

Qualité de l'air

2011



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE DE
PROTECTION DE L'AIR

Qualité de l'air 2011

Avril 2012



POST TENEBRAS LUX

SERVICE DE
PROTECTION DE L'AIR

Sommaire

1. Tableau résumé	3
2. La mesure de la qualité de l'air à Genève : le ROPAG.....	4
2.1. <i>Introduction</i>	4
2.2. <i>Présentation des stations du ROPAG</i>	4
3. Tableau récapitulatif de l'année 2011	6
4. Evolution de la qualité de l'air	7
4.1. <i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	7
4.2. <i>Ozone (O₃)</i>	10
4.3. <i>Poussières fines (PM10)</i>	13
4.4. <i>Dioxyde de soufre (SO₂)</i>	16
4.5. <i>Monoxyde de carbone (CO)</i>	18
4.6. <i>Retombées de poussières</i>	19
5. Capteurs passifs : mesure du NO ₂	22
5.1. <i>Introduction</i>	22
5.2. <i>Méthodologie</i>	22
5.3. <i>Emplacements - valeurs 2011</i>	22
5.4. <i>Cartographie</i>	24
6. Synthèse	26
Annexes.....	27
<i>Annexe 1 : mesure des immissions</i>	28
<i>Annexe 2 : les stations du ROPAG</i>	30
<i>Annexe 3 : généralités sur les différents polluants</i>	40
<i>Annexe 4 : préparation et analyse des capteurs passifs NO₂</i>	43
<i>Annexe 5 : qualité de l'air sur l'Internet</i>	45
<i>Annexe 6 : cartographie du NO₂</i>	47
<i>Annexe 7 : glossaire</i>	50

Un glossaire en page 50 explique les termes techniques ou scientifiques

Table des figures

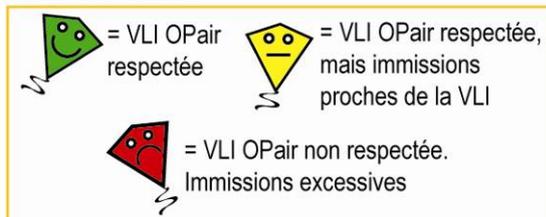
Figure 1. Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2011 ainsi que pour l'évolution sur la période 2004-2011	3
Figure 2. Emplacement des stations fixes du ROPAG	4
Figure 3. Concentration moyenne annuelle de NO ₂	7
Figure 4. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO ₂	8
Figure 5. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO ₂	8
Figure 6. Concentration moyenne annuelle d'O ₃	10
Figure 7. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O ₃	11
Figure 8. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O ₃	12
Figure 9. Concentration moyenne annuelle de PM10	13
Figure 10. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10	14
Figure 11. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10	15
Figure 12. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10	15
Figure 13. Concentration moyenne annuelle de SO ₂	16
Figure 14. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO ₂	17
Figure 15. Concentration moyenne annuelle de CO	18
Figure 16. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières	19
Figure 17. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières	19
Figure 18. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières	20
Figure 19. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières	20
Figure 20. Carte des immissions de NO ₂ sur l'agglomération genevoise pour 2011	24
Figure 21. Carte des immissions moyennes de NO ₂ sur l'agglomération genevoise pour la période 2004 à 2011	25
Figure 22. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air	28
Figure 23. Principe de montage des capteurs passifs de NO ₂	43

1. Tableau résumé

Le tableau ci-dessous résume la qualité de l'air à Genève pour l'année 2011 ainsi que son évolution durant la période 2004-2011 en référence aux valeurs limites d'immission (VLI) de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). L'état de la qualité de l'air est caractérisé par une situation d'immissions excessives pour le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et les particules fines (PM10).

POLLUANTS	Etat 2011			Tendance 2004-2011		
	centre ville	périphérie	campagne	centre ville	périphérie	campagne
DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)						
OZONE (O ₃)						
PARTICULES FINES (PM10)						
DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)						
MONOXYDE DE CARBONE (CO)		X	X		X	X

LÉGENDE "Etat 2011" :



X = Pas de données (situation non critique: mesures stoppées)

LÉGENDE "Tendance 2004-2011" :

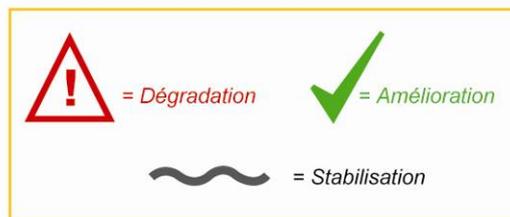


Figure 1. Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2011 ainsi que pour l'évolution sur la période 2004-2011

En 2011, l'O₃ et les PM10 sont en quantité excessive sur tout le territoire genevois, alors que le NO₂ l'est principalement au centre-ville. La tendance sur la période allant de 2004 à 2011 confirme la stagnation générale de l'évolution des concentrations de NO₂, O₃ et PM10 constatée depuis le début des années 2000 et ceci indépendamment de la zone considérée.

Le dioxyde de soufre (SO₂) et le monoxyde de carbone (CO) se situent bien au-dessous des VLI OPair et cette situation est stable depuis plusieurs années.

Nota : La tendance est évaluée grâce à l'élaboration de "moyennes glissantes" sur huit années.

2. La mesure de la qualité de l'air à Genève : le ROPAG

2.1. Introduction

En vertu de l'article 27 de l'OPair, les cantons sont chargés de mesurer les immissions des polluants recensés à l'annexe 7 de cette ordonnance, en suivant les « *Recommandations relatives à la mesure des immissions de polluants atmosphériques* ». Ces dernières ont été définies par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) le 15 janvier 1990 et modifiées le 1^{er} janvier 2004, en particulier pour prendre en compte l'évolution des technologies¹.

Dans le canton de Genève, c'est le Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève (ROPAG) qui mesure les immissions depuis près de quarante ans et qui a pour mission d'analyser la qualité de l'air, d'en suivre l'évolution et d'informer la population. Ces mesures de la qualité de l'air permettent de déterminer si les VLI OPair sont respectées sur le territoire du canton de Genève. Dans le cas contraire, les autorités doivent mettre en place un plan de mesures d'assainissement de l'air permettant d'atteindre cet objectif. Les VLI OPair sont données à l'annexe 1.

2.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2011, sept stations de mesure étaient en activité. Elles sont détaillées en annexe 2.

Les emplacements des sept stations de mesure ont été déterminés en fonction des particularités propres au canton de Genève, selon les critères suivants :

- densité de la population
- sources de pollution
- météorologie régionale et locale

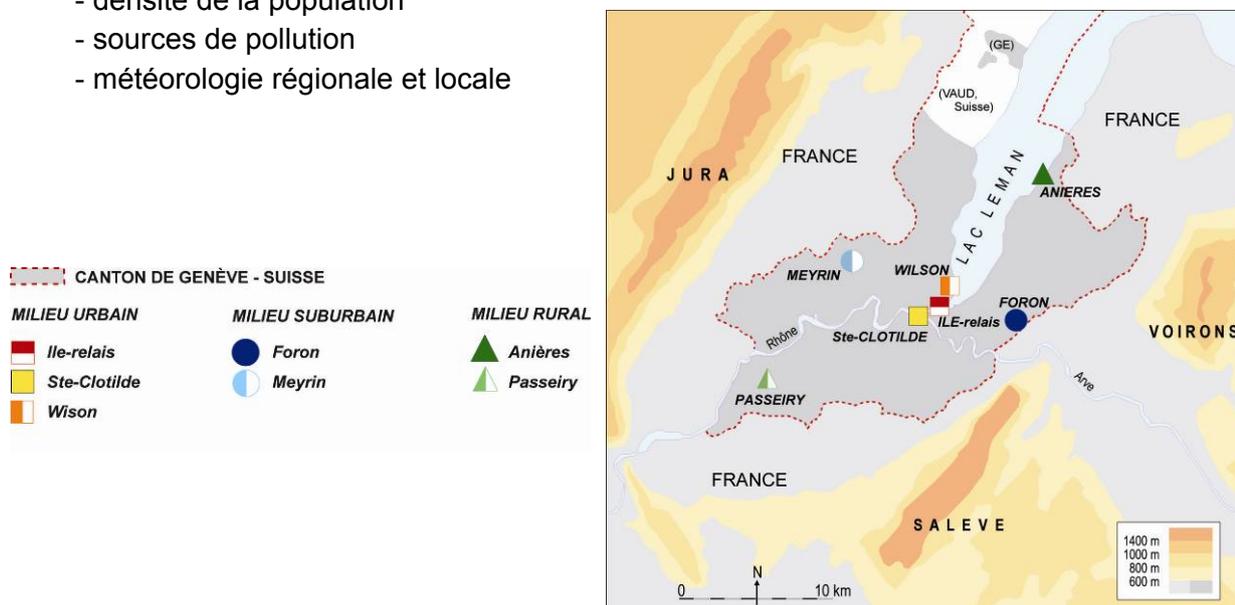


Figure 2. Emplacement des stations fixes du ROPAG

¹ Ces modifications se sont notamment traduites par l'augmentation du pourcentage minimum de données validées permettant d'effectuer des calculs statistiques, ou par l'alignement des coefficients de conversion des unités de concentration sur ceux de l'Union Européenne (passage de 9°C / 950 mbar à 20°C / 1013 mbar).

Milieu urbain - centre ville (stations de l'Ile / Ile-relais, de Sainte-Clotilde et de Wilson)

La station de **Ile** était située dans l'hypercentre. Elle était représentative d'une zone où la densité de la circulation routière est particulièrement élevée². Les travaux entrepris sur le pont de l'Ile dans le cadre du chantier du tram Cornavin - Onex - Bernex (TCOB) ont impliqué un arrêt des mesures effectuées par la station de l'Ile. Afin de garantir une continuité des mesures, une station mobile a pris le relais début 2009, à un peu plus de 100 m du site précédent, sur le quai de l'Ile. Cette station n'étant pas exactement soumise aux mêmes conditions (circulation, vents,...), elle porte un nom différent : **Ile-relais**.

La station de **Sainte-Clotilde**, située sur la rive gauche dans le quartier de la Jonction, est représentative d'une zone d'habitation avec une activité tertiaire dense. En juin 2011, une modification de la circulation à l'échelle du quartier de la Jonction et notamment sur l'avenue de Sainte-Clotilde a engendré une augmentation significative du trafic motorisé passant devant la station de mesure causant ainsi une augmentation des émissions polluantes.

La station de **Wilson** est située sur la rive droite, entre le lac et le quartier des Pâquis. Elle est représentative d'une pollution due à la proximité d'une importante voie de circulation³.

Milieu suburbain - périphérie (stations de Meyrin et du Foron)

La station de **Meyrin** se trouve à la limite d'une zone industrielle et de la cité de Meyrin, au nord-ouest de Genève. Suite à l'interruption du trafic sur la route de Meyrin en 2008 et à sa réouverture en avril 2011 sous la forme d'une tranchée couverte, les conditions de circulation à proximité de la station ont été modifiées. Ceci a eu un impact sur la quantité d'émissions polluantes et donc sur les mesures d'immissions.

A l'est de Genève, la station du **Foron**, proche de la frontière française, est située dans une zone périphérique à forte densité d'habitations. Elle est aussi sous l'influence de l'agglomération d'Annemasse (France).

Milieu rural - campagne (stations d'Anières et de Passeiry)

Les stations d'**Anières** et de **Passeiry** sont situées à la campagne, dans des zones éloignées des sources importantes d'émissions polluantes. Elles permettent d'évaluer les apports des émissions de la ville selon le régime des vents dominants (bise et vent d'ouest).

Nota : Les emplacements de la station de mesure mobile sont déterminés selon les besoins. Depuis 2009, cette station a temporairement pris le relais de la station de l'Ile.

² Trafic journalier moyen pour les jours ouvrables, pour l'année 2009 : pont du Mont-Blanc : 74'675 véhicules/jour, pont de la Coulouvrenière : 38'662 véhicules/jour. *Plan de charge de trafic pour le transport individuel, Direction générale de la mobilité - Département de l'intérieur et de la mobilité de l'Etat de Genève (2010).*

³ Trafic journalier moyen pour les jours ouvrables, pour l'année 2009 : quai Wilson : 34'175 véhicules/jour (même référence que pour la note ² précédente).

3. Tableau récapitulatif de l'année 2011

Résultat des mesures de substances polluantes du 1^{er} janvier au 31 décembre 2011.

Substance	Donnée	Unité	Valeur Limite d'Immission OPair	Stations de mesure							
				Urbaines			Suburbaines		Rurales		
				Ile-relais	Sainte-Clotilde	Wilson	Foron	Meyrin	Anières	Passeiry	
NO ₂	Mes. validées	%		96.6	98.6	98.1	99.4	99.3	99.1	99.8	
	Moy. ann.	µg/m ³	30	38	39	38	25	22	17	15	
	Perc. 95	µg/m ³	100	80	80	77	62	51	44	39	
	Nb ^l >80 µg/m ³	nb	1	6	2	4	0	0	0	0	
O ₃	Mes. validées	%		99.3	99	99.3	99.5	99.7	99.8	99.9	
	Moy. ann.	µg/m ³		41	38	41	46	46	52	48	
	Perc. 98	Janv.	µg/m ³	100	58	55	63	60	65	70	65
		Fév.	µg/m ³	100	58	59	57	66	62	68	71
		Mar.	µg/m ³	100	82	84	78	98	87	100	101
		Avr.	µg/m ³	100	131	131	120	141	129	138	141
		Mai.	µg/m ³	100	128	128	117	144	137	139	144
		Juin.	µg/m ³	100	108	110	106	124	121	128	124
		Juil.	µg/m ³	100	122	124	125	140	126	135	141
		Aout.	µg/m ³	100	114	124	125	145	124	131	131
		Sept.	µg/m ³	100	92	93	94	110	103	105	118
		Oct.	µg/m ³	100	88	77	84	103	99	97	111
		Nov.	µg/m ³	100	36	25	35	37	33	44	42
		Déc.	µg/m ³	100	67	66	69	75	75	77	77
Nb ^l >120 µg/m ³	nb	1	110	125	74	306	187	267	329		
PM10	Mes. validées	%		98.7	99.5	99.1	97.6	99.3	98.1	99.6	
	Moy. ann.	µg/m ³	20	27	25	28	23	22	20	19	
	Nb ^l >50 µg/m ³	nb	1	35	27	40	27	23	12	12	
	Pb	Moy. ann.	ng/ m ³	500	-	10.5	-	-	-	6.9	-
Cd	Moy. ann.	ng/ m ³	1.5	-	0.24	-	-	-	0.13	-	
SO ₂	Mes. validées	%		98.9	-	-	95	74.9 [#]	98.2	89.9 [#]	
	Moy. ann.	µg/m ³	30	3	-	-	2	2	1	1	
	Perc. 95	µg/m ³	100	9	-	-	6	5	4	3	
	Nb ^l >100 µg/m ³	nb	1	0	-	-	0	0	0	0	
CO	Mes. validées	%		-	98.2	-	-	-	-	-	
	Moy. ann.	mg/m ³		-	0.4	-	-	-	-	-	
	Nb ^l >8 mg/m ³	nb	1	-	0	-	-	-	-	-	
Pouss.	Total	Moy. ann.	mg/(m ² ·d)	200	56	-	52	24	-	24	28
	Pb	Moy. ann.	µg/(m ² ·d)	100	5	-	13	2	-	3	3
	Cd	Moy. ann.	µg/(m ² ·d)	2	0.03	-	0.12	0.03	-	0.04	0.03
	Zn	Moy. ann.	µg/(m ² ·d)	400	31	-	-	61	-	10	9
	TI	Moy. ann.	µg/(m ² ·d)	2	0.006	-	0.011	0.007	-	0.007	0.006
IPL				5	5	5	4	4	3	3	

Légendes et abréviations :

 : Dépassement de la VLI OPair.
 Mes. validées : Pourcentage de mesures validées.
 Moy. ann. : Moyenne annuelle.
 Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.
 Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.
 Nb^h : Nombre de moyennes horaires.

Nb^l : Nombre de moyennes journalières.
 # : Série de mesures incomplète (selon les recommandations de l'OFEV).
 d : day.
 Pouss. : Retombées de poussières.
 IPL : Indice de Pollution à Long terme (cf. glossaire).

Nota : Mesure validée = Mesure ayant passé avec succès les contrôles (automatiques et manuels) servant à garantir la qualité et l'exactitude des données.

4. Evolution de la qualité de l'air

Les figures suivantes présentent des graphiques de l'évolution des concentrations des différents polluants atmosphériques mesurées par le ROPAG durant ces 20 dernières années. L'annexe 3 donne des descriptifs détaillés de ces polluants (origines, effets, ...).

4.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

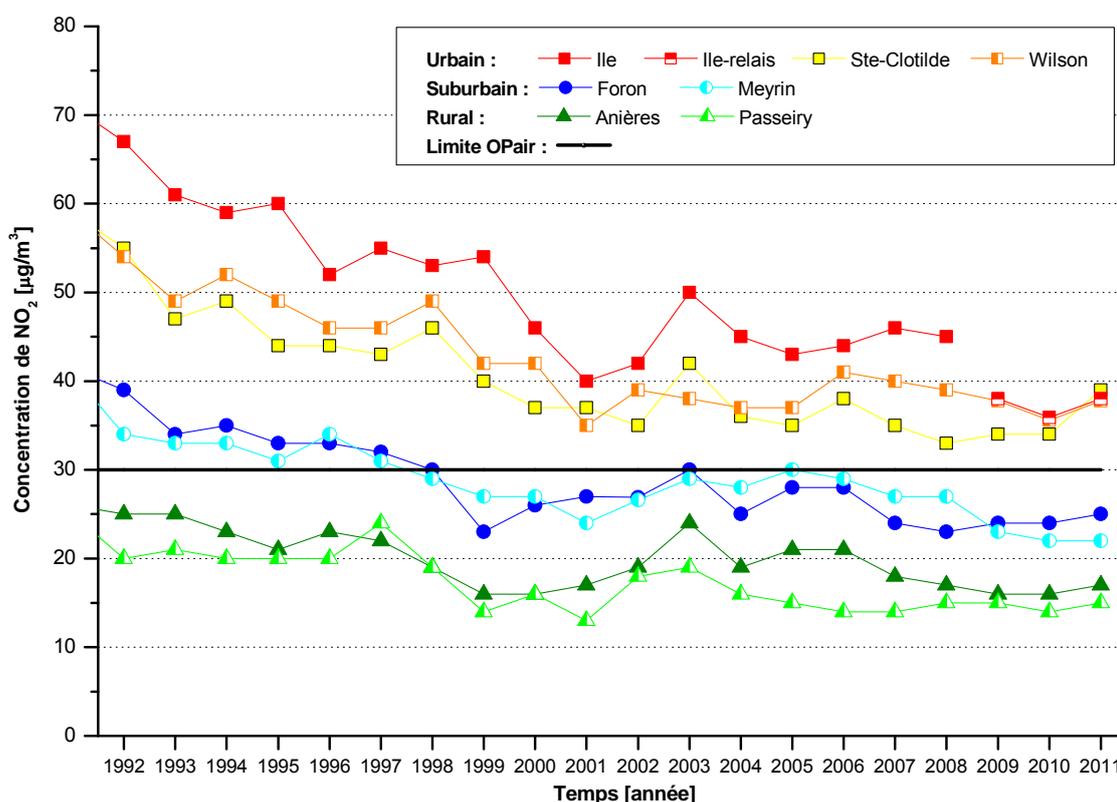


Figure 3. Concentration moyenne annuelle de NO₂

En milieu urbain (Ile-relais, Sainte-Clotilde et Wilson), les moyennes annuelles dépassent la VLI OPAir (30 µg/m³) et la stabilisation observée depuis 2000 se poursuit en 2011 avec toutefois une légère hausse des concentrations par rapport à 2010. On observe une hausse plus importante à la station de Sainte-Clotilde, imputable à la modification de la circulation sur l'avenue de Sainte-Clotilde effective depuis le mois de juin 2011 (voir page 5) et ayant pour effet une augmentation des émissions polluantes et donc des immissions.

En milieu suburbain (Meyrin et Foron) et en milieu rural (Anières et Passeiry), les moyennes annuelles se situent en dessous de la VLI OPAir. Elles sont stables pour toutes ces stations. Toutefois, la diminution des immissions mesurées à la station de Meyrin depuis la déviation de la circulation induite par le chantier du tram Cornavin - Meyrin - CERN (TCMC) courant 2008 se confirme en 2011. Même si la circulation a été rétablie en avril 2011, la tranchée couverte semble canaliser les émissions d'oxydes d'azote provenant du trafic de la route de Meyrin et favoriser une diminution des immissions de NO₂ mesurées à la station de mesure.

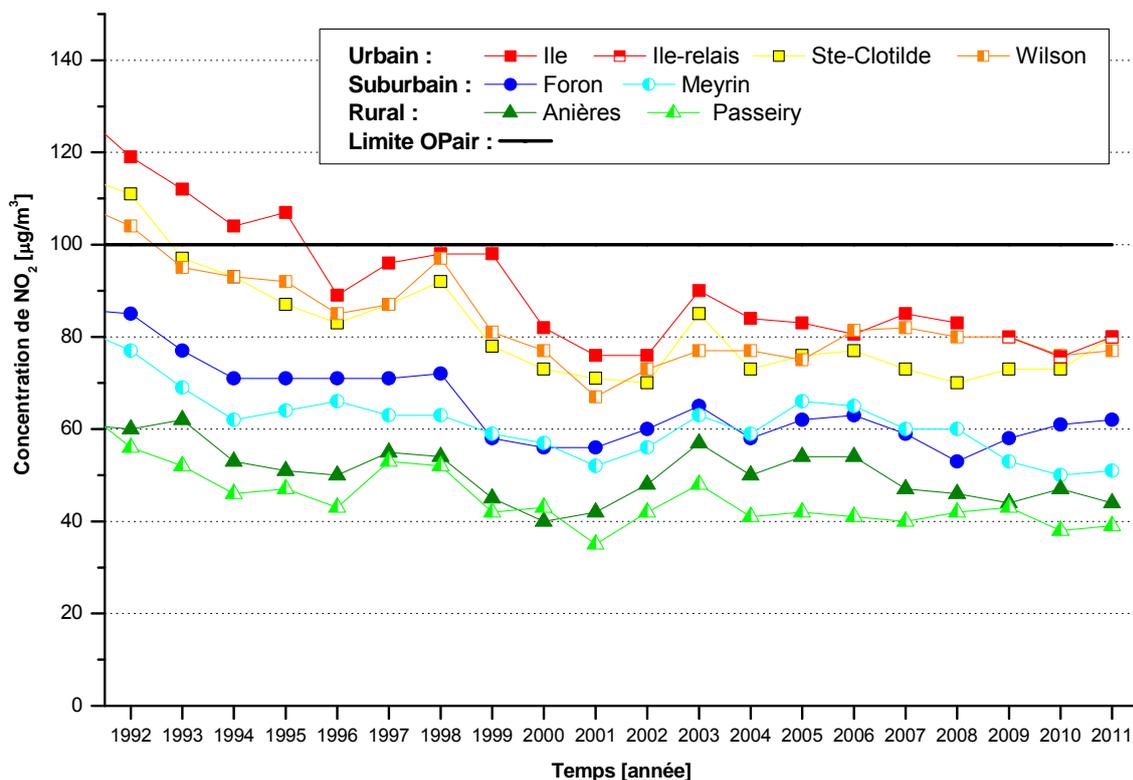


Figure 4. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

Les percentiles 95 de toutes les stations de mesure se situent en dessous de la VLI annuelle OPAir (100 µg/m³) et cela depuis de nombreuses années.

