

# Qualité de l'air

## 2009



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE DE  
PROTECTION DE L'AIR

# Qualité de l'air 2009

Juillet 2010



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

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 2009.....	6
4. Evolution de la qualité de l'air .....	7
4.1. <i>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</i> .....	7
4.2. <i>Ozone (O<sub>3</sub>)</i> .....	10
4.3. <i>Poussières fines (PM10)</i> .....	13
4.4. <i>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</i> .....	17
4.5. <i>Monoxyde de carbone (CO)</i> .....	19
4.6. <i>Retombées de poussières</i> .....	20
5. Capteurs passifs : mesure du NO <sub>2</sub> .....	22
5.1. <i>Introduction</i> .....	22
5.2. <i>Méthodologie</i> .....	22
5.3. <i>Emplacements - valeurs 2009</i> .....	22
5.4. <i>Résultats</i> .....	24
6. Synthèse.....	26
Annexes.....	27
Annexe 1 : mesure des immissions .....	28
Annexe 2 : les stations du ROPAG .....	30
Annexe 3 : généralités sur les différents polluants .....	41
Annexe 4 : préparation et analyse des capteurs passifs NO <sub>2</sub> .....	44
Annexe 5 : qualité de l'air sur l'Internet.....	46
Annexe 6 : glossaire .....	48

Un glossaire en page 48 explique les termes techniques ou scientifiques

## Rédaction

P-E. Huguenot  
B. Lazzarotto

## Traitement des données

F. Magnin  
P-E. Huguenot

## Schéma - photos

C. Deléaval

## Secrétariat

S. Pierre

## Table des figures

Figure 1.	Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2009 ainsi que pour l'évolution sur la période 2002-2009 .....	3
Figure 2.	Emplacements des stations fixes du ROPAG .....	4
Figure 3.	Concentration moyenne annuelle de NO <sub>2</sub> .....	7
Figure 4.	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO <sub>2</sub> .....	8
Figure 5.	Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO <sub>2</sub> .....	8
Figure 6.	Concentration moyenne annuelle de O <sub>3</sub> .....	10
Figure 7.	Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles de O <sub>3</sub> .....	11
Figure 8.	Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O <sub>3</sub> .....	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.	Moyenne annuelle en plomb dans les PM10 .....	15
Figure 12.	Moyenne annuelle en cadmium dans les PM10.....	15
Figure 13.	Concentration moyenne annuelle de SO <sub>2</sub> .....	17
Figure 14.	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO <sub>2</sub> .....	18
Figure 15.	Concentration moyenne annuelle de CO .....	19
Figure 16.	Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières.....	20
Figure 17.	Moyenne annuelle pour le plomb dans les retombées de poussières.....	20
Figure 18.	Moyenne annuelle pour le cadmium dans les retombées de poussières.....	21
Figure 19.	Moyenne annuelle pour le zinc dans les retombées de poussières .....	21
Figure 20.	Cartes des immissions de NO <sub>2</sub> sur l'agglomération genevoise pour l'année 2009 ..	24
Figure 21.	Carte des immissions moyennes de NO <sub>2</sub> sur l'agglomération genevoise pour la période 2002 à 2009 .....	25
Figure 22.	Ensemble des phénomènes mis en jeu en pollution de l'air.....	28
Figure 23.	Principe de montage des capteurs passifs de NO <sub>2</sub> .....	44

# 1. Tableau résumé

Le tableau ci-dessous résume la qualité de l'air à Genève pour l'année 2009 ainsi que son évolution durant la période 2002-2009 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, l'ozone et les particules fines.

POLLUANTS	Etat 2009			Tendance 2002-2009		
	centre ville	périphérie	campagne	centre ville	périphérie	campagne
DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )						
OZONE (O <sub>3</sub> )						
PARTICULES FINES (PM10)						
DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )						
MONOXYDE DE CARBONE (CO)		X	X		X	X

**LÉGENDE "Etat 2009" :**

= VLI OPair respectée

= VLI OPair respectée, mais immissions proches de la VLI

= VLI OPair non respectée. Immissions excessives

**LÉGENDE "Tendance 2002-2009" :**

= Dégradation

= Amélioration

= Stabilisation

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

**Figure 1.** Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2009 ainsi que pour l'évolution sur la période 2002-2009

En 2009, l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules fines (PM10) sont en quantité excessive sur tout le territoire genevois, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) l'étant principalement au centre-ville. La tendance 2002-2009 montre une stagnation générale de l'évolution des concentrations de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 et ce indépendamment de la zone considérée. Les années 2007 et 2008 montraient une légère amélioration. Celle-ci était principalement due à des conditions météorologiques favorables, ce qui n'est plus le cas en 2009.

Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le monoxyde de carbone (CO) sont bien au-dessous des VLI OPair et cette situation est stable.

**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'ordonnance sur la protection de l'air (OPair), les cantons sont chargés de mesurer les immissions des polluants recensés à l'annexe 7 de l'OPair, 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<sup>er</sup> janvier 2004, en particulier pour prendre en compte l'évolution des technologies ‡.

Dans le canton de Genève, c'est le *Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève* (ROPAG) qui mesure les immissions depuis plus de vingt 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 valeurs limites d'immissions (VLI) OPair sont respectées sur le territoire du canton de Genève. Dans le cas contraire, les autorités proposent un plan de mesures d'assainissement de l'air permettant d'atteindre cet objectif. L'ensemble des VLI OPair sont présentées dans l'annexe 1.

### 2.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2009, sept stations de mesure fixes et une station de mesure mobile étaient en activité. Elles sont détaillées en annexe 2.

#### Stations fixes

Les emplacements des sept stations de mesure fixes 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

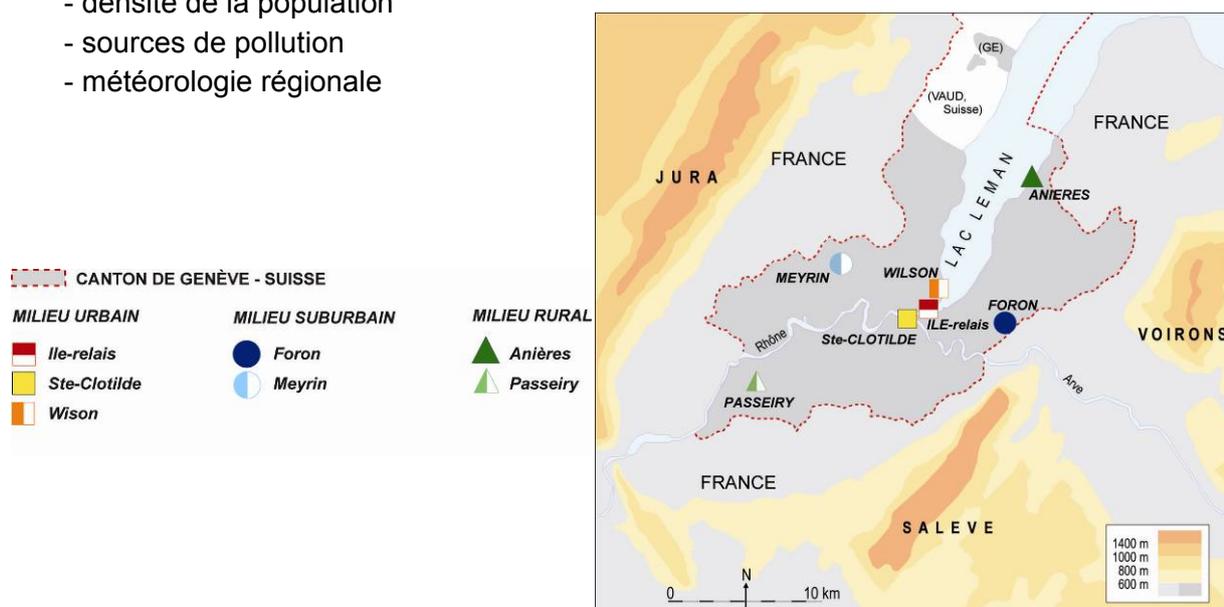


Figure 2. Emplacement des stations fixes du ROPAG

‡ 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 (stations de l'Ile, Ile-relais, de Sainte-Clotilde et de Wilson)

La station de ***l'Ile*** est située dans l'hypercentre. Elle est représentative d'une zone où la densité de la circulation routière est particulièrement élevée<sup>§</sup>. 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 fixe Ile. Afin de garantir une continuité de la prise 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 dernière n'étant pas exactement soumise aux mêmes conditions de circulation, elle sera nommée : ***Ile-relais***.

La station de ***Sainte-Clotilde***, sur la rive gauche, dans le quartier de la Jonction, est représentative d'une zone d'habitation avec une activité tertiaire dense.

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 circulation\*\*.

### Milieu suburbain (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.

A l'est, celle 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 (stations d'Anières et de Passeiry)

Les stations d'***Anières*** et de ***Passeiry*** permettent d'évaluer les apports des émissions de la ville selon le régime des vents dominants.

## Stations mobiles

Les emplacements des stations de mesure mobiles sont déterminés selon les besoins.

En 2009, la station de mesure qui surveille la qualité de l'air autour de l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) des Cheneviers était placée à Satigny, alors que la station de mesure "ville" a pris le relais de la station fixe Ile.

---

<sup>§</sup> Pont du Mont-Blanc : 84'000 véhicules/jour, pont de la Coulouvrenière : 43'000 véhicules/jour. Comptages en moyenne hebdomadaire, pour l'année 2007. *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 (2008)*

\*\* Quai Wilson : 32'000 véhicules/jour. Comptages en moyenne hebdomadaire, pour l'année 2007 (même référence que pour la note § précédente).

# 3. Tableau récapitulatif de l'année 2009

Les mesures concernent la période du 1<sup>er</sup> janvier 2009 au 31 décembre 2009.

Substance	Donnée	Unité	Valeur Limite d'Immission O'Pair	Stations de mesure								
				Fixes							Mobile	
				Urbaines			Suburbaines		Rurales		Rurale	
				Ile-relais	Ste-Clotilde	Wilson	Foron	Meyrin	Anières	Passeiry	Satigny	
NO <sub>2</sub>	Mes. validées	%		96.8	97.5	98.4	99.4	99.8	98.8	99.8	96.3	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	30	38	34	38	24	23	16	15	17	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	100	80	73	80	58	53	44	43	49	
	Nb <sup>l</sup> >80 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	7	2	5	0	0	0	0	2	
O <sub>3</sub>	Mes. validées	%		92.5 #	99.3	99.7	99.5	99.9	99.9	99.5	99.2	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>		42	38	37	43	44	50	52	46	
	Perc. 98	Janv.	µg/m <sup>3</sup>	100	-	52	51	64	57	61	69	65
		Fév.	µg/m <sup>3</sup>	100	58	58	58	70	65	72	82	69
		Mar.	µg/m <sup>3</sup>	100	80	81	78	87	86	90	107	92
		Avr.	µg/m <sup>3</sup>	100	103	101	89	115	112	117	127	114
		Mai.	µg/m <sup>3</sup>	100	107	102	98	116	115	120	129	116
		Juin.	µg/m <sup>3</sup>	100	113	103	97	120	116	124	130	118
		Juil.	µg/m <sup>3</sup>	100	115	113	95	126	118	122	136	123
		Aout.	µg/m <sup>3</sup>	100	123	122	107	129	135	136	152	140
		Sept.	µg/m <sup>3</sup>	100	102	95	89	109	103	114	117	107
		Oct.	µg/m <sup>3</sup>	100	76	75	59	77	79	90	96	84
	Nov.	µg/m <sup>3</sup>	100	64	64	60	67	61	72	75	70	
Déc.	µg/m <sup>3</sup>	100	57	59	53	63	58	66	72	72		
Nb <sup>h</sup> >120 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	25	20	6	81	64	115	236	81		
PM10	Mes. validées	%		98.8	99.4	97	98.9	99.8	99.7	99.9	99.1	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	20	25	23	24	20	20	17	19	18	
	Nb <sup>l</sup> >50 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	15	10	9	9	8	3	6	6	
	Pb	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	500	-	7.5	-	-	-	5.7	-	-
Cd	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	1.5	-	0.19	-	-	-	0.10	-	-	
SO <sub>2</sub>	Mes. validées	%		46.3 #	-	-	95.1	90.6 #	93 #	82.8 #	-	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	30	4	-	-	4	3	2	2	-	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	100	11	-	-	9	6	4	4	-	
	Nb <sup>l</sup> >100 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	0	-	-	0	0	0	0	-	
CO	Mes. validées	%		-	99	-	-	-	-	-	-	
	Moy. ann.	mg/m <sup>3</sup>		-	0.4	-	-	-	-	-	-	
	Nb <sup>l</sup> >8 mg/m <sup>3</sup>	nb	1	-	0	-	-	-	-	-	-	
Pouss.	Total	Moy. ann.	mg/(m <sup>2</sup> ·d)	200	-	35	42	18	-	49	42	-
	Pb	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> ·d)	100	-	9	10	3	-	3	4	-
	Cd	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> ·d)	2	-	0.11	0.08	0.21	-	0.04	0.27	-
	Zn	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> ·d)	400	-	335	350	157	-	8	22	-
IPL				5	4	4	3	3	3	3	3	

## Légendes et abréviations :

 : Dépassement de la VLI O'Pair.  
 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<sup>h</sup> : Nombre de moyennes horaires.

Nb<sup>l</sup> : 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 mesures.

## 4. Evolution de la qualité de l'air

Les graphiques suivants présentent l'évolution détaillée des concentrations des différents polluants atmosphériques mesurés par le ROPAG durant ces 20 dernières années. L'annexe 3 fournit des explications détaillées concernant ces polluants et leurs effets sur l'environnement.

### 4.1. Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

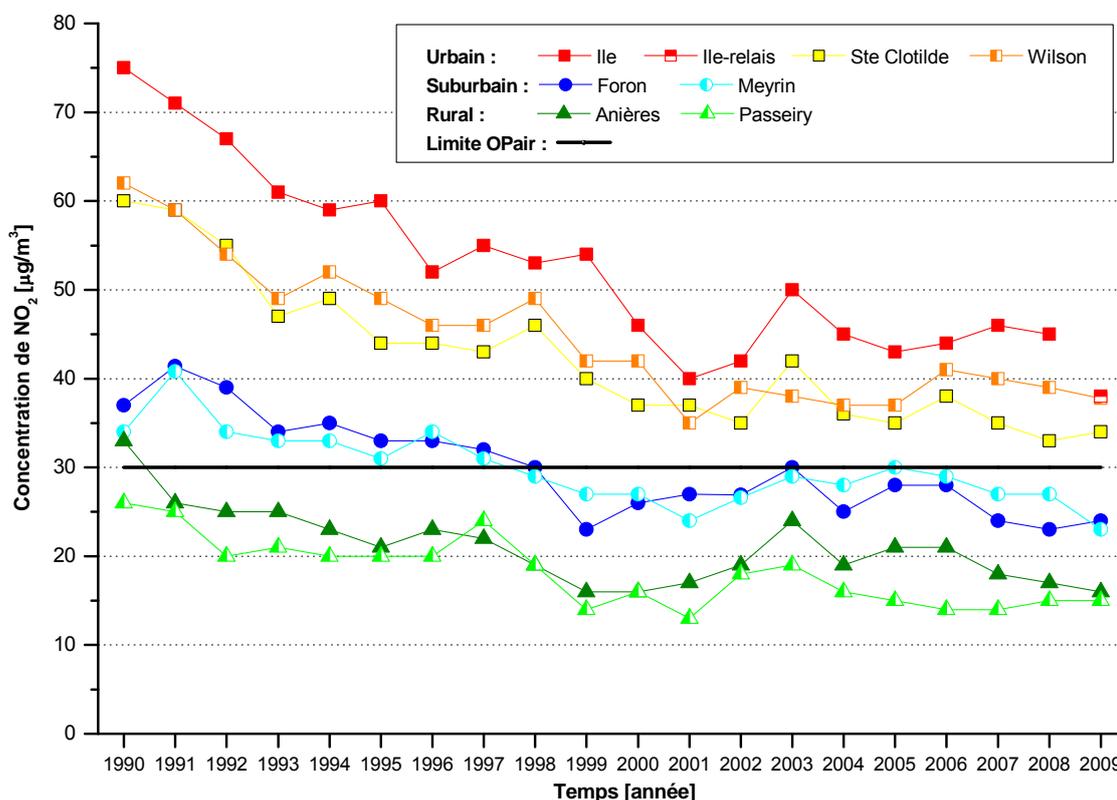


Figure 3. Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub>

En milieu urbain (Ile, Sainte-Clotilde et Wilson), les moyennes annuelles dépassent la VLI OPAir (30 µg/m<sup>3</sup>) et la stabilisation amorcée depuis 2000-2001 se poursuit en 2009. Le déplacement du point de mesure "Ile" explique une bonne partie de la diminution des immissions mesurées en 2009. En effet, la station de l'Ile était jusqu'alors située sur le pont de l'Ile. Le nouvel emplacement de cette station, Ile-relais, se trouve, depuis début 2009, sur le quai, en retrait du trafic circulant sur le pont de l'Ile et des travaux du tram Cornavin - Onex - Bernex (TCOB). De ce fait, les concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées y sont notablement plus faibles.

