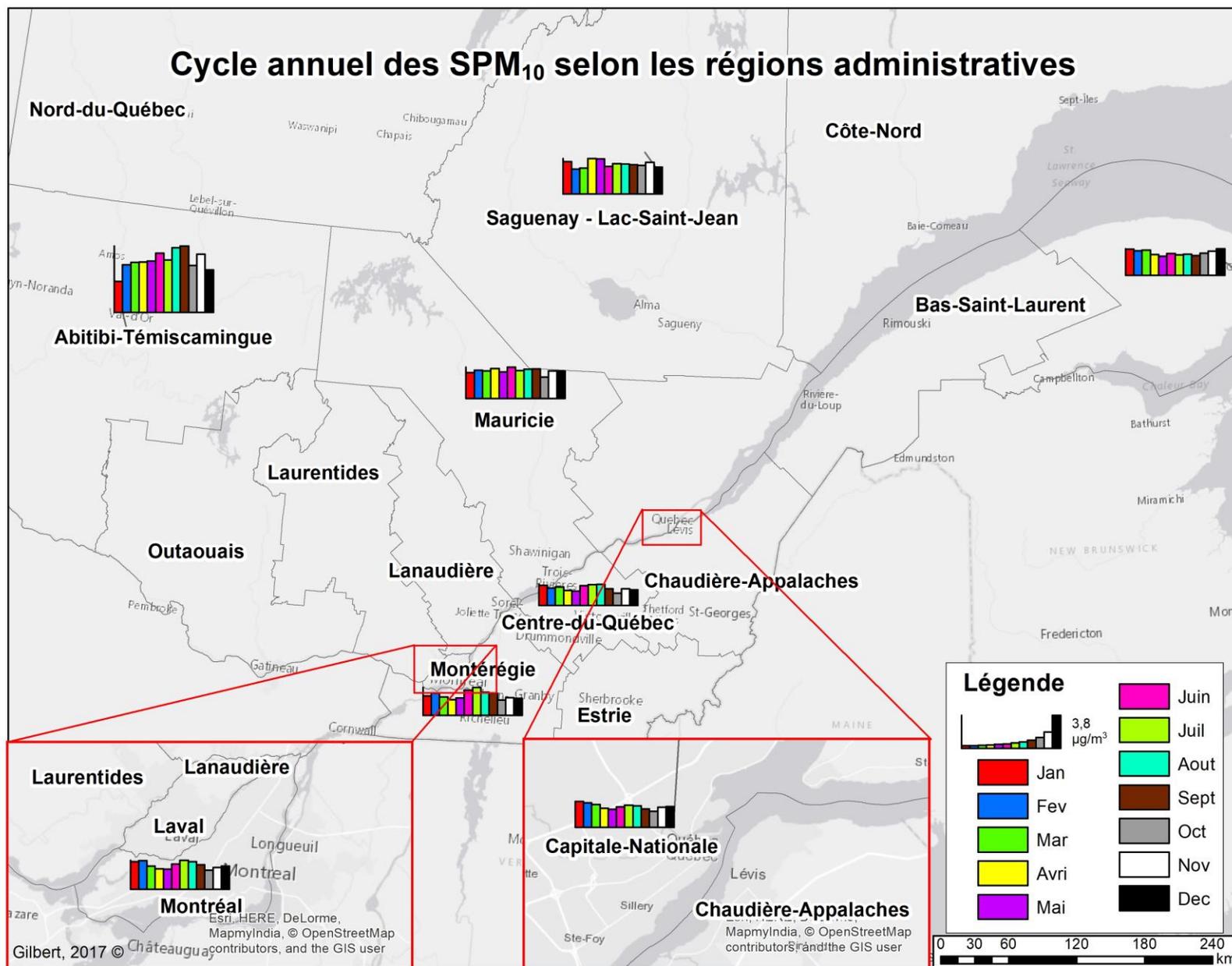


Figure 3.7.2.2 : Cycle annuel des SPM₁₀ selon les régions administratives

Le tableau 3.7.2.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre le mois de janvier, de février, de mai et d'octobre. La concentration minimale se trouve dans le Centre-du-Québec. Les concentrations maximales varient entre le mois de janvier, d'avril, juin, juillet, août et novembre. La concentration maximale ce trouve entre Abitibi-Témiscamingue.

Tableau 3.7.2.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des SPM₁₀ selon les régions administratives

SPM₁₀				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Fév	2,8474	Avril	4,0557
Capitale-Nationale	Oct	1,8445	Jan	2,9531
Mauricie	Oct	2,4176	Juin	3,5457
Estrie	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montréal	Oct	2,168	Juil	3,2792
Outaouais	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Abitibi-Témiscamingue	Jan	3,5187	Sept	7,5517
Côte-Nord	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Mai	2,1861	Déc	3,0237
Chaudière-Appalaches	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laval	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lanaudière	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Laurentides	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Montérégie	Oct	1,7569	Juil	3,1774
Centre-du-Québec	Oct	1,3952	Août	2,3922

La figure 3.7.2.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. Mis à part pour les catégories industrielles et résidentielles, les autres catégories semblent répondre au même cycle. Il s'agit d'un cycle bimodal, où le premier sommet se trouve vers janvier et février. Les concentrations diminuent alors jusqu'en avril. Puis, les concentrations augmentent de nouveau jusqu'en juillet où elles atteignent le second sommet. Les concentrations diminuent de nouveau jusqu'en octobre, où elles atteignent le second minimum. Finalement les concentrations remontent pour recommencer le cycle. Pour la catégorie résidentielle, il a aussi un cycle bimodal. Néanmoins, les sommets et les creux sont déplacés, pour avoir deux sommets en avril et novembre et deux creux en février et en octobre. Pour la catégorie industrielle, les concentrations sont sensiblement stables de février à mai, augmentant de juin à septembre avec une petite diminution en juillet. Les concentrations diminuent par la suite jusqu'en janvier, avec un rebond en novembre.

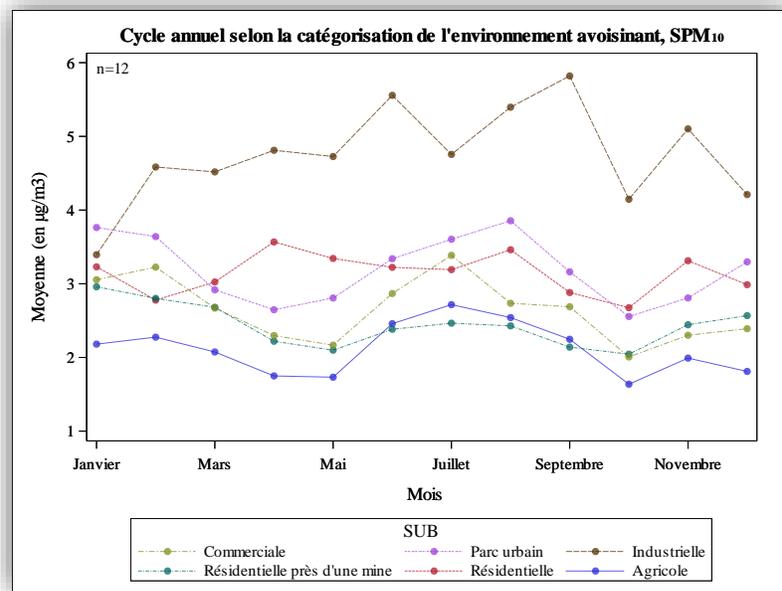


Figure 3.7.2.3 : Cycle annuel des SPM₁₀ selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

3.8 Particules fines (PM_{2.5})

3.8.1 Évolution temporelle

La figure 3.8.1.1 représente la moyenne annuelle de toutes les stations à l'étude, de 1997 à 2015. Cette figure montre qu'il y a un peu de fluctuation des concentrations moyennes

selon les années. En effet, entre 2000 et 2006, les moyennes varient pour atteindre un niveau plancher en 2006. Puis, celles-ci remontent en 2007 et en variant un peu moins. Finalement, entre 2013 et 2015, les concentrations moyennes diminuent de nouveau. La tendance de Kendall montre une diminution très légère des concentrations. La variance ($\pm 1\sigma$) diminue légèrement avec les années. De plus, le test de Student montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les concentrations de 1997 et les concentrations de 2015 (p-value <0.0001).

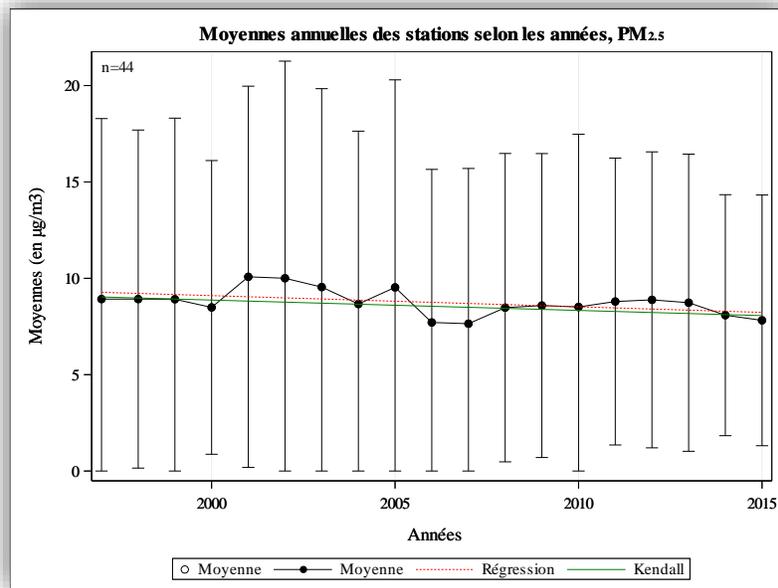


Figure 3.8.1.1 : Moyennes annuelles des stations selon les années, PM_{2.5}

3.8.2 Tendances horaires

La figure 3.8.2.1 représente la moyenne horaire de toutes les stations pour toutes les années. Il est possible de voir qu'il y a deux cycles journaliers bien distincts. D'abord, le premier cycle commence vers 22h, où les concentrations atteignent un maximum. La fin de ce premier cycle se situe le matin, vers 5h. À partir de ce moment, les concentrations augmentent de nouveau pour atteindre le deuxième maximum vers 9h du matin. Finalement, ce second cycle se termine vers 15h, où les concentrations atteignent leurs minimums journaliers. La variance ($\pm 1\sigma$) est très importante pour chacune des heures.