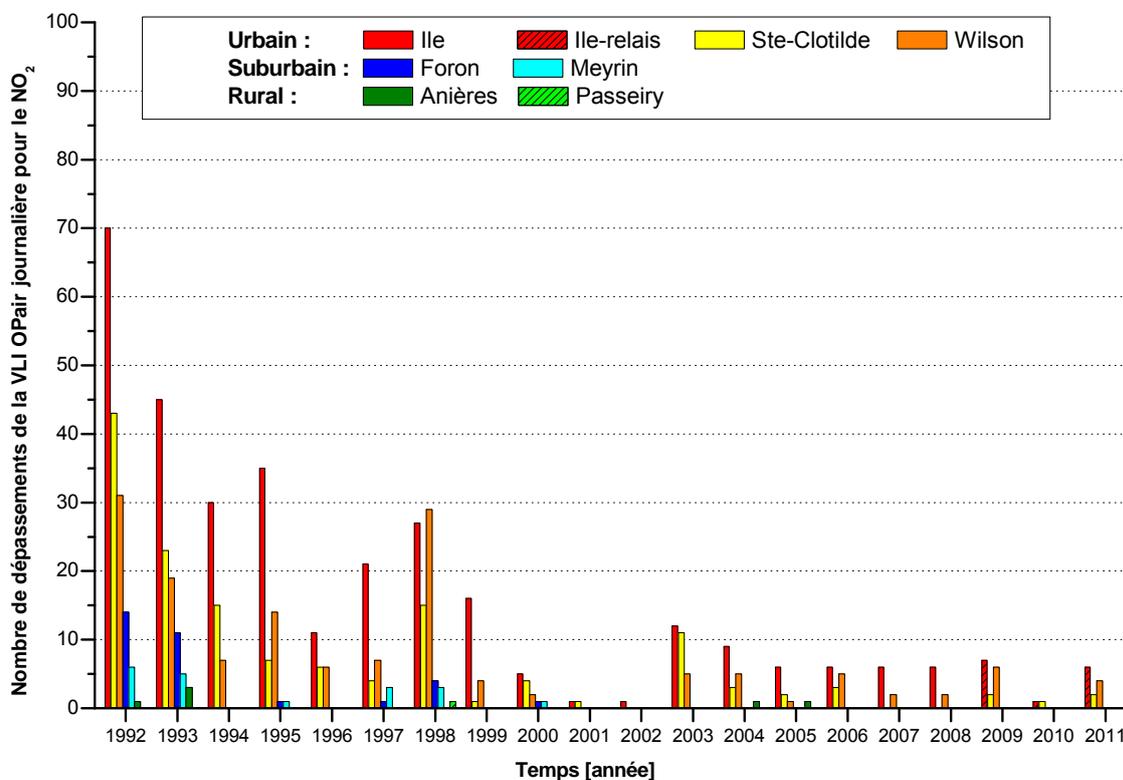


Figure 5. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO₂

En 2011, la VLI OPair journalière pour le NO₂ (80 µg/m³) a été dépassée à plusieurs reprises mais uniquement dans les stations urbaines (Ile-relais, Sainte-Clotilde et Wilson). Tous ces dépassements se sont produits durant l'épisode d'inversion de température enregistré du 7 au 12 février 2011, cette période ayant été particulièrement propice à l'accumulation de NO₂ dans l'atmosphère. La moyenne journalière la plus élevée, 110 µg/m³, a été enregistrée à la station d'Ile-relais le 11 février 2011.

4.2. Ozone (O₃)

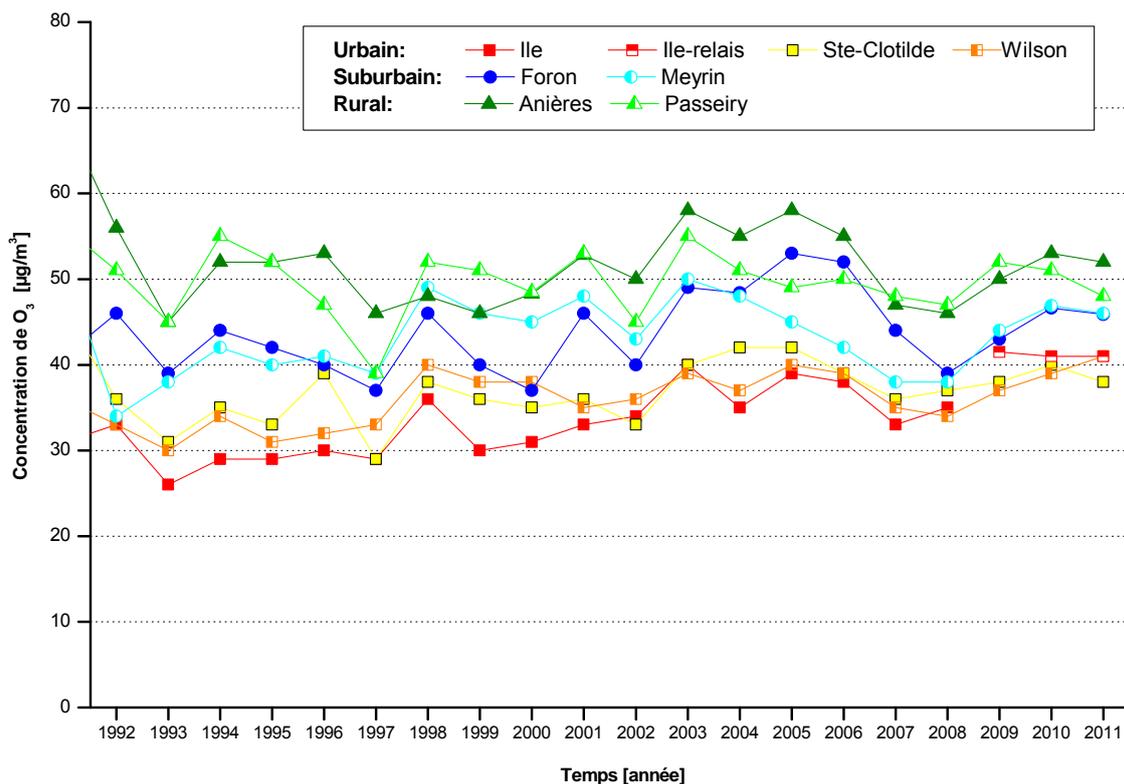


Figure 6. Concentration moyenne annuelle⁴ d'O₃

En 2011, les immissions moyennes annuelles d'ozone sont restées stables par rapport à 2010. En effet, un printemps et un automne exceptionnellement chauds et ensoleillés ont contribué à maintenir cette moyenne a un niveau élevé, alors même que la majeure partie des mois de juin et juillet ont connu des conditions météorologiques peu favorables à l'accumulation d'ozone.

⁴ La moyenne annuelle pour l'ozone ne fait pas partie des VLI fixées dans l'OPair.

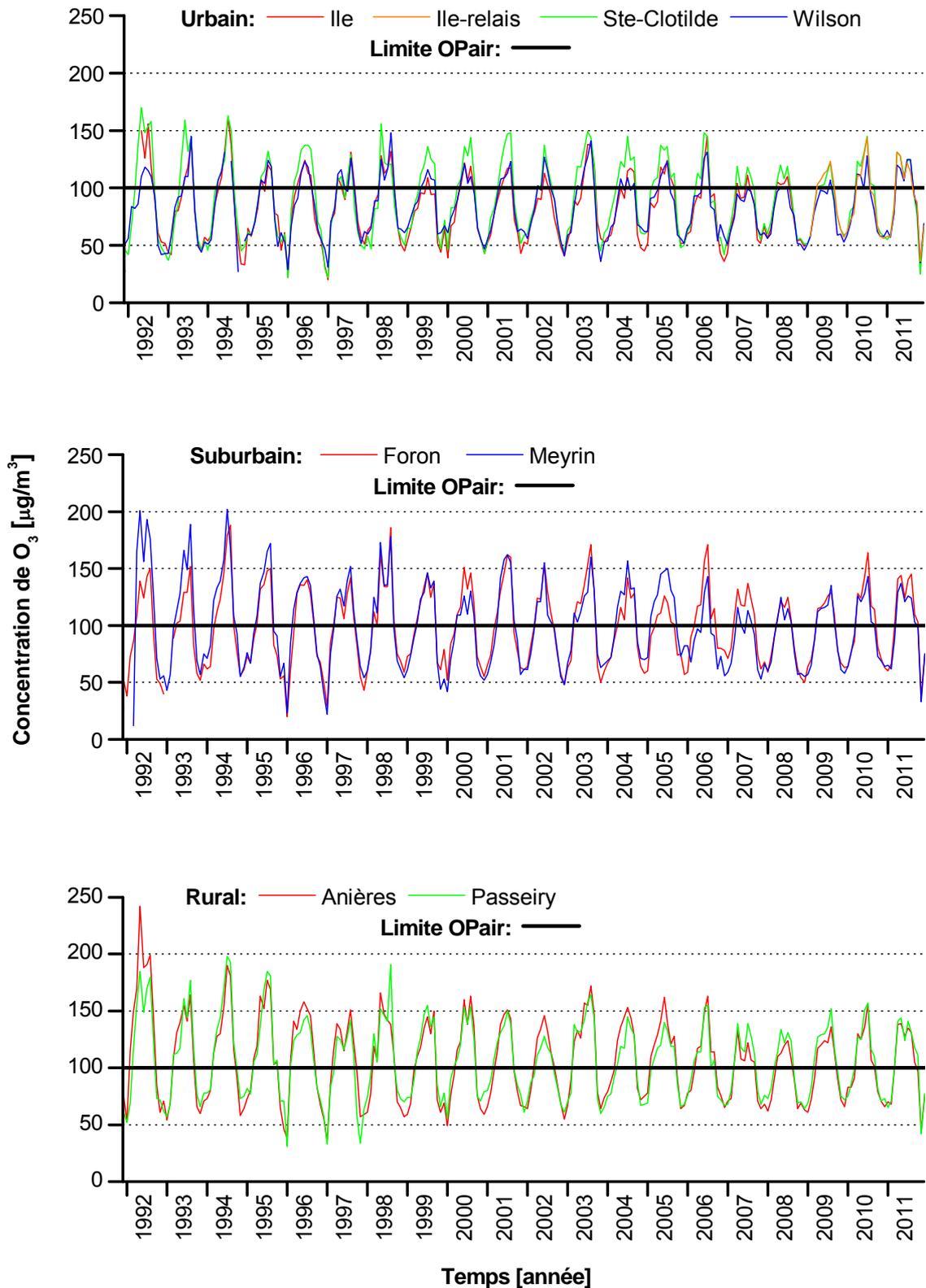


Figure 7. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

En 2011, les percentiles 98 se situent au-dessus de la VLI OPair mensuelle (100 µg/m³) durant la période d'avril à août en milieu urbain, d'avril à octobre en milieu suburbain et de mars à octobre en milieu rural. Pendant ces périodes, la concentration d'ozone s'est maintenue à un niveau relativement élevé sans toutefois connaître de pic notable.

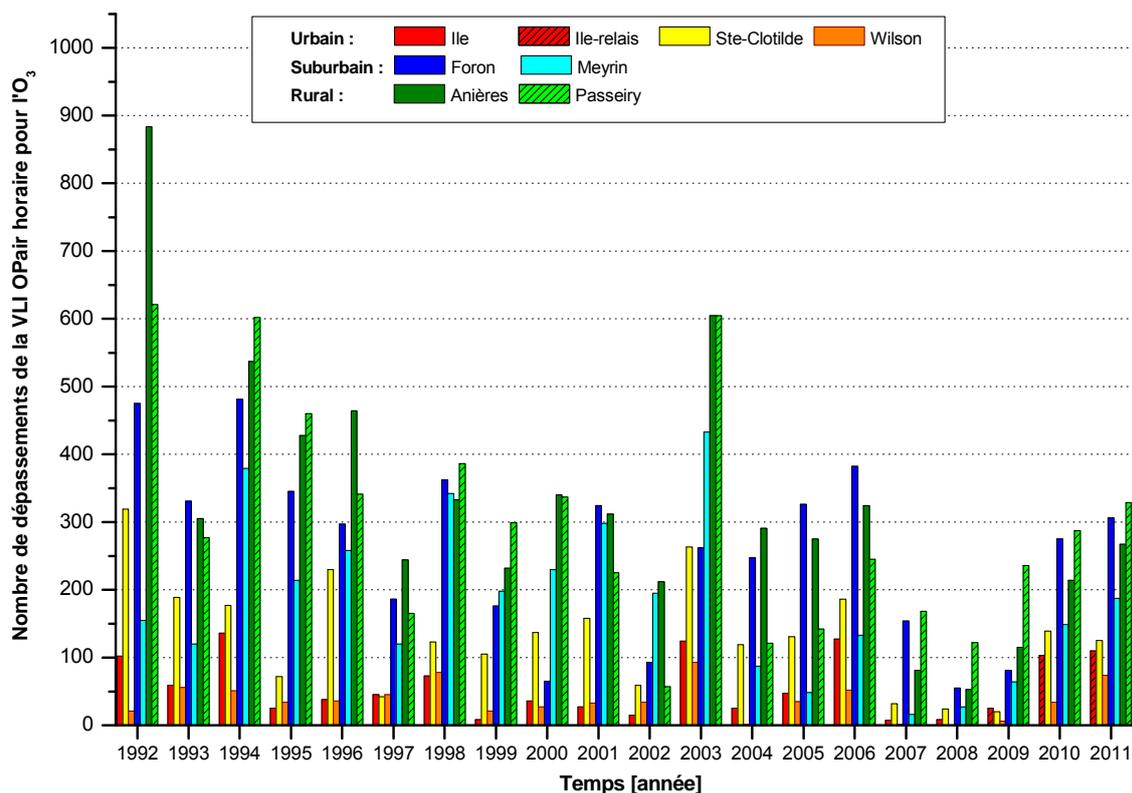


Figure 8. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

Dans toutes les stations, on observe de multiples dépassements de la VLI OPair horaire ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dès le mois d'avril et jusqu'au mois d'octobre 2011.

Des concentrations importantes d'ozone ont été mesurées relativement tôt dans l'année. Les conditions météorologiques très particulières - un printemps très chaud et extrêmement ensoleillé - ont conduit à de nombreux dépassements de la VLI OPair horaire durant les mois d'avril et mai. Toutefois leurs intensités ont été modérées durant cette période (maximum horaire de $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La valeur horaire maximale de $199 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été enregistrée le 22 août 2011 à la station du Foron à l'occasion d'un épisode caniculaire.

En 2011, on compte légèrement plus de dépassements qu'en 2010. Néanmoins, ceux-ci ne se sont pas produits durant les mêmes périodes de l'année. En effet, en 2010 les dépassements s'étaient concentrés durant les mois de juin et juillet et avaient été plus intenses.

4.3. Poussières fines (PM10)

Selon une modification de l'annexe 7 de l'OPair, en vigueur depuis le 1^{er} mars 1998, on mesure les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM10).

Le début du mesurage des PM10 ne s'est pas fait simultanément dans toutes les stations du ROPAG. Les mesures ont commencé en 1998 aux stations de Sainte-Clotilde et de Passeiry, puis en 2000 à la station d'Anières. Elles ont débuté en 2001 à la station de l'Ile et ont été arrêtées fin 2008 lors du démantèlement de cette station. En 2002, les mesures ont commencé à la station du Foron, en 2003 aux stations de Meyrin et de Wilson et au début 2009 à la station Ile-relais.

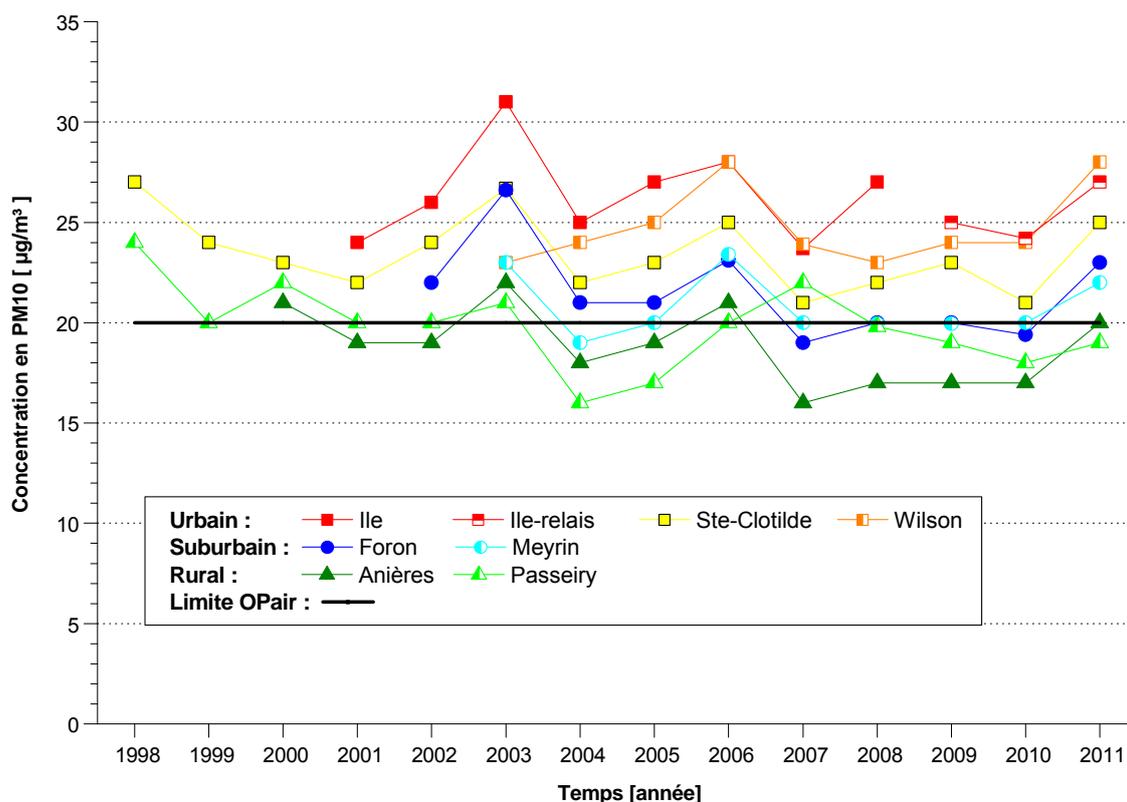


Figure 9. Concentration moyenne annuelle de PM10

En 2011, les moyennes annuelles de PM10 ont été supérieures à la VLI OPAir (20 µg/m³) dans toutes les stations urbaines et suburbaines et très proches de cette limite dans les stations rurales.

Le niveau des immissions en 2011 est supérieur à celui mesuré les années précédentes. Il faut remonter à 2006 pour observer des concentrations similaires.

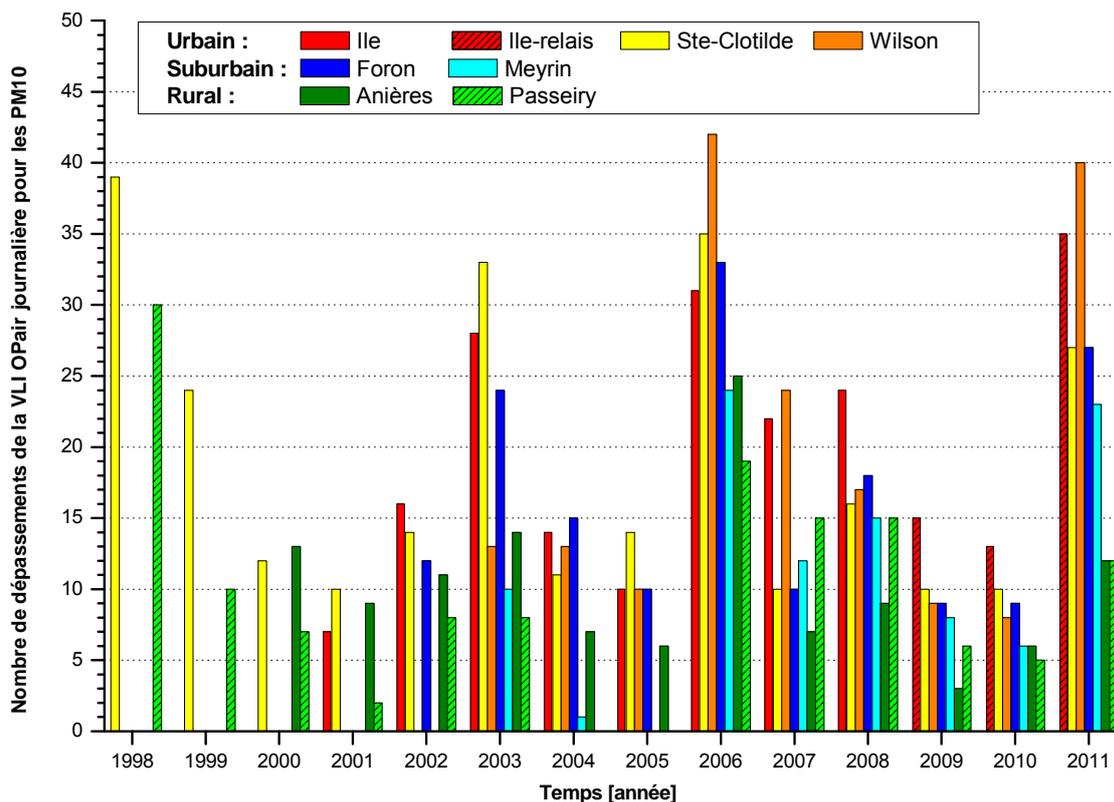


Figure 10. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

La VLI OPair journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée à de nombreuses reprises dans toutes les stations de mesures en 2011. L'essentiel de ces dépassements a eu lieu durant les mois de janvier à mars, période caractérisée par la quasi-absence de précipitations et l'occurrence de situations d'inversions de température.

