

# Qualité de l'air

## 2014



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE DE L'AIR, DU BRUIT ET DES  
RAYONNEMENTS NON IONISANTS

# Qualité de l'air 2014

Mai 2015



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE DE L'AIR, DU BRUIT ET DES  
RAYONNEMENTS NON IONISANTS



# 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. Récapitulatifs de l'année 2014 .....	6
3.1. <i>Tableau résumé des mesures</i> .....	6
3.2. <i>Variation journalière de l'IPC</i> .....	7
4. Evolution de la qualité de l'air .....	8
4.1. <i>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</i> .....	8
4.2. <i>Ozone (O<sub>3</sub>)</i> .....	10
4.3. <i>Poussières fines (PM10)</i> .....	12
4.4. <i>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</i> .....	15
4.5. <i>Monoxyde de carbone (CO)</i> .....	16
4.6. <i>Retombées de poussières</i> .....	17
5. Capteurs passifs : mesure du NO <sub>2</sub> .....	19
5.1. <i>Introduction</i> .....	19
5.2. <i>Méthodologie</i> .....	19
5.3. <i>Emplacements - valeurs 2014</i> .....	19
5.4. <i>Cartographie</i> .....	21
6. Synthèse .....	23
Annexes .....	24
<i>Annexe 1 : mesure des immissions</i> .....	25
<i>Annexe 2 : les stations du ROPAG</i> .....	27
<i>Annexe 3 : résultats détaillés des mesures par station</i> .....	34
<i>Annexe 4 : généralités sur les différents polluants</i> .....	44
<i>Annexe 5 : préparation et analyse des capteurs passifs NO<sub>2</sub></i> .....	47
<i>Annexe 6 : information sur la qualité de l'air</i> .....	49
<i>Annexe 7 : glossaire</i> .....	51

Un glossaire en page 51 explique les termes techniques ou scientifiques

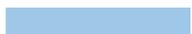
Les données contenues dans ce rapport sont publiques. Néanmoins, leur utilisation nécessite la citation de la source : *SABRA – DETA – Etat de Genève*

# 1. Tableau résumé

Le tableau ci-dessous résume l'état de la qualité de l'air à Genève pour l'année 2014 ainsi que son évolution durant la période 2007-2014 en prenant en compte toutes les valeurs limites d'immission (VLI) annuelles, mensuelles, journalières et horaires de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) décrites dans l'annexe 1.

POLLUANTS	Milieu urbain	Milieu suburbain	Milieu rural
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)			
RETOMBÉES DE POUSSIÈRES			

LÉGENDE :

<p>Etat 2014 :</p>  = VLI OPair respectée  = VLI OPair non respectée. Immissions excessives  = VLI OPair respectée, mais immissions proches de la VLI	<p>Tendance 2007-2014 :</p>  = Amélioration  = Stabilisation  = Dégradation
--	---

**Figure 1.** Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2014 ainsi que l'évolution sur la période 2007-2014

En 2014, trois polluants réglementés dans l'OPair sont en quantités excessives dans l'air genevois : l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules fines (PM10) sur tout le territoire genevois, alors que le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) l'est principalement en zone urbaine. Les autres polluants tels que le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et les retombées de poussières se situent au-dessous des VLI OPair sur l'ensemble du territoire.

La tendance sur la période allant de 2007 à 2014 confirme la stagnation générale de l'évolution des concentrations de NO<sub>2</sub>, d'O<sub>3</sub>, de SO<sub>2</sub>, de CO et de retombées de poussières constatée depuis de nombreuses années et ceci indépendamment de la zone considérée. La concentration des PM10, bien qu'excessive sur tout le territoire, diminue légèrement.

**Nota :** La tendance est évaluée grâce à l'élaboration de "moyennes glissantes" sur huit années au moyen des mesures des stations fixes et des capteurs passifs pour le NO<sub>2</sub>.

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

### 2.1. Introduction

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

Dans le canton de Genève, c'est le *Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève* (ROPAG) du *Service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants* (SABRA) qui, depuis plus de quarante ans, a pour missions d'analyser la qualité de l'air, d'en suivre l'évolution et d'informer la population.