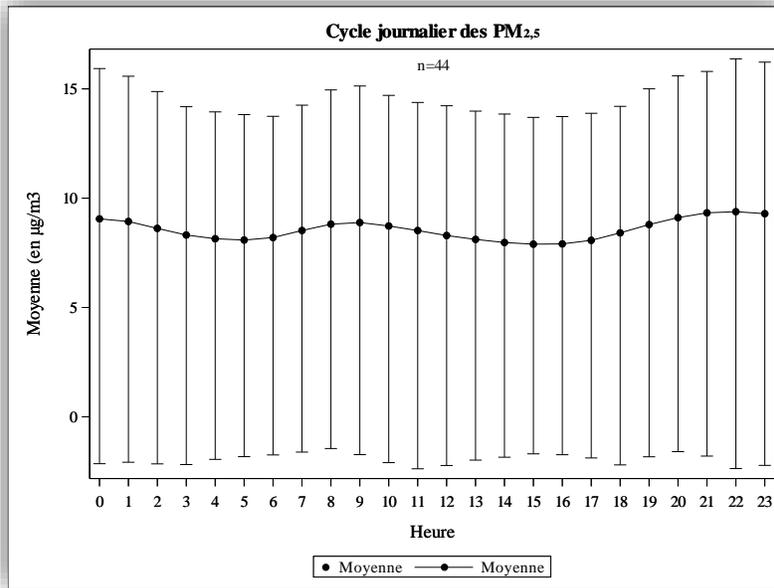


Figure 3.8.2.1 : Moyennes du cycle journalier, PM_{2.5}

La figure 3.8.2.2 représente les cycles journaliers pour chacun des jours de la semaine. Tous les jours en semaine suivent le même cycle, avec des concentrations qui varient quelque peu. Les jours de la semaine ouvrables ont deux pics dans la journée, soit un entre 5h et 10h le matin et le second entre 16h et 4h le matin. Puis, le samedi et le dimanche suivent des cycles différents. En effet, le pic du matin pour ces deux jours est très inférieur aux autres jours de la semaine. De plus, le minimum pour ces deux jours est aussi inférieur aux autres jours de la semaine.

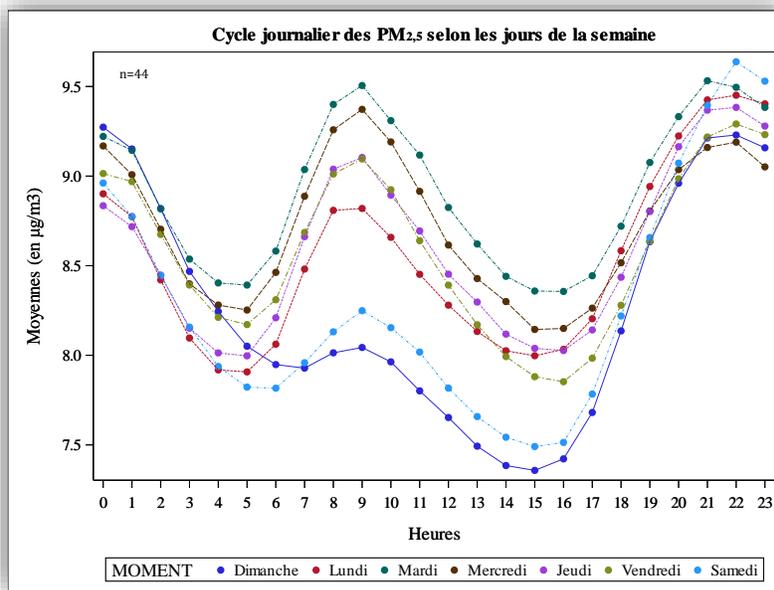


Figure 3.8.2.2 : Cycle journalier des PM_{2.5} selon les jours de la semaine

3.8.3 Dépassement de normes

Les figures 3.8.3.1 A et B représentent les proportions des observations qui dépassent la ligne directrice journalière de l’OMS pour toutes les stations sur le territoire. Rappelons que la ligne directrice de l’OMS est de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour ce qui est des milieux ruraux, il y a une augmentation de la proportion de dépassement entre 1998 et 2005. Puis, il y a une certaine diminution en 2006 et la proportion des dépassements diminue un peu chaque année. Pour ce qui est des milieux urbains, il y a aussi une augmentation de la proportion de dépassement entre 1998 et 2005. En 2005, il y a eu un pic de dépassement, qui a grandement diminué par la suite en 2006. À partir de 2011, le nombre de dépassements diminue quelque peu, mais reste tout de même supérieur à 1997. La tendance ne démontre pas une augmentation ni une diminution des proportions qui dépasse la ligne directrice journalière. Finalement, il y a davantage de dépassement dans les milieux urbains que ruraux.

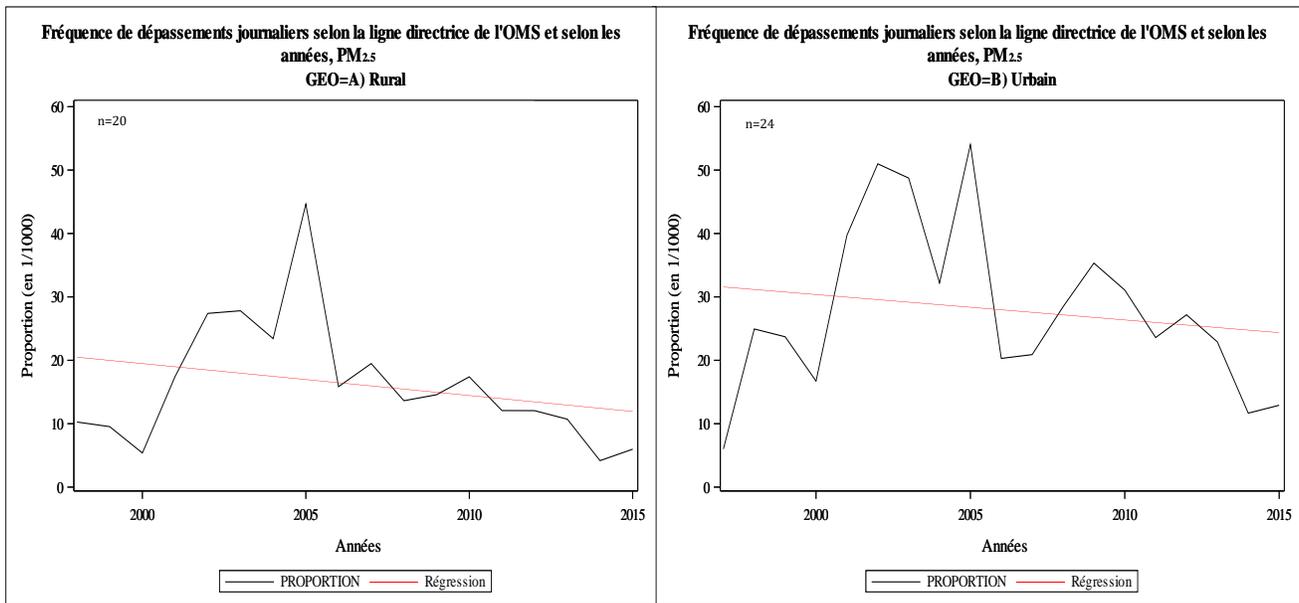


Figure 3.8.3.1 : Nombre de dépassements journaliers selon les normes de l'OMS et selon les années, PM_{2.5} a) Rural et b) Urbain

Les figures 3.8.3.2 A et B représentent les proportions des observations qui dépassent la norme journalière du Québec pour toutes les stations sur le territoire. Rappelons que la norme du Québec est de 30 µg/m³. Dans le premier graphique, la tendance montre une petite augmentation de la fréquence de dépassements au début de la série temporelle. En effet, tout comme le graphique précédent (3.8.3.1 A), le nombre de dépassements augmente de 2000 à 2005, pour atteindre un sommet. Par la suite, le nombre de dépassements diminue. Le graphique concernant les stations en milieux urbains, tout comme le graphique précédent (3.8.3.2 B) montre une augmentation des proportions jusqu'en 2005. Puis, il y a une diminution des dépassements en 2006. Les dépassements augmentent de nouveau jusqu'en 2012. Finalement, à partir de 2012, les proportions des dépassements diminuent.

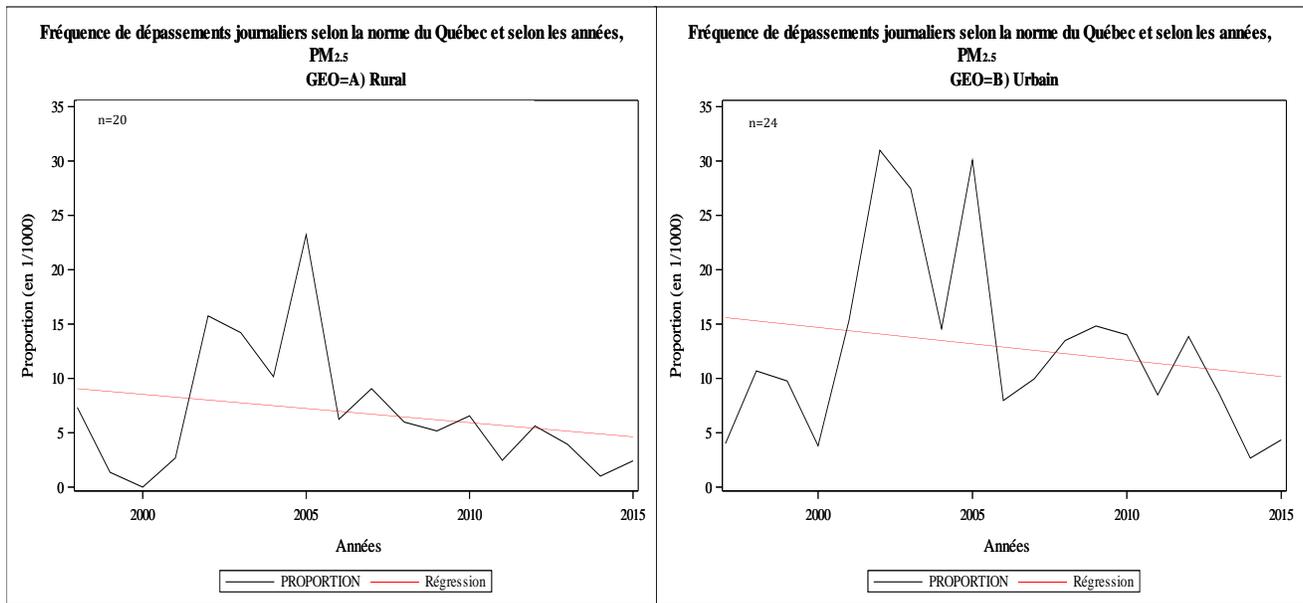


Figure 3.8.3.2 : Nombre de dépassements journaliers selon les normes du Québec et selon les années, PM_{2.5} a) Rural et b) Urbain

Les figures 3.8.3.3 A et B représentent les proportions des observations qui dépassent la ligne directrice de l’OMS pour toutes les stations sur le territoire. Rappelons que la directrice de l’OMS est de 10 µg/m³. D’abord, pour les stations en milieu rural, les dépassements de ligne directrice débutent à partir de 2003. Puis, entre 2003 et 2015, les dépassements varient entre 4 % et 20 %, selon les années. Pour ce qui est des stations en milieux urbains, celles-ci montrent de grands écarts selon les années. Néanmoins, à partir de 2007, il y a une plus grande proportion de stations qui dépassent la ligne directrice, soit autour entre 36 % et 48 % des observations. Néanmoins, ces dépassements diminuent à partir de 2013 pour se situer entre 12 % et 20 % des observations qui se trouvent au-dessus de la ligne directrice de l’OMS.