De courtes phases d'inversions ont été observées en début d'année, notamment au cours de la période du 24 janvier au 14 février, marquée par une série d'inversions particulièrement importantes. Cependant, la discontinuité des inversions durant ce laps de temps a permis d'éviter une forte accumulation de particules fines dans l'atmosphère. La valeur moyenne journalière la plus élevée, $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a été enregistrée le 3 février à la station du Foron.

Une autre période d'inversion notable s'est produite en novembre, marquée par des vents particulièrement calmes qui ont engendré une très faible dispersion des polluants. En effet, les concentrations de PM10 ont fortement crû et des dépassements de la VLI journalière ont été enregistrés aux stations urbaines et suburbaines. Ils ont été particulièrement intenses en ville, avec une concentration maximum de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Ile-relais mesurée le 22 novembre. Ce phénomène n'était pas arrivé depuis 2008.

Toutefois, si les dépassements ont été nombreux en 2011, leur intensité est demeurée inférieure au premier seuil d'alerte ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

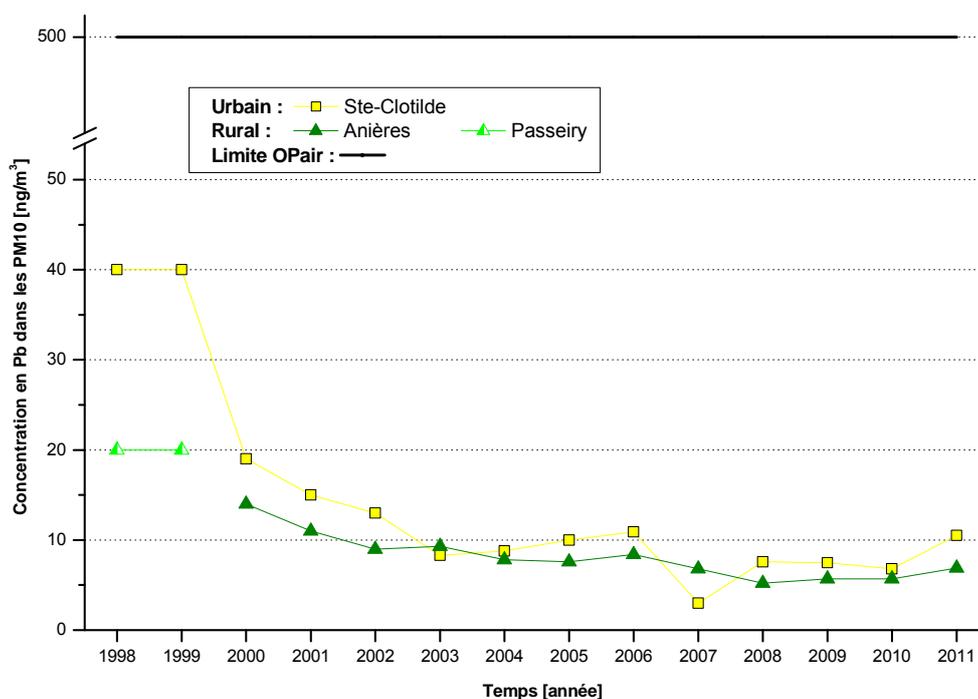


Figure 11. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

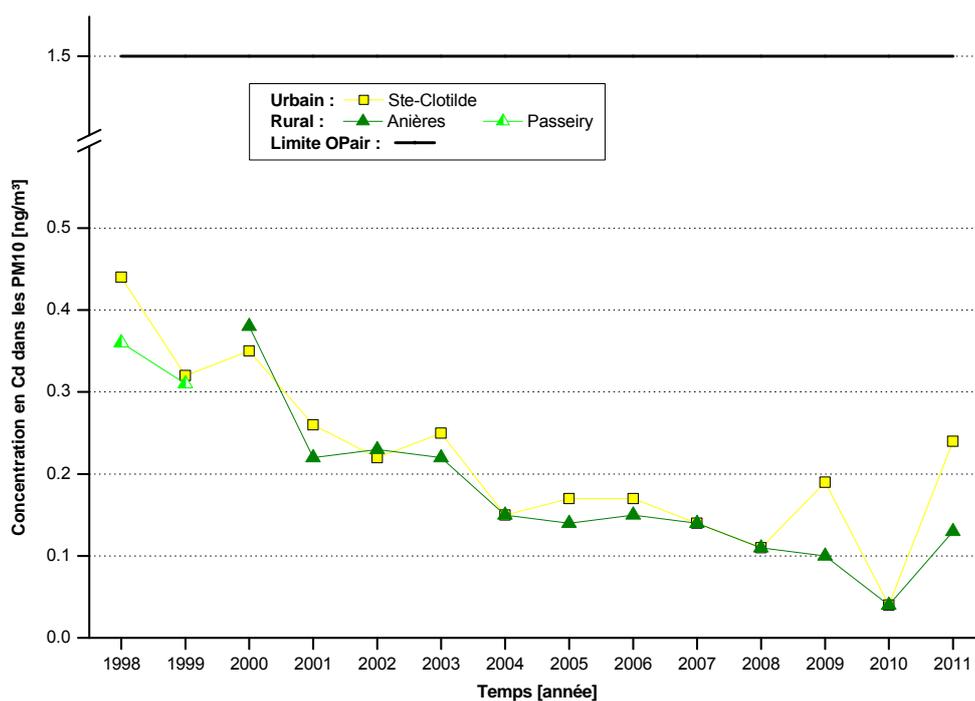


Figure 12. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

Dans les stations de Sainte-Clotilde et d'Anières⁵, les moyennes annuelles mesurées en 2011 pour le plomb et le cadmium dans les PM10 ont été très inférieures aux VLI OPair (500 ng/m³ dans le cas du plomb et 1.5 ng/m³ pour le cadmium) comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

⁵ Les stations équipées d'un appareil de mesure des PM10 par gravimétrie (pesée) permettent aussi la détermination des concentrations de plomb et de cadmium dans les PM10.

4.4. Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle dans l'atmosphère genevoise. Son mesurage à l'aide d'analyseurs classiques n'est ainsi plus effectué de manière systématique dans chaque station depuis l'année 2000. Cependant, deux stations, l'Ile et Foron, ont continué à mesurer ce polluant au moyen de la technique DOAS⁶. L'introduction progressive du mesurage par des systèmes DOAS dans d'autres stations a permis, depuis 2002, de connaître également la concentration en SO₂ aux stations de Meyrin, d'Anières et de Passeiry. Concernant la station de l'Ile, le DOAS a été en activité jusqu'en 2008. Dès 2009, la station Ile-relais l'a remplacée et les mesures de SO₂ y sont effectuées au moyen d'un analyseur classique.

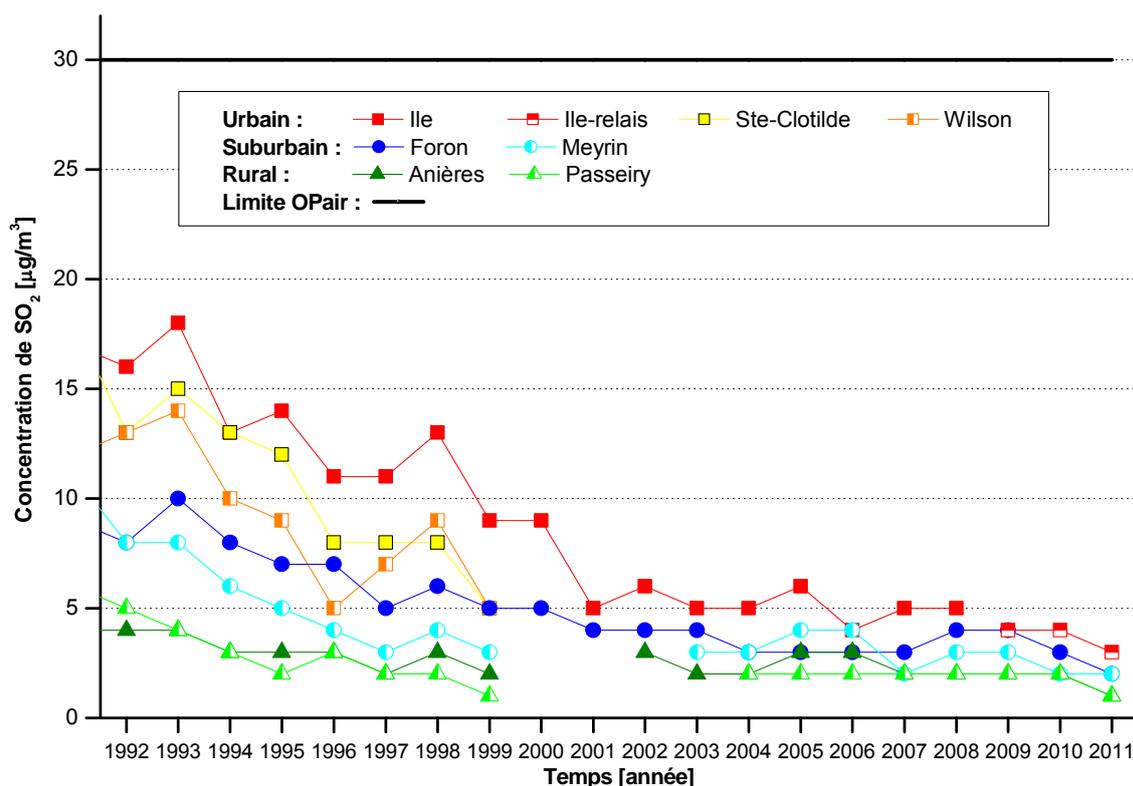


Figure 13. Concentration moyenne annuelle de SO₂

Comme c'est le cas depuis plus de dix ans, les concentrations de SO₂ mesurées en 2011 restent stables à un niveau très bas et nettement inférieur à la VLI OPAir annuelle (30 µg/m³).

⁶ "absorption spectrophotométrique différentielle", technique permettant la mesure simultanée de NO₂, O₃ et SO₂

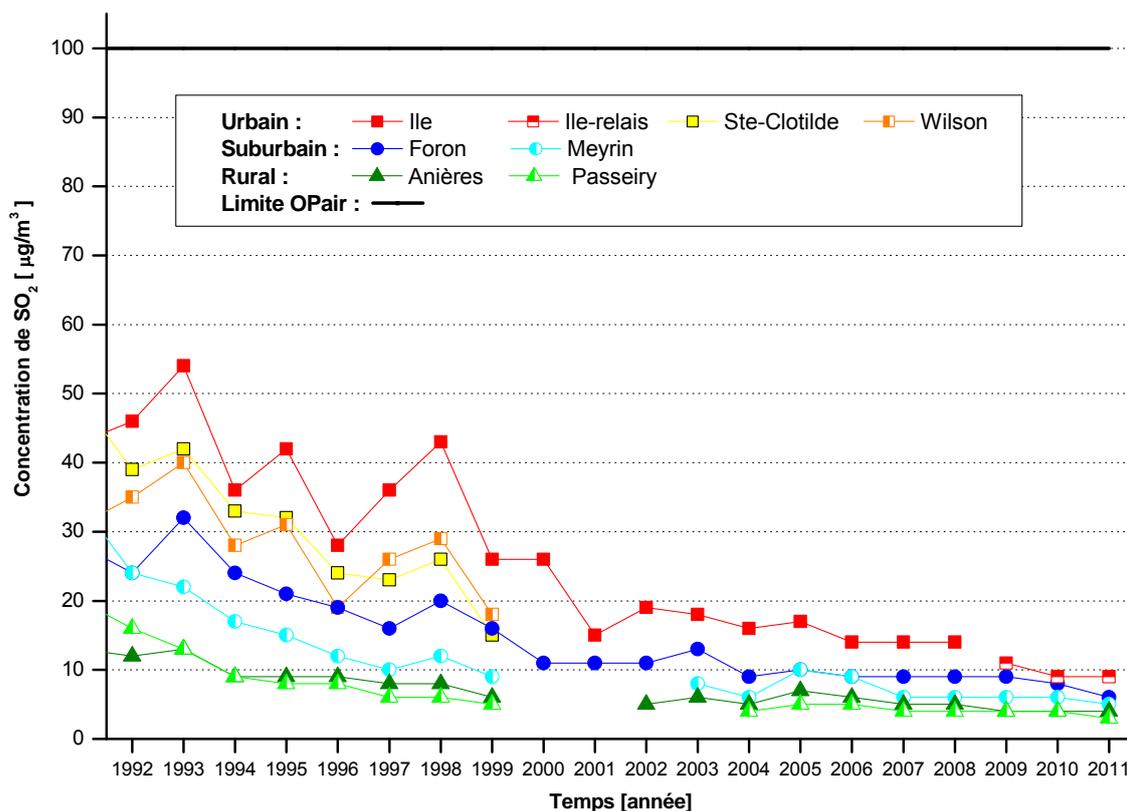


Figure 14. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Tout comme les immissions moyennes annuelles de SO₂, les percentiles 95 de toutes les stations de mesure se situent en dessous de la VLI OPair annuelle (100 µg/m³) et cela depuis de nombreuses années.

Enfin, la VLI OPair journalière (100 µg/m³), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée avec une valeur maximale de 16 µg/m³ à la station Ile-relais en 2011. Cette limite est respectée depuis de nombreuses années.

4.5. Monoxyde de carbone (CO)

Le CO n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle dans l'atmosphère genevoise. Son mesurage systématique à l'aide d'analyseurs classiques a ainsi été progressivement abandonné depuis le début des années 2000. Actuellement, il n'est mesuré qu'à la station de Sainte-Clotilde.

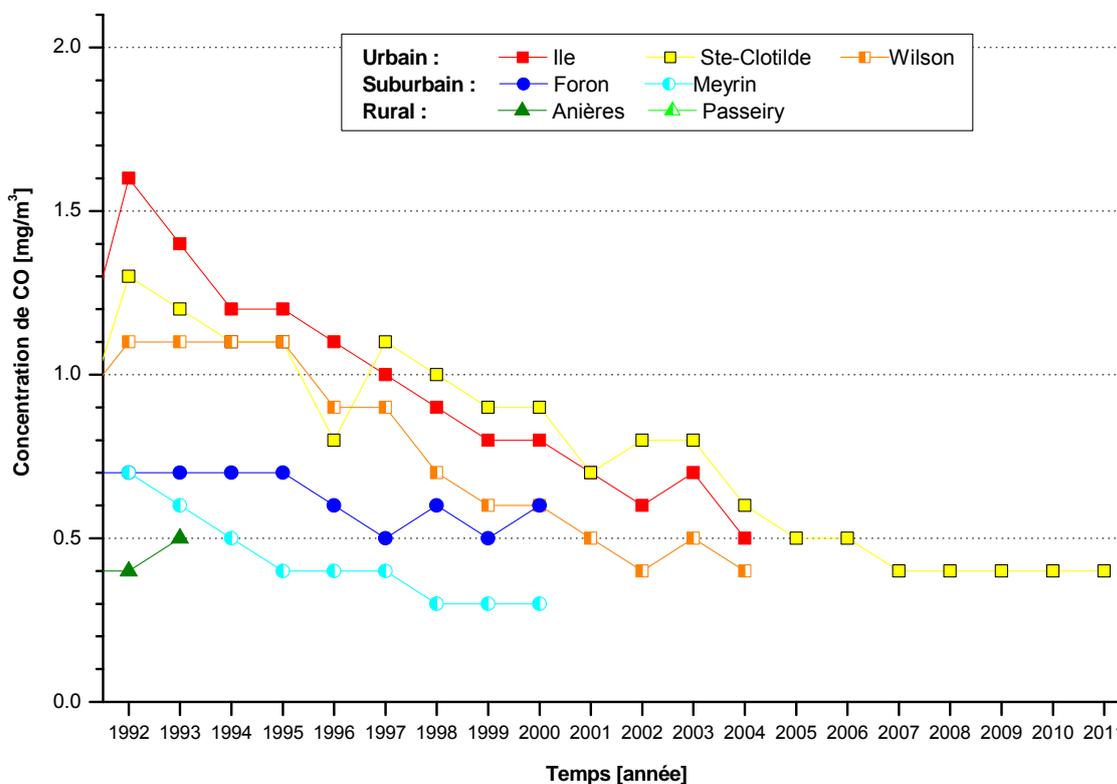


Figure 15. Concentration moyenne annuelle⁷ de CO

Dans la seule station mesurant encore les immissions de CO on enregistre une moyenne annuelle 2011 très faible, inférieure à 0.5 mg/m^3 malgré le changement des conditions de circulation aux abords de la station survenu à la mi-année. La concentration de ce polluant dans l'atmosphère est stable depuis plusieurs années à un bas niveau.

La VLI OPair journalière (8 mg/m^3), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale a été de 1.6 mg/m^3 .

⁷ La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone ne fait pas partie des VLI fixées dans l'OPair.