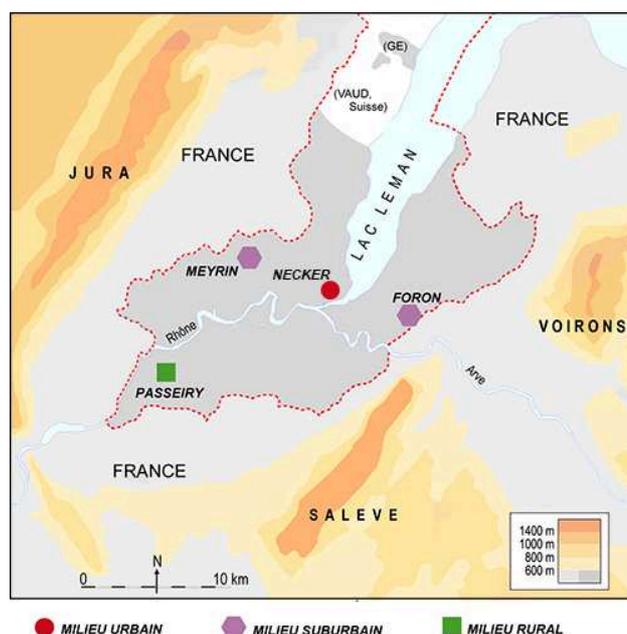
Ces mesurages permettent ainsi de faire un état de situation de la qualité de l'air sur le territoire genevois et de déterminer si les VLI OPair sont respectées. Si celles-ci sont dépassées, les autorités cantonales doivent alors mettre en place un plan de mesures d'assainissement de l'air permettant d'atteindre cet objectif.

### 2.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2014, quatre stations de mesure étaient en activité. Leurs descriptions sont données en annexe 2.

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

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



**Figure 2.** Emplacement des stations fixes du ROPAG

Milieu urbain - centre-ville (station de Necker)

La station de **Necker** est située non loin de la gare Cornavin. Elle est représentative d'une zone d'urbanisation dense et se trouve à 40 mètres de plusieurs voies de circulation importantes. Cette station est entrée en fonction au début de l'année 2014 et succède aux anciennes stations urbaines de Sainte-Clotilde et de Wilson dont les mesures ont été arrêtées au début de l'année 2014.

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

La station de **Meyrin** se trouve à la limite d'une zone industrielle et de la cité de Meyrin, au nord-ouest de Genève.

La station du **Foron** est située à l'est de Genève sur la commune de Thônex dans une zone périphérique à forte densité d'habitations à proximité de la frontière française. Selon le régime des vents, elle peut aussi être sous l'influence de l'agglomération française d'Annemasse.

Milieu rural - campagne (station de Passeiry)

La station de **Passeiry** est située sur la commune d'Avully, dans une zone éloignée des sources importantes d'émissions polluantes. Elle permet notamment d'évaluer les apports des émissions de la ville lors de périodes de bise.

# 3. Récapitulatifs de l'année 2014

## 3.1. Tableau résumé des mesures

Substance	Donnée	Unité	Valeur Limite d'Immission O'Pair	Stations de mesure				
				Urbaine	Suburbaines		Rurale	
				Necker	Foron	Meyrin	Passeiry	
NO <sub>2</sub>	Mes. validées	%		98.3	99.8	99.8	98.6	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	30	40	21	19	12	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	100	77	53	47	34	
	Nb <sup>j</sup> >80 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	3	0	0	0	
O <sub>3</sub>	Mes. validées	%		99.6	99.1	99.7	98.8	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>		37	46	48	50	
	Perc. 98	Janv.	µg/m <sup>3</sup>	100	63	72	74	75
		Fév.	µg/m <sup>3</sup>	100	71	89	84	85
		Mar.	µg/m <sup>3</sup>	100	84	115	106	108
		Avr.	µg/m <sup>3</sup>	100	97	116	107	109
		Mai.	µg/m <sup>3</sup>	100	103	111	111	117
		Juin.	µg/m <sup>3</sup>	100	123	136	134	137
		Juil.	µg/m <sup>3</sup>	100	114	127	129	136
		Aout.	µg/m <sup>3</sup>	100	98	106	107	109
		Sept.	µg/m <sup>3</sup>	100	96	118	112	118
		Oct.	µg/m <sup>3</sup>	100	66	83	83	86
		Nov.	µg/m <sup>3</sup>	100	55	69	64	74
		Déc.	µg/m <sup>3</sup>	100	53	66	67	71
Nb <sup>h</sup> >120 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	30	113	108	167		
PM10	Mes. validées	%		97.3	100	97.3	99.7	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	20	18	17	16	15	
	Nb <sup>j</sup> >50 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	5	8	5	5	
	Pb	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	500	4.2	3.7	3.3	2.9
Cd	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	1.5	0.31	0.04	0.08	0.04	
SO <sub>2</sub>	Mes. validées	%		95.2	56.5 #	78.2 #	-	
	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	30	4	2	3	-	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	100	11	5	5	-	
	Nb <sup>j</sup> >100 µg/m <sup>3</sup>	nb	1	0	0	0	-	
CO	Mes. validées	%		99.2	-	-	-	
	Moy. ann.	mg/m <sup>3</sup>		0.3	-	-	-	
	Nb <sup>j</sup> >8 mg/m <sup>3</sup>	nb	1	0	-	-	-	
Pouss.	Total	Moy. ann.	mg/(m <sup>2</sup> •d)	200	42	70	-	47
	Pb	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •d)	100	11	2	-	2
	Cd	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •d)	2	0.06	0.04	-	0.05
	Zn	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •d)	400	95	15	-	10
	TI	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •d)	2	0.009	0.008	-	0.01
IPL				4	3	3	2	