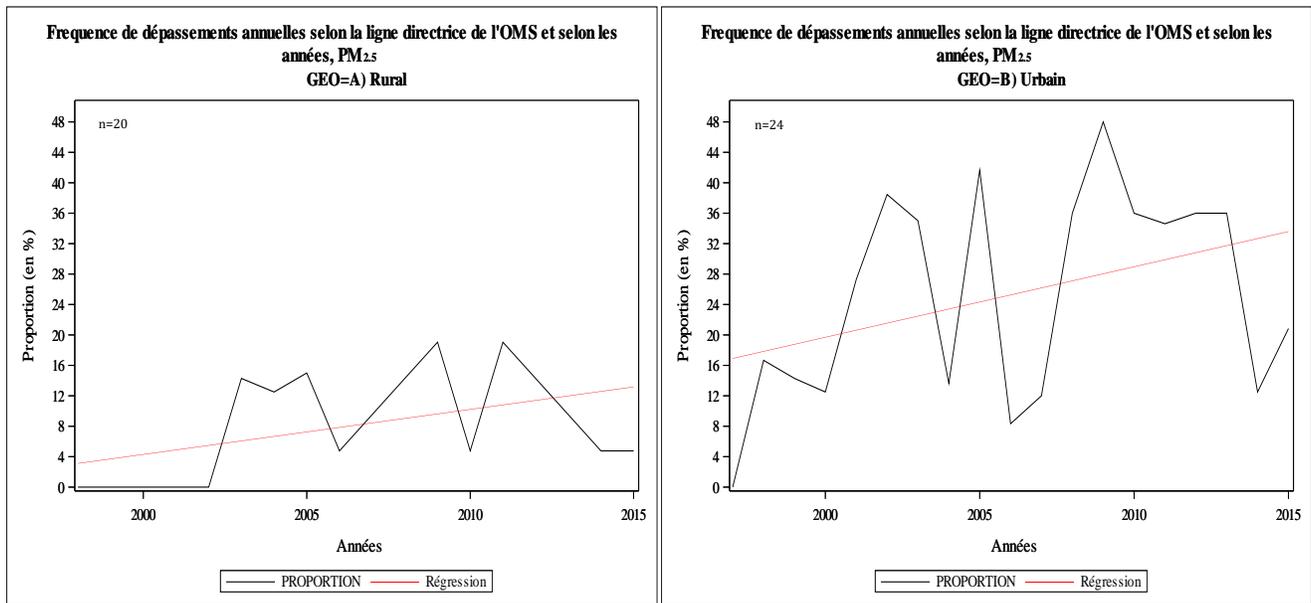


Figure 3.8.3.3 : Nombre de dépassements annuels selon les normes de l’OMS et selon les années, PM_{2,5} a) Rural et b) Urbain

Le tableau 3.8.3.1 représente les proportions des observations qui dépassent les diverses normes et lignes directrices selon les mois. D’abord, pour la norme journalière du Québec, les mois où les dépassements sont les plus importants sont janvier, février, juin et juillet. Au contraire, les mois où les dépassements sont les moins importants sont en avril et octobre. Puis, pour la ligne directrice journalière de l’OMS, les mois où les dépassements sont plus importants sont janvier, février, juin et juillet. Au total, chacun de ces mois a un ratio entre 11 et 19 pour 1000. En revanche, le mois d’avril est le mois avec le moins de dépassement de la norme, avec un ratio près de 1,6 pour 1000. La différence majeure entre la norme journalière du Québec et la ligne directrice journalière de l’OMS est la fréquence des dépassements. Dans le cas de l’OMS, les mois ayant un plus grand ratio de dépassement atteignent d’environ 10 pour 1000 pour la période de temps à l’étude, tandis que les mois ayant le moins de fréquence de dépassement se situent entre 1 à 3 dépassements pour 1000 pour la période de temps à l’étude.

Tableau 3.8.3.1 : Nombre de dépassement des diverses normes, selon les mois, PM_{2.5}

	Dépassement journalier, Norme Québec, 1/1000	Dépassement journalier, Norme OMS, 1/1000
Janvier	7.69	17.16
Février	10.27	19.79
Mars	2.45	6.77
Avril	0.89	1.61
Mai	3.13	5.12
Juin	7.0	15.24
Juillet	6.55	15.09
Août	4.17	11.72
Septembre	4.71	8.24
Octobre	1.73	4.59
Novembre	4.59	10.21
Décembre	3.86	10.79

La figure 3.8.3.4 représente la répartition selon les stations sur le territoire de la proportion annuelle des dépassements de la norme de l’OMS. Il y a plusieurs points chauds où il y a des proportions de dépassement de norme élevées. En effet, le premier point chaud est Montréal, particulièrement le nord de l’île. Le second point est situé près de la ville de Shawinigan. Un autre point chaud se trouve à être près de la ville de Trois-Rivières et le dernier se trouve à être à Québec.

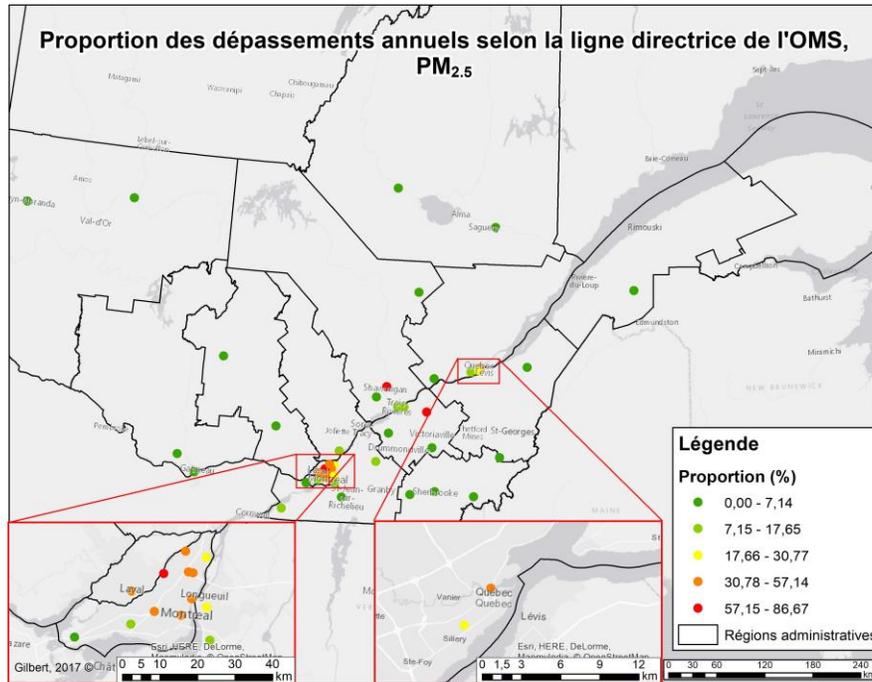


Figure 3.8.3.4 : Proportion des dépassements annuels selon les normes de l'OMS, PM_{2.5}

La figure 3.8.3.5 représente la répartition selon les stations sur le territoire de la proportion des dépassements des normes journalières de l'OMS. La grande région métropolitaine de Montréal, la ville de Québec et la région de Trois-Rivières sont les endroits où les proportions des dépassements sont les plus élevées, tandis que le reste du territoire a de faibles proportions d'observations qui dépassent la norme journalière de l'OMS.

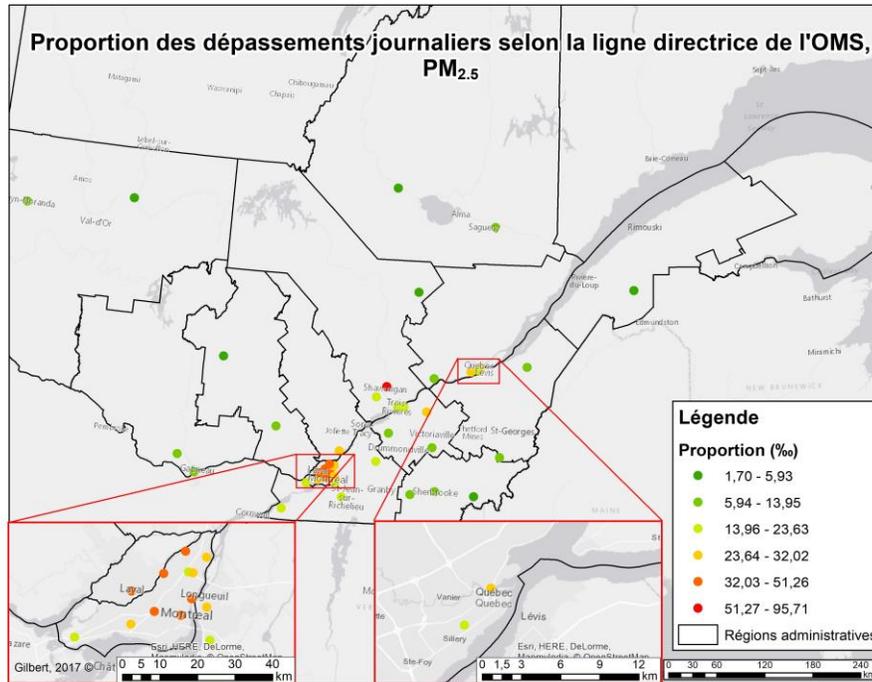


Figure 3.8.3.5 : Proportion des dépassements journaliers selon les normes de l'OMS, PM_{2.5}

La figure de 3.8.3.6 représente la répartition selon les stations sur le territoire de la proportion des dépassements des normes journalières du Québec. Cette carte est très similaire à la précédente. Néanmoins, les valeurs des classes d'entités sont plus faibles et certaines stations représentent des proportions plus faibles que précédemment. Les régions du grand Montréal, Trois-Rivières et Québec sont les espaces géographiques où les proportions sont les plus élevées.