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, à l'exception de celle de Meyrin. La diminution mesurée à cette dernière pourrait être due à la déviation prolongée, durant l'année 2009, du trafic routier passant à proximité de la station, causée par le chantier du tram Cornavin - Meyrin - CERN (TCMC).

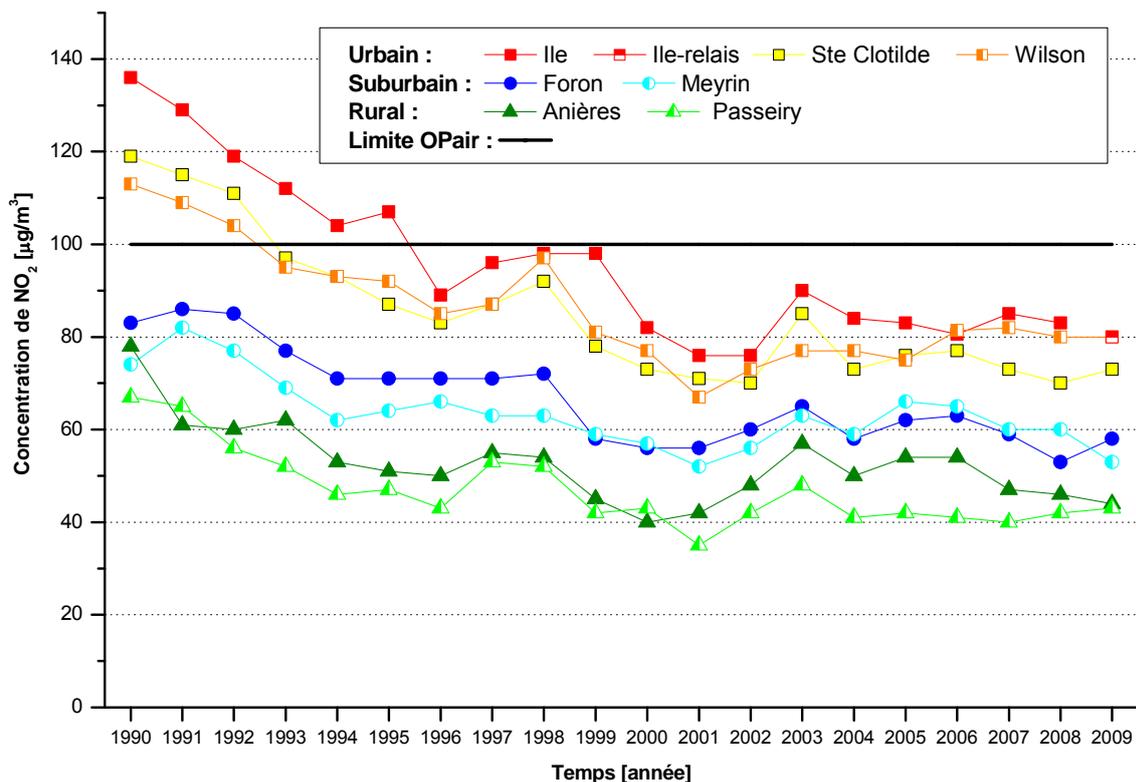


Figure 4. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO<sub>2</sub>

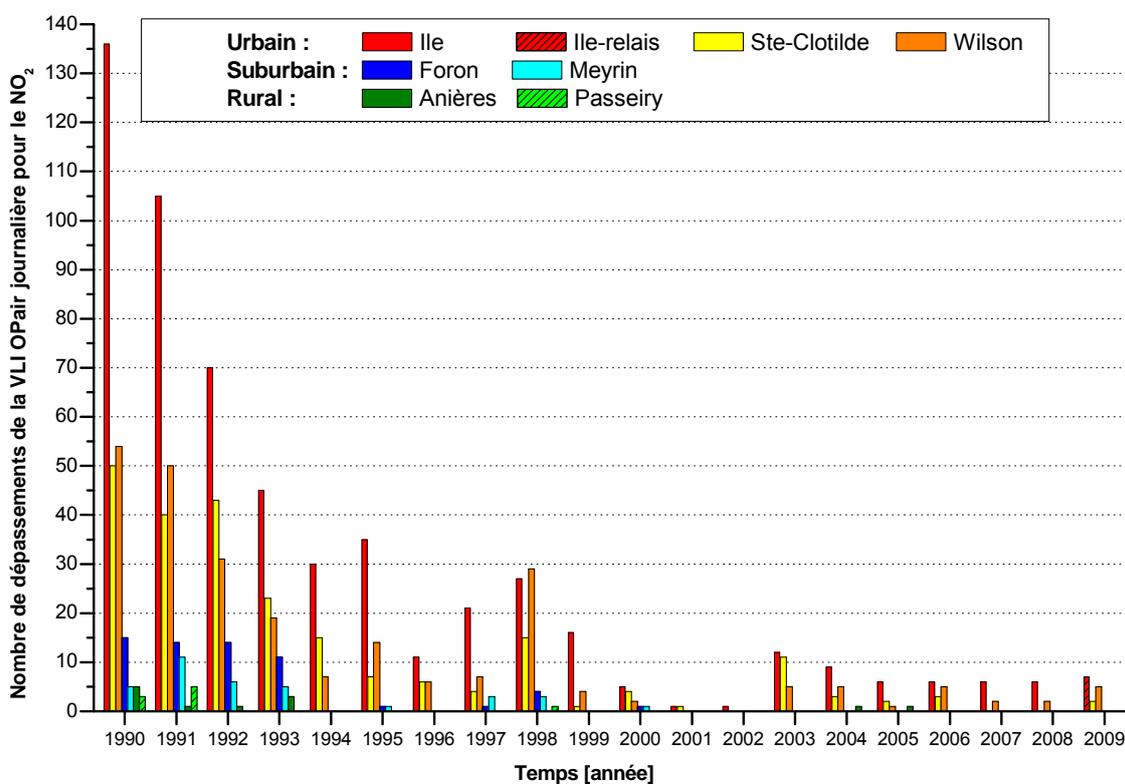


Figure 5. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO<sub>2</sub>

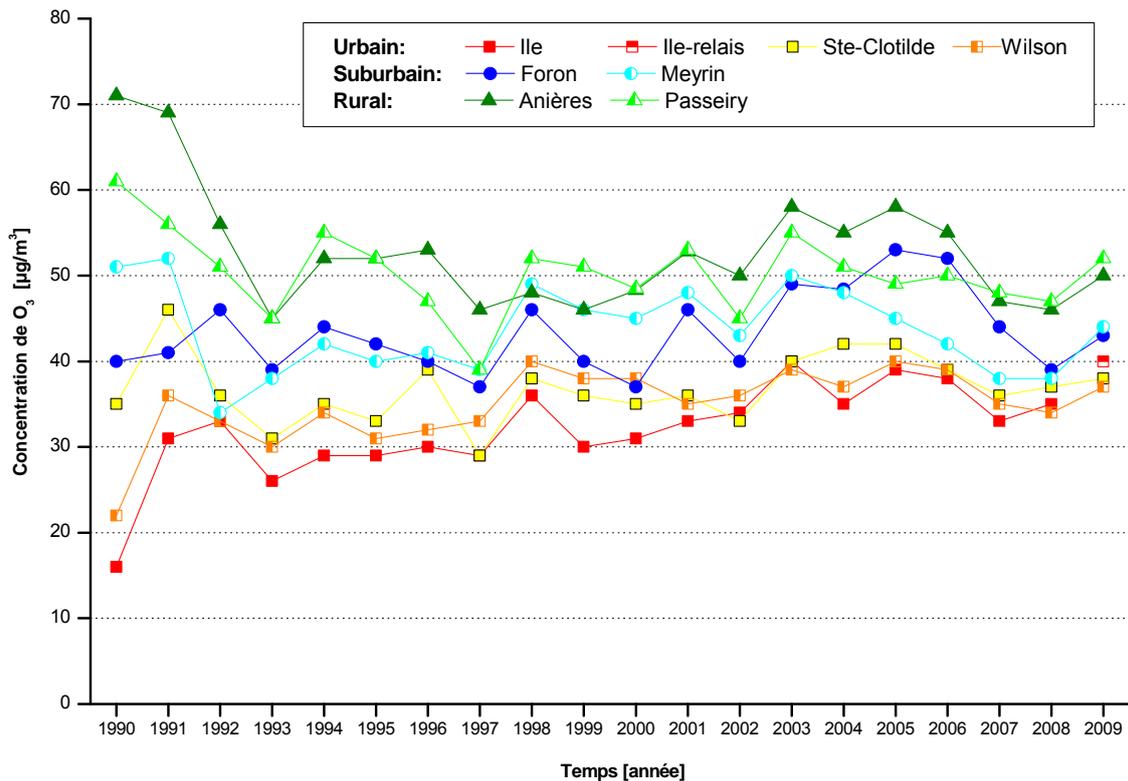
En 2009, la VLI OPAir journalière (80 µg/m<sup>3</sup>) a été dépassée à plusieurs reprises sur les trois sites urbains (l'OPair autorise un seul dépassement de cette VLI par an). Aucune autre station fixe du ROPAG n'a enregistré de dépassements de la VLI OPAir journalière.

## ***Bilan pour le dioxyde d'azote***

De manière générale, les concentrations en NO<sub>2</sub> mesurées en 2009 sont relativement proches de celles enregistrées les deux années précédentes. Après une longue période d'amélioration durant les années 1990, l'année 2009 confirme la relative stabilisation des concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> depuis 2000-2001. Dans le cas des stations urbaines, les moyennes annuelles continuent à dépasser la VLI OPair annuelle. Pour les stations rurales et suburbaines, ces concentrations se situent au-dessous de la VLI OPair annuelle, celle-ci étant approchée dans le cas suburbain.

La très nette diminution du nombre de dépassements de la valeur limite journalière constatée sur la période allant de 1990 à 2000 s'est elle aussi ralentie pendant la période 2001 à 2009. Une stabilisation de la valeur des percentiles 95 est aussi constatée. Cette valeur est inférieure à la VLI OPair depuis de nombreuses années.

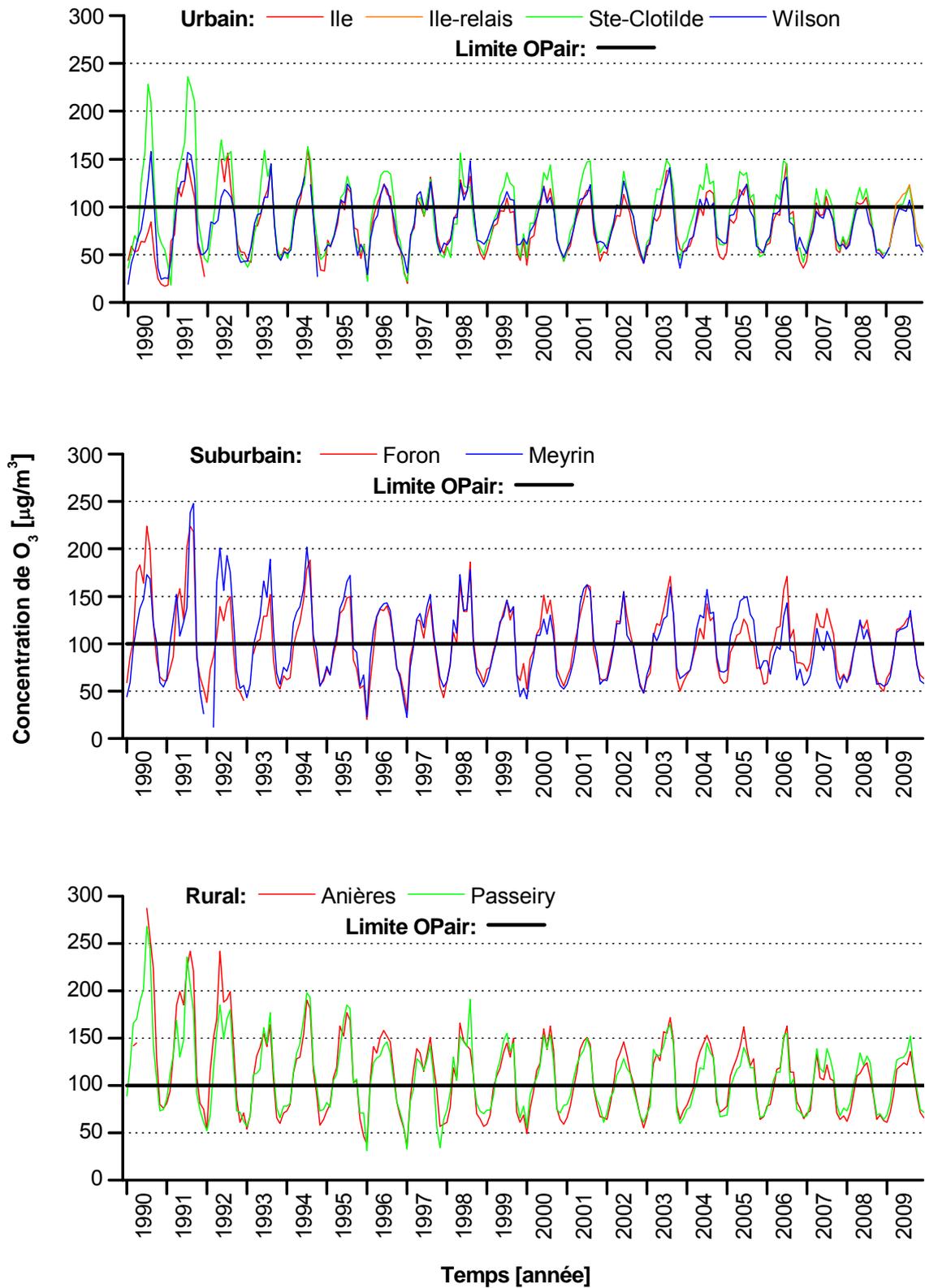
## 4.2. Ozone (O<sub>3</sub>)