4.6. Retombées de poussières

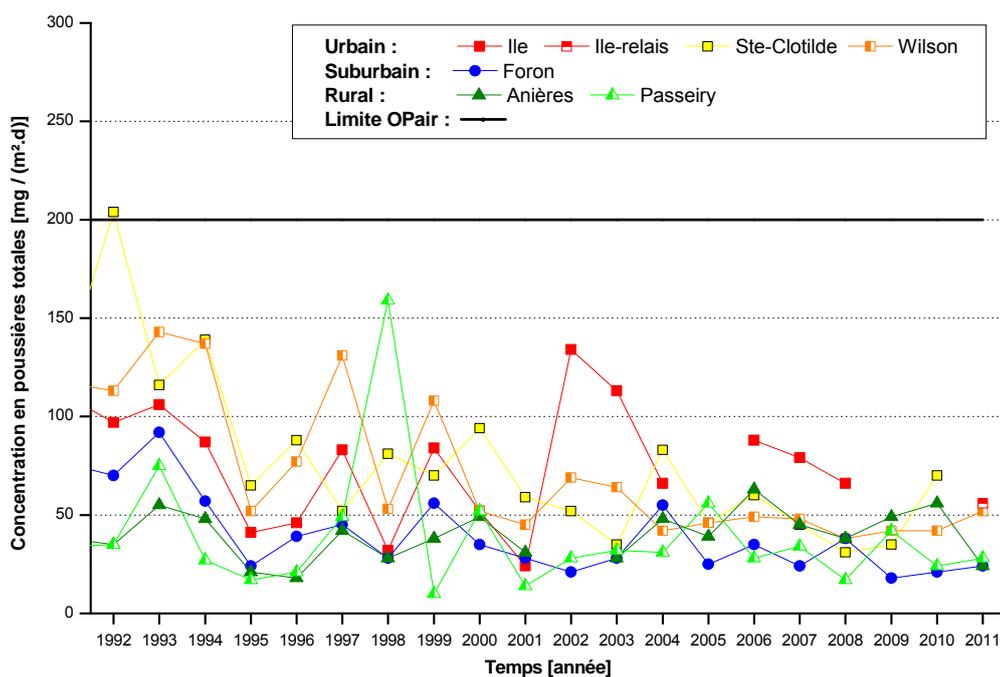


Figure 16. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

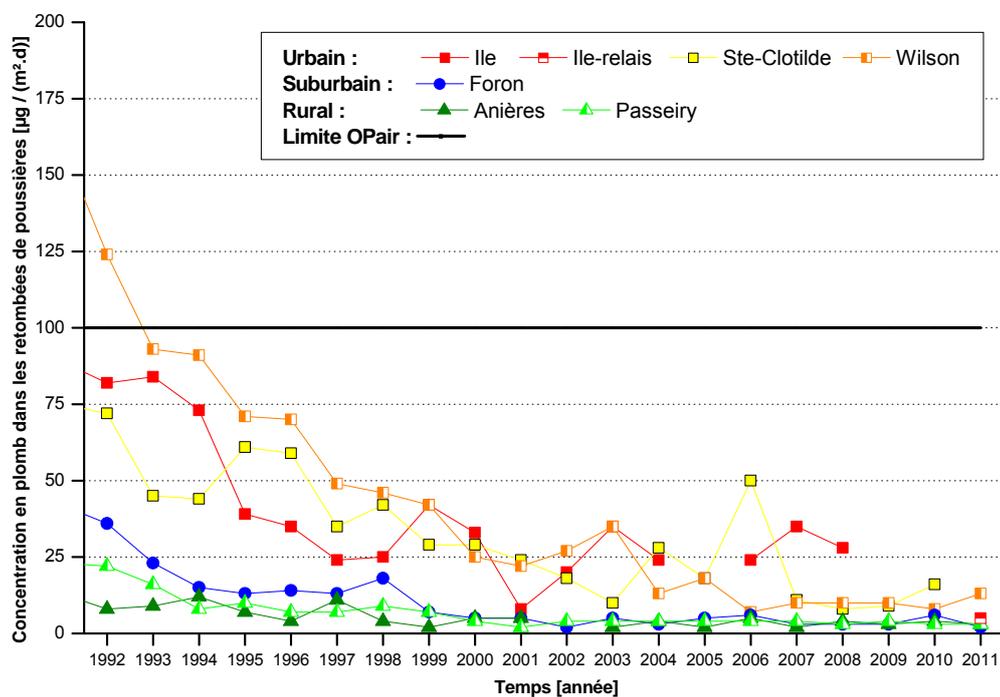


Figure 17. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

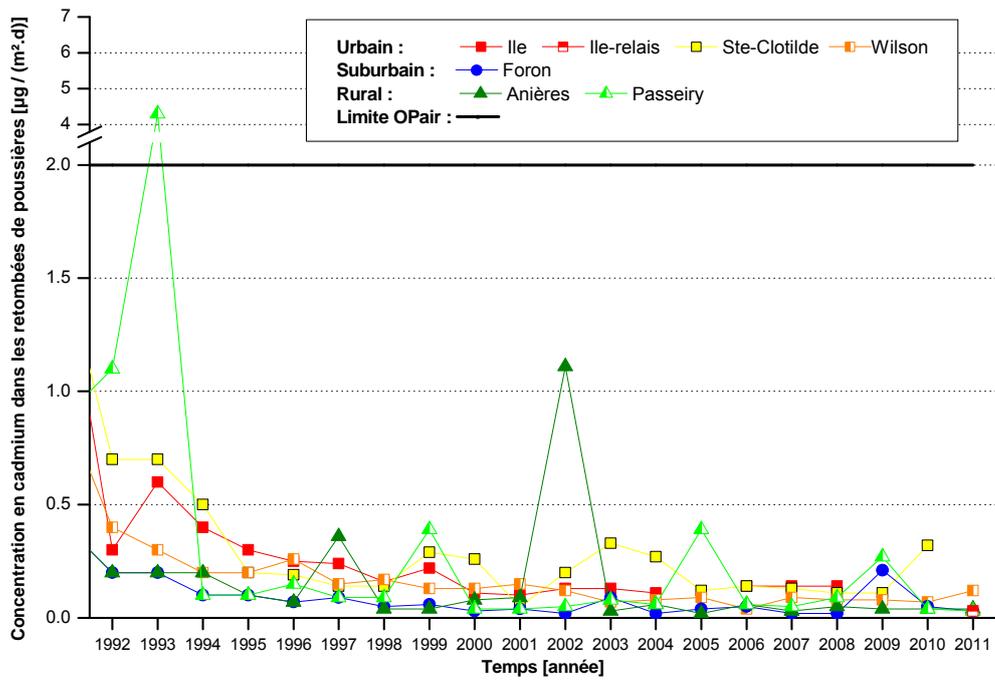


Figure 18. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières

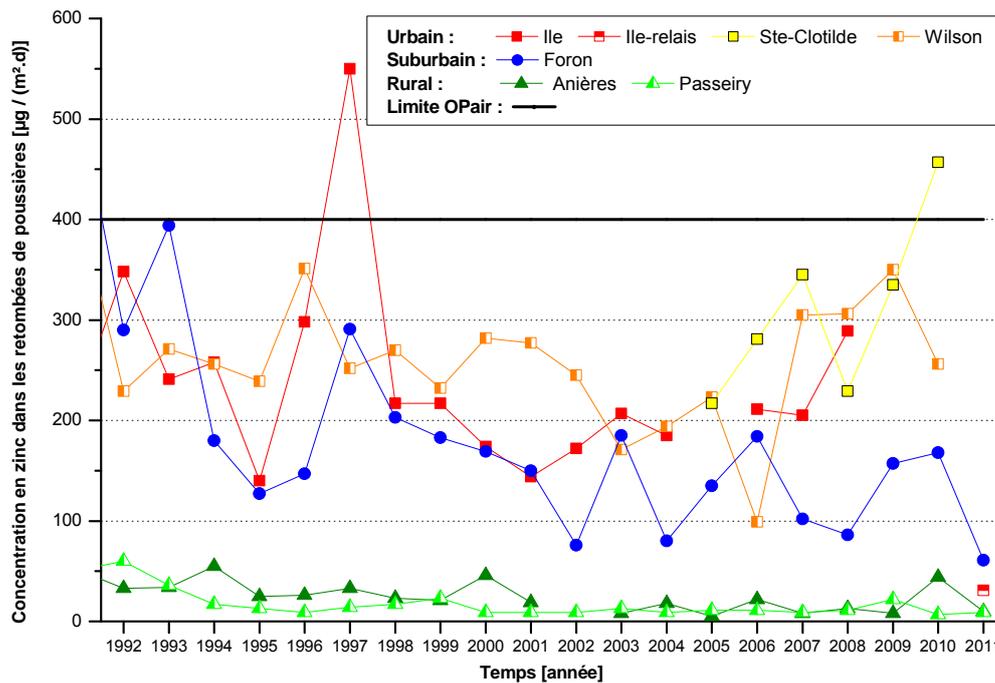


Figure 19. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

En 2011, les différentes VLI moyennes annuelles définies par l'OPair ; total des retombées de poussières [200 mg/(m².jour)] ainsi que plomb [100 µg/(m².jour)], cadmium [2 µg/(m².jour)] et zinc [400 µg/(m².jour)] dans les retombées de poussières, sont respectées sur tous les sites de mesure. Toutefois, l'analyse de la concentration en zinc effectuée à la station de Wilson a montré un résultat aberrant, il a donc dû être invalidé. Cette aberration est probablement due à la contamination de l'échantillon. De plus, le béccher de prélèvement installé à la station de Sainte-Clotilde a connu une avarie, ce qui a provoqué l'invalidation de ces mesures.

Depuis 2009, le thallium est aussi mesuré. Sa VLI OPair annuelle [2 µg/(m².jour)] est largement respectée comme indiqué dans le tableau récapitulatif du chapitre 3.

Globalement, les concentrations en retombées de poussières mesurées en 2011 restent faibles et stationnaires, en dessous des VLI OPair. Cette situation perdure depuis de nombreuses années.

5. Capteurs passifs : mesure du NO₂

5.1. Introduction

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs (cf. chapitre 5.2) mesure les concentrations de NO₂ dans l'agglomération genevoise⁸. En 2011, ce réseau comptait 70 points de mesure, répartis selon un maillage kilométrique.

Cette méthode, validée en Suisse par l'OFEV ainsi que par Cercl'Air (Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air), permet de constituer un cadastre des immissions de NO₂ sur de vastes territoires.

5.2. Méthodologie

Un capteur passif est constitué d'un tube fermé à une extrémité, au fond duquel sont placées deux grilles en propyltèx imprégnées d'un mélange de triéthanolamine / acétone - substance qui absorbe le NO₂. Le capteur est par la suite placé pour une durée déterminée à l'emplacement dont on veut connaître le taux de pollution en NO₂. L'analyse en laboratoire permettra de mesurer la quantité de NO₂ qui a été accumulée par la substance absorbante et d'en déduire la concentration correspondante pendant la période donnée. Se reporter à l'annexe 4 pour de plus amples informations sur la méthodologie appliquée.

5.3. Emplacements - valeurs 2011

Au début de l'année 2010, le réseau a été optimisé et cinq nouveaux points de mesure ont ainsi été implantés afin de suivre l'extension de la zone urbaine, alors que 23 points, situés à des endroits moins sensibles du point de vue de la qualité de l'air, ont été supprimés. Ces 23 emplacements feront l'objet de contrôles ponctuels réguliers afin de vérifier le bienfondé de ces suppressions.

Afin d'être suffisamment représentatifs des concentrations moyennes de NO₂ auxquelles est exposée la population et pour éviter des biais dans la méthode, on place les capteurs à l'écart des sources d'émissions d'oxydes d'azote (routes à fort trafic, chantiers importants, ...). Les mesures effectuées sont ainsi représentatives d'une pollution dite "de fond".

Le tableau ci-après donne les 70 emplacements auxquels se font les mesures de NO₂ par capteurs passifs, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2011.

⁸ Partie urbanisée du canton, centrée sur la ville de Genève (voir figure 20).

Emplacements	Coordonnées suisses		C*(NO ₂) [µg/m ³]	Emplacements	Coordonnées suisses		C*(NO ₂) [µg/m ³]
	E	N	2011		E	N	2011
Dépôt TPG	2498667	1117460	26	Ch. du Port-Noir	2502249	1118475	24
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	40	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	33
Rue de Berne	2500359	1118689	38	Ch. Frank-Thomas	2502577	1117676	35
Place de Châteaubriand	2500608	1119022	31	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	26
CICR	2499639	1120470	23	Ch. des Falquets	2503690	1118427	17
Ch. Palud	2499533	1121453	23	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	22
Ch. des Cornillons	2500381	1121771	21	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	22
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	20	Ch. du Nant d'Argent	2503528	1120559	28
Square de Mesmes	2499572	1119482	29	Ecole de Mon-Idee	2505665	1118104	20
Rue Isabelle-Eberhardt	2499569	1118593	33	Parc du Martin-Pêcheur	2505775	1117236	20
Ch. des Crêts	2498593	1119634	31	Ch. du Foron	2505254	1116758	25
Voie des Traz/Voirie	2498508	1122206	36	Av. Adrien-Jeandin	2504447	1116080	32
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	30	Ch. Rojoux	2502672	1115457	26
Ch. du Pommier	2498549	1120537	33	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	33
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	44	Promenade de Saint-Antoine	2500625	1117354	34
Les Avanchets	2497464	1119556	32	Rue Alcide-Jentzer	2500338	1116377	32
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	30	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	30
Ch. du Croissant	2497613	1118465	28	Place de Sardaigne	2499633	1115533	36
Ch. de Gilly	2497509	1115488	22	Plateau de Pinchat	2500589	1114548	27
Av. des Morgines	2497505	1116313	32	Stade de Vessy	2501477	1115313	24
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	24	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	33
Ch. de Cressy	2496319	1115468	25	Rte de Pierre-Grand	2500509	1112646	22
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	21	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	30
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495432	1116476	23	Ch. des Rasses	2502625	1113507	28
Ch. de Gambay	2495495	1115519	23	Ch. des Marais	2501463	1113324	23
Rte de Vernier	2496020	1119503	36	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	29
Ch. du Progrès	2494847	1118566	27	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	29
Ch. Deley	2494991	1119512	32	Rte de Base	2496382	1113561	30
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	19	Ch. des Bis	2495345	1113245	18
Ch. des Ceps	2494123	1121452	12	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	22
Ch. de l'Epinglier	2493677	1120060	23	Ch. Pontverre	2495223	1114468	22
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117488	21	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	22
Ch. de Surville	2498567	1116452	27	Ch. des Pontets	2498453	1114509	30
Boulevard d'Yvoy	2499159	1117221	36	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	30
Débarcadère CGN	2501515	1118301	27	Rte des Acacias	2499483	1116474	33

Tableau 1. Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO₂ pour l'année 2011

Légendes et abréviations :

C*(NO₂) : Concentration moyenne annuelle pour le NO₂.

 : Dépassement de la VLI OPAir annuelle (30 µg/m³).

5.4. Cartographie

La carte ci-dessous (figure 20) est basée sur les mesures issues des réseaux de capteurs passifs et présente les immissions moyennes annuelles de NO₂ pour l'année 2011 en pollution de fond. Les immissions sont calculées par interpolation⁹ sur la base des résultats obtenus aux points de prélèvement et dans les 5 stations du ROPAG situées à l'intérieur du domaine sondé. La méthode fait aussi appel au cadastre des émissions de NO_x comme variable secondaire. La méthode de réalisation de cette cartographie a été mise à jour en 2011 et de plus amples détails sont fournis dans l'annexe 6 de ce rapport.

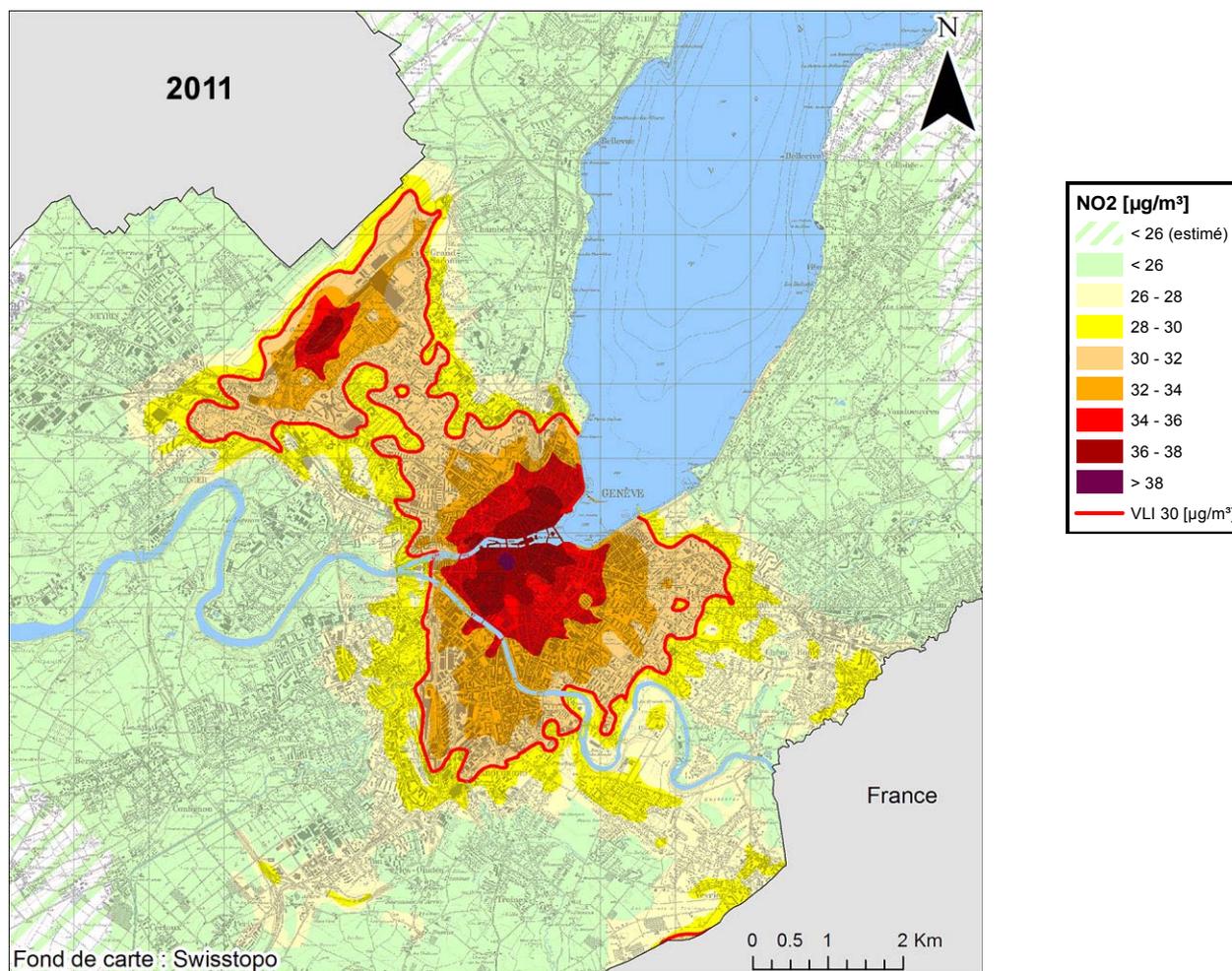


Figure 20. Carte des immissions de NO₂ sur l'agglomération genevoise pour 2011

On peut y observer les zones soumises à des immissions excessives de NO₂, avec une moyenne annuelle supérieure à la VLI OPair (30 µg/m³). Les couleurs verte à jaune correspondent aux parties du territoire conformes à cette VLI, alors que les couleurs saumon à rouge-brun représentent des périmètres non-conformes. L'année 2011 a été marquée par des immissions de NO₂ globalement plus élevées que les années précédentes.

Les immissions de NO₂ mesurées sont aussi liées aux conditions météorologiques de l'année. La carte ci-après, qui utilise des mesures moyennées sur une période de huit ans (2004 à 2011), permet de mettre évidence les immissions de NO₂ en limitant l'influence des fluctuations

⁹ Selon la méthode du co-krigeage ordinaire (cf. glossaire).

annuelles principalement dues à des facteurs climatiques (régime des vents, précipitations, inversions de température).

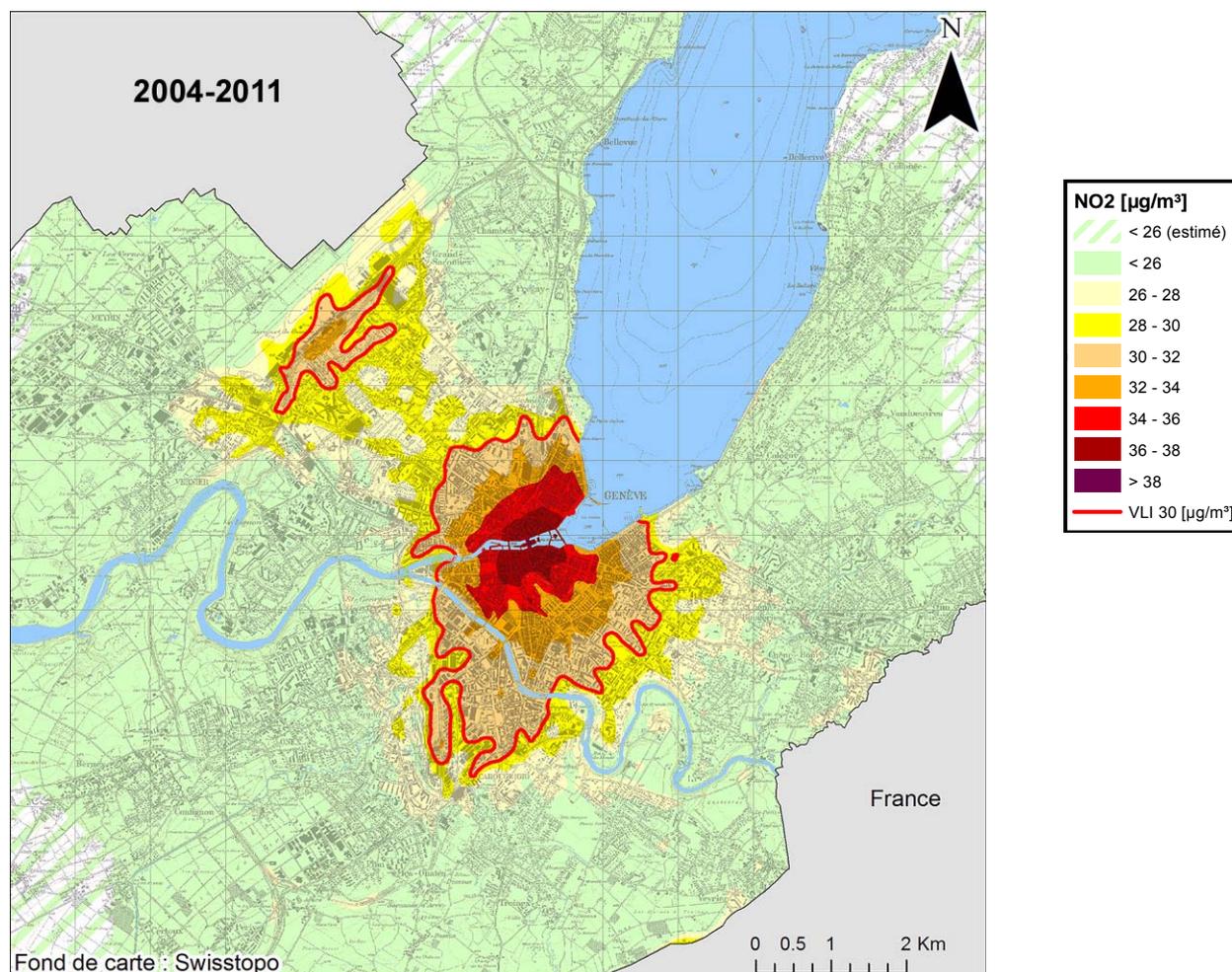


Figure 21. Carte des immissions moyennes de NO₂ sur l'agglomération genevoise pour la période 2004 à 2011

La carte de la moyenne des immissions de NO₂ réalisée sur la période 2004-2011 montre des concentrations légèrement plus faibles que pour l'année 2011. Ainsi, la situation des immissions de NO₂ en 2011 apparaît comme plus mauvaise que la moyenne des huit dernières années. C'est particulièrement le cas à proximité des autoroutes - au sud-est de l'aéroport au Grand-Saconnex, vers l'échangeur de Plan-les-Ouates et à proximité de l'autoroute blanche à Veyrier.

Nota : Les cartes présentées plus haut sont localisées sur le centre de l'agglomération genevoise, c'est-à-dire le domaine couvert par les réseaux de capteurs passifs. En effet, concernant la pollution de fond dans le reste du territoire cantonal, les mesures effectuées dans les stations rurales ainsi que les contrôles ponctuels effectués ces dernières années au moyen d'une station mobile et de campagnes de mesures temporaires (au moyen de capteurs passifs) montrent des concentrations inférieures à 26 µg/m³. Toutefois, il faut rester attentif au fait que des concentrations importantes de NO₂ peuvent être observées dans les endroits très exposés à des sources polluantes (ex. trafic intense) ou soumis à des conditions particulières (ex. rue canyon).

6. Synthèse

En 2011, les valeurs limites d'immission (VLI) fixées par l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et les particules fines (PM10) ne sont toujours pas respectées dans certaines parties du canton, en particulier dans le centre de l'agglomération, là où vit et travaille la grande majorité de la population genevoise. L'année 2011 a été marquée par une légère augmentation des immissions de ces principaux polluants par rapport aux quatre années précédentes, bien que les années ayant connu les concentrations les plus élevées de la dernière décennie restent 2003 et 2006. Les VLI OPair fixées pour les autres polluants - dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de carbone (CO) et retombées de poussières - sont quant à elles respectées, et ce depuis de nombreuses années.

NO₂

L'année 2011 a été marquée par une légère hausse des immissions de NO₂ sur l'ensemble du territoire. Les concentrations dépassant les VLI OPair annuelle et journalière sont malgré tout restées centrées sur le cœur de l'agglomération. Toutefois, les immissions de NO₂ restent dans la tendance à la stagnation observée depuis le début des années 2000.

O₃

La pollution à l'O₃ a touché tout le territoire genevois, avec de nombreux dépassements des VLI fixées par l'OPair. Les conditions d'ensoleillement et de températures exceptionnelles du printemps et de l'automne 2011 ont engendrées des immissions d'O₃ plus élevées qu'à l'accoutumée pendant ces périodes. Toutefois, des conditions estivales peu propices à la formation de ce polluant ont permis de limiter le nombre de dépassements de la VLI OPair horaire à l'inverse de ce qui s'était produit en 2010. En effet, cette année là, l'essentiel des dépassements s'était produit en été et leurs intensités avaient été notablement plus importantes qu'en 2011.

PM10

Toutes les stations de mesure ont relevé des dépassements de la VLI OPair journalière, avec une progression de leur nombre par rapport aux années précédentes. La sécheresse ainsi que les inversions de température observées en début d'année permettent d'expliquer en partie cette augmentation. La VLI OPair annuelle est dépassée au centre ville ainsi que dans la zone suburbaine. Cette limite est approchée à la campagne sans toutefois être dépassée. Il faut remonter à 2006 pour mesurer des concentrations plus importantes de PM10 et pour dénombrier plus de dépassements de la VLI journalière.

SO₂, CO et retombées de poussières

Après avoir été un polluant majeur durant les années 1980, le SO₂ présent dans l'atmosphère se situe actuellement nettement en dessous des VLI définies dans l'OPair et reste stable. Depuis plus d'une dizaine d'années, le CO ne connaît aucun dépassement de la VLI fixée dans l'OPair, quant aux retombées de poussières, elles respectent les VLI de l'OPair

Annexes

Annexe 1 : mesure des immissions

Introduction

Tous les polluants émis dans l'environnement subissent des transformations de manière plus ou moins rapide selon leur nature, les conditions météorologiques ou encore d'autres facteurs.