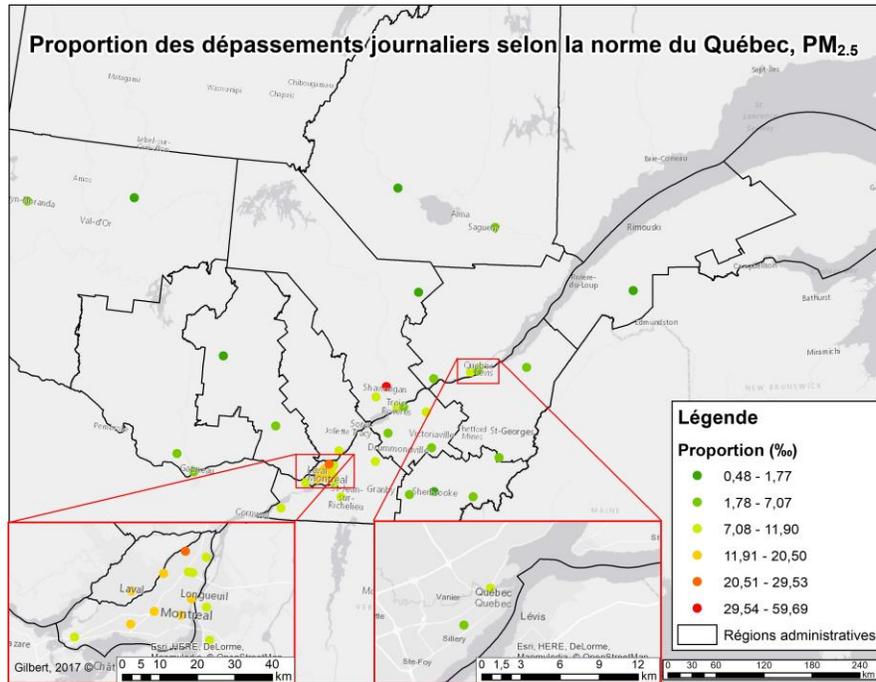


Figure 3.8.3.6 : Proportion des dépassements journaliers selon les normes du Québec, $PM_{2,5}$

3.8.4 Évolution temporelle selon la catégorisation de l'environnement avoisinant

Le tableau 3.8.4.1 représente les tendances sur le long terme des diverses catégorisations. Pour ce polluant, il y a beaucoup de catégories qui montrent une variabilité temporelle des concentrations des $PM_{2,5}$. Les catégories forestières, industrielles, résidentielles près d'un axe routier, résidentielle Montréal et résidentielles près d'un aéroport, pour leur part, montre une diminution des concentrations. Finalement, pour les catégories résidentielles près d'une mine et commerciales, il y a une augmentation de concentrations.

Tableau 3.8.4.1 : Les diverses catégories et sous-catégories des stations selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant ainsi que les tendances à long terme

Catégorie	Sous-catégorie	Tendance	Nb de stations	Portée temporelle
Agricole	Agricole (A)	Variable	11	1997-2015
Aéroport	Aéroport (AE)	Variable	1	2000-2015
Commerciale	Commerciale (C)	↑	3	1997-2015
Forêt	Forêt (F)	↓	11	2003-2015
Industrielle	Industrielle (I)	↓	2	2005-2015
Résidentielle	Résidentielle (R)	Variable	8	1997-2015
	Résidentielle près d'un aéroport (RAE)	↓	1	2005-2015
	Résidentielle près d'une industrie (RI)	Stable	1	2002-2013
	Résidentielle près d'une mine (RM)	↑	1	1998-2015
	Résidentielle Montréal (RMTL)	↓	3	1998-2015
	Résidentielle près d'un axe routier (RR)	↓	1	2002-2015

La figure 3.8.4.1 représente la moyenne de toutes les stations pour chacune des saisons. D'abord, les concentrations en été et en hiver alternent pour les concentrations les plus élevées. Néanmoins, les concentrations en été ont une tendance à la diminution, tout comme le printemps alors que les autres saisons semblent demeurer plus stables. Pour ce qui est de l'automne et le printemps, ces concentrations s'alternent aussi pour les concentrations minimales tout au long de la série temporelle.

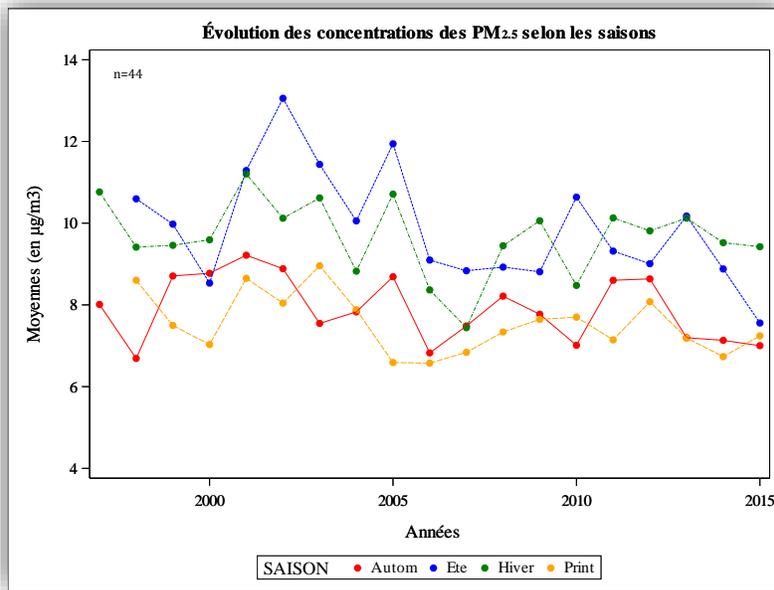


Figure 3.8.4.1 : Évolution des concentrations selon les saisons et selon les polluants, PM_{2.5}

La figure 3.8.4.2 représente les cycles annuels selon les régions administratives. Toutes les régions suivent le même cycle. D’abord, le tout commence en janvier, où les concentrations atteignent un premier maximum. Puis, les concentrations diminuent jusqu’en avril, où elles atteignent un premier minimum. Puis elles augmentent de nouveau rapidement, pour atteindre le second maximum en juillet. Les concentrations diminuent de nouveau jusqu’en septembre, où elles atteignent le second minimum. Finalement, les concentrations augmentent pour recommencer ce cycle. Néanmoins, pour la région du Bas-Saint-Laurent, Chaudière-Appalaches et les Laurentides, les concentrations en juillet sont un peu plus importantes que les maximums en janvier, alors que, pour les autres régions, celle-ci s’équivaut.

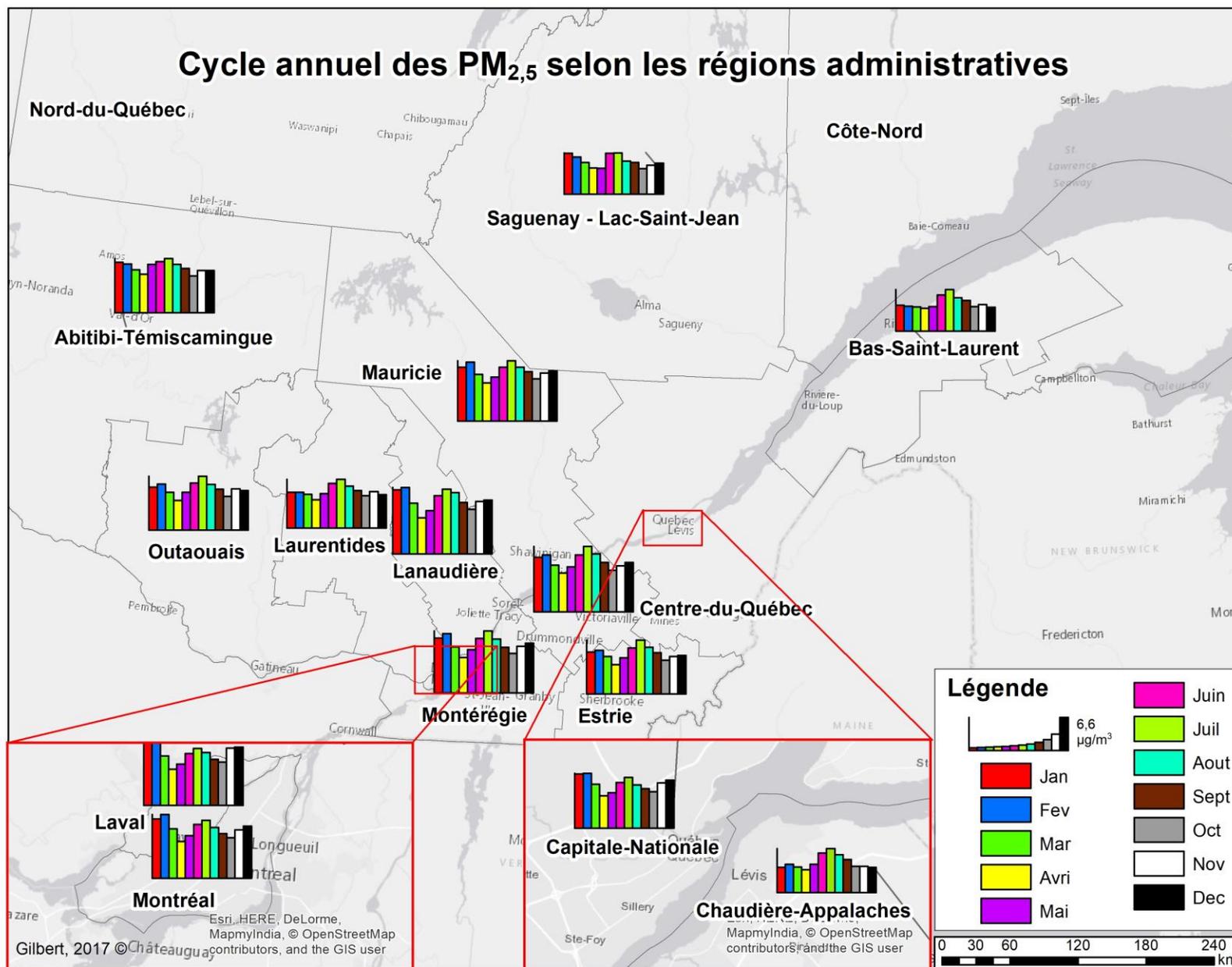


Figure 3.8.4.2 : Cycle annuel des PM_{2,5} selon les régions administratives

Le tableau 3.8.4.2 représente les concentrations minimales et maximales des cycles annuels pour les différentes régions administratives. Les mois où les concentrations sont minimales varient entre avril et novembre. La concentration minimale se trouve dans la région du Bas-Saint-Laurent. Les mois où les concentrations sont maximales varient entre janvier, février, juin et juillet. La concentration maximale se trouve dans la région de Laval.