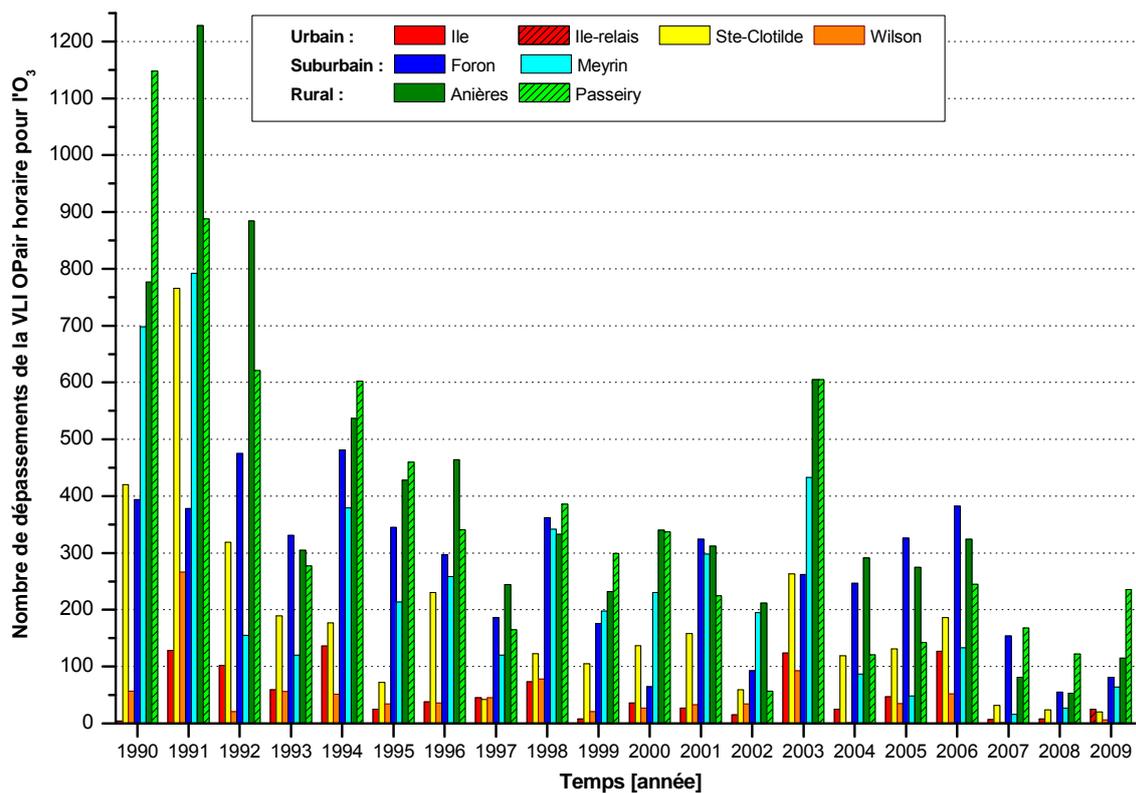
**Figure 6.** Concentration moyenne annuelle<sup>††</sup> d'O<sub>3</sub>

Après deux étés relativement peu ensoleillés - l'ensoleillement étant une condition requise pour la formation d'ozone - 2009 a connu des températures et un ensoleillement estival plus important. Ainsi, les immissions moyennes annuelles d'O<sub>3</sub> sont reparties à la hausse.

<sup>††</sup> La moyenne annuelle pour l'ozone n'est pas fixée dans l'OPair



**Figure 7.** *Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O<sub>3</sub>*



**Figure 8.** Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O<sub>3</sub>

Dans toutes les stations, on observe de multiples dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m<sup>3</sup>), dès le mois d'avril et jusqu'au mois de septembre.

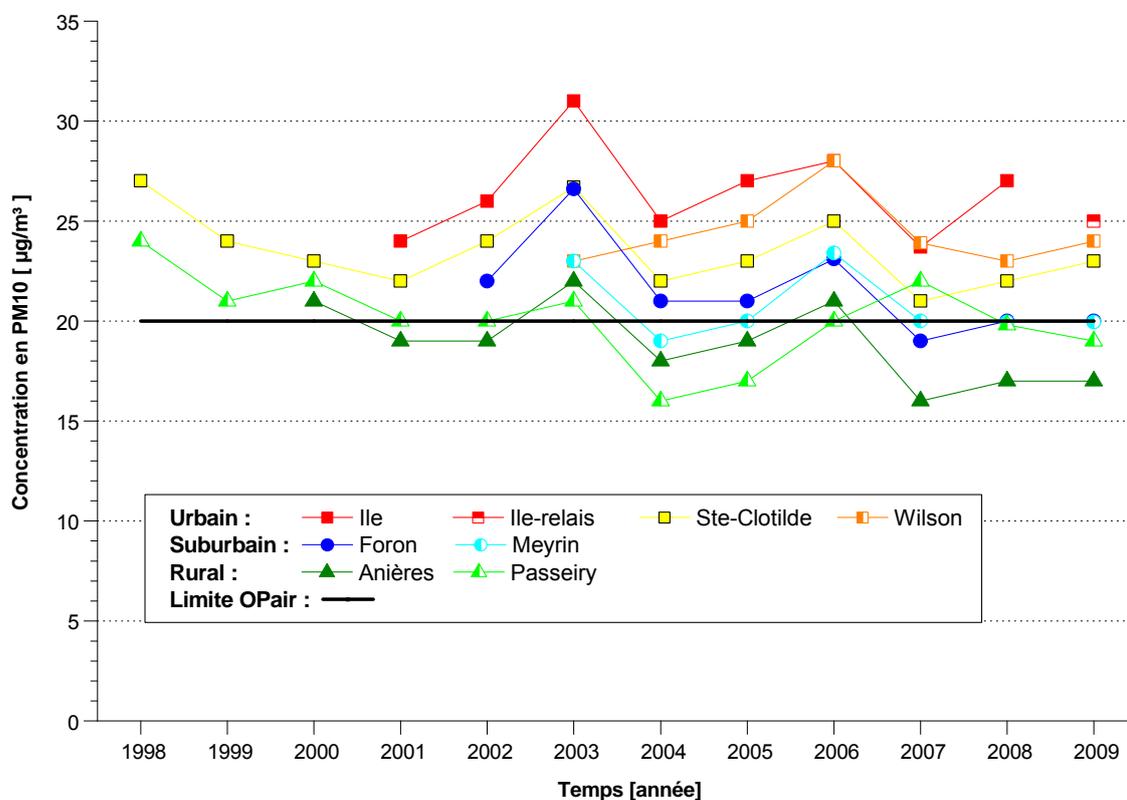
### **Bilan pour l'ozone**

En 2009, les concentrations en ozone (moyenne annuelle, percentile 95, nombre de dépassements) sont plus élevées que les deux années précédentes. Toutefois, si la moyenne annuelle est revenue à un ordre de grandeur proche de ce qui était mesuré entre 2004 et 2006, le nombre de dépassements a par contre été réduit par rapport à cette même période.

Les immissions d'ozone sont demeurées excessives dans toutes les stations du ROPAG.

### 4.3. Poussières fines (PM10)

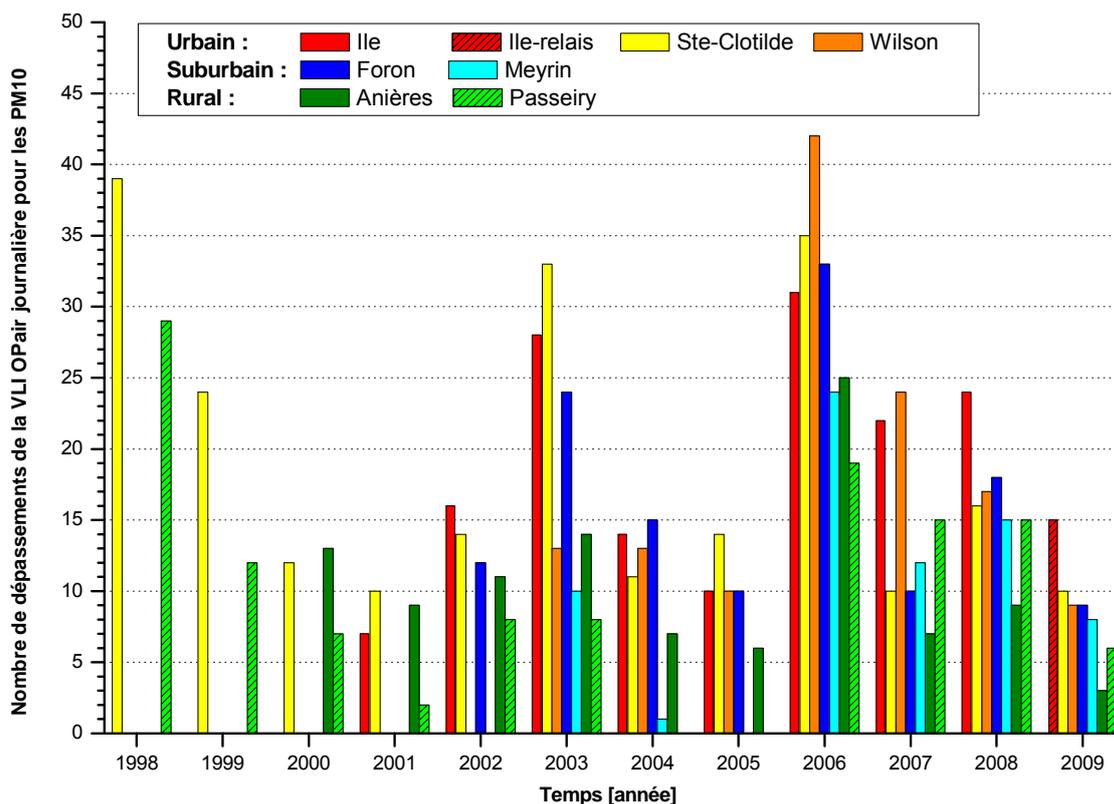
**Nota :** Avant 1998, ce sont les poussières en suspension totales (TSP<sup>#</sup>) qui étaient mesurées. Suite à une modification de l'annexe 7 de l'OPair, en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mars 1998, on ne mesure plus que les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM10). Seul le paramètre PM10 a été représenté dans les figures ci-après.



**Figure 9.** Concentration moyenne annuelle de PM10

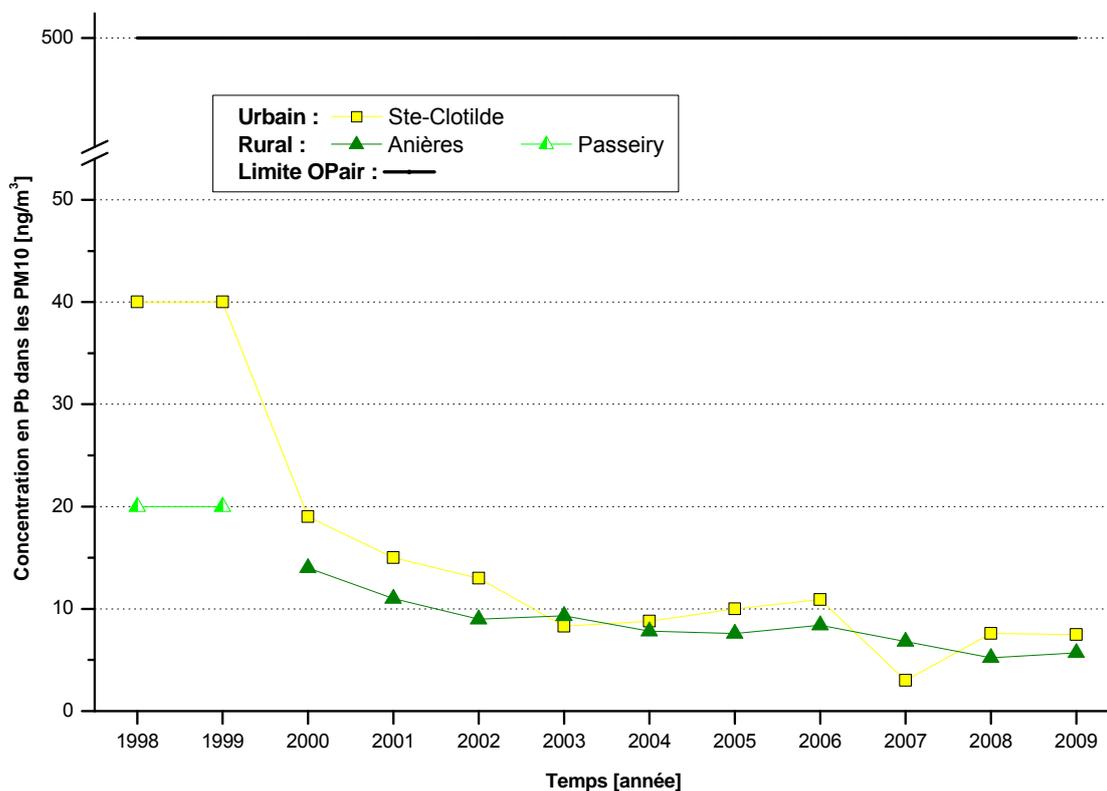
En 2009, les moyennes annuelles ont été supérieures à la VLI OPAir (20 µg/m<sup>3</sup>) dans toutes les stations urbaines et très proches de la limite dans les autres stations, sans toutefois la dépasser. Avec 17 µg/m<sup>3</sup>, seule la station rurale d'Anières présente une concentration sensiblement inférieure à la VLI.

<sup>#</sup> TSP : Total suspended particulates

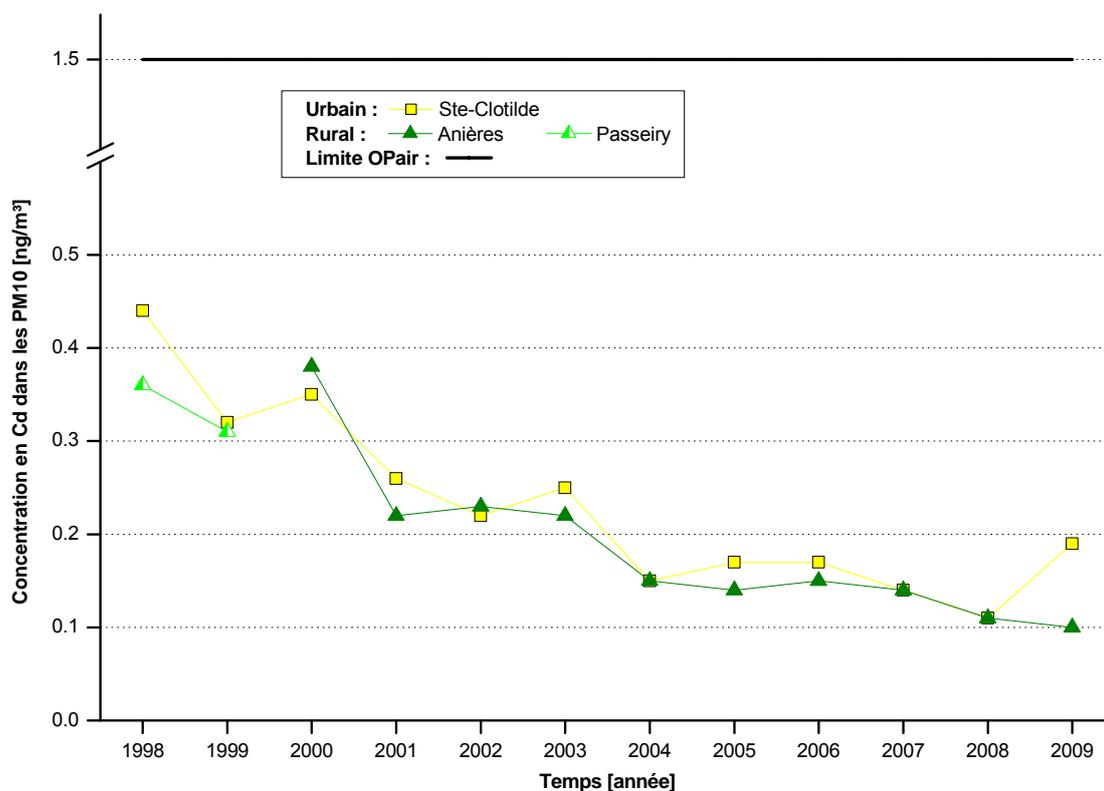


**Figure 10.** Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

En 2009, la VLI OPair journalière ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée dans toutes les stations. Avec 15 jours de dépassements, c'est la station *Ile-relais* qui a enregistré le plus grand nombre de dépassements de la VLI OPair. L'essentiel de ces dépassements sont concentrés durant les mois de janvier et février.