Comme le montre la figure ci-dessous, les polluants dits « primaires » émis dans l'air ambiant sont dispersés par les courants atmosphériques et subissent des transformations chimiques sous l'action du soleil, mais aussi de l'humidité et des particules en suspension, pour donner naissance à des polluants dits « secondaires ». Suivant les conditions météorologiques, certaines réactions chimiques et certains phénomènes physiques - tels que la dispersion, l'accumulation ou l'absorption - peuvent se produire dans l'atmosphère.

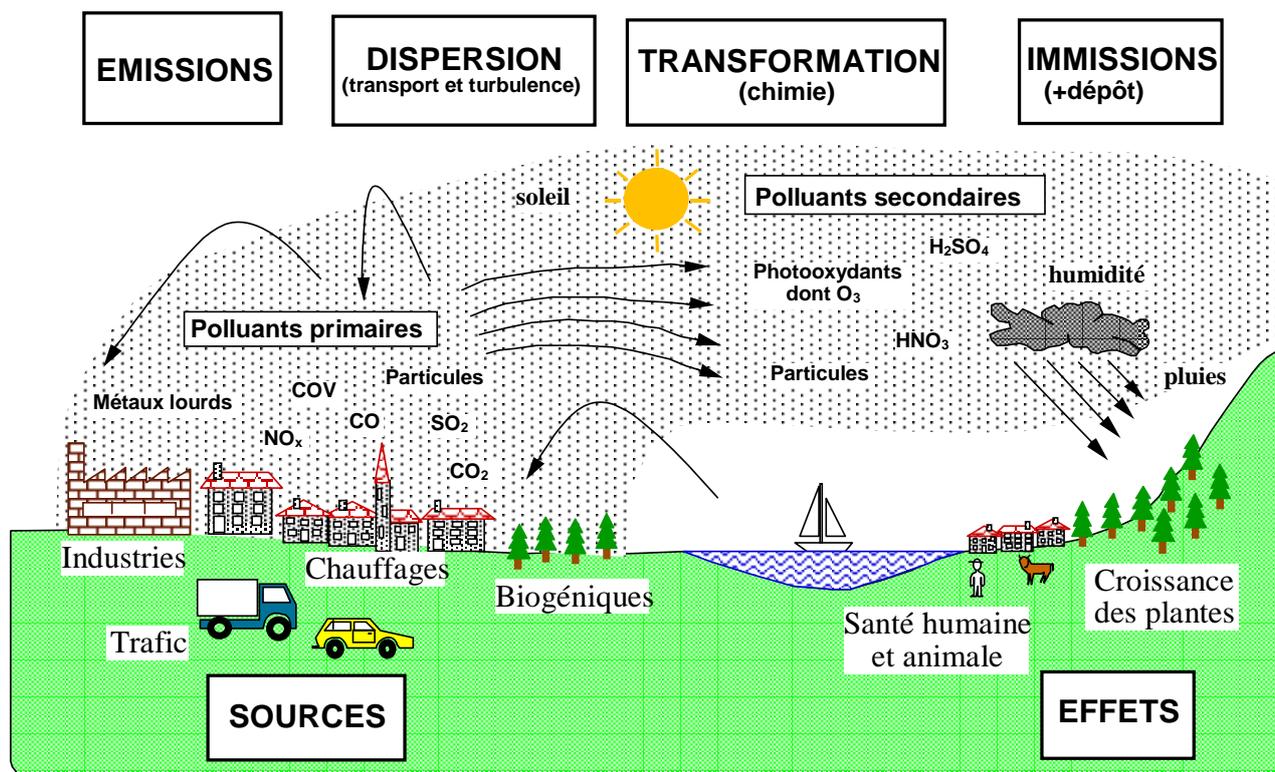


Figure 22. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air

Il faut distinguer les notions d'émission et d'immission.

Les **émissions** se composent des polluants rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits. Elles sont mesurées à la source de leur rejet, quand les polluants ne sont pas encore dilués dans l'atmosphère.

Les **immissions** représentent la pollution en suspension dans l'atmosphère à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, le sol et les constructions.

Les polluants sont émis dans l'atmosphère et subissent un certain nombre de dilutions et de transformations chimiques. Il s'agit d'une pollution "ambiante". Les immissions sont mesurées par prise d'échantillons dans l'air qui nous entoure.

Valeurs limites d'immission selon l'OPair

L'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) a pour but « de protéger l'homme, les animaux et les plantes, leurs biotopes et biocénoses, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodantes ». Cette ordonnance (dont la première version date du 16 décembre 1985) découle de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 12 octobre 1983. L'OPair a été renforcée plusieurs fois, la dernière modification date du 15 juillet 2010.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les VLI OPair pour un certain nombre de composés tels que le SO₂, le NO₂, le CO, l'O₃, les PM10 et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes valeurs limites.

Substance		VLI OPair	Définition statistique
Dioxyde d'azote (NO ₂)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		80 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Ozone (O ₃)		100 µg/m ³	Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles
		120 µg/m ³	Moyenne horaire ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Poussières en suspension (PM ₁₀)	Total	20 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		50 µg/m ³	Moyenne sur 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
	Plomb (Pb)	500 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	1,5 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
Anhydride sulfureux (SO ₂) (syn. : dioxyde de soufre)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		100 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)		8 mg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Retombées de poussières	Total	200 mg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Plomb (Pb)	100 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	2 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Zinc (Zn)	400 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Thallium (Tl)	2 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)

Tableau 2. Valeurs limites d'immission de l'OPair

Annexe 2 : les stations du ROPAG

Programme et méthodes de mesure

Le tableau ci-dessous présente les méthodes de mesure utilisées, par station, pour chaque polluant. Une explication de chaque terme est donnée dans le glossaire.

MESURE STATION	SO ₂	NO ₂	NO	O ₃	HCT	CH ₄	CO	PM10	Pouss.	T	HR	VENT	RS	P
Ile-relais	FUV*	CL*	CL*	AUV**	-	-	-	Aβ	Berg.	TC	H	AN	-	PR
Ste-Clotilde	-	CL*	CL*	AUV**	FID*	FID*	IR*	G	Berg.	-	-	AN-US	-	
Wilson	-	CL*	CL*	AUV**	-	-	-	G°	Berg.	-	-	AN	-	PR
Meyrin	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	Aβ	-	-	-	AN		
Foron	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	Aβ	Berg.	-	-	AN	-	
Anières	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	G	Berg.	-	-	AN-US	Py	
Passeiry	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	Aβ	Berg.	TC	H	AN-US	Py	

Tableau 3. Méthodes de mesure utilisées par station et par polluant

Légendes et abréviations :

* étalonnage avec gaz de référence.

** étalon METAS (Office fédéral de METrologie et d'Accréditation Suisse).

(x / DOAS) signifie que les mesures sont faites avec un analyseur ponctuel et un DOAS.

Abréviations utilisées

Paramètres mesurés

SO ₂	dioxyde de soufre
NO ₂	dioxyde d'azote
NO	monoxyde d'azote
O ₃	ozone
HCT	hydrocarbures totaux
CH ₄	méthane
CO	monoxyde de carbone
PM10	particules fines (<10µm)
Pouss.	retombées de poussières
T	température
HR	humidité relative
VENT	vitesse et direction du vent
RS	rayonnement solaire
P	pression

Méthode de mesure

Py	pyranomètre
Aβ	absorption β
AUV	absorption UV
AN	anémomètre
AN-US	anémomètre à ultrasons
CL	chimiluminescence
DOAS	absorption spectrophotométrique différentielle
FID	détecteur à ionisation de flamme
FUV	fluorescence UV
G	gravimétrie (pesée)
G°	gravimétrie (micro balance)
Berg.	Bergerhoff
H	hygromètre à cheveu
IR	absorption infrarouge
TC	Pt – 100
PR	capteur piezo-résistif

Nota : Les retombées de poussières et les hydrométéores (pluie, grêle, neige) sont recueillis chaque année dans des récipients de verre, de forme cylindrique de 10 cm de diamètre, appelés "Bergerhoff". Après avoir éliminé l'eau par évaporation, on procède à la pesée du résidu sec ainsi qu'à la détermination des concentrations en plomb, cadmium, zinc et thallium de celui-ci.

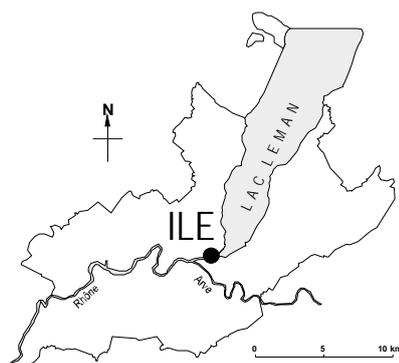
Les relevés et les analyses sont effectués conformément à la norme allemande VDI 2119, qui en fixe le cadre et fait foi en Suisse.

Détail des stations

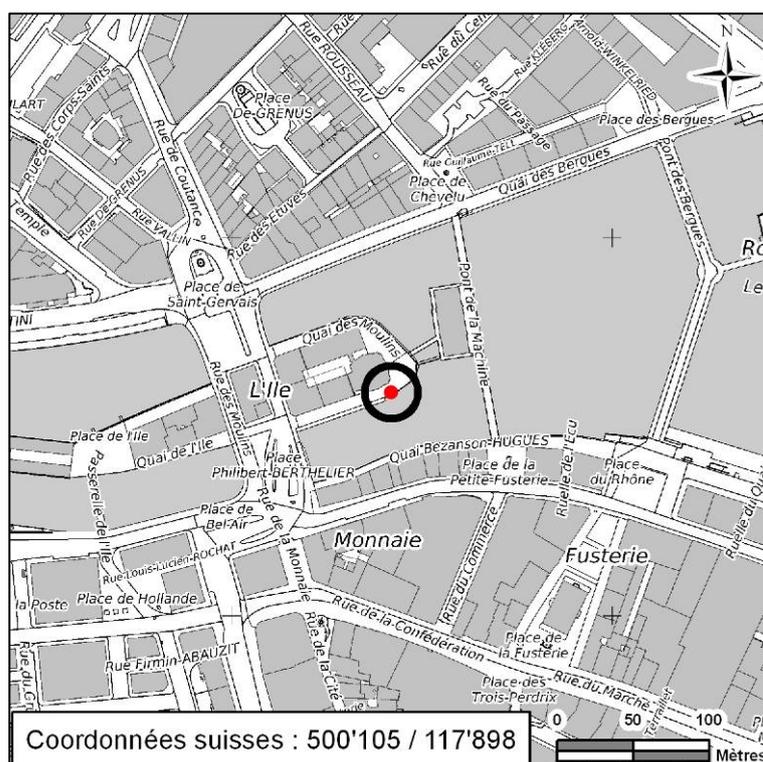
Pour l'année 2011, les 7 stations fixes du ROPAG, ainsi que la station Eole de l'Aéroport International de Genève (AIG), ont analysé l'air genevois. Les données concernant la station de l'AIG sont disponibles sur le site internet de l'Aéroport¹⁰.

¹⁰ <http://www.gva.ch/desktopdefault.aspx/tabid-111/>

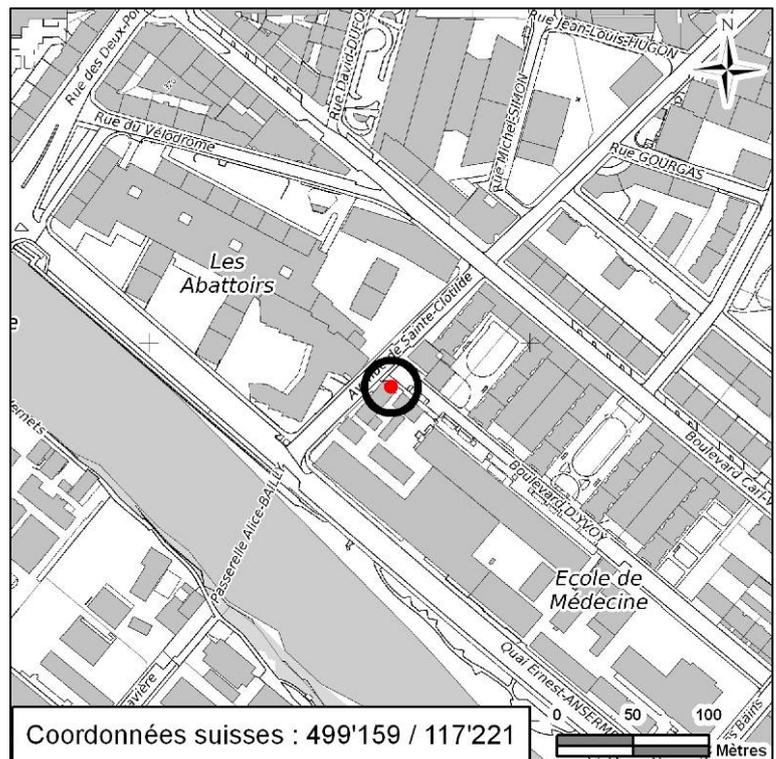
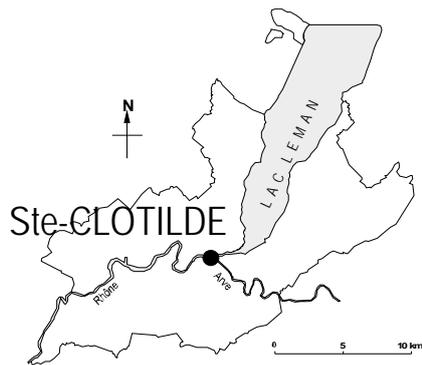
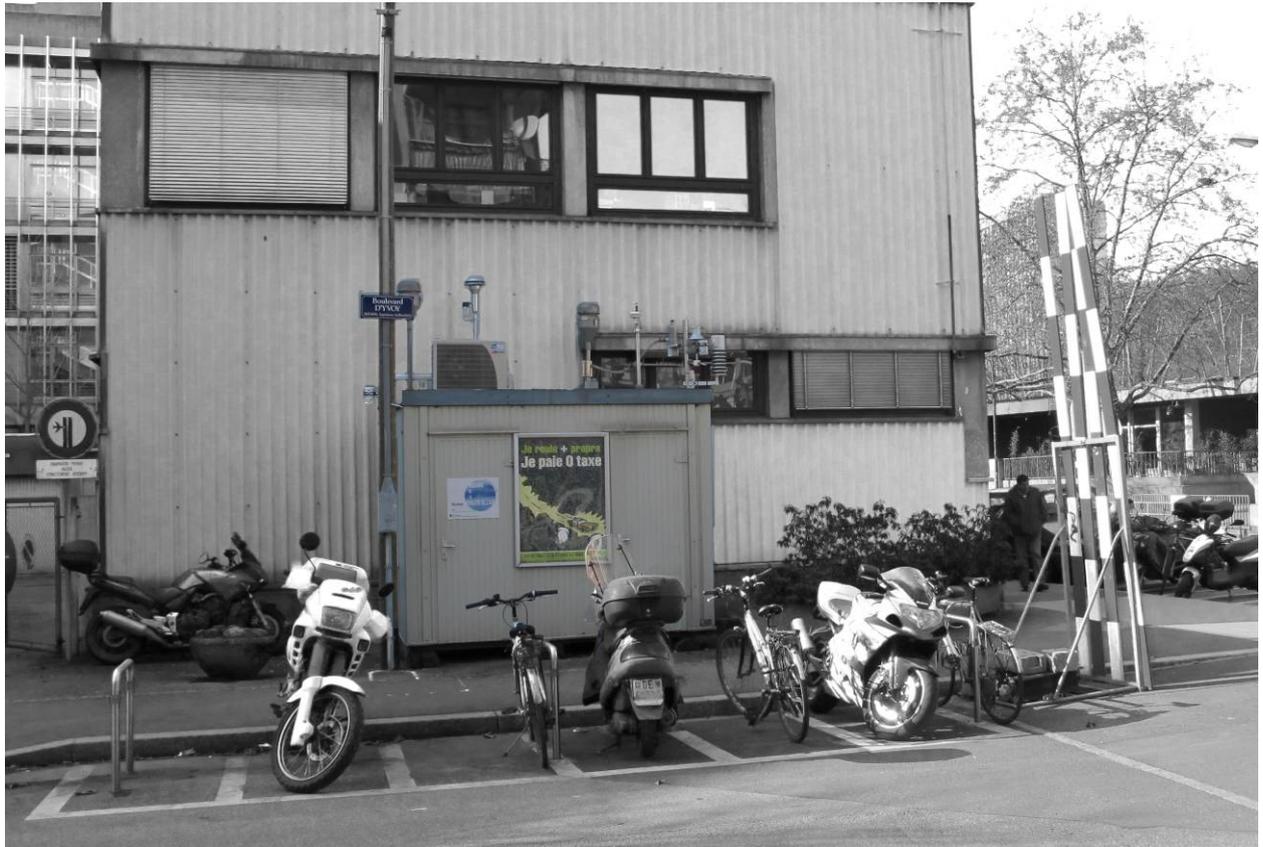
Milieu urbain : ILE-RELAIS



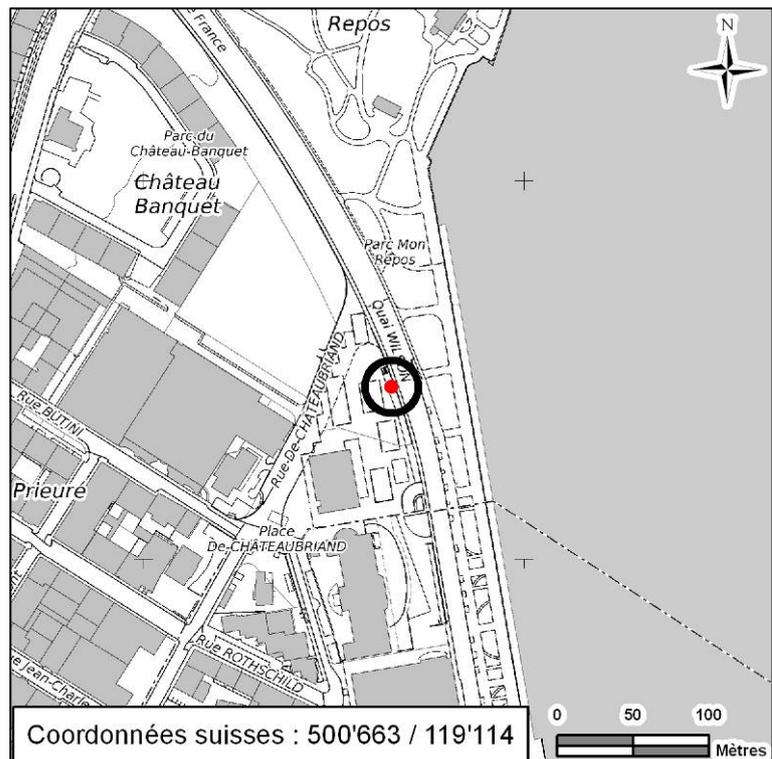
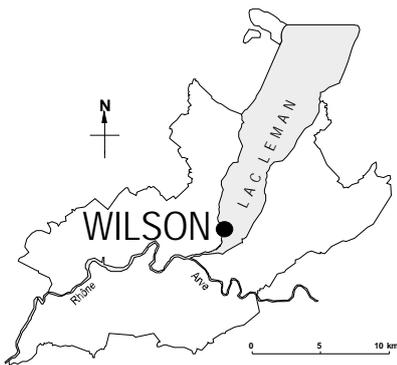
Nota : En raison des travaux du tram Cornavin-Onex-Bernex (TCOB), la station de l'Ile a été remplacée par une station mobile. Elle se trouve depuis fin janvier 2009 sur le quai de l'Ile.