Tableau 3.8.4.2 : Mois maximaux et minimaux du cycle annuel des PM_{2,5} selon les régions administratives

PM_{2,5}				
Région	Mois minimum	Concentration minimum	Mois maximum	Concentration maximum
Bas-Saint-Laurent	Avril	4,03	Juil	7,28
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Nov	5,11	Juil	7,23
Capitale-Nationale	Avril	6,5	Fév	11,01
Mauricie	Avril	6,77	Juil	10,61
Estrie	Avril	5,14	Juil	9,45
Montréal	Avril	7,41	Fév	12,76
Outaouais	Avril	5,17	Juil	9,4
Abitibi-Témiscamingue	Oct	6,47	Juin	8,97
Côte-Nord	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nord-du-Québec	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Chaudière-Appalaches	Avril	4,58	Juil	8,81
Laval	Avril	7,18	Jan	13,27
Lanaudière	Avril	6,34	Fév	11,62
Laurentides	Avril	4,98	Juil	8,54
Montérégie	Avril	6,23	Juil	10,87
Centre-du-Québec	Avril	6,81	Juil	11,5

La figure 3.8.4.3 représente les cycles annuels selon la catégorisation de l'environnement avoisinant. Toutes les catégories, excepté pour la catégorie industrielle, suivent le même cycle bimodal commençant par un premier maximum en février, suivi d'un premier minimum en avril, puis d'une remontée des concentrations jusqu'en juillet. Un second minimum se trouve en octobre. Puis les concentrations remontent pour recommencer ce cycle. Pour la catégorie industrielle, il n'y a qu'un seul maximum perceptible, soit celui en juillet. Les minimums se trouvent en février, jusqu'en avril, ainsi qu'en octobre et décembre. La catégorie forestière est la celle dont les concentrations sont les plus faibles tout au long de l'année.

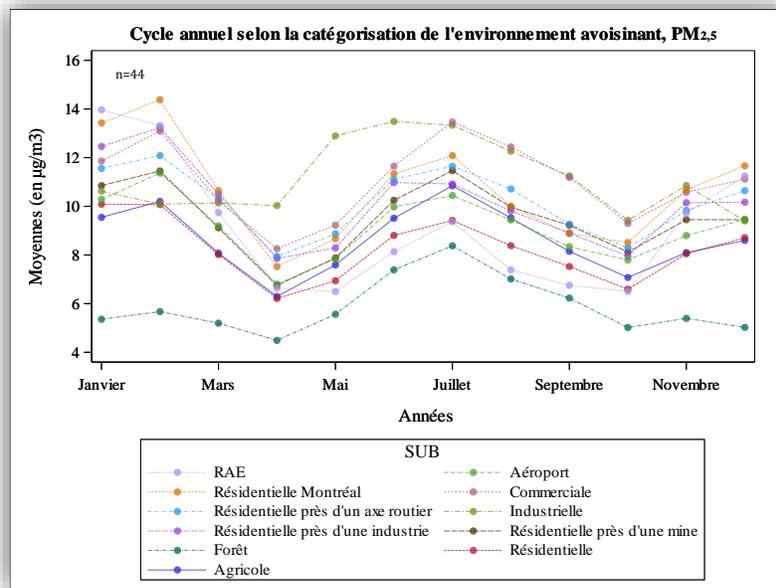


Figure 3.8.4.3 : Cycle annuel des PM_{2.5} selon l'environnement et l'occupation du sol avoisinant

3.8.5 Ratio entre les nitrates et les sulfates

La figure 3.8.5.1 représente la moyenne des ratios des nitrates par rapport au sulfate. En fait, il s'agit de la moyenne annuelle des ratios entre les NPM_{2.5} et les SPM_{2.5}. Une fois de plus, les moyennes des ratios en hiver sont les plus élevées, atteignant dans les maximums, un ratio supérieur à 1,25 :1. Ces ratios augmentent au cours de la série temporelle jusqu'en 2002. Par la suite, les ratios diminuent, demeurant entre 1 :1 et 0,75 :1. À nouveau, les ratios en été sont les plus faibles. Ils demeurent relativement stables jusqu'en 2012, où ils commencent à augmenter un peu. Les ratios au printemps et en été sont plus ou moins

identiques jusqu'en 2012, où le ratio du printemps augmente considérablement, rejoignant les ratios de l'hiver, autour de 0,75 :1.

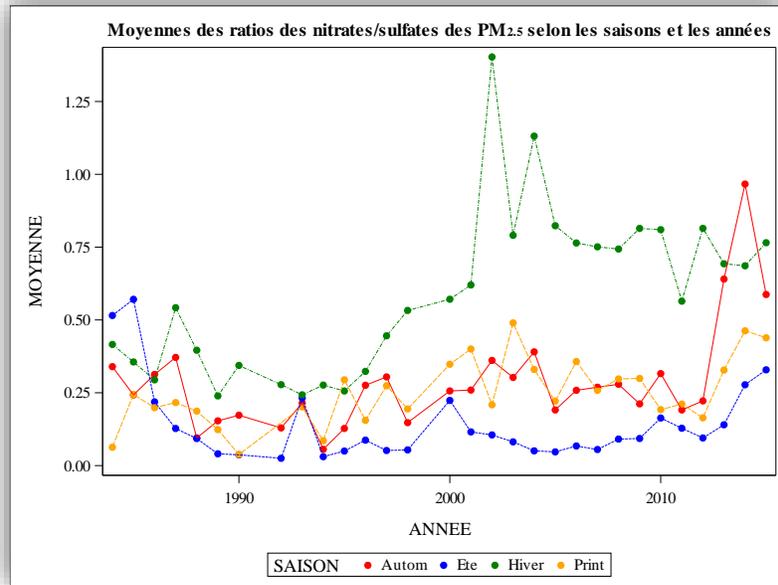


Figure 3.8.5.1 : Moyenne des ratios des nitrates/sulfates dans les PM_{2.5}, selon les saisons et les années

3.8.6 Rétrotrajectoires des particules fines (PM_{2.5})

Les rétrotrajectoires représentent la provenance probable d'une parcelle d'air à partir du lieu d'arrivée. Dans le cas de la présente étude, les rétrotrajectoires sont calculées pour un retour de 36 h à 925 mb d'altitude. Elles sont placées dans une grille de 190 km par 190 km. Les cartes sont divisées en trois sections selon les centiles de concentration. La première division représente la provenance des masses d'air selon les concentrations en deçà du 33^{ième} centile. La deuxième division représente la provenance des masses d'air selon les concentrations entre le 33^{ième} et le 66^{ième} centile. La dernière division représente la provenance des parcelles d'air selon les concentrations supérieures au 66^{ième} centile.

La figure 3.8.6.1 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Auclair (1810), dans la région du Bas-Saint-Laurent. D'abord, pour la première division, lorsque les concentrations des PM_{2.5} sont basses, les rétrotrajectoires proviennent du nord du

Québec ainsi que de la baie d'Hudson. Pour ce qui est de la deuxième division, les masses d'air ont comme point de départ l'ouest du Québec. Elles sont plus au sud que la division précédente. Puis, pour la dernière division, les rétrotrajectoires se déplacent vers le sud du Québec, plus particulièrement au-dessus des Grands Lacs, avec des cellules dont le nombre d'occurrences est très important au-dessus du lac Huron et du lac Ontario.

La figure 3.8.6.2 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Pémonca (2610), dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Pour la première division, la provenance des cellules des rétrotrajectoires se trouve dans l'est de l'Ontario, l'ouest du Québec, la baie d'Hudson et la baie James. Pour la deuxième division, la provenance des rétrotrajectoires est sensiblement identique à la première division. Cependant, le nombre d'occurrences est moins important que la première division. En ce qui concerne la dernière division, la source des rétrotrajectoires se situe plus au sud de la station, soit les cellules à la portion sud du Québec ainsi que les cellules au sud-est de l'Ontario.

La figure 3.8.6.3 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Primevères (3021), dans la région de la Capitale-Nationale. Dans la première division, les masses d'air proviennent du nord-ouest du Québec, du nord-est de l'Ontario ainsi que de la baie James. Il y a quelques occurrences dans le nord du Québec. Par la suite, dans la deuxième division, la provenance des parcelles d'air se retrouve un peu plus au sud de la première division, avec des cellules de hautes occurrences dans le centre du Québec. Pour ce qui est de la dernière division, les parcelles se retrouvent au sud du Québec, au sud de l'Ontario et dans le nord-est des États-Unis, particulièrement au-dessus du lac Ontario et du lac Érié.

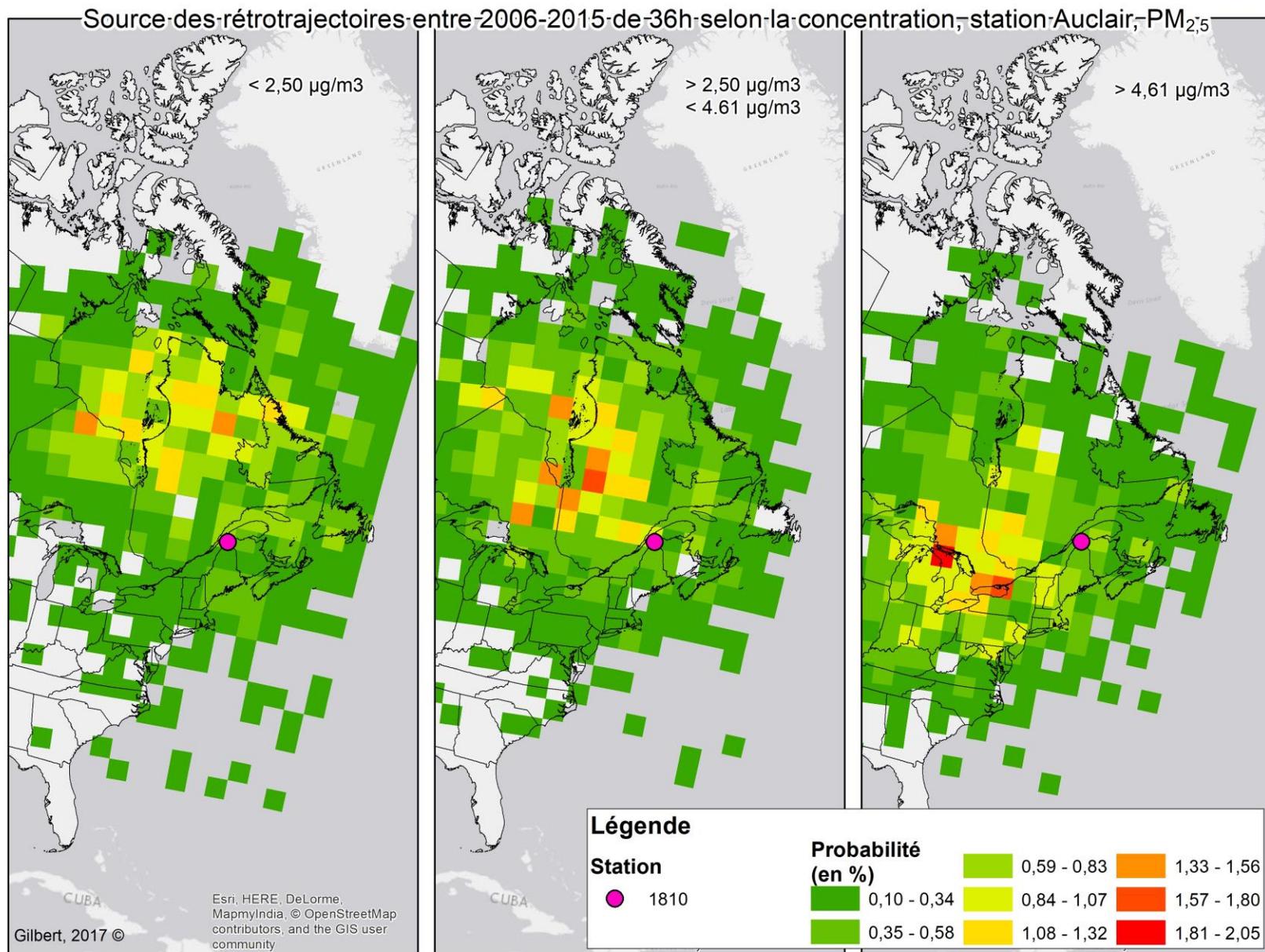


Figure 3.8.6.1 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Auclair (1810), Bas-Saint-Laurent, PM_{2,5}