**Figure 11.** Moyenne annuelle en plomb dans les PM10



**Figure 12.** Moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

**Moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10**

Dans toutes les stations, les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 ont été très inférieures aux VLI OPAir (500 ng/m<sup>3</sup> dans le cas du plomb et 1.5 ng/m<sup>3</sup> pour le cadmium) en 2009.

## ***Bilan pour les particules fines***

Avec un niveau proche des années précédentes - exception faite de 2006 - l'année 2009 montre des épisodes de concentration excessive en PM10 à toutes les stations de mesure. L'essentiel des dépassements journaliers mesurés en 2009 se sont produits en début d'année, période durant laquelle ont été observées les inversions de température les plus significatives. Les faibles fluctuations des concentrations d'une année à l'autre, influencées principalement par les conditions météorologiques, rendent la tendance difficile à définir. Cependant, il ne semble pas que l'on puisse parler d'une amélioration de la situation.

Les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 sont largement en dessous des VLI OPair depuis de nombreuses années.

## 4.4. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

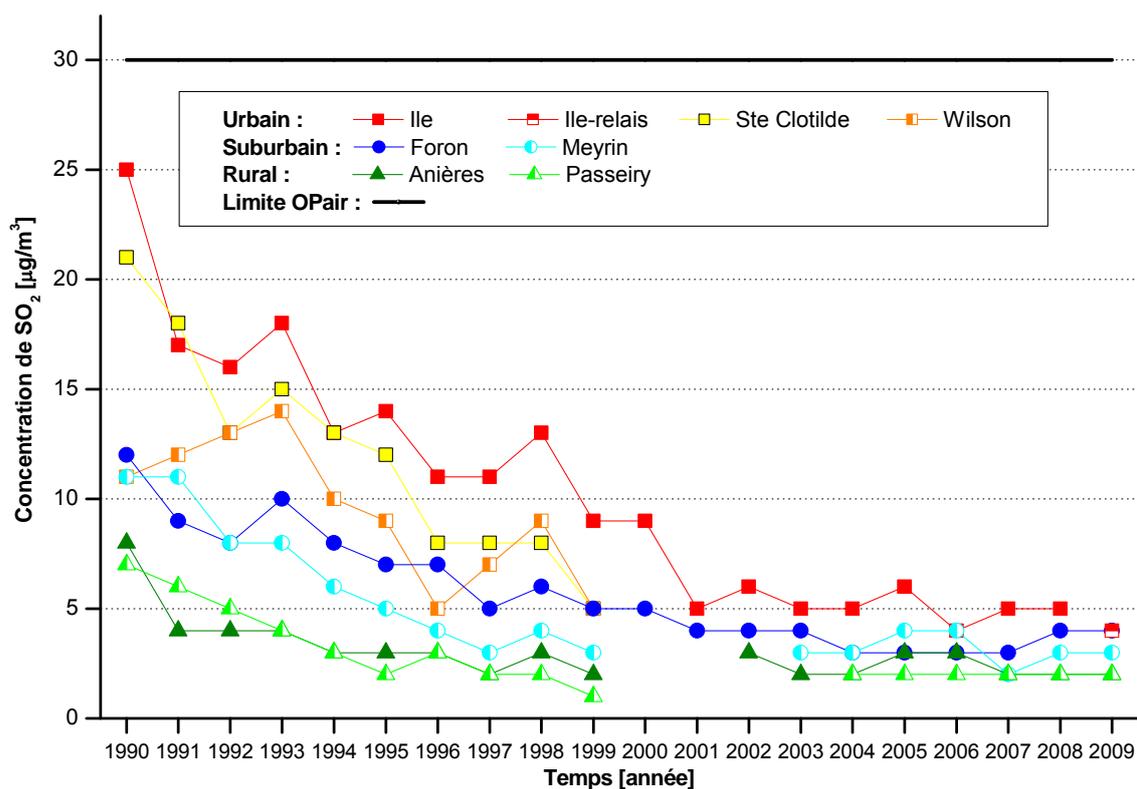


Figure 13. Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub>

**Nota :** Le SO<sub>2</sub> n'étant plus un polluant problématique, sa mesure à l'aide des analyseurs classiques n'a plus été faite 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 DOAS<sup>§§</sup>. L'introduction progressive de la mesure par des systèmes DOAS permet actuellement de connaître la concentration en SO<sub>2</sub> aux stations de l'Ile et Foron mais aussi de Passeiry, Anières et Meyrin. En 2009, le DOAS de la station de l'Ile a fait place, dans la station Ile-relais, à un analyseur classique. Selon les recommandations pour les mesurages de l'OFEV, le nombre de mesures validées durant cette année a été insuffisant. Les statistiques effectuées sont dès lors données à titre indicatif.

<sup>§§</sup> Permet la mesure simultanée de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>

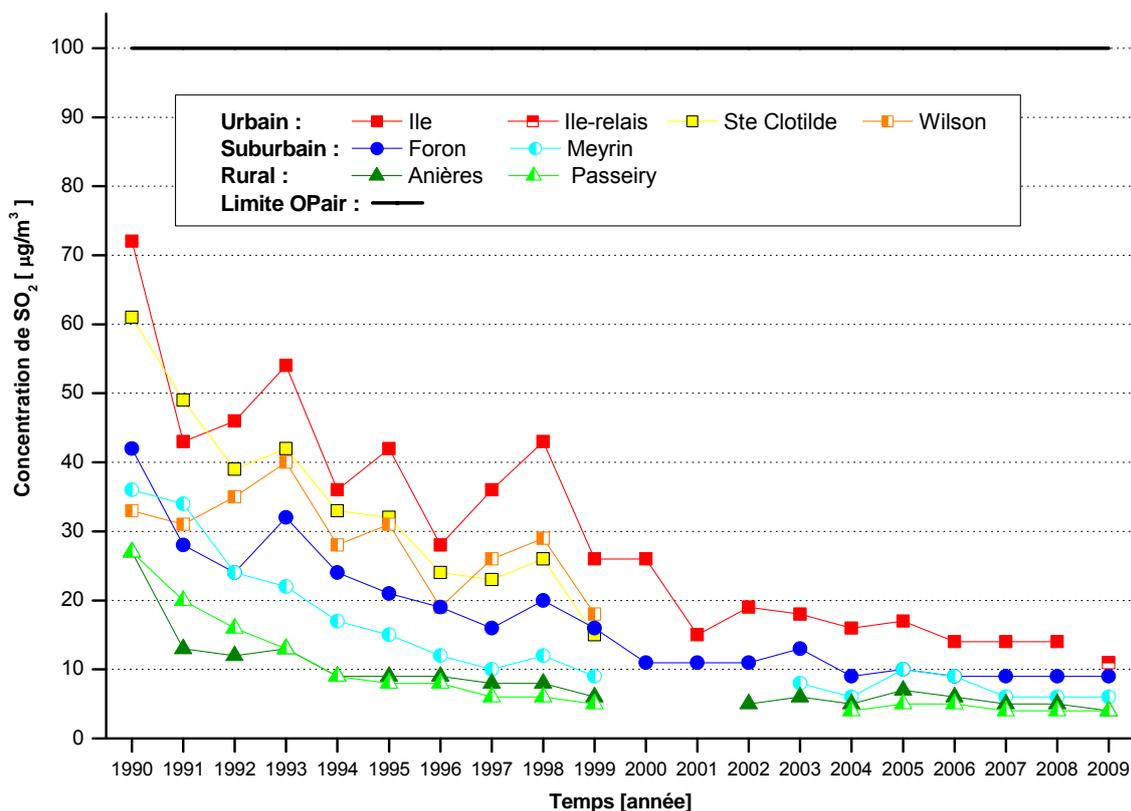


Figure 14. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO<sub>2</sub>

### Bilan pour le dioxyde de soufre

En 2009, les VLI OPAir (30 µg/m<sup>3</sup> pour la moyenne annuelle, 100 µg/m<sup>3</sup> pour le percentile 95 des moyennes semi-horaires d'une année, 100 µg/m<sup>3</sup> pour la moyenne journalière à ne pas dépasser plus d'une fois par année) sont largement respectées sur tout le territoire cantonal, comme c'est le cas depuis plusieurs années.

## 4.5. Monoxyde de carbone (CO)

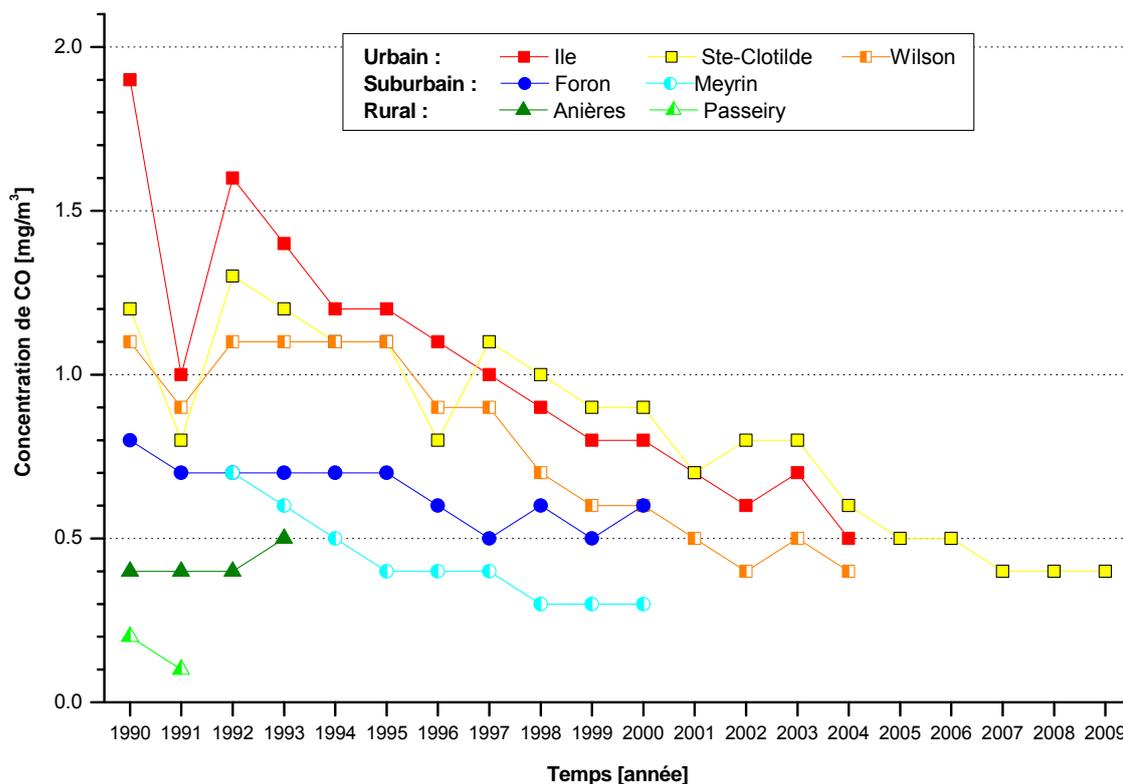


Figure 15. Concentration moyenne annuelle\*\*\* de CO

**Nota :** Le CO n'étant plus un polluant problématique, sa mesure à l'aide des analyseurs classiques a été progressivement abandonnée depuis le début des années 2000. Elle a été maintenue à la station de Sainte-Clotilde.

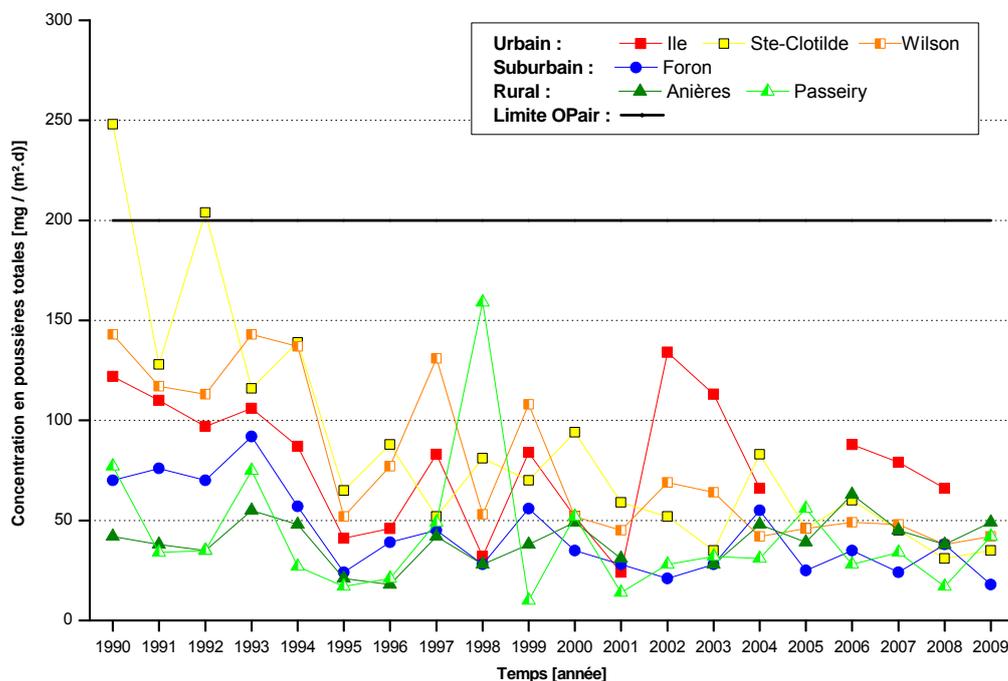
### Bilan pour le monoxyde de carbone

La seule station mesurant les immissions de CO montre une moyenne annuelle très faible, inférieure à  $1 \text{ mg/m}^3$ , depuis plusieurs années. La VLI OPAir journalière ( $8 \text{ mg/m}^3$ ), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

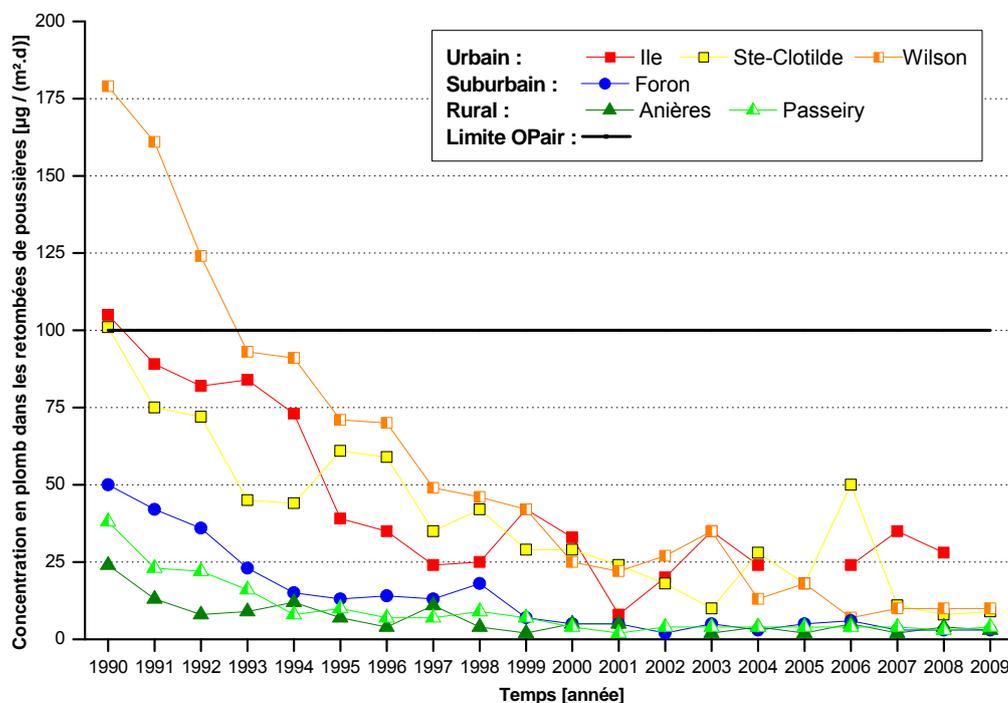
\*\*\* La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone n'est pas fixée dans l'OPair

## 4.6. Retombées de poussières

**Nota :** A la différence des PM10, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10  $\mu\text{m}$ , les retombées de poussières concernent plus particulièrement les grosses particules qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air mais retombent au sol.