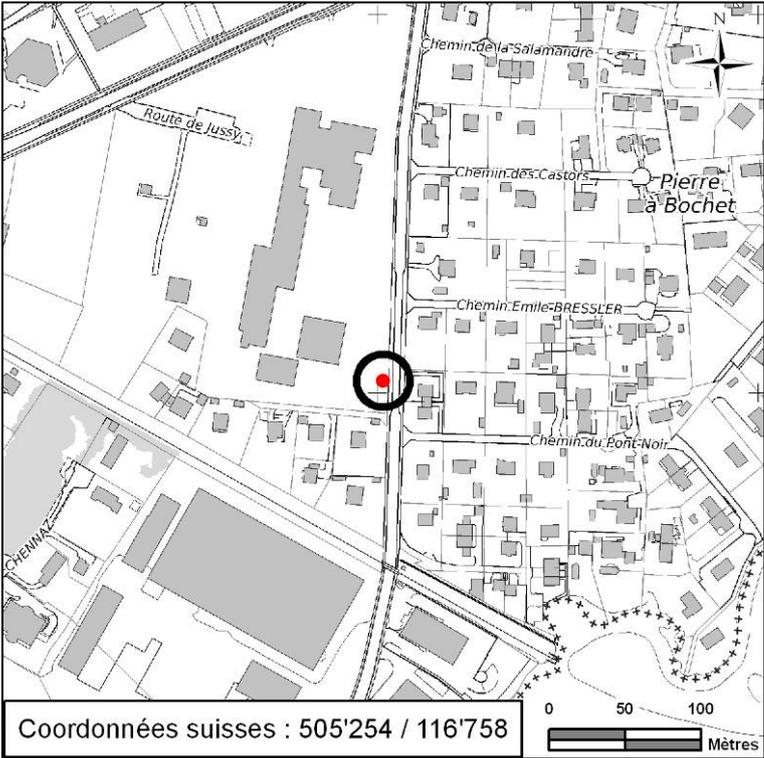
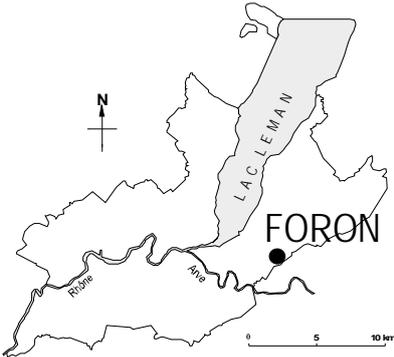
Milieu urbain : SAINTE - CLOTILDE



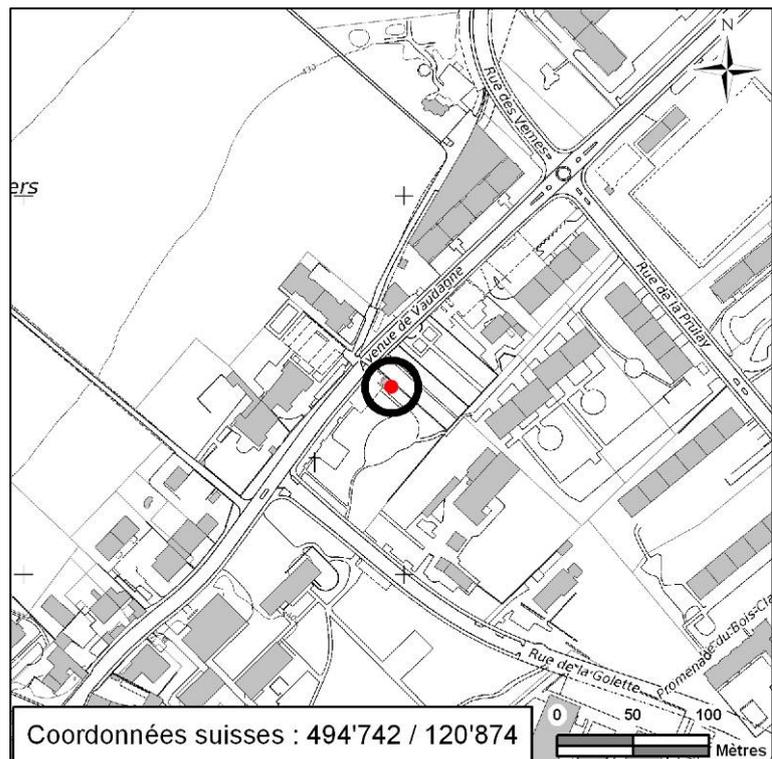
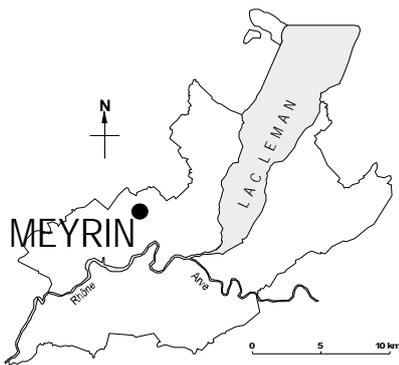
Milieu urbain : WILSON



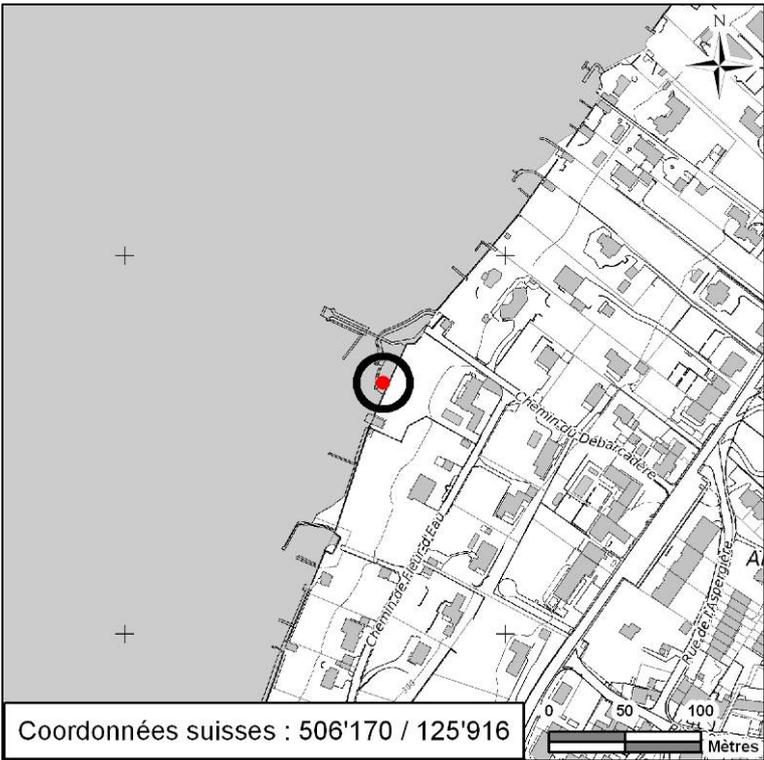
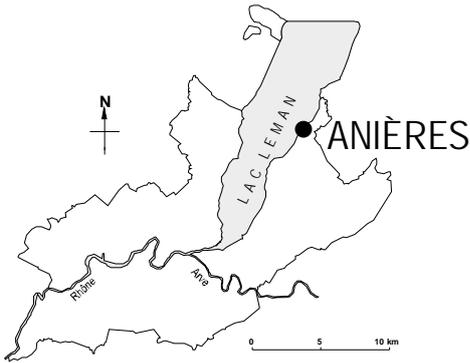
Milieu suburbain : FORON



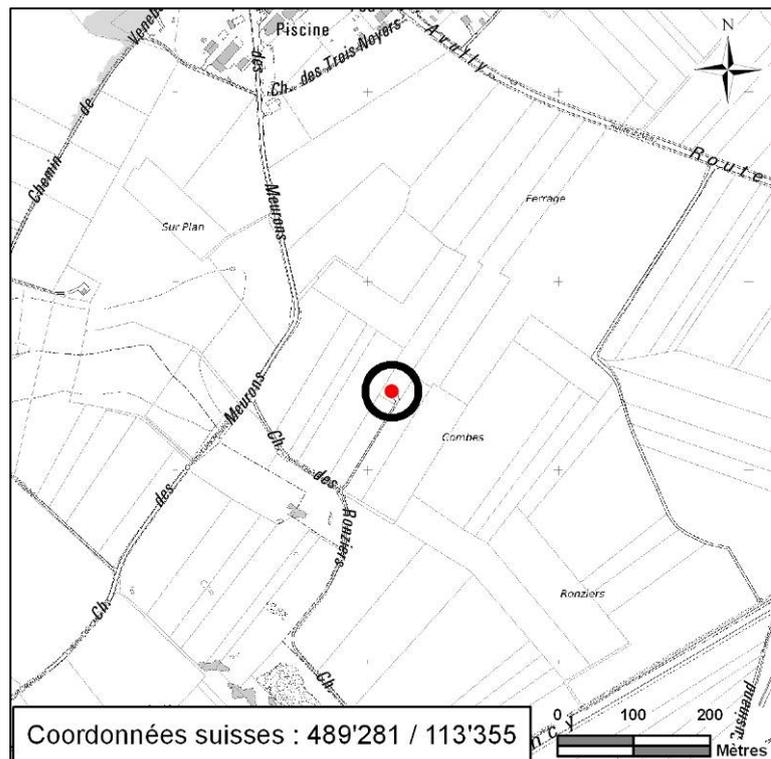
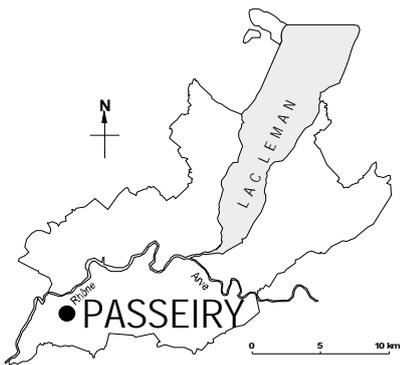
Milieu suburbain : MEYRIN



Milieu rural : ANIERES

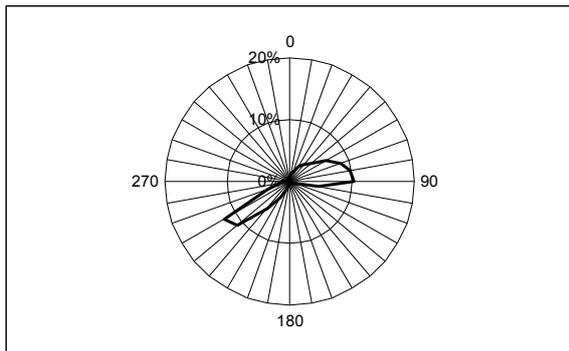


Milieu rural : PASSEIRY

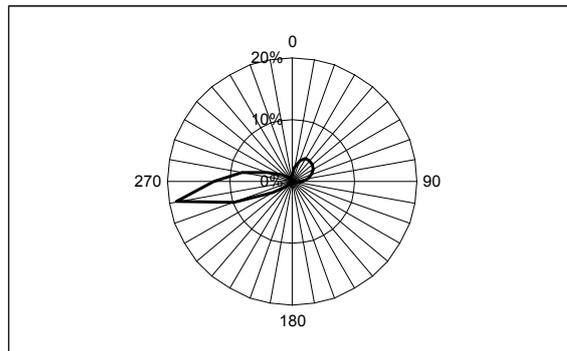


Roses de vents 2011 en %

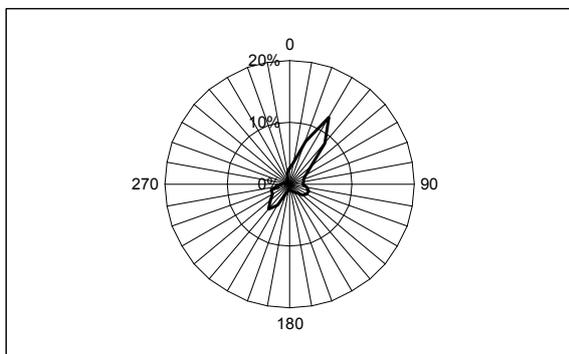
Ile-relais



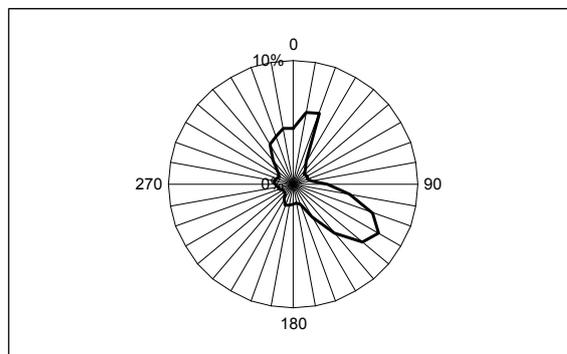
Sainte-Clotilde



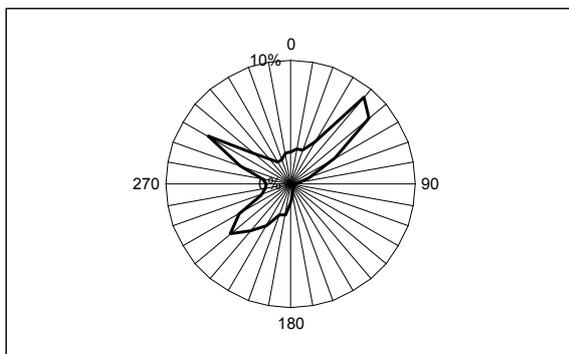
Wilson



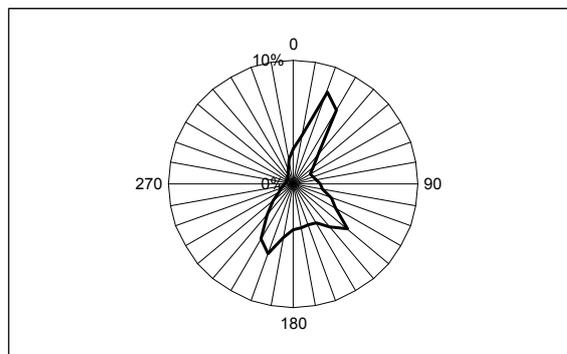
Foron



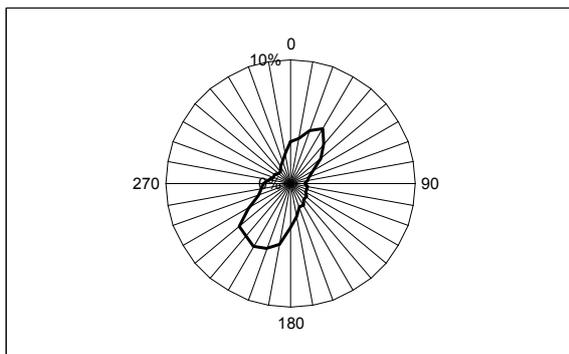
Meyrin



Anières



Passeiry



Annexe 3 : généralités sur les différents polluants

Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), résultent de la décomposition et de la recombinaison, à haute température, de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air. Ils sont issus principalement des processus de combustion (carburants dans les moteurs de voitures et combustibles dans les chaufferies) et d'incinération.

L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs, ainsi que différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO₂. Cependant, avec l'augmentation du nombre de véhicules et des kilomètres parcourus, de la demande énergétique, ainsi que du volume des déchets incinérés, cette tendance s'est inversée dans le canton de Genève depuis le début des années 2000.

Le NO₂ est un gaz particulièrement oxydant. Des études en laboratoire montrent qu'avec les concentrations rencontrées en atmosphère polluée, les personnes souffrant d'asthme peuvent subir une augmentation des réactions bronchiques; pour les sujets sains, le seuil se situe beaucoup plus haut. Le NO₂ est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affections cardio-vasculaire et respiratoire.

Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les NO_x modifient la biodiversité au détriment des plantes peu adaptées aux substrats azotés.

Les NO_x en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux - comme la pierre calcaire - et dégradent les vitrages et les vitraux.

Ozone

L'ozone est une molécule très réactive qui est naturellement présente dans l'air ambiant à de très faibles concentrations. Près du sol, certains gaz polluants - qualifiés de « primaires » ou « précurseurs » - provenant du trafic routier ou des chauffages (oxydes d'azote - NO_x) ainsi que des émanations de solvants ou de carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet du soleil. En ce sens, l'ozone est différent des autres polluants car il n'est pas directement émis mais formé à partir de précurseurs : on parle alors de polluant secondaire. Au-delà d'une certaine concentration, l'ozone proche du sol nuit à la santé et à l'environnement. Ce « mauvais » ozone doit être distingué de la couche de « bon » ozone qui, à haute altitude (10-50 km), nous protège du rayonnement ultraviolet du soleil et qu'il faut absolument préserver.

La pollution à l'ozone est souvent plus élevée à la campagne qu'en ville, surtout en périphérie d'une grande ville ou d'une zone industrielle. Ceci est dû au fait que les polluants primaires contribuent à la fois à former et à détruire l'ozone.

L'ozone a la propriété de pénétrer profondément dans les poumons, jusque dans les alvéoles. C'est un puissant oxydant qui a pour effet de diminuer la capacité respiratoire et d'augmenter la réactivité des bronches. Pour certaines personnes, ces effets se traduisent par des difficultés respiratoires plus ou moins importantes, suivant leur sensibilité, la concentration du polluant, la durée d'exposition et l'intensité de leur activité physique. Outre le système respiratoire, l'ozone peut causer des irritations oculaires. De plus, il existe une relation significative entre les niveaux élevés d'ozone et la surmortalité, ainsi que l'augmentation du nombre d'hospitalisations pour cause d'affections cardio-vasculaire et, surtout, respiratoire.

L'effet de l'ozone sur les végétaux reste variable et dépend de l'espèce. Il perturbe entre autre le cycle photosynthétique de la plante, la rendant sensible aux sécheresses et déséquilibrant son cycle nutritif ce qui induit des nécroses et/ou des baisses de rendement pour les cultures. L'ozone serait aussi à l'origine des modifications du peuplement floristique, défavorisant les espèces plus sensibles à cette pollution. L'ozone participe aussi à l'acidification des milieux : en raison de son fort pouvoir oxydant, il augmente la rapidité de transformation des oxydes de soufre en sulfates et des oxydes d'azote en nitrates.

L'ozone n'a pas d'effet connu sur la pierre. Pour d'autres matériaux, tels que certains plastiques ou les papiers, il provoque un vieillissement prématuré et efface la couleur de certaines encres.

Particules fines

Il s'agit de poussières de natures diverses émises dans l'atmosphère par les processus de combustion (trafic routier, chauffage, incinération des déchets), par certains procédés industriels ou par des phénomènes de friction (usure des freins de véhicules tels que trains, automobiles, etc.). On peut distinguer les particules dites « primaires » qui sont émises directement, des particules « secondaires », formées par exemple par agrégation. Au niveau planétaire la majorité des émissions serait d'origine naturelle (environ 80 %) mais il faut préciser que la caractérisation des émissions de particules est très délicate. A l'échelle locale, dans les pays industrialisés, la part résultant des activités humaines est importante.

La taille des poussières est déterminante quant aux effets qu'elles induisent sur la santé. Les poussières dont le diamètre est inférieur à 10 μm sont appelées PM10 (par analogie, les PM2.5 sont les poussières dont le diamètre est inférieur à 2.5 μm). Alors que les plus grosses (supérieures à 10 μm) sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures, les particules fines ont un plus fort impact sur la santé humaine : elles peuvent pénétrer dans le système respiratoire, d'autant plus profondément qu'elles sont petites, et ce jusque dans les alvéoles pulmonaires. Certaines d'entre elles sont cancérigènes (les suies de diesel par exemple). Ces particules fines augmentent la sensibilité aux allergènes et plusieurs études les rendent responsables de l'augmentation du nombre des hospitalisations pour raison d'asthme ou de bronchite chronique, ainsi que de la mortalité par défaillance cardio-vasculaire.

Les particules induisent une baisse de croissance chez les végétaux ainsi qu'une nécrose végétale, notamment autour d'industries comme les cimenteries.

Elles participent à la détérioration des bâtiments en se déposant sur les pierres et se cimentent par la cristallisation des sels pour former une croûte noire sous laquelle la pierre se désagrège. Les propriétés superficielles des pierres sont modifiées, limitant le séchage et favorisant les éclatements.

Dioxyde de soufre

Le SO_2 provient principalement de procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles soufrés (fiouls industriels et domestiques, diesel, charbon). D'autres procédés industriels tels que le raffinage des hydrocarbures, la fabrication de la pâte à papier, de l'acide sulfurique, de matériaux réfractaires, de tuiles, de briques, sont des émetteurs de SO_2 .

Depuis le 1^{er} janvier 2009, les normes en vigueur imposent une teneur en soufre maximale de 10 ppm pour l'essence et le diesel.

Le SO₂ ne pénètre pas très profondément dans les poumons, hormis durant un effort, car il est arrêté à 90 % au niveau du nez et de la gorge. Il peut induire une plus grande sensibilité aux allergènes et favoriser les crises d'asthme.

Le SO₂, lorsqu'il se dépose, participe à l'acidification des milieux et cause des dommages aux plantes et aux écosystèmes fragiles, entraînant une baisse de la biodiversité.

Le SO₂, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO₃. Combinée avec d'autres éléments cette substance en solution transite à travers les pierres poreuses et, à terme, peut les endommager en les faisant éclater.

Monoxyde de carbone

Le CO - qui se forme lors de combustions incomplètes, principalement dues à un déficit d'oxygène - est un rejet typique d'une installation (moteur, chauffage, ...) défectueuse ou mal réglée.

De par ses propriétés (densité proche de l'air, incolore, inodore) le CO représente un réel danger à l'intérieur des bâtiments. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine et conduit à un manque d'oxygénation des tissus. A des niveaux importants, qui peuvent parfois se rencontrer en milieu urbain, le CO favorise les infarctus et les décès dus à des pathologies cardio-vasculaires¹¹.

Ce polluant produit aussi un effet sur les plantes dont il peut limiter la croissance et, dans certains cas, entraîner la chute des feuilles et la dessiccation.

Retombées de poussières

A la différence des PM₁₀, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 µm, les retombées de poussières concernent les grosses particules qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air et tombent au sol.

Les retombées de poussières, normalement retenues au niveau du nez ou des voies respiratoires supérieures chez l'homme, constituent avant tout une charge polluante pour les sols et les plantes. L'homme peut alors être affecté à nouveau par le biais de la chaîne alimentaire.

¹¹ A des concentrations très élevées (bien au-delà de celles observées dans l'air ambiant) le CO entraîne une mort rapide.

Annexe 4 : préparation et analyse des capteurs passifs NO₂

Préparation

Les tubes à diffusion en polypropylène (PP) sont préparés par le service de toxicologie de l'environnement bâti (STEB) dans le laboratoire du SPAir. Ils sont munis de deux grilles en propyltex, et de deux bouchons en polyéthylène (PE) afin d'éviter toute contamination due au NO₂ atmosphérique ambiant. Les grilles sont imprégnées par un mélange de triéthanolamine / acétone.

Pose - dépose

Les capteurs sont ensuite installés sur les sites de mesure, par lots de 3 dans des boîtiers en PP, et exposés à l'air ambiant pendant 28 jours, en enlevant les bouchons inférieurs.

Les tubes contenant les capteurs sont alors collectés et refermés avant d'être analysés en laboratoire.

La figure ci-après montre le schéma de principe de montage des capteurs passifs.

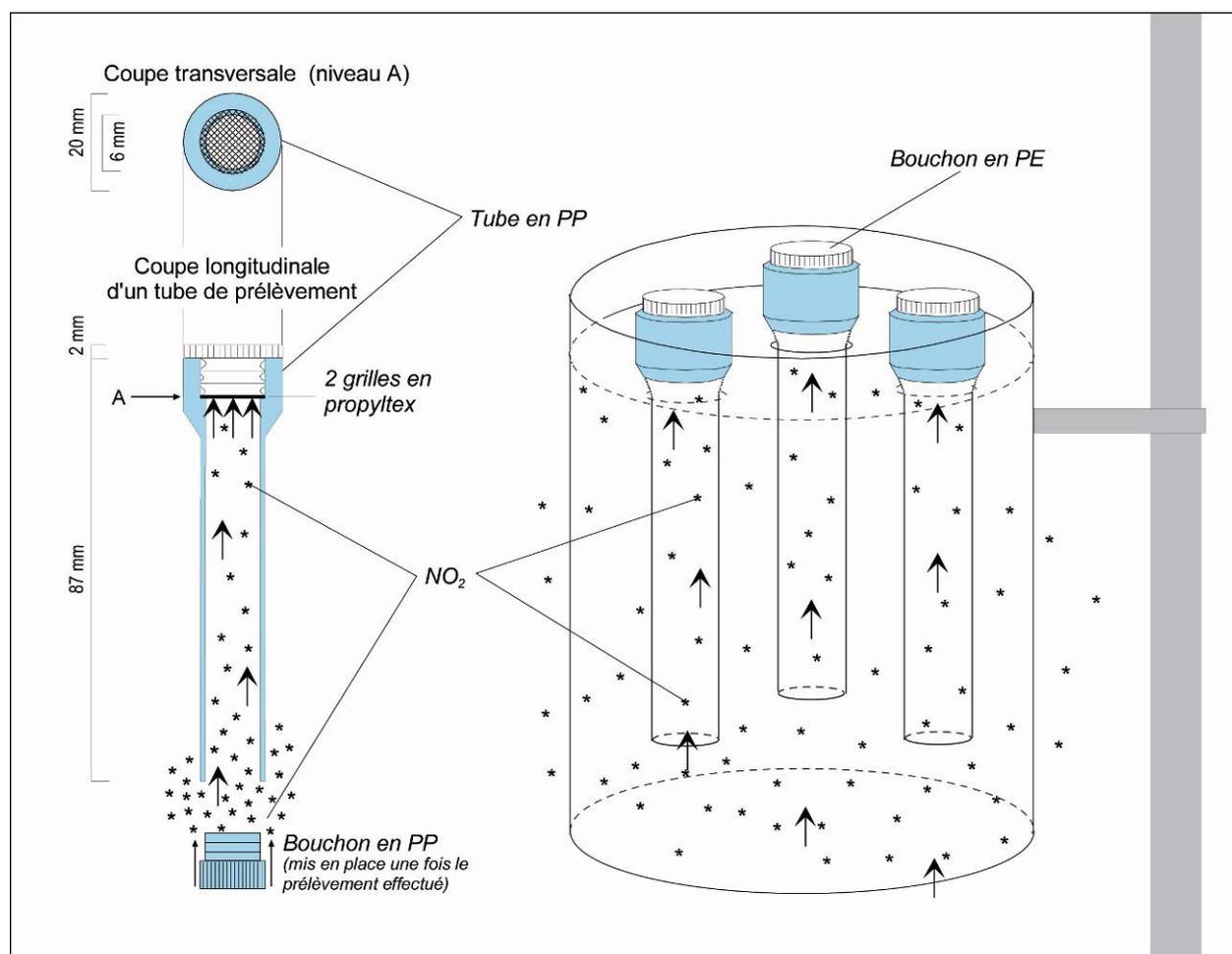


Figure 23. Principe de montage des capteurs passifs de NO₂

Analyse

Chaque tube reçoit 2 ml d'un réactif composé de sulfanilamide et d'acide ortho-phosphorique ainsi que 1 ml de réactif composé de N-(1-naphtyl)éthylènediamine dihydrochloride. Après 15 minutes, l'absorbance à 540 nm de chaque tube est déterminée par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre.