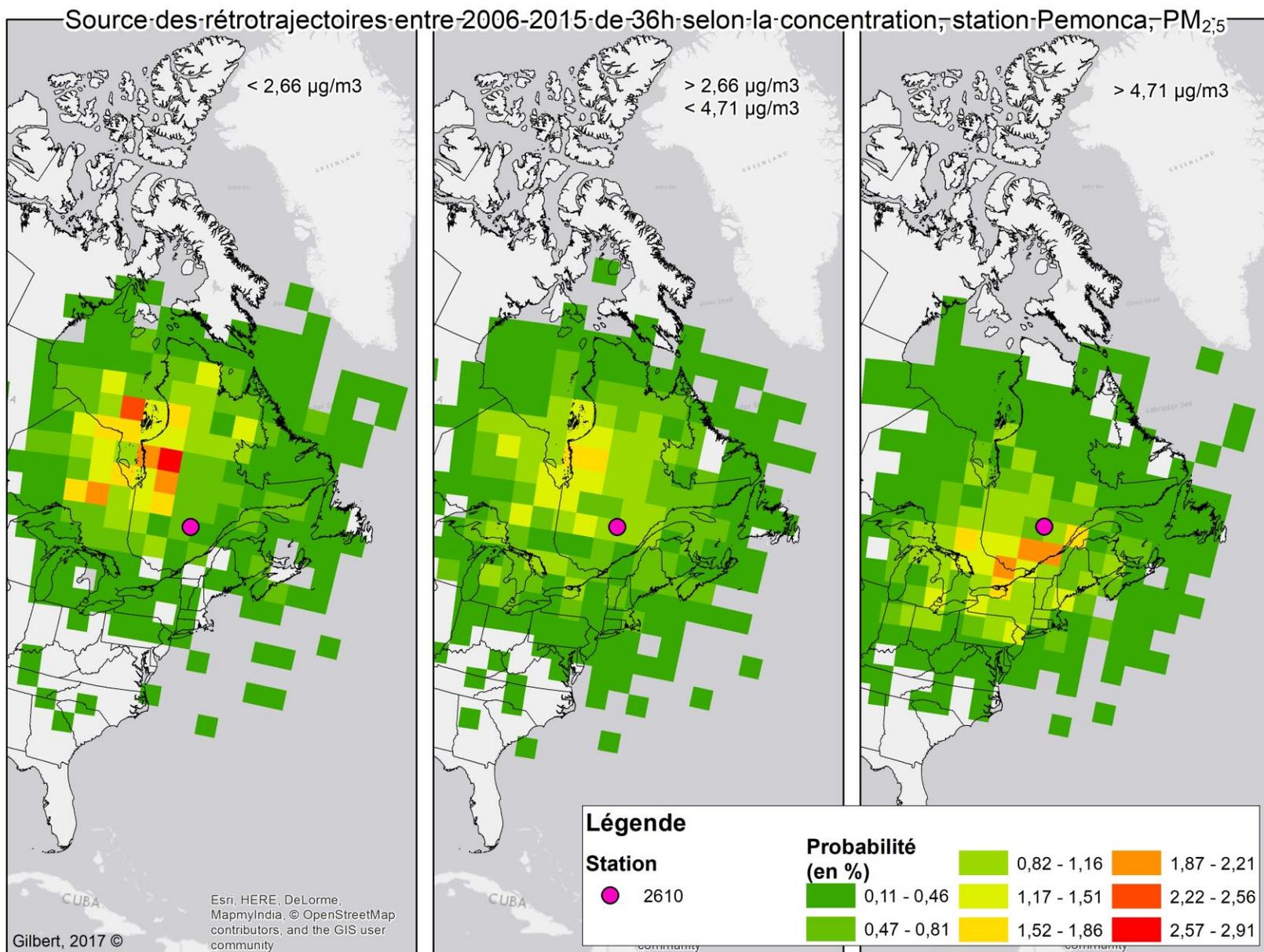


Figure 3.8.6.2 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Pemonca (2610), Saguenay-Lac-Saint-Jean, PM_{2,5}

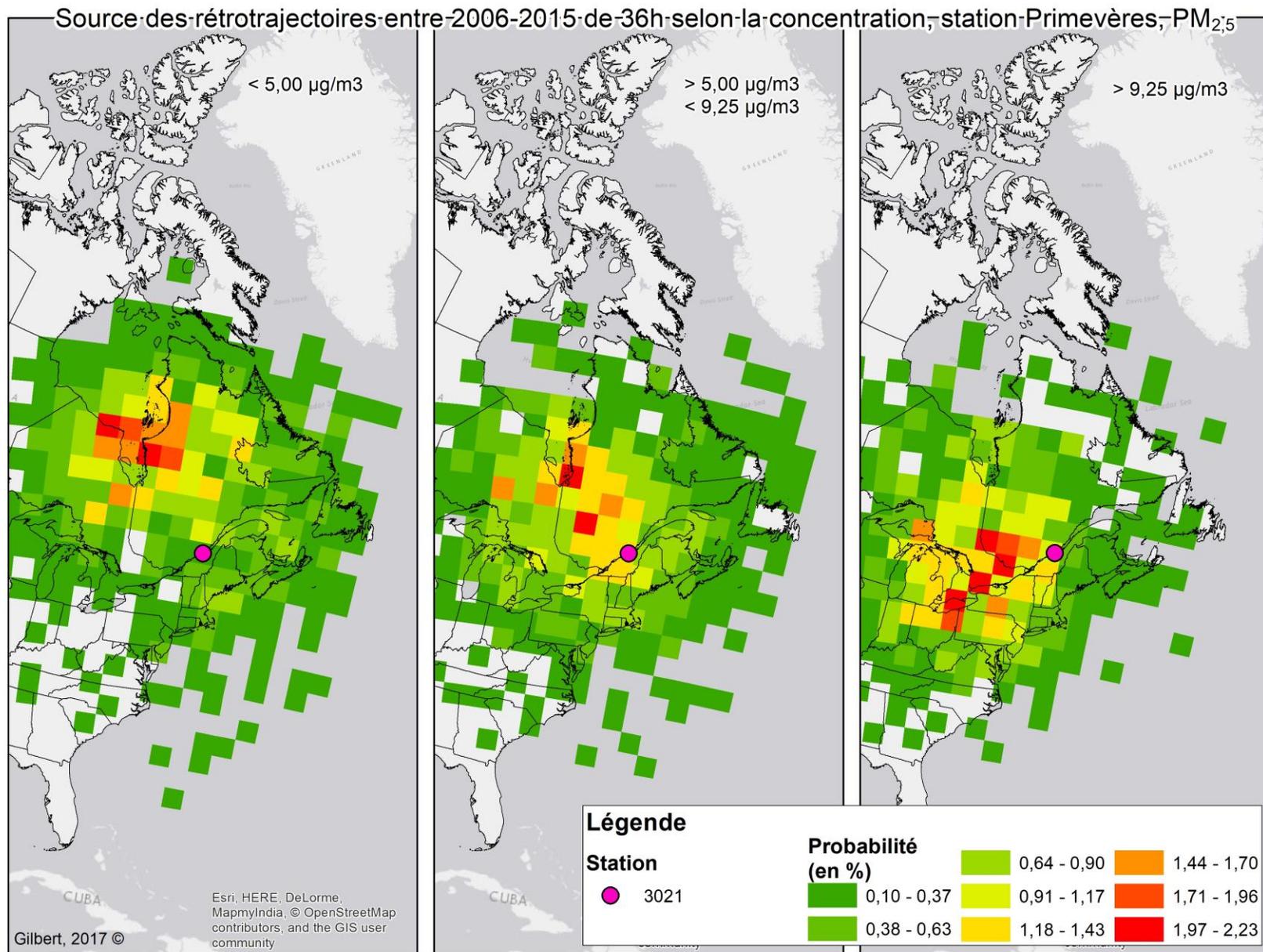


Figure 3.8.6.3 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Primevères (3021), Capitale-Nationale, PM_{2,5}

La figure 3.8.6.4 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Deschambault (3200), dans la région de la Capitale-Nationale. Dans la première division, les rétrotrajectoires sont originaires de la baie James. Les cellules ayant un nombre d'occurrences élevé se trouvent sur le territoire du centre du Québec. Pour ce qui est de la deuxième division, les cellules des rétrotrajectoires se déplacent un plus vers l'intérieur du Québec. Pour la troisième division, les parcelles d'air proviennent de l'ouest et du sud-ouest du Québec, du sud-est de l'Ontario, du nord-est des États-Unis ainsi que du lac Érié, Ontario et Huron.

La figure 3.8.6.5 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Stukeley (5800), dans la région de l'Estrie. La première division montre que les rétrotrajectoires sont originaires du secteur au-dessus de la baie James, la baie d'Hudson et du secteur au sud de la baie James. La répartition du nombre d'occurrences pour la deuxième division ressemble à celle de la première division. Cependant, il y a un peu plus de cellules avec un pourcentage d'occurrences important dans le centre du Québec, avec quelques parcelles se retrouvant aussi au-dessus du Lac Huron. Finalement, pour ce qui est de la dernière division, les masses d'air sont originaires du nord-est des États-Unis et des Grands Lacs, particulièrement du lac Ontario, du lac Érié, du lac Huron et le nord du lac Michigan.

La figure 3.8.6.6 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Sainte-Anne-de-Bellevue (6099), dans la région de Montréal. Pour la première division, les concentrations de $PM_{2.5}$ sont basses lorsque les rétrotrajectoires sont originaires du nord de l'Ontario ainsi que de la baie James et de la baie d'Hudson. Puis, plus les concentrations augmentent, plus le point de départ des parcelles d'air se dirige vers le sud. Dans la troisième division, l'origine des rétrotrajectoires se trouve principalement dans le territoire des États-Unis, dont certaines sont originaires du Midwest américain.