**Figure 16.** Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières



**Figure 17.** Moyenne annuelle pour le plomb dans les retombées de poussières

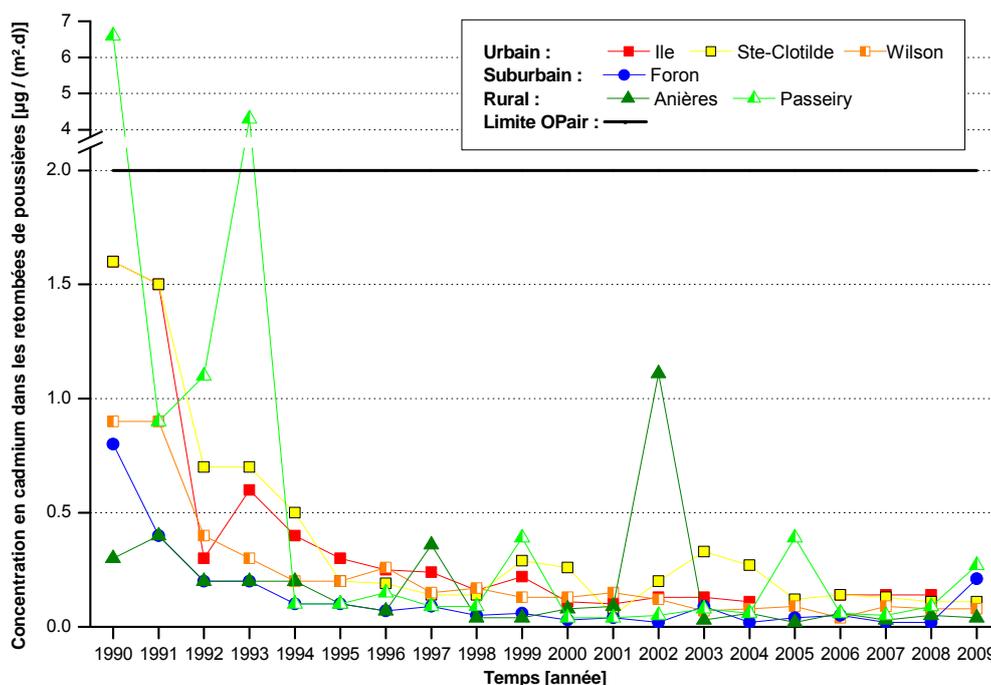


Figure 18. Moyenne annuelle pour le cadmium dans les retombées de poussières

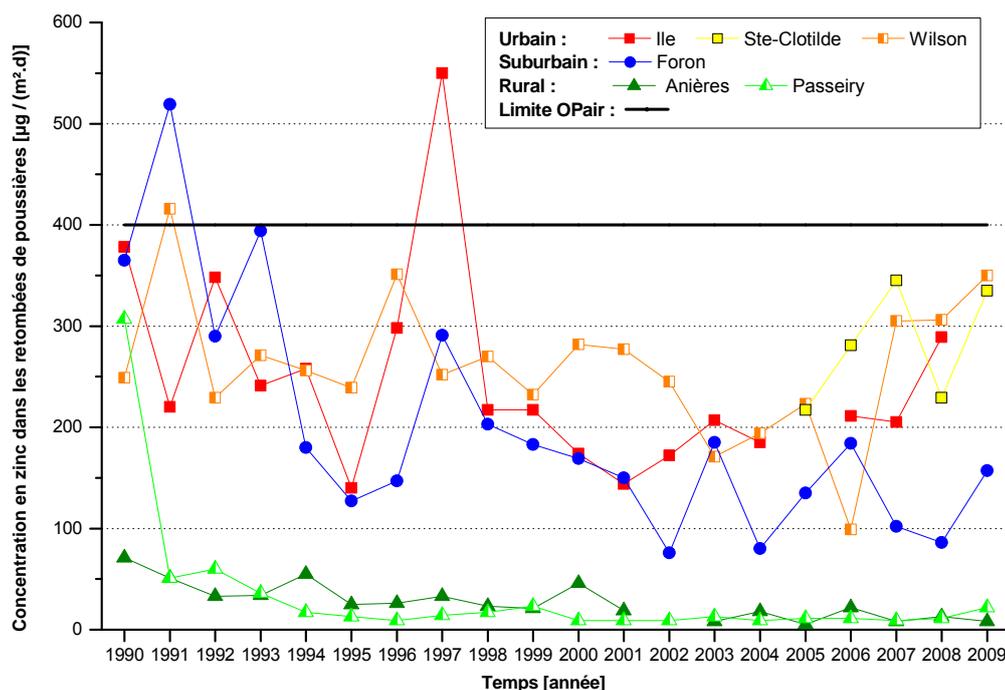


Figure 19. Moyenne annuelle pour le zinc dans les retombées de poussières

### Bilan pour les retombées de poussières

En 2009, les différentes moyennes annuelles (total des retombées de poussières (200 mg/(m<sup>2</sup>.jour)) ainsi que plomb (100 µg/(m<sup>2</sup>.jour)), cadmium (2 µg/(m<sup>2</sup>.jour)) et zinc (400 µg/(m<sup>2</sup>.jour)) dans les retombées de poussières) sont respectées sur tous les sites de mesure. Concernant la station *Ile-relais*, le bécber de prélèvement étant fendu, cela a conduit à l'invalidation des résultats.

Les concentrations en retombées de poussières restent faibles et stationnaires, en dessous des VLI OPAir depuis de nombreuses années.

## 5. Capteurs passifs : mesure du NO<sub>2</sub>

### 5.1. Introduction

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs mesure les concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'agglomération genevoise. En 2009, ce réseau comptait 88 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 du dioxyde d'azote sur de vastes territoires. L'interpolation de l'ensemble des mesures permet de tracer des cartes d'égales concentrations qui servent à vérifier la pertinence des modèles de calcul des immissions à partir des sources d'émissions connues.

### 5.2. Méthodologie

Un capteur passif est un tube fermé à une extrémité, au fond duquel sont placées deux grilles en propyltèx imprégnées d'un mélange de triéthanolamine / acétone - qui absorbe le NO<sub>2</sub>. Cette absorption crée à l'intérieur du tube une diffusion du NO<sub>2</sub> due à la différence de concentration produite. L'analyse permet de mesurer la valeur de NO<sub>2</sub> qui a été accumulée par la substance absorbante et d'en déduire la concentration correspondante pendant une période donnée. Se reporter à l'annexe 4 pour de plus amples informations sur la méthodologie appliquée.

### 5.3. Emplacements - valeurs 2009

Nota : Afin d'être suffisamment représentatifs des concentrations moyennes d'exposition de la population au NO<sub>2</sub>, et puisque la méthode présente un biais si on place les capteurs à proximité de sources d'émissions, ceux-ci sont placés à l'écart des émetteurs d'oxydes d'azote. Les mesures effectuées sont ainsi représentatives d'une pollution de fond.

Jusqu'à la fin 2001, les mesures correspondaient chaque année à un quart du réseau total, avec, à chaque fois, une partie de recouvrement commune. Le réseau total était ainsi couvert au terme de 4 ans. Depuis 2002, l'ensemble du réseau est relevé. La zone couverte par le réseau de capteurs passifs représente une partie mixte ville – campagne qui englobe l'agglomération genevoise et ses abords.

Le tableau ci-après donne les emplacements des 88 boîtiers contenant les capteurs passifs de NO<sub>2</sub> ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2009.

Emplacements	Coordonnées suisses		C*(NO <sub>2</sub> ) [µg/m <sup>3</sup> ]	Emplacements	Coordonnées suisses		C*(NO <sub>2</sub> ) [µg/m <sup>3</sup> ]
	X	Y	2009		X	Y	2009
Dépôt TPG	498667	117460	25	Ch. du Port-Noir	502249	118475	22
Rue de la Synagogue	499619	117621	39	Rue Ernest-Block	501601	117679	31
Rue de Berne	500359	118689	36	Ch. Frank-Thomas	502577	117676	32
Place de Châteaubriand	500608	119022	30	Ch. des Falquets	503690	118427	17
CICR	499639	120470	22	Ch. de la Fraidieu	503575	119495	20
Ch. Palud	499533	121453	21	Ch. de Bellefontaine	502706	119023	20
Ch. de Valérie	499642	122465	23	Ch. du Nant d'Argent	503528	120559	27
Ch. des Cornillons	500381	121771	20	Ch. de Trémessaz	504503	121517	19
Ch. de l'Impératrice	500280	120510	18	Ch. de Marclay	504550	120480	16
Square de Mesmes	499572	119482	28	Ch. des Peutets	504633	119446	19
Voie des Traz/Voirie	498508	122206	33	Ch. de la Seymaz	504615	118371	20
Ch. de la Colombelle	498418	121303	27	Ch. de Grange-Falquet	504351	117353	25
Ch. du Pommier	498549	120537	30	Ch. des Meures	503537	117370	19
Ch. Riant- Bosquet	497356	120549	43	Ch. du Foron	505254	116758	23
Les Avanchets	497464	119556	30	Av. Adrien-Jeandin	504447	116080	29
Ch. des Crêts	498593	119634	29	Rte de Malagnou	503437	116216	26
Rue Isabelle-Eberhardt	499569	118593	31	Ch. des Bougeries	502506	116438	26
Rue de Bourgogne	498407	118497	28	Promenade de Saint-Antoine	500625	117354	34
Ch. du Croissant	497613	118465	25	Rue Alcide-Jentzer	500338	116377	30
Av. Eugène-Lance	498395	115407	29	Rue Daniel-Gevril	500324	115543	29
Chemin de Gilly	497509	115488	21	Place de Sardaigne	499595	115526	36
Av. des Morgines	497505	116313	30	Ch. de Grange-Collomb	499554	114581	28
Av. des Grandes-Communes	496623	116383	23	Ch. Massenet	499522	113616	20
Ch. de l'Auberge	496476	115504	34	Ch. de Vers/Ch. Vandel	498496	113569	23
Ch. des Blanchards (ferme)	495519	117561	21	Rte de Bardonnex	497502	113486	28
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	495432	116476	22	Rte de Base	496382	113561	29
Ch. de Gambay	495495	115519	21	Ch. des Bis	495345	113245	18
Rte de Vernier	496020	119503	40	Ch. des Marais (Confignon)	495507	114443	25
Ch. du Progrès	494847	118566	24	Ch. des Charrotons	496630	114520	20
Ch. Deley	494991	119512	29	Ch. du Nant-Boret	497479	114577	22
Rue de la Golette	494903	120668	19	Ch. des Pontets	498453	114509	30
Rue des Lattes	494859	121649	17	Rte d'Annecy	499658	112529	24
Av. A.-F.-Dubois	496167	122239	24	Rte de Pierre-Grand	500509	112646	21
Aéroport/Bois Perdriaux	497311	121917	17	Ch. de la Cantonnière	501320	112441	28
Rte de Prévevassin	495434	122459	17	Ch. de Tatte-Simond	502579	112999	26
Ch. du Marais Long	496066	121357	18	Ch. des Rasses	502625	113507	25
Ch. Perrault-de-Jotemps	496128	120714	21	Ch. des Marais (Veyrier)	501463	113324	22
Ch. du Moulin-des-Frères	496211	118576	18	Ch. Sous-le-Crêt	500545	113597	20
Ch. Nicolas-Bogueret	496434	117488	20	Plateau de Pinchat	500589	114548	25
Ferme de St-Georges	497453	117199	21	Stade de Vessy	501477	115313	22
Ch. de Surville	498567	116452	25	Ch. de Place-Verte	501384	114587	32
Rte des Acacias	499483	116474	30	Ch. de la Béraille	503517	115497	22
Boulevard d'Yvoy	499159	117221	34	Ch. Rojoux	502672	115457	24
Débarcadère CGN	501515	118301	25	Av. Eugène-Pittard	501446	116397	31

**Tableau 1.** Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO<sub>2</sub> pour l'année 2009

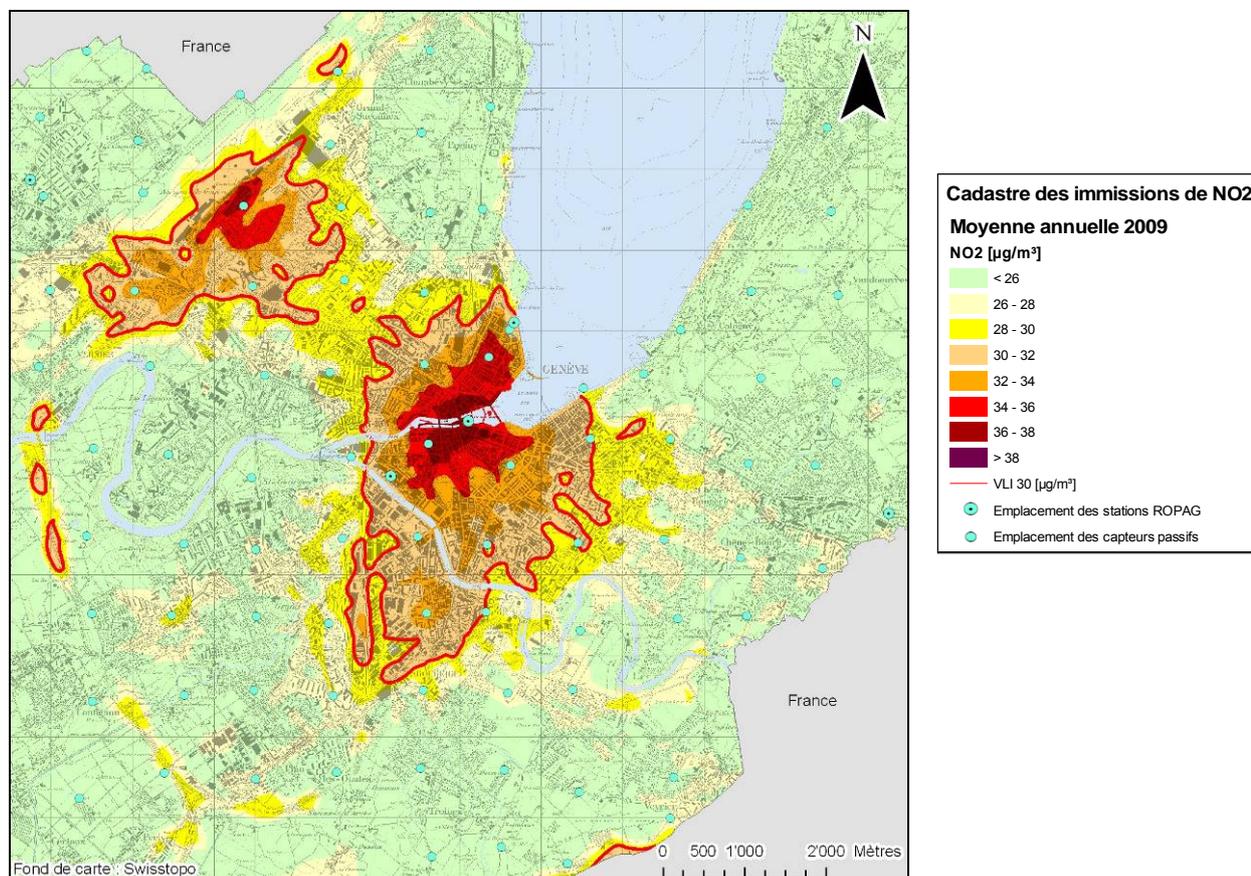
**Légendes et abréviations :**

C\*(NO<sub>2</sub>) : Concentration moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub>.