Un blanc et des standards de 500, 1000, 1500 et 2000 µg/l de NaNO₂ (nitrite de sodium) sont mesurés pour déterminer une droite d'étalonnage. Ceci permet d'établir la concentration dans les tubes analysés.

Annexe 5 : qualité de l'air sur l'Internet

Site de l'Etat de Genève

Depuis 1999, les informations sur la qualité de l'air du canton sont disponibles sur www.ge.ch/air.

Les données, récoltées dans les différentes stations fixes et mobiles du ROPAG, sont mises à jour automatiquement et de manière régulière par un programme informatique qui permet de relever, de calculer et de valider 5'000 données journalières, puis de les intégrer et de les publier en ligne.

Ce site Internet permet à tout un chacun de prendre connaissance de la qualité de l'air dans le canton de Genève. Les informations suivantes sont ainsi disponibles sur ce site :

- Les dernières nouvelles relatives à la qualité de l'air.
- Un relevé des dernières mesures effectuées.
- Un plan des stations de mesure avec l'accès aux données les concernant.
- Des cartes et des graphes concernant l'évolution des polluants (ozone, dioxyde d'azote et poussières fines).
- Des informations sur la qualité de l'air et les polluants (leur mesure, leurs effets).
- Une présentation des actions de lutte contre la pollution de l'air.
- Un espace de téléchargement des publications relatives à la qualité de l'air à Genève.
- Un glossaire détaillé.

Autres sites

Pour tout renseignement complémentaire :

<http://www.ge.ch/environnement>

Le portail de l'environnement de l'Etat de Genève.

Voici une liste d'adresses de sites Internet, non exhaustive, qui dispensent une **information en relation avec la qualité de l'air** :

<http://www.admin.ch/ch/f/rs>

Législation suisse.

<http://www.environnement-suisse.ch>

Office fédéral de l'environnement (OFEV).

<http://www.metas.ch>

Office fédéral de métrologie et d'accréditation suisse.

<http://www.who.int/fr>

Organisation mondiale de la santé.

<http://www.unep.org>

Site du programme des Nations Unies pour l'environnement. Il est consacré aux pollutions à l'échelle internationale.

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/index_fr.htm

Rubrique spécifique à la pollution de l'air du site de l'union européenne.

<http://www.ademe.fr>

Agence (française) de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Adresses d'autres réseaux de mesure de la qualité de l'air :

<http://www.ne.ch/air>

SCPE – Service de la protection de l'environnement (canton de Neuchâtel).

<http://www.vd.ch/air>

SEVEN – Service de l'environnement et de l'énergie (canton de Vaud).

<http://www.vs.ch/air>

RESIVAL – Réseau de mesure des immissions du canton du Valais.

<http://www.be.ch/air>

BECO, Economie bernoise, protection contre les immissions.

<http://www.fr.ch/sen/fr/pub/air.htm>

SEN – Service de l'environnement. Division protection de l'air (canton de Fribourg).

<http://www.atmo-rhonealpes.org>

Observatoire de l'air en Rhône-Alpes :
- APS - L'air de l'Ain et des Pays de Savoie.
- ASCOPARG - Association pour le contrôle et la préservation de l'air dans la région grenobloise.
- COPARLY - Comité de Coordination pour le Contrôle de la pollution Atmosphérique dans la Région Lyonnaise.

<http://www.atmo-franche-comte.org/>

Atmo Franche-Comté – Réseau de surveillance de la Qualité de l'air en Franche-Comté.

<http://www.atmo-alsace.net>

ASPA – Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace.

<http://www.buldair.org/>

Regroupe des informations de la qualité de l'air des réseaux de mesure français.

<http://www.transalpair.eu/>

Projet de collaboration transfrontalière de surveillance de la qualité de l'air.

Annexe 6 : cartographie du NO₂

La mise à jour annuelle de 2011 a été l'occasion de retravailler la méthodologie de la création du cadastre des immissions de NO₂ dans un souci d'amélioration de la qualité de cette cartographie. Il convient de détailler les quatre points principaux de cette amélioration afin d'avoir une vision claire des changements apportés :

1. Augmentation du nombre de points de mesures utilisés par le modèle
2. Amélioration de la précision de la co-variable utilisée pour l'interpolation par co-krigeage¹²
3. Évaluation des immissions de NO₂ en dehors de la zone couverte par les réseaux de capteurs passifs lors de campagnes de mesures temporaires
4. Amélioration de la comparabilité des cartes annuelles

Le premier changement consiste en l'augmentation du nombre de points de mesure utilisés dans le modèle : ajout des 16 emplacements du réseau de capteurs passifs de NO₂ de l'aéroport international de Genève (AIG). Jusqu'alors, ceux-ci n'étaient pas pris en compte dans la réalisation de la cartographie. Leur introduction permet d'affiner la modélisation dans le secteur avoisinant l'AIG.

Le second concerne la précision de la co-variable, "émissions de NO_x", qui a été améliorée. Les émissions de NO_x fournies via la dernière version du logiciel CadaGE v1.35 (décembre 2011) permettent d'améliorer les estimations d'émissions issues du trafic routier, qui est aussi la principale source de NO_x. Ainsi, le calcul de ces émissions prend en compte la mise à jour du plan de charge du trafic routier établi sur les données de 2009 et l'introduction des nouveaux facteurs d'émissions issus du Manuel informatisé des coefficients d'émission (MICET) v3.1 (janvier 2010).

Troisièmement, la réalisation de campagnes de mesures temporaires (au moyen de capteurs passifs de NO₂ et de la station de mesure mobile) à l'extérieur du domaine couvert par les capteurs passifs a permis de déterminer que la concentration moyenne annuelle, en pollution de fond, depuis le début de la publication des cartes du NO₂ en 2002 y était inférieure à 26 µg/m³. De ce fait, une catégorie "< 26 µg/m³ (estimé)" a été ajoutée dans les cartes pour illustrer cette information.

Enfin, une amélioration de la comparabilité des cartographies annuelles de 2002 à 2011 a été effectuée. En effet, certains points de mesure, localisés à proximité directe des émissions liées au trafic, ont dû être déplacés dans le cadre d'optimisations du réseau en 2007 et 2010, pour obtenir une cartographie plus représentative de la pollution de fond. Or, cela pose le problème de la continuité temporelle des mesures à un endroit donné.

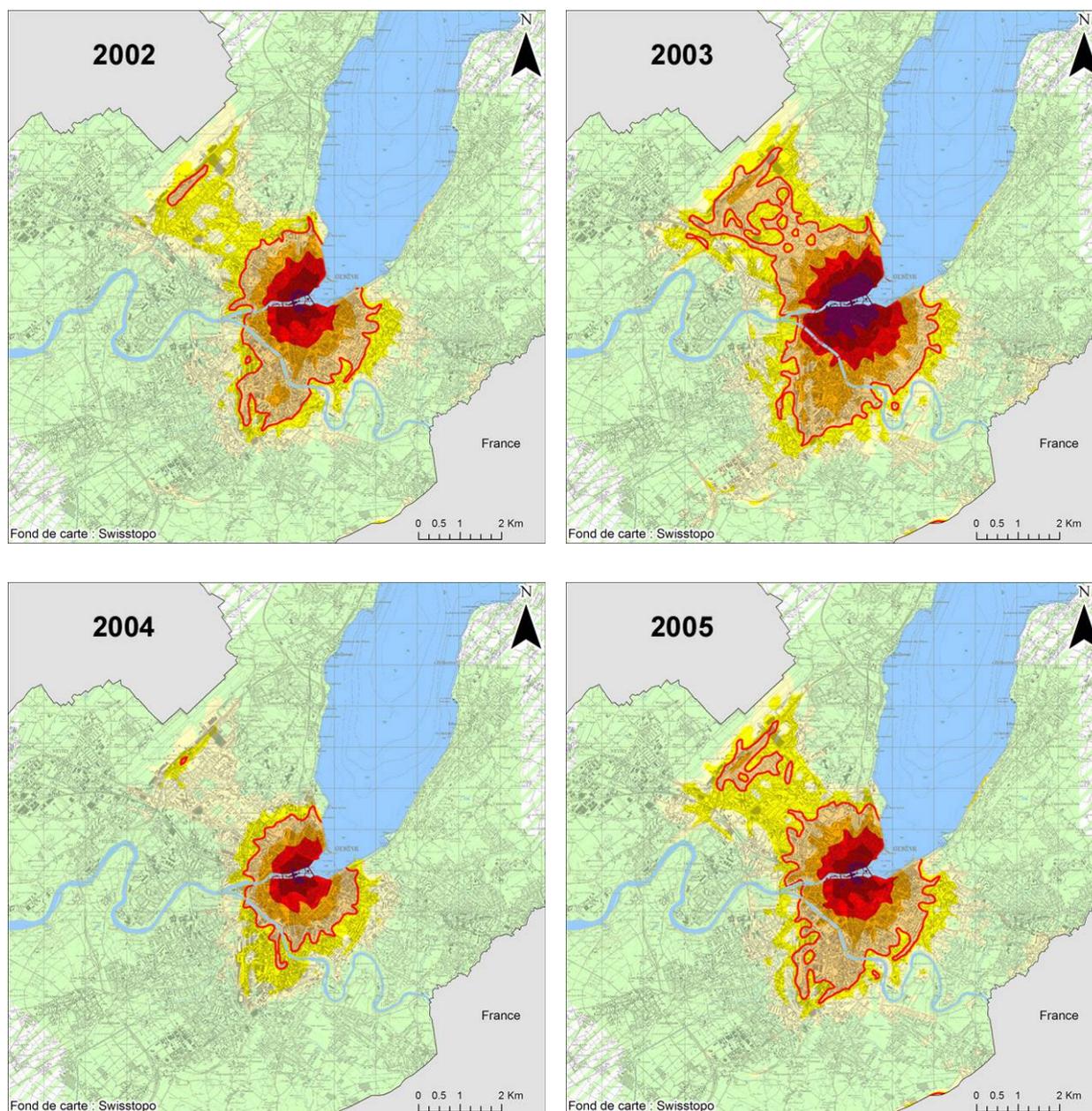
Ces anciens emplacements exposés directement aux émissions polluantes n'étant pas adéquats pour décrire la pollution de fond, ils ont été supprimés de la modélisation. Malgré cette suppression, la comparabilité entre les cartes annuelles devait être maintenue. Pour ce faire, il fallût utiliser une méthode de calcul pour estimer les immissions passées aux nouveaux emplacements. Ces valeurs manquantes ont été déterminées au moyen d'une régression linéaire multiple (RLM). Elles ont été calculées sur la base des mesures avec lesquelles elles étaient les plus fortement corrélées et qui se situaient à proximité.

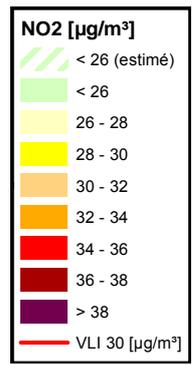
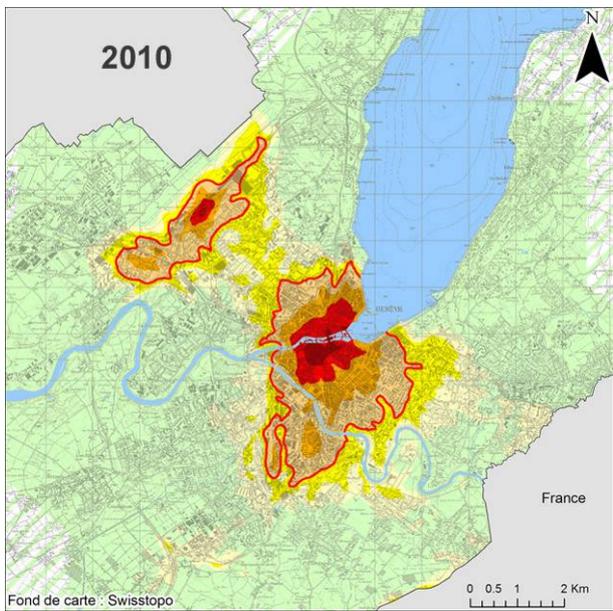
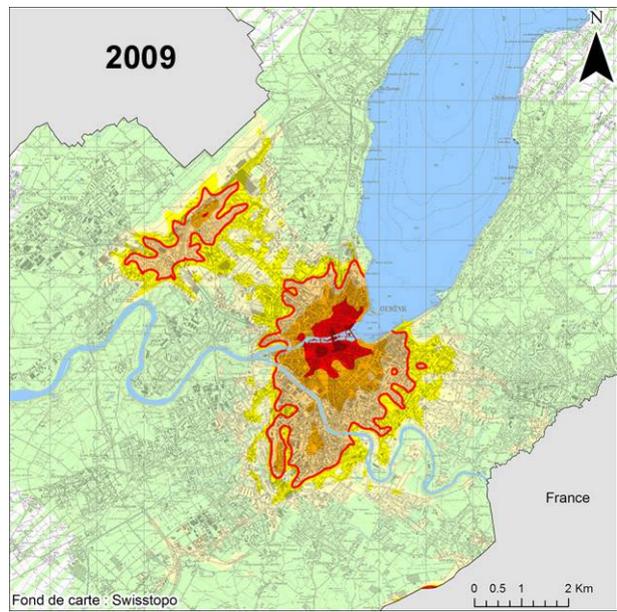
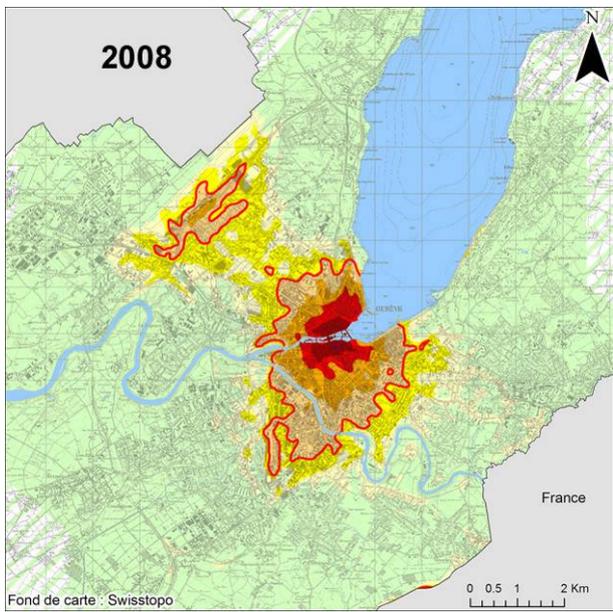
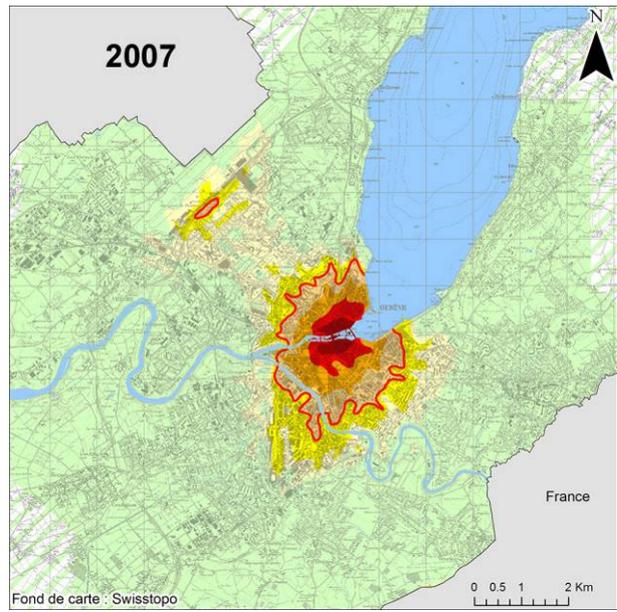
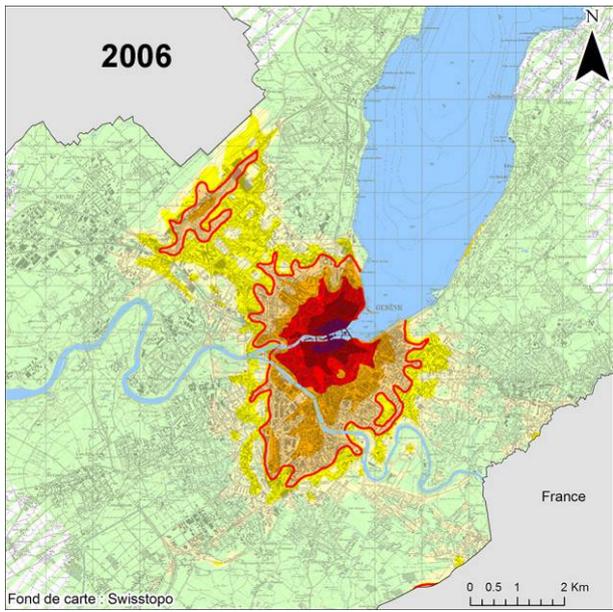
¹² Voir glossaire.

Il en va de même pour les mesures effectuées par l'AIG qui ont débuté en 2006. Pour compléter la série de mesure de 2002 à 2005, la même méthode de complétion des données par RLM a été appliquée.

Finalement, les points de mesures utilisés pour la modélisation sont les mêmes pour toutes les années cartographiées ce qui permet une meilleure interprétation des fluctuations de la concentration du NO₂.

Les cartes suivantes illustrent les immissions de NO₂ de 2002 à 2010 modélisées selon la mise à jour expliquée précédemment.





Annexe 7 : glossaire

A

Absorption

Phénomène par lequel un rayonnement traversant une matière cède à celle-ci une partie ou la totalité de son énergie.

Absorption β

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement β produit par une source radioactive. Cette méthode est utilisée pour les poussières.

Absorption IR

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement IR produit par une lampe infrarouge. Cette méthode est utilisée pour le monoxyde de carbone.

Absorption UV

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement UV produit par une lampe ultraviolet. Cette méthode est utilisée pour l'ozone.

Albédomètre

L'albédo représente la fraction de radiation réfléchie par le sol par rapport à la radiation incidente.

L'albédomètre est formé de deux pyranomètres identiques opposés: un dirigé vers le haut (ciel) l'autre vers le bas (terre). Le pyranomètre dirigé vers le haut mesure le rayonnement global (direct + diffus) incident sur le terrain, tandis que celui dirigé vers le bas mesure le rayonnement global réfléchi par le terrain.

Ammoniac (NH₃)

L'ammoniac sert à la fabrication des engrais ainsi que des fibres synthétiques et plastiques.

Sources principales

- Agriculture (engrais azotés).
- Elevages industriels.

Effets

- Brûlures des muqueuses, maux de tête, toux.
- Cytolytique intense qui entrave la croissance végétale.
- Acidification des sols.

Anémomètre

L'anémomètre est un instrument qui permet de mesurer la vitesse du vent.

Le principe le plus communément employé pour mesurer le vent horizontal est le suivant : un moulinet de trois coupelles se met à tourner sous l'effet du vent. La vitesse de rotation de ce moulinet est proportionnelle à la vitesse du vent horizontal. Couplé à une girouette, on peut alors mesurer la vitesse du

vent et sa direction en 2 dimensions (dans le plan horizontal).

Les anémomètres à ultrasons permettent de mesurer, en utilisant l'effet Doppler, la vitesse du vent et sa direction en 3 dimensions.

B

Bergerhoff

Cette méthode permet de faire l'analyse des retombées de poussières.

Les relevés ainsi que les analyses sont effectués conformément à la norme VDI 2119. Dans le cadre de l'OPair, les concentrations en plomb, cadmium et zinc sont déterminées.

C

Cadmium

Cf. *Métaux lourds*.

Combustibles - Carburants

Les combustibles concernent tous les corps utilisés pour produire de la chaleur.

Par exemple le bois, les huiles, le charbon, le gaz.

Les carburants sont les combustibles qui, mélangés à l'air, peuvent être utilisés dans un moteur à explosion. Ils sont par conséquent intimement liés au domaine des transports.

Par exemple l'essence, le diesel, le kérosène.

Chimiluminescence

Se dit du phénomène par lequel certaines molécules portées à un état excité, par un apport d'énergie venant d'une réaction chimique, retournent à l'état fondamental en restituant une partie de l'énergie sous forme de lumière.

Dans l'analyse de la qualité de l'air, ce phénomène est utilisé pour mesurer des concentrations de NO_x.

Suite à la réaction entre NO et O₃ (qui est rapide et complète en présence d'un excès de O₃) une molécule de NO₂ excitée est formée. Cette molécule va se désexciter en émettant un rayonnement dans le proche infrarouge.

L'intensité de ce rayonnement est proportionnel à la quantité de NO présent dans l'air et permet alors d'en déduire la concentration.

Si l'on veut mesurer une concentration en NO₂, il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur,

puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO₂ et le luminol).

Co-krigeage

Le co-krigeage ordinaire est une méthode d'interpolation stochastique appartenant à la famille du krigeage.

Cette méthode permet de prendre en compte la relation de corrélation spatiale entre les données. La particularité du co-krigeage est qu'en plus de la variable à interpoler, il utilise l'information supplémentaire fournie par une variable secondaire corrélée avec celle-ci.