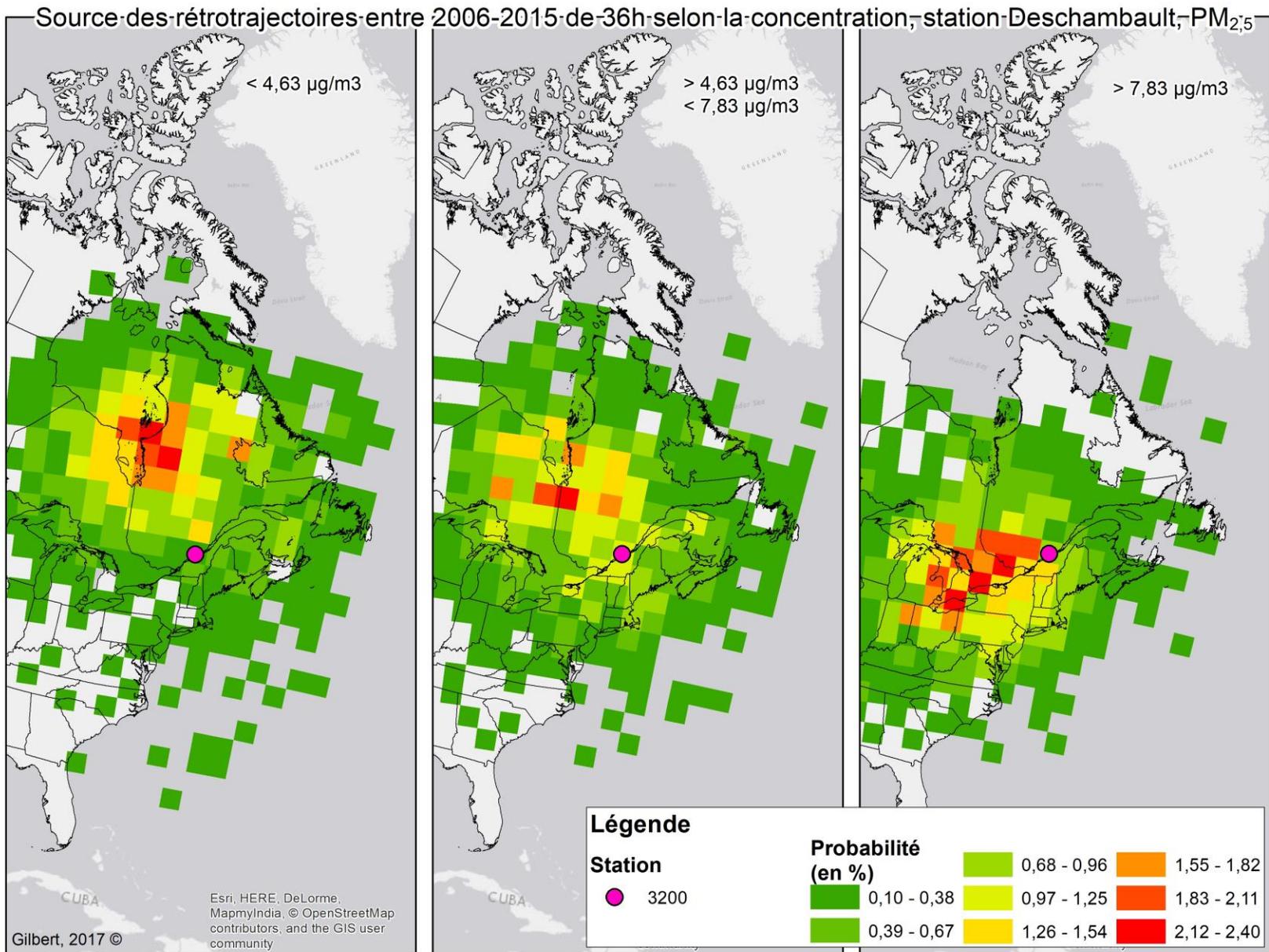


Figure 3.8.6.4 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Deschambault (3200), Capitale-Nationale, $PM_{2,5}$

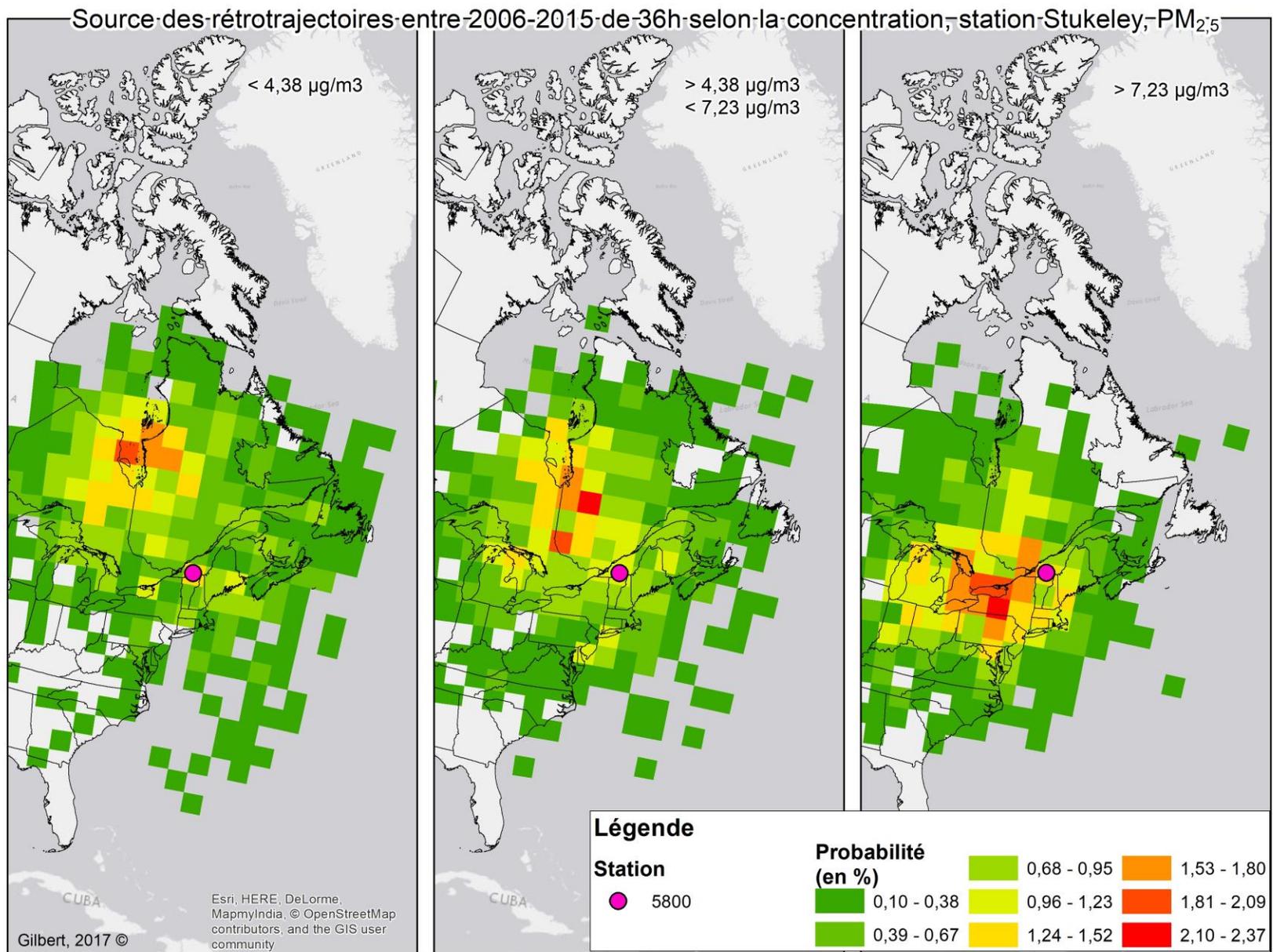


Figure 3.8.6.5 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Stukeley (5800), Estrie, $PM_{2.5}$

Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h
selon la concentration, station Sainte-Anne-de-Bellevue, PM_{2.5}

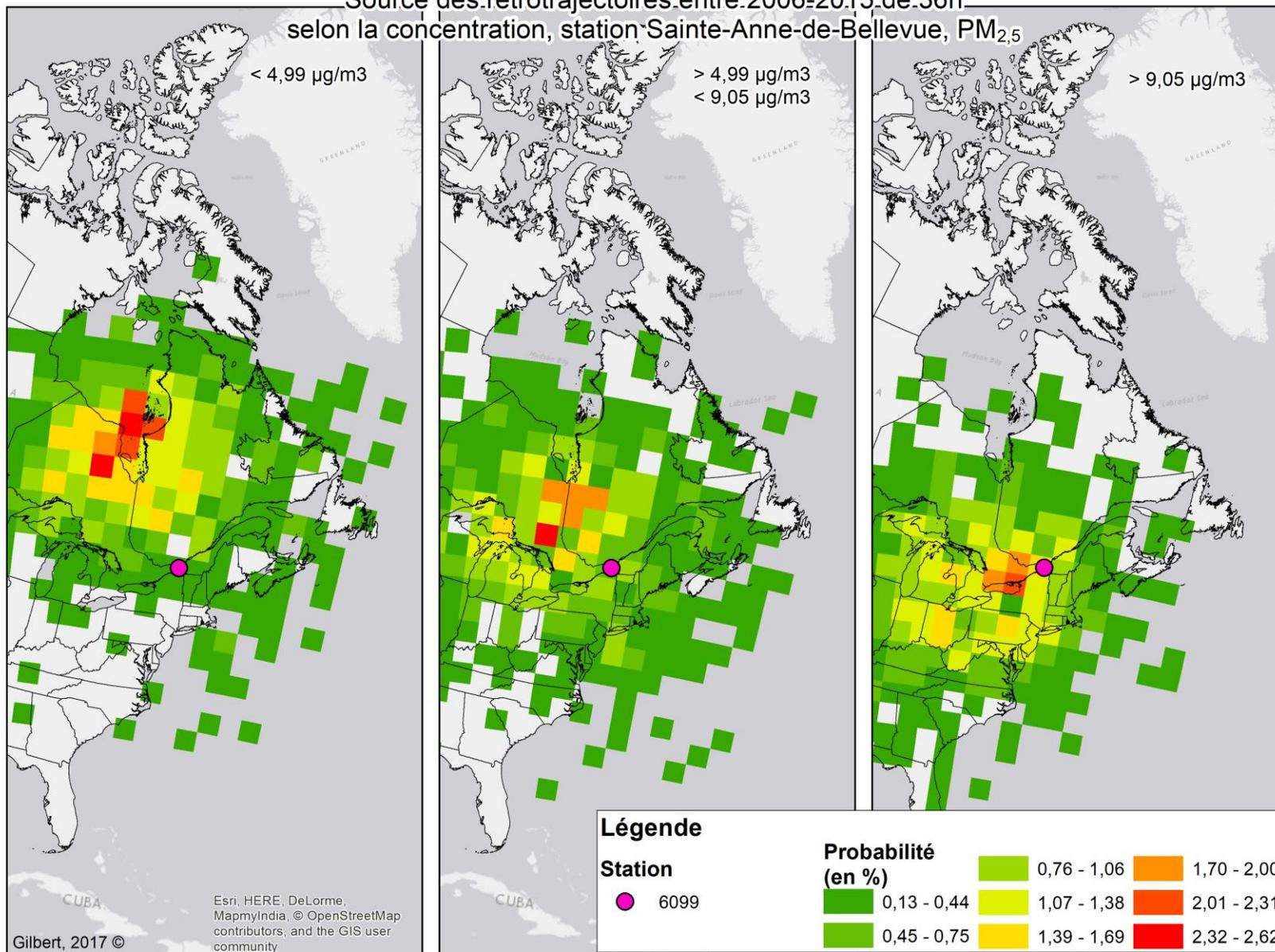


Figure 3.8.6.6 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Sainte-Anne-de-Bellevue (6099), Montréal, PM_{2.5}