 : Dépassement de la VLI OPair annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>).

## 5.4. Résultats

Une carte (Figure 20) basée sur les mesures du réseau de capteurs passifs présente les immissions de dioxyde d'azote en moyennes annuelles pour l'année 2009, calculées par interpolation<sup>†††</sup> des résultats obtenus aux 88 points de prélèvement et dans les 5 stations du ROPAG situées à l'intérieur du réseau de mesures. Compte tenu de l'emplacement des capteurs, la carte obtenue est représentative de la pollution de fond.

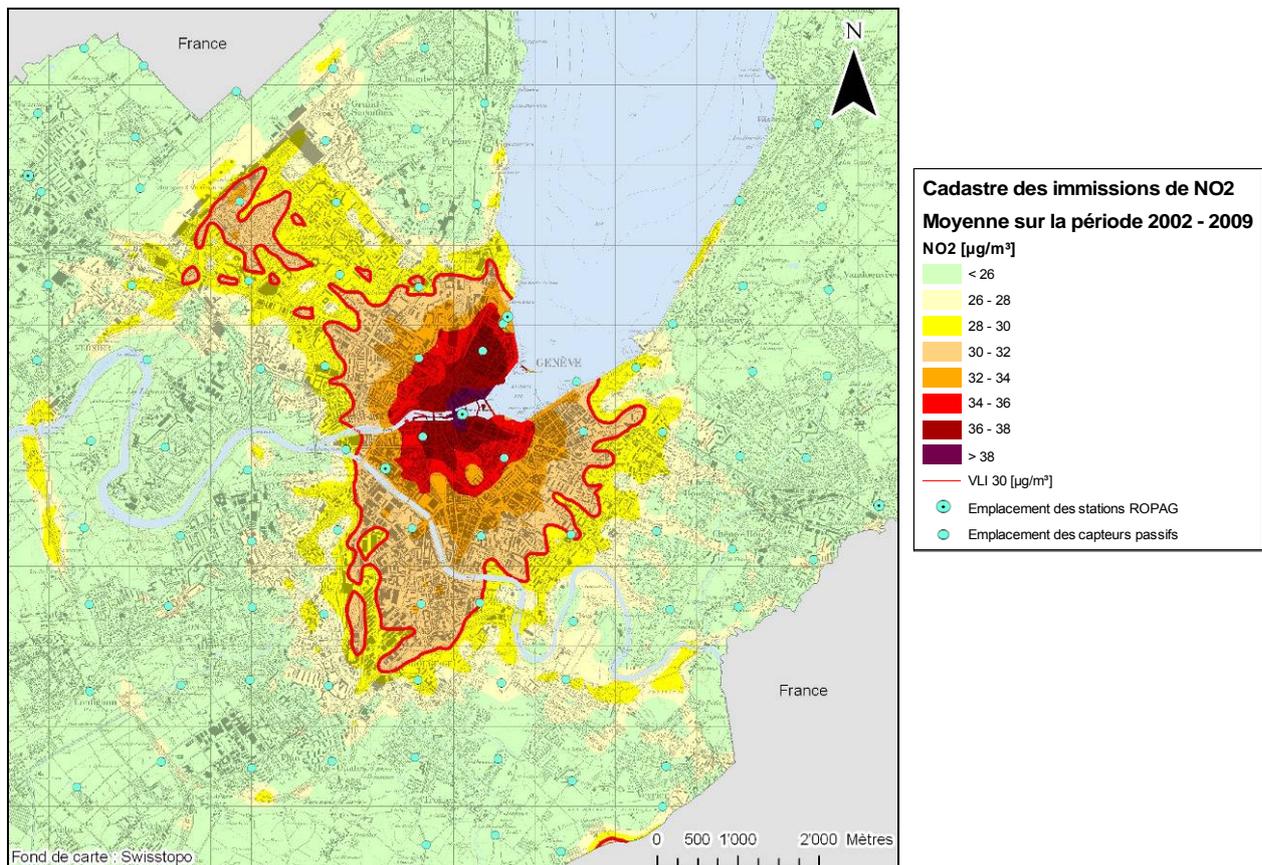


**Figure 20.** Cartes des immissions de NO<sub>2</sub> sur l'agglomération genevoise pour l'année 2009

On peut y observer les zones soumises à des immissions excessives de NO<sub>2</sub>, dont la moyenne annuelle est supérieure à la VLI OPair (30 µg/m<sup>3</sup>). Les couleurs verte à jaune correspondent aux parties du territoire conformes à la VLI OPair annuelle pour le NO<sub>2</sub> alors que les couleurs saumon à rouge-brun représentent des périmètres non-conformes.

L'aspect de la carte des immissions de NO<sub>2</sub> étant lié aux conditions météorologiques de l'année, la carte ci-après, qui couvre la période 2002 à 2009, permet de limiter l'influence des fluctuations annuelles principalement dues à des facteurs climatiques (régime des vents, précipitations, inversions thermiques).

<sup>†††</sup> Selon la méthode du co-krigeage ordinaire (cf. glossaire)



**Figure 21.** Carte des immissions moyennes de NO<sub>2</sub> sur l'agglomération genevoise pour la période 2002 à 2009

La carte de la moyenne des immissions de NO<sub>2</sub> réalisée sur la période 2002-2009 est proche de celle de 2009 sur la majeure partie du périmètre surveillé, les contours délimitant la VLI annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup> coïncidant relativement bien dans les deux cas. Ainsi, en première approximation, la situation des immissions en 2009 peut être considérée comme semblable à la tendance moyenne observée ces dernières années. Toutefois, dans la zone longeant l'autoroute, en particulier à proximité de l'aéroport, on observe des concentrations légèrement supérieures en 2009 à celles de la période 2002-2009.

Nota : Les cartes présentées plus haut ne recouvrent pas l'ensemble du territoire genevois. Elles sont limitées au domaine couvert par le réseau de capteurs passifs. Néanmoins, les mesures effectuées dans les stations rurales et ponctuellement par les stations mobiles montrent que la pollution de fond dans le reste du territoire cantonal ne devrait pas dépasser les VLI OPair. Il faut toutefois rester attentif au fait que des concentrations importantes de NO<sub>2</sub> peuvent être mesurées localement dans les endroits très exposés à des sources (comme par exemple un trafic intense).

## 6. Synthèse

L'année 2009 confirme la tendance à la stagnation des niveaux des immissions polluantes observée ces dernières années et, en dehors d'une légère augmentation des immissions d'ozone, les concentrations des polluants mesurés sont similaires aux années précédentes. L'essentiel des dépassements des valeurs limites d'immission (VLI) journalières de NO<sub>2</sub> et de PM10 se sont produites durant des phases d'inversions de température survenues en début d'année.

Les VLI fixées par l'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) pour les polluants NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 ne sont toujours pas respectées dans certaines parties du canton, en particulier dans le centre de l'agglomération, là où vit et travaille une bonne part de la population genevoise.

### **NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote)**

Le dioxyde d'azote reste un polluant préoccupant, en particulier au cœur de l'agglomération où sa concentration est nettement supérieure à la VLI annuelle. C'est aussi au centre ville que l'on a enregistré l'essentiel des dépassements de la VLI journalière.

### **O<sub>3</sub> (ozone)**

La pollution à l'ozone touche tout le territoire genevois. La VLI horaire a été dépassée fréquemment durant toute la période estivale et dans toutes les stations de mesure. En 2009, les immissions d'ozone annuelles sont reparties à la hausse, après deux années ayant connu une situation peu propice à la formation de ce polluant. Toutefois, le nombre de dépassements de la VLI horaire n'a pas atteint les valeurs mesurées avant 2007, hormis pour la station de Passeiry.

### **PM10 (particules fines)**

Les immissions de particules fines ont été excessives dans l'ensemble des stations de mesures. Celles-ci ont toutes connu des dépassements de la VLI journalière. Alors que la concentration moyenne annuelle de PM10 dépasse la VLI au centre ville, elle l'approche dans les sites suburbains et ruraux.

### **SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre), CO (monoxyde de carbone) et retombées de poussières**

Après avoir été un polluant majeur durant les années 1980, la charge en dioxyde de soufre dans l'atmosphère ne représente actuellement plus un danger notable pour la santé. Il en va de même pour le monoxyde de carbone et les retombées de poussières. Les concentrations de ces polluants respectent les VLI de l'OPair depuis plus d'une dizaine d'années et restent stables.

# 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.

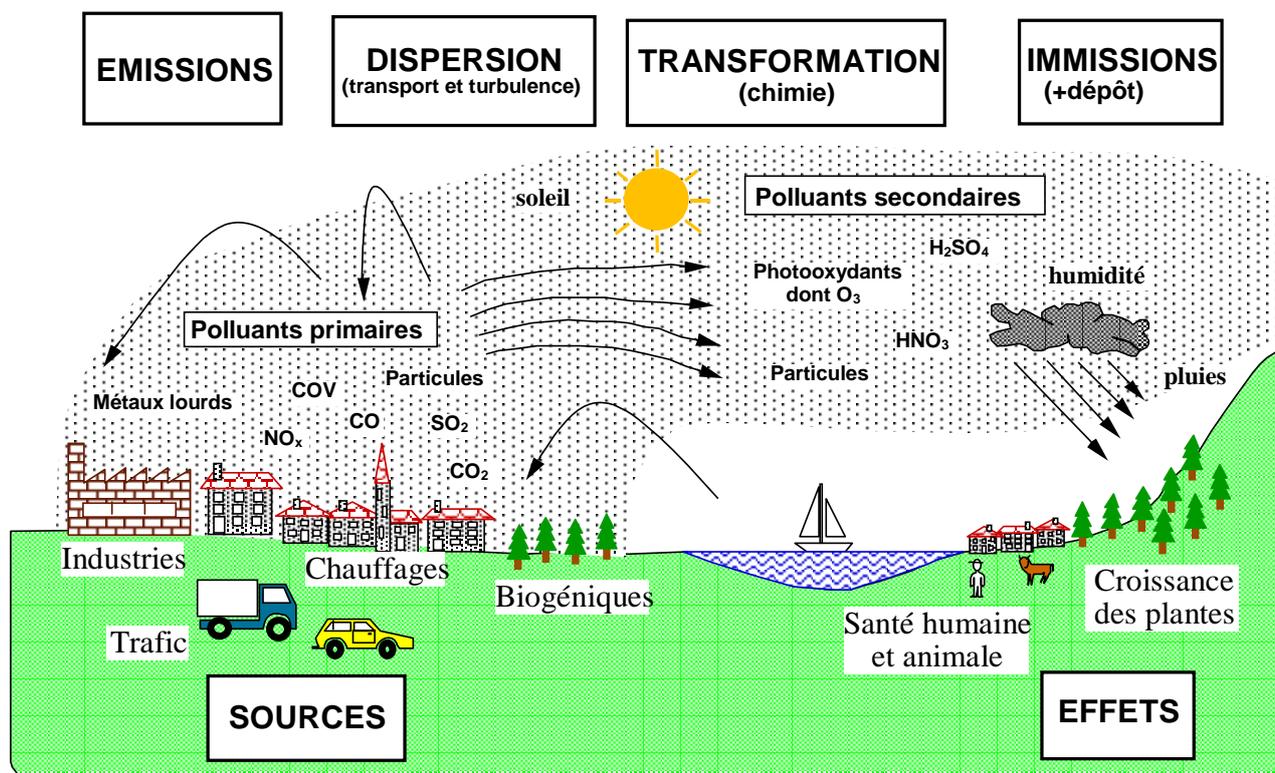


Figure 22. Ensemble des phénomènes mis en jeu en pollution de l'air

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 étant entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2009.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les VLI OPair pour un certain nombre de composés tels que le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, le CO, l'O<sub>3</sub>, 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 <sub>2</sub> )		30 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m <sup>3</sup>	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		80 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Ozone (O <sub>3</sub> )		100 µg/m <sup>3</sup>	Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles
		120 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Poussières en suspension (PM10)	Total	20 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (arithmétique)
		50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne sur 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
	Plomb (Pb)	500 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	1,5 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (arithmétique)
Anhydride sulfureux (SO <sub>2</sub> ) (syn. : dioxyde de soufre)		30 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m <sup>3</sup>	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		100 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)		8 mg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Retombées de poussières	Total	200 mg/(m <sup>2</sup> ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Plomb (Pb)	100 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	2 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Zinc (Zn)	400 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Thallium (Tl)	2 µg/(m <sup>2</sup> ·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 <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	O <sub>3</sub>	HCT	CH <sub>4</sub>	CO	PM10	Pouss.	T	HR	VENT	RS	P
Ile-relais	FUV*	CL* / DOAS	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° / Aβ	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	
Satigny (mobile)	FUV*	CL*	CL*	AUV**	-	-	-	G	Berg.	TC	H	AN	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 <sub>2</sub>	dioxyde de soufre
NO <sub>2</sub>	dioxyde d'azote
NO	monoxyde d'azote
O <sub>3</sub>	ozone
HCT	hydrocarbures totaux
CH <sub>4</sub>	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 mois 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 et zinc 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.

## **Personnes en charge des mesures**

### **Le groupe ROPAG (et affiliés)**

**Coordination :** *B. Lazzarotto*

**Construction, maintenance :** *H. Broillet*

**Calibration, maintenance :** *E. Dêlicado / P. Friedli*

**Poussières, laboratoire :** *STEB*

**Gestion des données :** *F. Magnin / P-E. Huguenot*

**Mécanique, installation :** *Y. Lutzelschwab*

**Secrétariat :** *S. Pierre / I. Bowen*

**Graphisme :** *C. Deléaval*

### **Autres contributions aux mesures**

*Ph. Butty - SPAir.*

*P. Choraos-Rossier / M.-J. Clerc - Service de toxicologie de l'environnement bâti (STEB).*

*G. Pfister - Laboratoire de la protection des eaux et de l'environnement (LPEE – SECOE).*

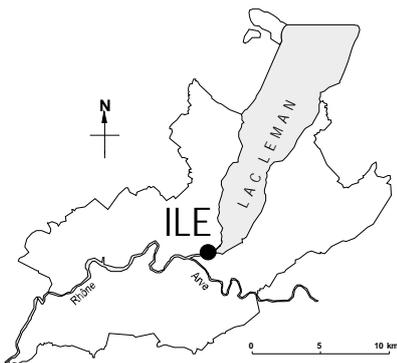
## **Détail des stations**

Pour l'année 2009, 7 stations fixes et une station mobile 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'Aéroport<sup>\*\*\*</sup>.