Composés organiques volatils (COV)

Sous ce nom générique, on regroupe des milliers de composés aux caractéristiques très variables. Ce sont des molécules constituées principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils sont multiples et s'évaporent relativement facilement.

Ils ne comprennent pas le méthane et les CFC.

Ils sont émis lors de l'évaporation de solvants (dans les peintures, les encres, les produits de nettoyage et de vitrification des sols, etc.), de carburants (lors du transvasement de produits pétroliers ou d'hydrocarbure pour les véhicules à moteur) et lors d'une combustion incomplète.

Sources principales :

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

Effets :

- Certains composés sont inoffensifs, d'autres hautement toxiques et cancérigènes (par ex. le benzène).
- Ils vont de la simple gêne olfactive, à une irritation ou à la diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des risques d'effets cancérigènes.
- Combinés aux oxydes d'azote, ce sont d'importants précurseurs d'oxydants photochimiques (ozone / smog estival)

Composition de l'atmosphère

L'atmosphère (au niveau du sol) est composée de molécules et de différentes particules en suspension.

Molécules :

Azote (N₂) : 78.1%

Oxygène (O₂) : 20.9%

Argon (Ar) : 0.9%

Dioxyde de carbone (CO₂) : 0.03%

Et

Vapeur d'eau (H₂O) : hautement variable

Ozone (O₃), Dioxyde d'azote (NO₂), Dioxyde de soufre (SO₂), : ppb

Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

D

Dioxyde d'azote (NO₂)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Dioxyde de carbone (CO₂)

Il est émis lors de toute combustion.

Sources principales :

- Chauffages industriels et domestiques.
- Véhicules à moteur (trafic routier et autres).

Effets

Dans les concentrations actuelles, le CO₂ ne présente pas un danger pour la santé mais pour le climat, car étant l'un des principaux gaz à effet de serre.

Dioxyde de soufre (SO₂)

Synonyme : Anhydride sulfureux.

Il est émis lors de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre (fioul, charbon). L'émission du dioxyde de soufre dépend directement de la teneur en soufre du combustible.

Sources principales :

Chauffages industriels et domestiques.

Effets :

- Maladies respiratoires.
- Dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles.
- Corrosion des métaux et altération des matériaux de construction.
- Importants précurseurs de pluies acides et de poussières fines.

Direction (- horizontale - du vent)

La direction est une des deux grandeurs qui, avec la force, caractérise le vent horizontal.

En météorologie, on donne toujours la direction d'où vient le vent repérée par rapport aux points cardinaux (nord, est, sud, ouest) ou par l'angle de cette direction par rapport au Nord.

Par exemple, un vent de sud sera de secteur 180°, un vent d'ouest sera de secteur 270°.

DOAS

Acronyme pour « Differential Optical Absorption Spectroscopy », c.-à-d. « absorption spectrophotométrique différentielle ».

Cette technique est basée sur les propriétés d'absorption d'un faisceau lumineux par les molécules étudiées.

Une des différences fondamentales par rapport à un analyseur ponctuel « classique » est que la mesure donnée par un DOAS est intégrée sur un chemin optique.

E

Emissions

Polluants rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits.

Ils sont mesurés à la source de leur rejet alors qu'ils ne sont pas encore dilués dans l'atmosphère.

F

FID

Acronyme pour « Flame Ionisation Detector », traduit par « Détecteur à ionisation de flamme ».

Si l'on injecte dans une flamme air-hydrogène des molécules contenant des atomes de carbone, on obtient des ions. En les faisant passer entre des électrodes chargées, un courant est produit. Celui-ci est proportionnel au nombre d'atomes de carbone présents dans la flamme, ce qui permet d'en mesurer la concentration.

Le coefficient de proportionnalité dépend de la "famille" des molécules : hydrocarbures (env. 1), alcools, cétones, solvants chlorés (env. 0) ...

On peut considérer que la réponse est pratiquement spécifique des hydrocarbures présents dans l'air ambiant (les autres molécules contenant du carbone, comme CO₂, ne contribuant pas à cette réponse) et celle-ci est proportionnelle à la quantité d'hydrocarbures présents.

Par ailleurs, le méthane étant un constituant naturellement présent dans l'air ambiant (méthane anthropogénique), il peut être intéressant de le séparer des autres hydrocarbures dus à l'activité humaine. On peut donc soit doser les "hydrocarbures totaux" si l'air ambiant est directement envoyé dans le brûleur, soit les hydrocarbures "non-méthaniques", en plus des hydrocarbures totaux et du méthane obtenu par différence, par des techniques de séparation des hydrocarbures (en général méthane - autres hydrocarbures) à l'aide d'une cartouche de charbon actif, ou d'une colonne de chromatographie en phase gazeuse, ou encore par destruction sélective des hydrocarbures non-méthaniques à l'aide d'une colonne d'hopcalite chauffée à 260° C.

FUV

Acronyme pour « Fluorescence UV ».

Lorsqu'elles sont soumises à un rayonnement UV qui va les porter dans un état excité, certaines molécules (comme par exemple le SO₂) peuvent céder ce supplément d'énergie par fluorescence.

Ce rayonnement de fluorescence peut être capté par un photo-détecteur et est proportionnel à la concentration du gaz analysé.

G

Gravimétrie

En chimie, se dit d'une méthode d'analyse par pesée. Cette méthode est utilisée dans la mesure des concentrations des PM10 dans l'air ambiant. Au ROPAG deux types de mesures sont utilisées : par pesée et par *microbalance*.

Pesée

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume de 720 m³ d'air extérieur à analyser en 24 h à travers un filtre en fibre de quartz de 15 cm de diamètre.

La différence entre les pesées avant et après l'accumulation permet de recouvrer la concentration.

Cette méthode de référence répond à la norme EN 12341.

Microbalance

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume d'air extérieur à analyser à travers un filtre. Celui-ci repose sur la tête d'une tige vibrante, et la masse des particules accumulées va alors modifier la fréquence de vibration. Cela permet alors de recouvrer la concentration.

H

Humidité relative

Cette unité donne la teneur en vapeur d'eau de l'air.

On raisonne souvent avec l'humidité relative, qui exprime la quantité de vapeur d'eau en pourcentage par rapport à l'état de saturation.

D'autres unités permettent de donner la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, comme le rapport de mélange, qui est la masse de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec.

Hydrocarbures totaux (HCT)

Cf. FID.

Hygromètre

L'hygromètre est un instrument destiné à mesurer l'humidité relative de l'air.

Les hygromètres traditionnels utilisent les propriétés des cheveux qui s'allongent quand l'humidité s'accroît. D'autres types d'hygromètres sont électroniques, basés sur le principe de la variation de capacité d'un condensateur avec l'humidité

I

Immissions

Pollution atmosphérique à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, le sol et les biens matériels.

Les polluants sont émis dans l'atmosphère et subissent un certain nombre de dilutions et transformations chimiques. Il s'agit d'une pollution "ambiante" en suspension dans l'atmosphère.

Les immissions sont mesurées par prise d'échantillon dans l'air qui nous entoure.

IPL

L'IPL est l'indice de pollution à long terme suisse. C'est un indice annuel de la qualité de l'air calculé à l'aide des mesures en continu du dioxyde d'azote (NO₂), des particules fines (PM10) et de l'ozone (O₃). Cet indice est représentatif de l'état de la pollution chronique du site de mesure.

L'indice permet de catégoriser la charge polluante en se servant de l'échelle ci-dessous

IPL	Charge polluante
6	très haute
5	haute
4	marquée
3	modérée
2	faible
1	très faible

Inversion de température

L'inversion de température (ou inversion thermique) est un phénomène climatique qui survient lorsque les couches d'air sont plus chaudes en altitude qu'au niveau du sol. Dans cette situation, les polluants ne peuvent se disperser verticalement, ce qui donne lieu à une accumulation en dessous de l'altitude où se situe l'inversion.

La concentration des polluants est encore plus importante en absence de vent.

L

LPE

Acronyme pour « Loi sur la protection de l'environnement ».

Cette loi fédérale a été adoptée à l'unanimité le 7 octobre 1983 et est entrée en vigueur le 1^{er} février 1985.

Dixit l'article énonçant le but de la LPE, art. premier, 1^{er} al. : « La présente loi a pour but de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes des atteintes nuisibles ou incommodes, et de conserver la fertilité du sol ».

M

Métaux lourds

Se dit des éléments chimiques dont la masse spécifique est supérieure à 5'000 kg/m³. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 %, c.à.d. 1000 ppm : on parle de « trace ».

Dans l'atmosphère ces métaux se rencontrent le plus souvent incorporés aux particules fines en suspension.

Pour l'être humain, ces particules peuvent alors pénétrer dans les poumons, et ce d'autant plus profondément qu'elles sont petites.

Dans la nature il y a un phénomène d'accumulation, notamment du fait que ces métaux ne sont pas dégradables (que ce soit biologiquement ou chimiquement).

Plomb

Sources principales

- Traitement des déchets métalliques.
- Batteries.
- Secteur du bâtiment.
- Combustion de l'essence au plomb (source qui a fortement diminué depuis l'introduction de l'essence sans plomb).

Effets

- Entrave la formation de l'hémoglobine et provoque des modifications de la composition du sang.
- Neurotoxique.
- Effets toxiques sur les systèmes cardio-vasculaires et nerveux.
- S'accumule dans les chaînes alimentaires.

Cadmium

Sources principales

- Traitement de surface des métaux.
- Stabilisateur des plastiques.
- Combustion de produits cadmiés (couleurs, produits artificiels).
- Pigmentations (interdit en Europe depuis 1991).
- Batteries, accumulateurs.
- Incinérations : métaux, ordures ménagères.

Effets

- Cancérogène.
- Perturbations des reins et du foie.
- Poison pour les végétaux.
- S'accumule dans les chaînes alimentaires.

Zinc

Sources principales

- Industrie (traitement des métaux par ex.).
- Combustion de carburants.
- Usines d'incinération.
- Usure des pneus, des chaussées.

Effets

Oligo-élément essentiel pour l'homme et les plantes, il devient très toxique à forte concentration.

Thallium

Source principale

Industrie du ciment.

Effets

- Élément très persistant dans les sols, il peut alors être absorbé par le biais de la chaîne alimentaire.
- Effets néfastes déjà à de très petites concentrations.

Méthane (CH₄)

Cf. FID.

Il est émis lors de la dégradation microbienne de substances organiques, notamment dans l'élevage de bovins et dans les décharges.

Il est inoffensif pour l'homme et l'animal dans les concentrations d'immissions normales.

Il participe à l'effet de serre ainsi qu'à la formation de l'ozone dans la troposphère.

Monoxyde d'azote (NO)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est émis lors de combustion incomplète de carburants et de combustibles.

Sources principales :

- Véhicules à moteur (trafic routier).
- Chauffages domestiques et industriels.
- Feux de forêt.

Effets :

- Inhalé à doses importantes et répétées, c'est un poison pour l'homme et les animaux à sang chaud (il bloque l'apport d'oxygène dans le sang).
- Intervient dans la formation de l'ozone troposphérique.

La moyenne journalière est exprimée en milligramme par mètre cube (mg/m³) contrairement aux autres polluants dont l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube (µg/m³).

Moyennes

Moyenne semi-horaire

Chaque demi-heure, la moyenne des valeurs enregistrées est calculée.

Moyenne horaire maximale

La moyenne horaire se calcule à partir de la moyenne des 2 valeurs semi-horaires. La moyenne horaire maximale est donc le chiffre maximum des moyennes obtenues durant la journée. Sur une heure il y a deux moyennes semi-horaires.

Moyenne journalière

La moyenne journalière se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une journée. Pour calculer

la moyenne journalière, il faut au moins 36 moyennes semi-horaires.

Moyenne annuelle

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une année. Pour calculer la moyenne annuelle, il faut au moins 13'140 moyennes semi-horaires.

Moyenne annuelle glissante

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires effectuées durant les 365 jours précédents. Elle est recalculée quotidiennement. Pour calculer la moyenne annuelle glissante, il faut au moins 13'140 moyennes semi-horaires.

Percentile 95

95% des moyennes semi-horaires d'une année doivent être inférieures à la valeur fixée x.

Ce qui veut dire que sur 100 moyennes, 95 d'entre elles doivent être inférieures à la valeur fixée x. Seules 5 valeurs peuvent être supérieures.

Percentile 98

98% des moyennes semi-horaires d'un mois doivent être inférieures à la valeur fixée x.

Donc, sur 100 moyennes, 98 d'entre elles doivent être inférieures à la valeur fixée x. Seules 2 valeurs peuvent être supérieures.

O

OPair

Acronyme pour « Ordonnance (fédérale) sur la protection de l'air ».

Elle a pour but « de protéger l'homme, les animaux et les plantes, leurs biotopes et biocénoses, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodantes ».

La 1^{ère} version date du 16 décembre 1985, et découle de la LPE – Loi sur la protection de l'environnement du 12 octobre 1983.

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis, la dernière datant du 12 octobre 1999.

Oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote sont émis lors de la combustion, que ce soit de la transformation de l'azote contenu dans le combustible, ou le carburant, ou de l'oxydation de l'azote amené par l'air.

Etant donné que le NO s'oxyde rapidement en NO₂, la totalité des émissions est exprimée en dioxyde d'azote.

Le terme "Oxydes d'azote" (NO_x), recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) :



En combinaison avec les composés organiques volatils, et sous l'action de l'énergie solaire, les NO_x interviennent dans la formation de l'ozone troposphérique.

Sources principales :

- Véhicules à moteur (trafic routier et autres machines).
- Installations de combustion.

Effets :

- Maladies respiratoires.
- Dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles lorsqu'ils sont combinés à d'autres polluants.
- Fertilisation excessive des écosystèmes.
- Importants précurseurs de pluies acides et de poussières fines.

Oxydes de carbone

Cf. *Monoxyde de carbone (CO)*, *Dioxyde de carbone (CO₂)*.

Les oxydes de carbone sont émis lors de la combustion des combustibles ou des carburants, qui contiennent du carbone.

Lorsque la combustion est incomplète, celle-ci génère une quantité importante de monoxyde de carbone. C'est le cas, par exemple, d'un moteur de véhicule mal réglé.

Ozone (O₃)

L'ozone est un constituant naturel de l'atmosphère qui se forme soit :

- dans la stratosphère, par un processus photochimique, et qui parvient à la troposphère par des processus d'échange.
- par une transformation photochimique due à la présence naturelle de NO_x, COV et CO.

D'après des mesures effectuées au début du siècle dernier, époque à laquelle on peut supposer que les émissions anthropiques étaient faibles, on estime que la concentration naturelle en ozone était de 10 à 15 ppb au niveau du sol.

A cela s'ajoute l'ozone résultant de l'activité humaine. Pour illustrer ceci, voici un exemple tiré d'un rapport de l'OFEV du 3 février 1995.

« Une charge estivale en ozone de 200 µg/m³, mesurée dans une agglomération du nord des Alpes, se compose aujourd'hui comme suit :

30 µg/m³ (± 10 µg/m³) : Ozone naturel.

70 µg/m³ (± 20 µg/m³) : Concentration de fond (dictée par les émissions de toute l'Europe).

60 µg/m³ (± 60 µg/m³) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1000 km).

40 µg/m³ (± 20 µg/m³) : Ozone produit localement (dicté par les émissions produites dans un rayon de 50 km). »

Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis directement par une source particulière. L'ozone proche du sol est un polluant secondaire qui se forme par réaction chimique dans la troposphère à partir

d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils sous l'action de la lumière du soleil.

Sources principales :

- Trafic
- Industrie et artisanat

Effets :

L'effet néfaste de l'ozone vient de sa très grande réactivité.

- Irritation des muqueuses, des voies respiratoires.
- Irritations oculaires.
- Provoque des sensations d'oppression.
- Diminue la fonction pulmonaire.
- Endommage les plantes.

Les effets sont augmentés lors d'exercices physiques et sont variables selon les individus.

P

Percentile 95, Percentile 98

Cf. *Moyenne*.

Plomb

Cf. *Métaux lourds*.

Poussières - PM 10 - PM 2.5

Les poussières parviennent dans l'atmosphère par le biais des procédés industriels ou de combustion, mais aussi de processus naturels et de l'agriculture.

Les poussières, dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (resp. 2.5 µm), sont appelées PM10 (resp. PM2.5). Ce sont ces poussières fines qui ont un impact sur la santé humaine car elles peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires.

Sources principales

- Trafic routier : émissions, abrasions diverses.
- Industrie : chauffages, chantiers, incinérations.
- Agriculture
- Particuliers : chauffages, jardinage.

Effets

- Affection des voies respiratoires (irritation, infection).
- Crises d'étouffement, toux.
- Charge du sol en métaux.
- Pollution des bâtiments et des installations.

Polluants primaires et secondaires

Polluant primaire

C'est un composé chimique qui est émis à la source.

Polluant secondaire

Sous l'action de nombreux paramètres - lumière, humidité, catalyseurs (poussières, métaux), recombinaison, etc. - les polluants primaires subissent des transformations chimiques et donnent naissance à des polluants secondaires.

Pt – 100

Capteur utilisé pour la mesure de la température. Son principe de fonctionnement repose sur la variation de la résistance d'un fil de platine en fonction de la température. La mesure de cette résistance étant réalisée à l'aide d'un pont de Wheatstone. Son utilisation s'étend de 13,81 K (point triple de l'hydrogène) à 903,89 K (point de solidification de l'antimoine).

Pression

La pression est une force par unité de surface. La pression atmosphérique (poids de l'atmosphère par unité de surface) est l'une des quantités utilisées par les météorologistes (comme la température) pour caractériser le temps qu'il fait. Pour comparer entre elles les pressions atmosphériques mesurées à des endroits d'altitudes différentes, on calcule une pression fictive qui serait celle qu'on mesurerait au niveau de la mer à cet endroit : c'est la pression au niveau de la mer.

La pression est exprimée en hecto-Pascal (hPa), le Pascal étant très petit (1 Bar=100000 Pascal). Elle varie dans le temps et dans l'espace beaucoup plus rapidement selon la verticale que dans le plan horizontal, où sa répartition se décrit en termes d'anticyclones, de dépressions, de dorsales, de thalwegs...

Pyranomètre

Il permet de mesurer l'éclairement énergétique global, ainsi que l'éclairement énergétique diffus par adjonction d'un dispositif d'occultation du disque solaire.

L'élément sensible (thermopile) du pyranomètre est une série de thermocouples exposés au rayonnement solaire, dont les soudures froides sont maintenues à la température de l'air par conduction et qui délivre une différence de potentiel proportionnelle au flux incident.

R

Rayonnement solaire

Rayonnement diffus: éclairement énergétique solaire dirigé vers le sol reçu par une surface horizontale, provenant de tout l'hémisphère à l'exception de l'angle solide limité au disque solaire.

Rayonnement global (direct et diffus): éclairement énergétique solaire reçu par une surface horizontale à partir d'un angle solide de 2π sr.

Répartition des stations du ROPAG sur le canton

Milieu urbain :

Zone comprenant les stations situées au centre de la ville (Sainte-Clotilde, Ile, Wilson).

Milieu suburbain :

Zone comprenant les stations situées dans l'agglomération, en périphérie du centre (Meyrin, Foron).

Milieu rural :

Zone comprenant les stations situées dans ou proches d'une zone agricole (Anières, Passeray).

Milieu forestier :

Station située en forêt, dans les bois de Jussy. Actuellement plus en activité.

S

Smog

Ce terme (anglo-saxon) est issu de la contraction de "smoke" et de "fog" (fumée et brouillard).

En hiver, ce phénomène se rencontre lors d'inversion de température : dans des conditions anticycloniques, l'air proche du sol se refroidit plus vite que l'air des couches supérieures et les vents sont faibles. De ce fait, les polluants ne peuvent plus se diluer dans l'atmosphère. C'est ce qu'on appelle le smog hivernal.

En été, sous l'action de l'énergie du soleil, des réactions photochimiques donnent naissance, à partir de précurseurs (oxydes d'azote et composés organiques volatils) à de l'ozone ainsi qu'à des composés chimiques dispersés sous forme de fumée. C'est ce qu'on appelle le smog estival, ou smog photochimique.

T

Température

La température de l'air en un lieu donné est la quantité qui caractérise la sensation de chaleur ou de froid que l'on y éprouve et dont la mesure objective est fournie par le thermomètre. On mesure la température en degrés Celsius. Dans la troposphère, c'est-à-dire du sol jusqu'à environ 10km d'altitude, la température décroît quand l'altitude augmente.

Thallium

Cf. *Métaux lourds*.

U

Unités de mesure

Le microgramme (μg) est 1000 fois plus petit que le milligramme (mg).

Le microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est une des unités utilisées pour la mesure de concentrations.

Le milligramme par mètre cube (mg/m^3) est 1000 fois plus grand que le microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). C'est l'unité communément utilisée pour les concentrations de CO.

Les résultats peuvent aussi être exprimés en :

- parts par milliard : ppb ("b" pour billion en anglais).
- parts par million : ppm.

Une relation existe entre les $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et les ppb. Celle-ci dépend de la température et de la pression auxquelles on fait la mesure.

V

Valeurs limites d'immission (VLI)

Elles répondent aux critères de la Loi sur la Protection de l'Environnement (LPE), selon lesquels l'homme, les animaux, les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes doivent être protégés contre les atteintes nocives ou inconfortables, et la fertilité du sol préservée.

VLI à court terme :

Elles sont fixées de façon à bannir les épisodes de pollutions aiguës.

Les périodes d'évaluation sont le jour (limite journalière), l'heure (limite horaire), ou la demi-heure (limite semi-horaire) selon les polluants.

Elles ne peuvent être dépassées plus d'une fois par année.

VLI à long terme :

Elles ont pour but d'éviter le développement de maladies dues à l'effet d'un taux de pollution relativement faible mais sur une longue durée d'exposition.

La période d'évaluation est l'année (VLI annuelle).

Elles ne doivent pas être dépassées.

Vent

C'est un déplacement de l'air.

En météorologie, on caractérise le vent par sa vitesse et la direction d'où il souffle.

Z

Zinc

Cf. Métaux lourds.

Pour obtenir des informations complémentaires :



Info-Service

4, chemin de la Gravière
1227 Les Acacias

Tél. 022 546 76 00

info-service-dim@etat.ge.ch

Accueil: 9h-12h 14h-17h

Service de protection de l'air

23, avenue de Sainte-Clotilde
1205 Genève

Tél. 022 388 80 50

spair@etat.ge.ch

Document disponible en pdf sur Internet : www.ge.ch/air