La figure 3.8.6.7 représente la provenance des parcelles d'air pour la station La Pêche (7400), dans la région de l'Outaouais. Pour la première division, les rétrotrajectoires les parcelles sont originaire du nord-est de l'Ontario et la baie James. En ce qui concerne la deuxième division, les parcelles d'air ont pour point d'origine le centre-est de l'Ontario. Il y a tout de même deux secteurs qui ont des occurrences élevées. Ces secteurs se trouvent au-dessus de la baie James ainsi que dans le centre-ouest du Québec. Finalement, pour la dernière division, les rétrotrajectoires sont originaires du sud-ouest de l'Ontario ainsi que du sud du lac Huron.

La figure 3.8.6.8 représente la provenance des parcelles d'air pour la station Bell (8450), dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Pour ce qui est de la première division, les parcelles d'air sont originaires de la baie d'Hudson, du nord de l'Ontario et de l'ouest de Québec. Pour ce qui est de la deuxième division, l'origine des rétrotrajectoires est simplement décalée un peu vers le sud. Il en va de même pour la troisième division, ce qui fait en sorte que les origines des rétrotrajectoires pour la troisième division sont le centre de l'Ontario, les Grands Lacs ainsi que le Midwest des États-Unis.

Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015, de 36h
selon la concentration, station La Pêche, PM_{2,5}

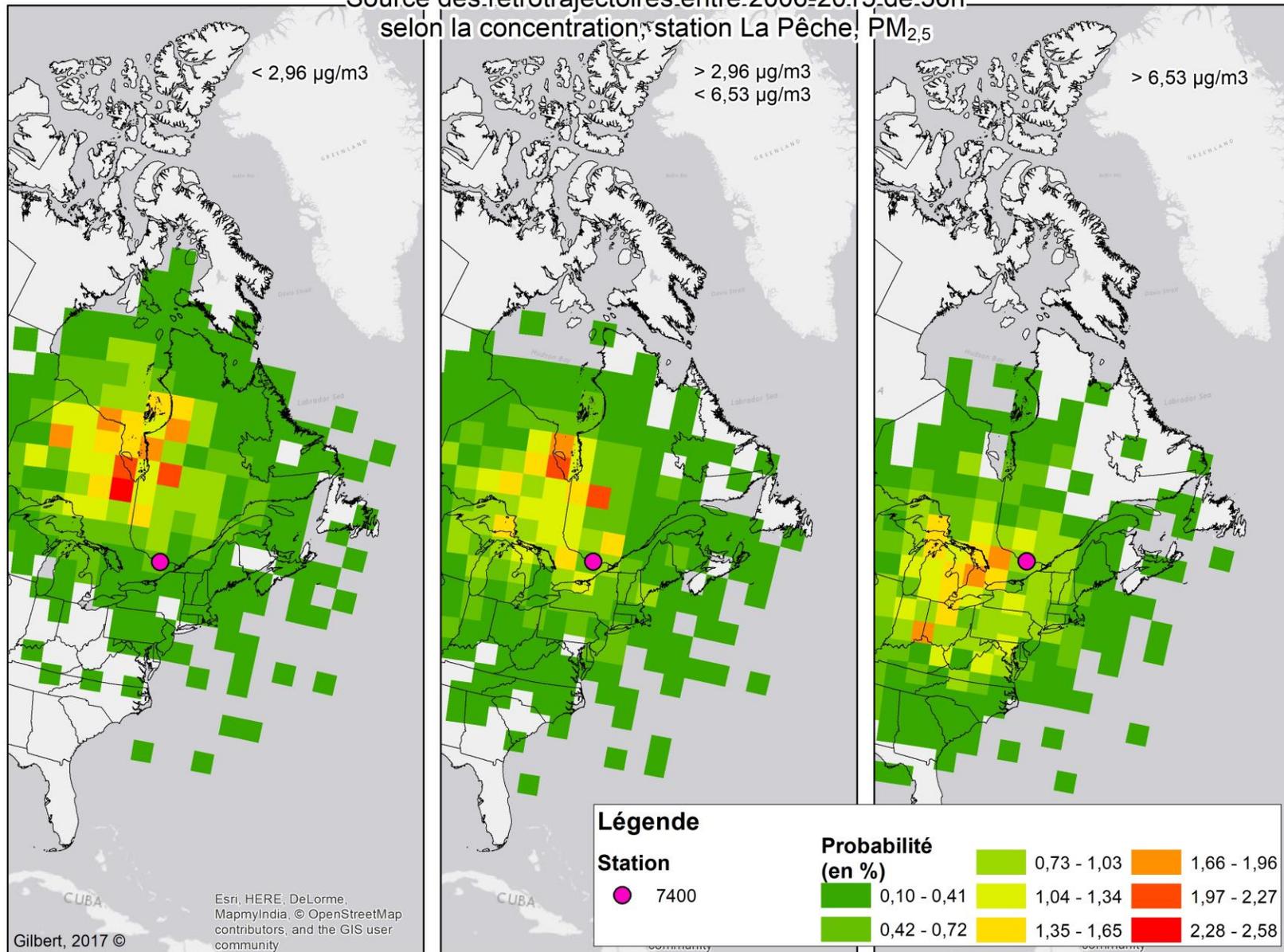


Figure 3.8.6.7 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station La Pêche (7400), Outaouais, PM_{2,5}

Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Bell, $PM_{2,5}$

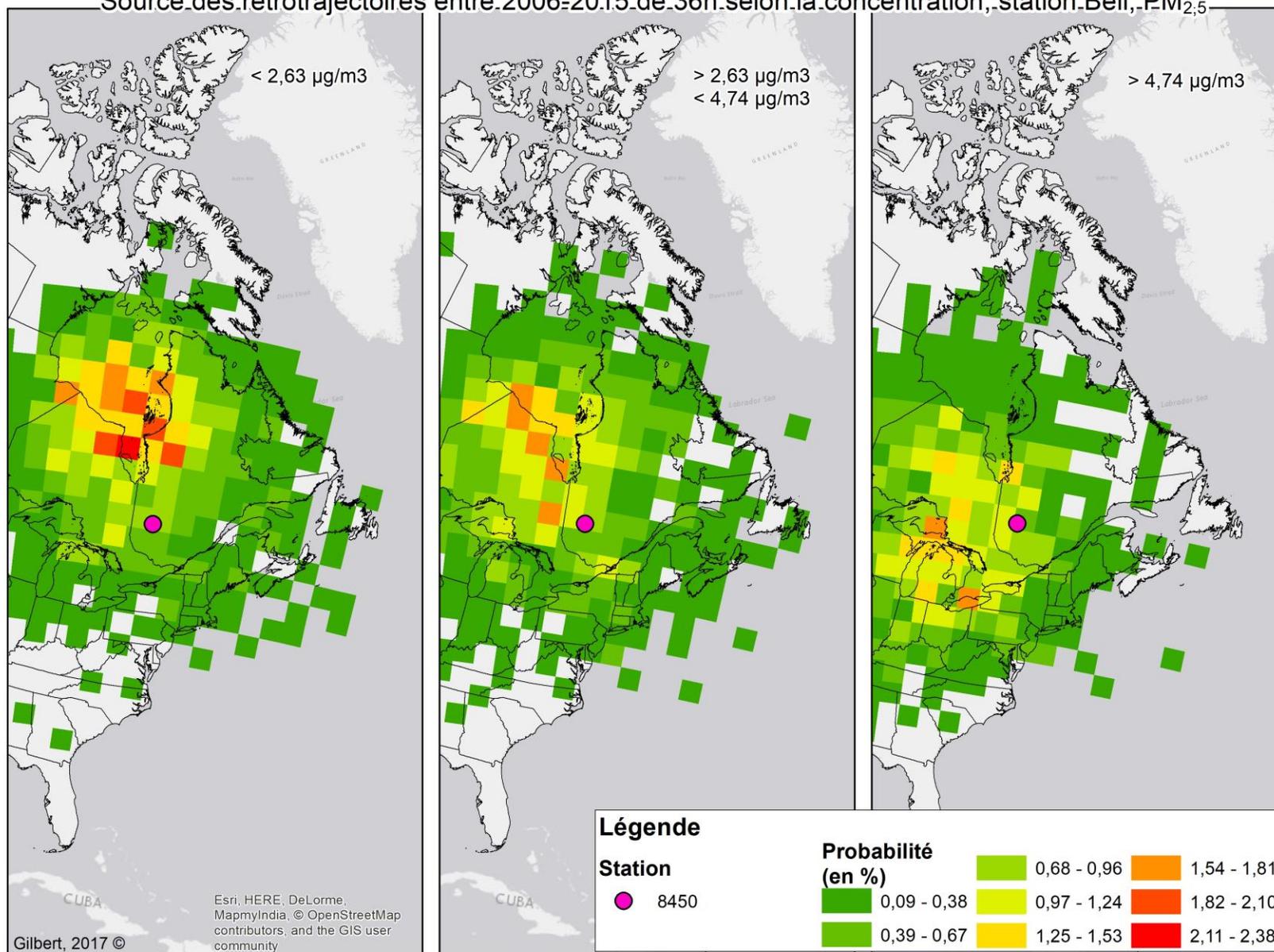


Figure 3.8.6.8 : Source des rétrotrajectoires entre 2006-2015 de 36h selon la concentration, station Bell (8450), Abitibi-Témiscamingue, $PM_{2,5}$