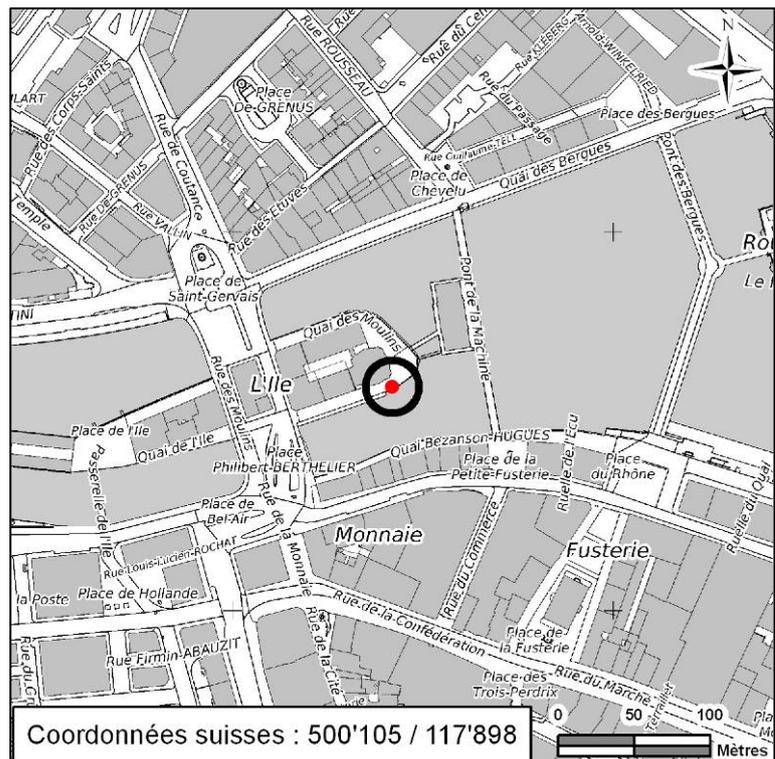
---

<sup>\*\*\*</sup> <http://www.gva.ch/desktopdefault.aspx/tabid-111/>

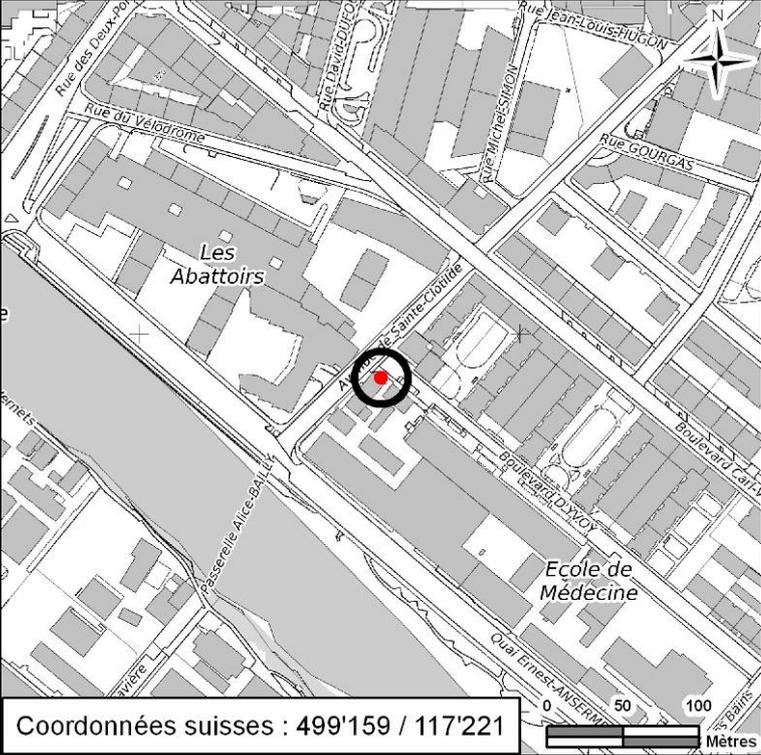
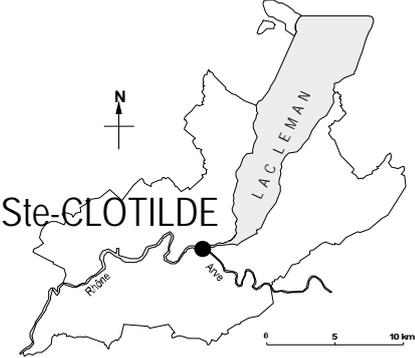
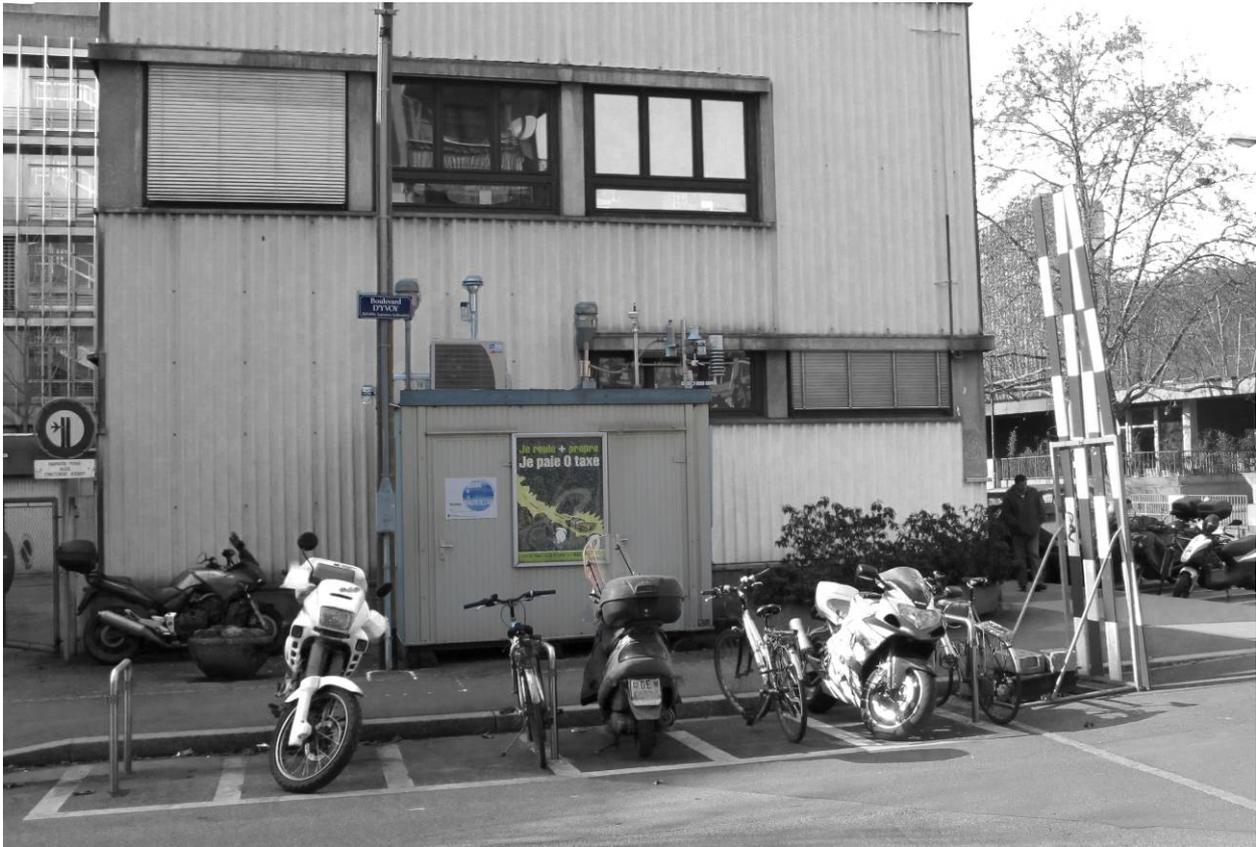
## Milieu urbain : ILE-relais



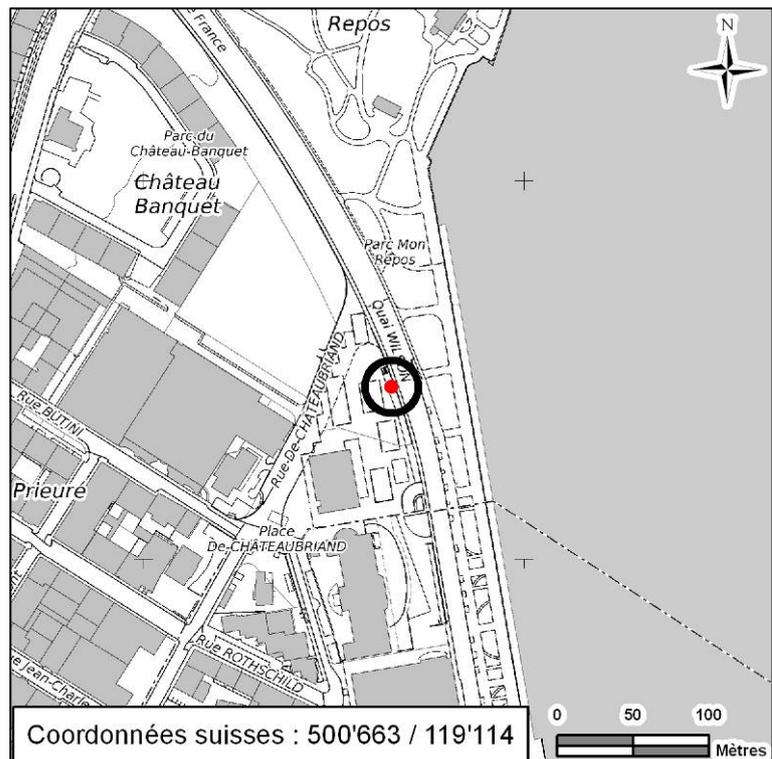
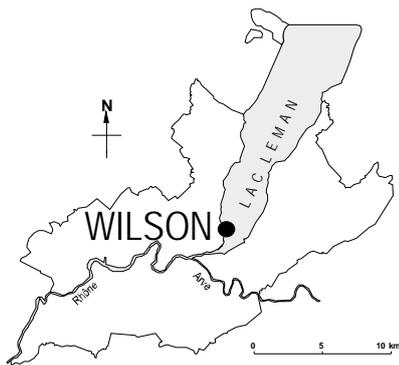
Nota : En raison des travaux du tram Cornavin-Onex-Bernex (TCOB), la station de l'Ile a été remplacée par une station mobile. Elle se trouve depuis fin janvier 2009 sur le quai de l'Ile.



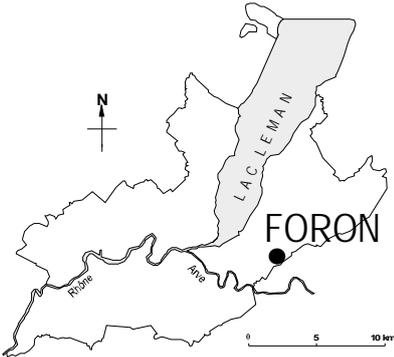
Milieu urbain : **SAINTE - CLOTILDE**



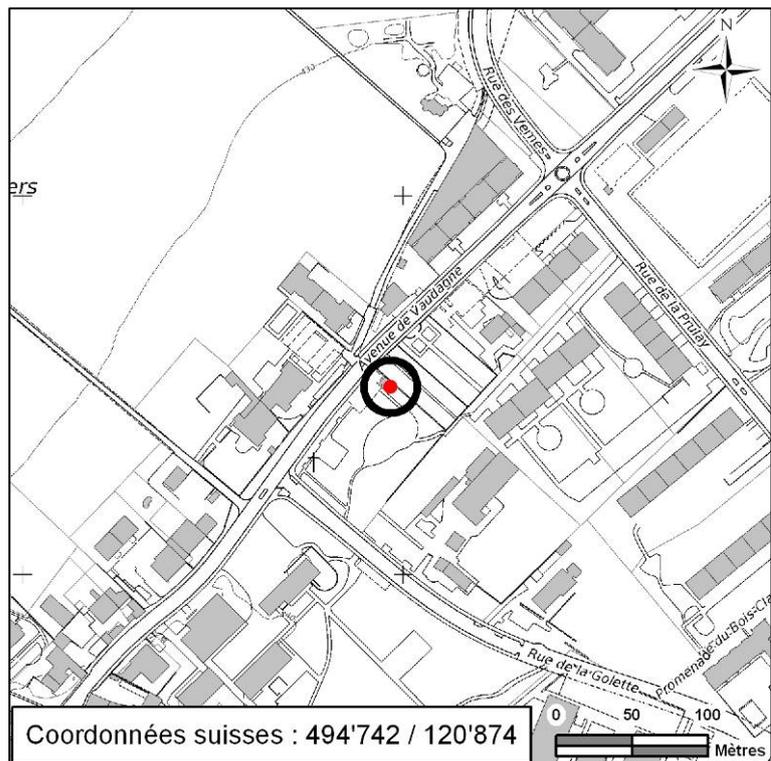
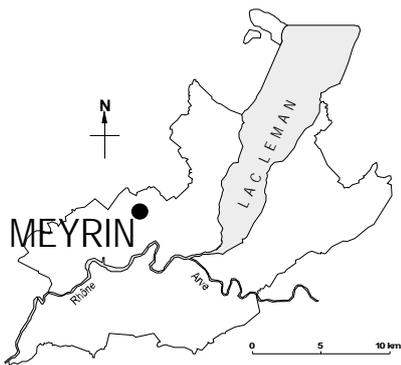
# Milieu urbain : WILSON



Milieu suburbain : **FORON**

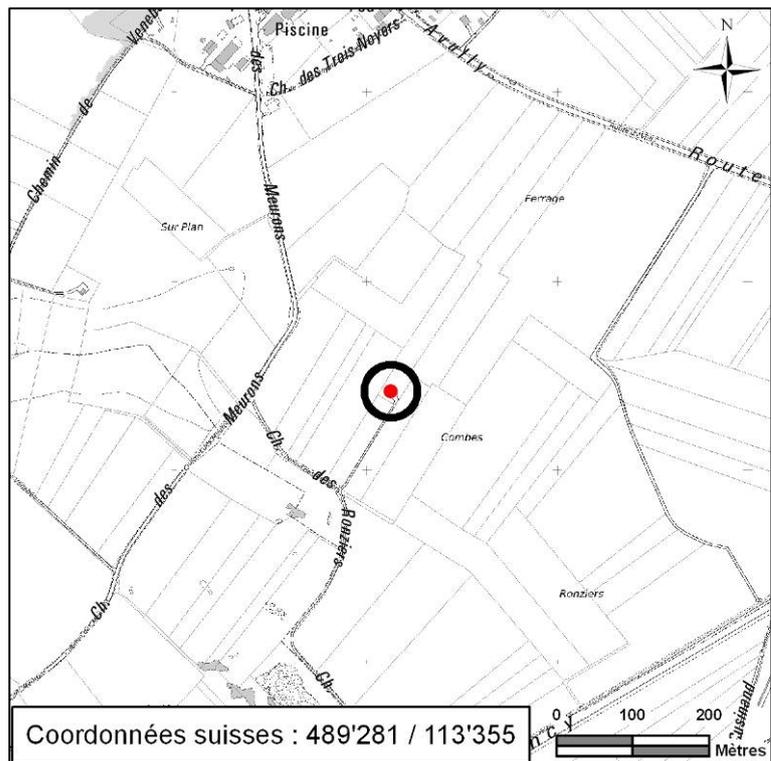
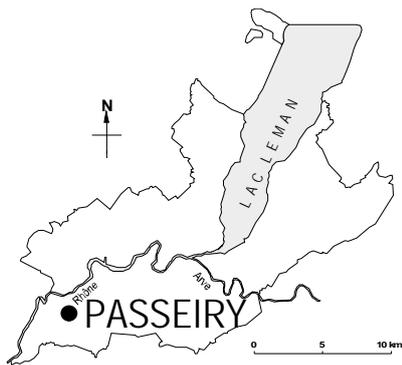


# Milieu suburbain : MEYRIN

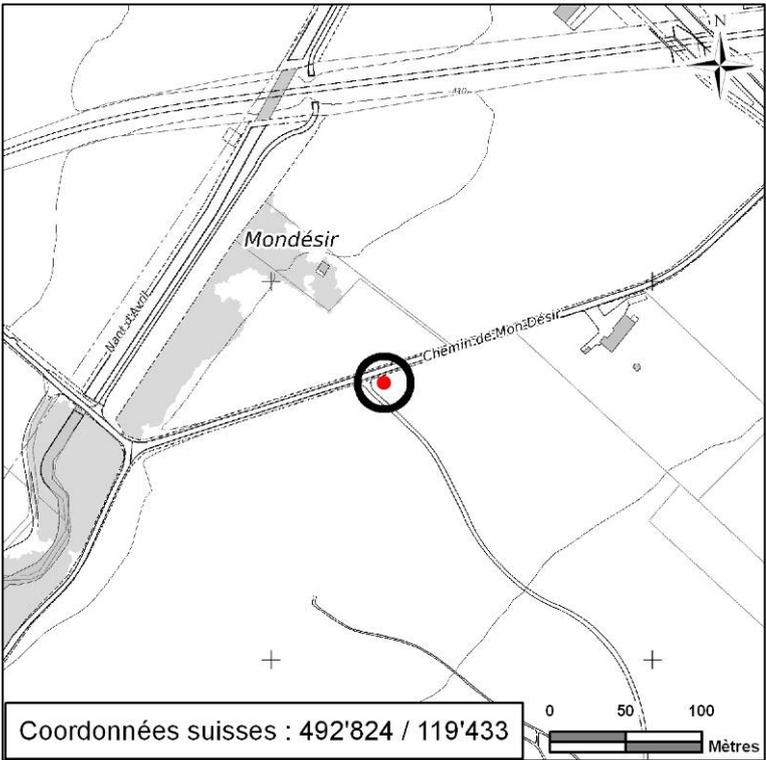




# Milieu rural : PASSEIRY

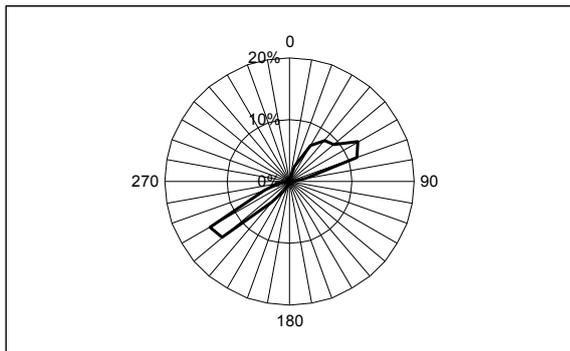


Milieu rural : **SATIGNY** (station mobile)

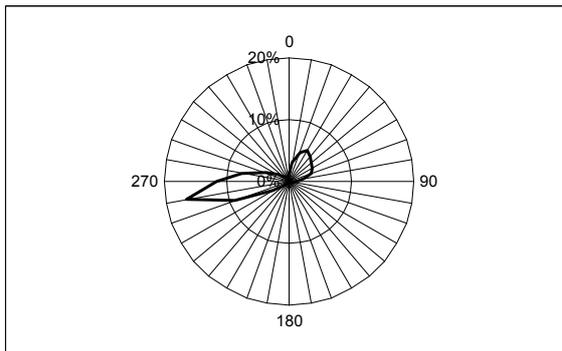


# Roses de vents 2009 en %

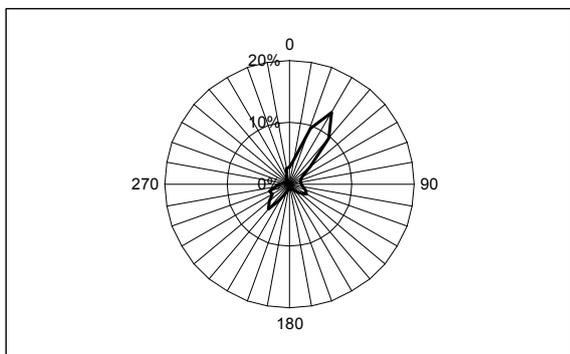
**Ile-relais**



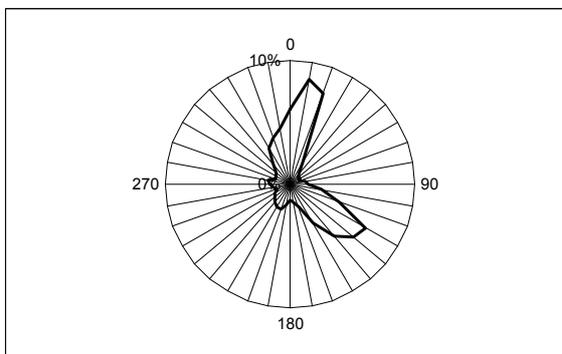
**Sainte-Clotilde**



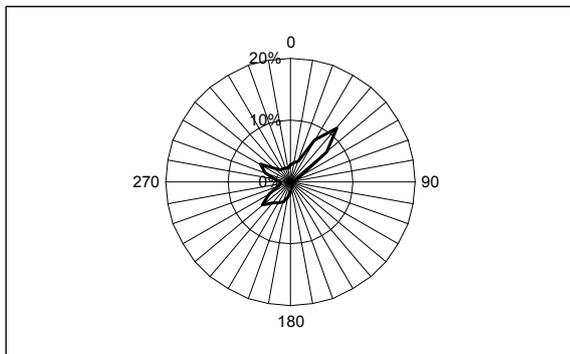
**Wilson**



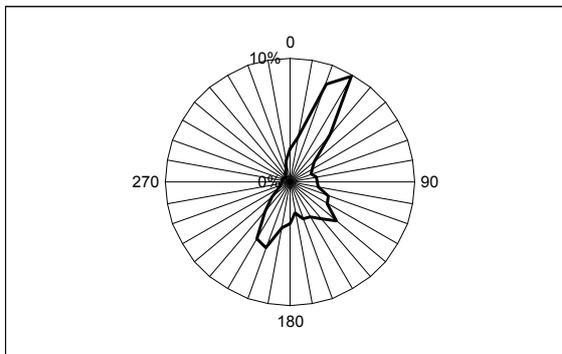
**Foron**



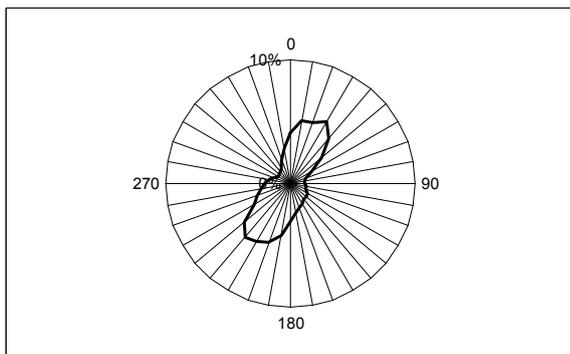
**Meyrin**



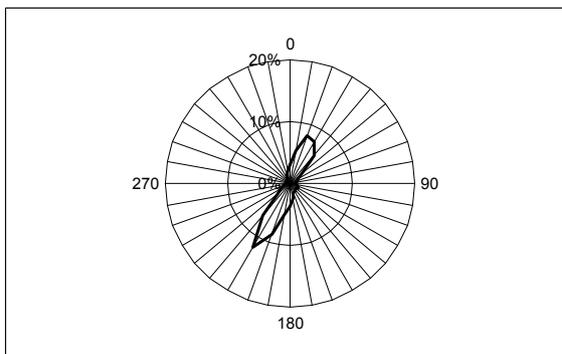
**Anières**



**Passeiry**



**Satigny**



# Annexe 3 : généralités sur les différents polluants

## Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), terme qui comprend le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), 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  $\text{NO}_2$ . 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  $\text{NO}_2$  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  $\text{NO}_2$  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  $\text{NO}_x$  modifient la biodiversité au détriment des plantes peu adaptées aux substrats azotés.

Les  $\text{NO}_x$  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 -  $\text{NO}_x$ ) 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  $\mu\text{m}$  sont appelées PM10 (par analogie, les PM2.5 sont les poussières dont le diamètre est inférieur à 2.5  $\mu\text{m}$ ). Alors que les plus grosses (supérieures à 10  $\mu\text{m}$ ) 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.

**Nota** : Conformément aux recommandations de la Confédération et suivant le rapport de l'INFRAS "PM10 - umrechnungsmodelle für TEOM - und betameter - messreihen" de janvier 2005, un facteur de correction a été appliqué sur les mesures de PM10 effectuées au moyen d'un TEOM (station de l'Ile). Ceci peut expliquer des divergences avec les mesures présentées dans les précédents bilans annuels. A noter que, depuis mi 2006, le TEOM de l'Ile a été équipé d'un système (FDMS) qui rend désormais caduque l'application de ce facteur.

## Dioxyde de soufre

Le SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>.

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005 et en accord avec les normes européennes, les normes en vigueur imposent une teneur en soufre maximale de 50 ppm pour l'essence et le diesel. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2009, cette teneur passera à 10 ppm.

Le SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub>, 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 SO<sub>2</sub>, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO<sub>3</sub>. 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-vasculaires<sup>†††</sup>.

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 PM<sub>10</sub>, 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.

---

<sup>†††</sup> 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 NO<sub>2</sub>

## Préparation

Les tubes à diffusion en polypropylène (PP) sont préparés dans le laboratoire du SPAIR. Ils sont munis de deux grilles en propyltex, et de deux bouchons en polyéthylène (PE). Les grilles sont imprégnées par un mélange de triéthanolamine / acétone.

Chaque capteur reçoit deux grilles en propyltex et est obturé à une extrémité par un bouchon en PE. Afin d'éviter toute contamination due au NO<sub>2</sub> atmosphérique ambiant, l'extrémité ouverte est immédiatement obturée au moyen d'un bouchon en PE.

## 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.

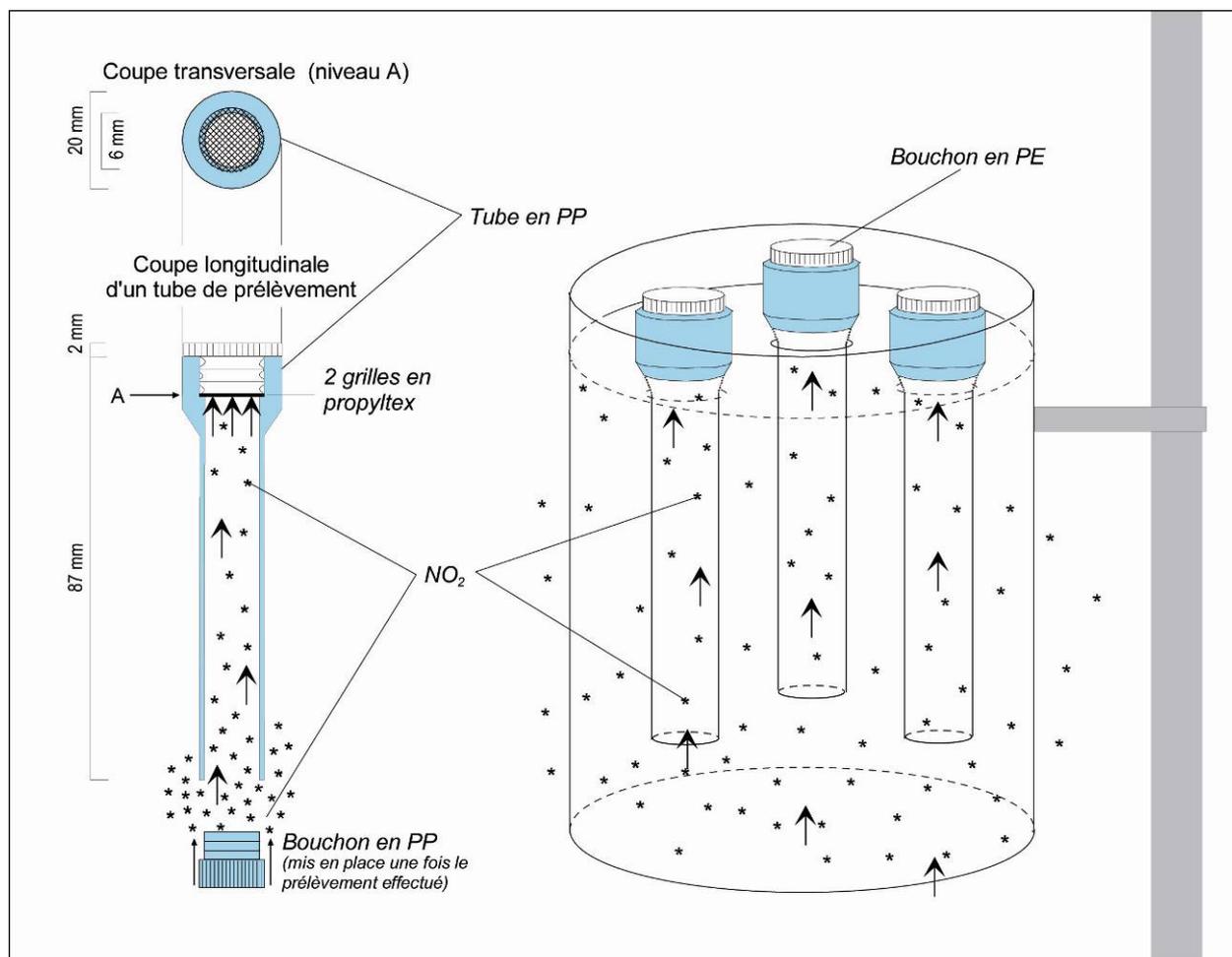


Figure 23. Principe de montage des capteurs passifs de NO<sub>2</sub>

## 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  $\mu\text{g/l}$  de  $\text{NaNO}_2$  (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](http://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](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>

<http://www.vd.ch>

<http://www.vs.ch>

<http://www.be.ch>

<http://www.fr.ch>

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

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

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

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

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

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

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

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

OFIAMT, division protection de l'environnement.

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

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.

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

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

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

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

# Annexe 6 : glossaire

## A

### Absorption

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

#### Absorption $\beta$

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement  $\beta$  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 (NH<sub>3</sub>)

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<sub>x</sub>.

Suite à la réaction entre NO et O<sub>3</sub> (qui est rapide et complète en présence d'un excès de O<sub>3</sub>) une molécule de NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub>, 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 NO<sub>2</sub> 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 (N<sub>2</sub>) : 78.1%

Oxygène (O<sub>2</sub>) : 20.9%

Argon (Ar) : 0.9%

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : 0.03%

Et

Vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) : hautement variable

Ozone (O<sub>3</sub>), Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), .... : ppb

#### Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

## D

### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Cf. Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

### Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

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 CO<sub>2</sub> 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 (SO<sub>2</sub>)

*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 CO<sub>2</sub>, 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 SO<sub>2</sub>) 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 *micro-balance*.

#### Pesée

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume de 720 m<sup>3</sup> 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.

#### Micro-balance

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 (NO<sub>2</sub>), des particules fines (PM10) et de l'ozone (O<sub>3</sub>). 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 thermique

L'inversion thermique (ou inversion de température) 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<sup>er</sup> février 1985.

Dixit l'article énonçant le but de la LPE, art. premier, 1<sup>er</sup> 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/m<sup>3</sup>. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 % , c.a.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 (CH<sub>4</sub>)**

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<sub>x</sub>).

## **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/m<sup>3</sup>) contrairement aux autres polluants dont l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>).

## **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 incommodes ».

La 1<sup>ère</sup> 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<sub>x</sub>)**

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 NO<sub>2</sub>, la totalité des émissions est exprimée en dioxyde d'azote.

Le terme "Oxydes d'azote" (NO<sub>x</sub>), recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :



En combinaison avec les composés organiques volatils, et sous l'action de l'énergie solaire, les NO<sub>x</sub> 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 (CO<sub>2</sub>)*.

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 (O<sub>3</sub>)**

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<sub>x</sub>, 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/m<sup>3</sup>, mesurée dans une agglomération du nord des Alpes, se compose aujourd'hui comme suit :

30 µg/m<sup>3</sup> (± 10 µg/m<sup>3</sup>) : Ozone naturel.

70 µg/m<sup>3</sup> (± 20 µg/m<sup>3</sup>) : Concentration de fond (dictée par les émissions de toute l'Europe).

60 µg/m<sup>3</sup> (± 60 µg/m<sup>3</sup>) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1000 km).

40 µg/m<sup>3</sup> (± 20 µg/m<sup>3</sup>) : 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 terme 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  $2\pi$  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 ( $\mu\text{g}$ ) 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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 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 incommodantes, et la fertilité du sol préservée.

### VLI à court terme :

Elles sont fixées de façon à bannir les épisodes de pollution aigus.

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](mailto: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

Fax. 022 388 80 09

Document disponible en pdf sur internet : [www.ge.ch/air](http://www.ge.ch/air)