### 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>j</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).

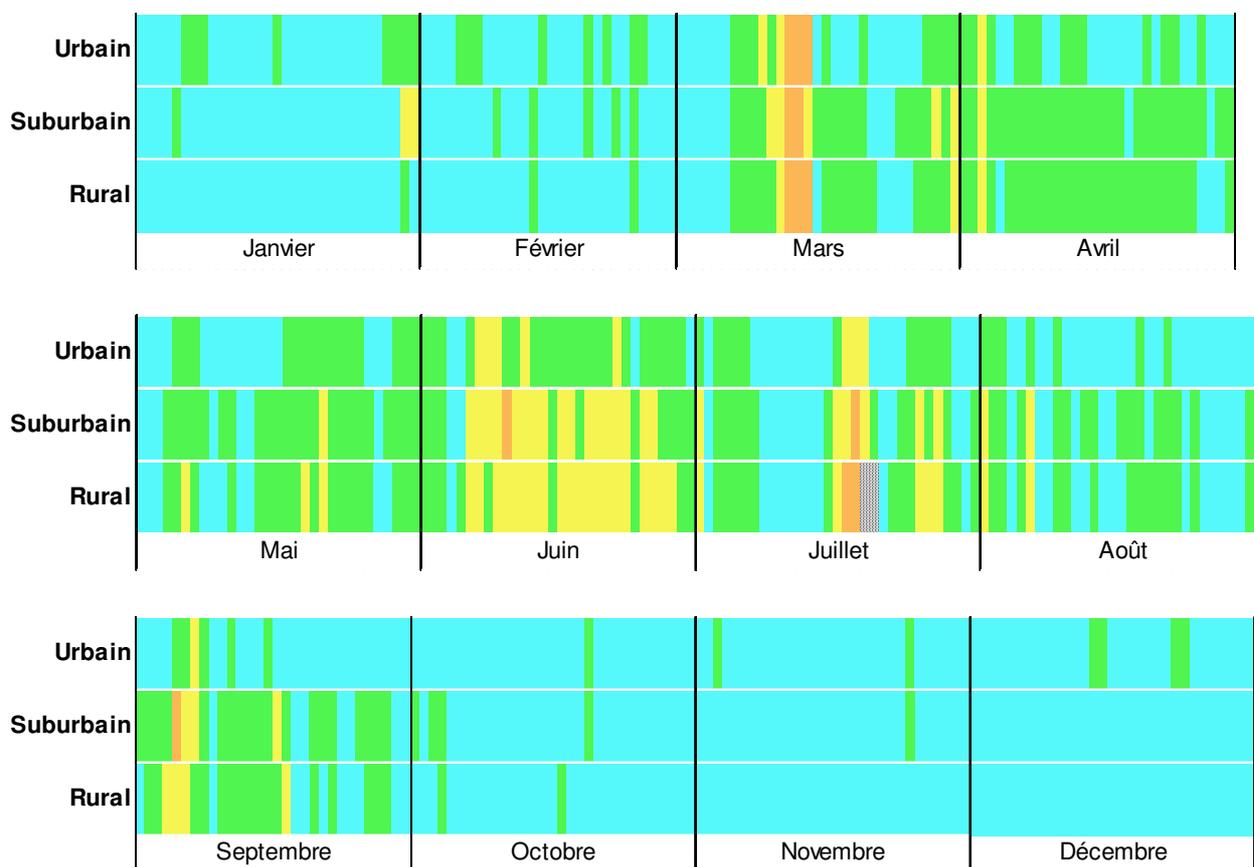
**Nota** : Mesure validée = Mesure ayant passé avec succès les contrôles (automatiques et manuels) servant à garantir la qualité et l'exactitude des données.

## 3.2. Variation journalière de l'IPC

L'indice de pollution à court terme (IPC)<sup>1</sup> est un indicateur journalier déterminé à partir des concentrations des trois principaux polluants : O<sub>3</sub>, PM10 et NO<sub>2</sub>. Il permet de résumer la mesure de ces polluants en une seule valeur simple allant de 1 à 6, un indice égal ou supérieur à 3 équivaut à un dépassement d'au moins une des VLI OPAir.

IPC	Charge polluante
6	très élevée
5	élevée
4	marquée
3	significative
2	modérée
1	faible
	mesures incomplètes

L'illustration ci-dessous permet d'avoir une vue d'ensemble de la variation journalière de la qualité de l'air au cours de l'année selon la zone considérée.



**Figure 3.** Variation journalière de l'IPC par zone en 2014

<sup>1</sup> La méthode de calcul de cet indice, selon la recommandation 27a de Cerl'Air, est disponible sur le site Internet : <http://ge.ch/air/qualite-de-lair/explication-des-indices/indice-journalier-ipc>

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

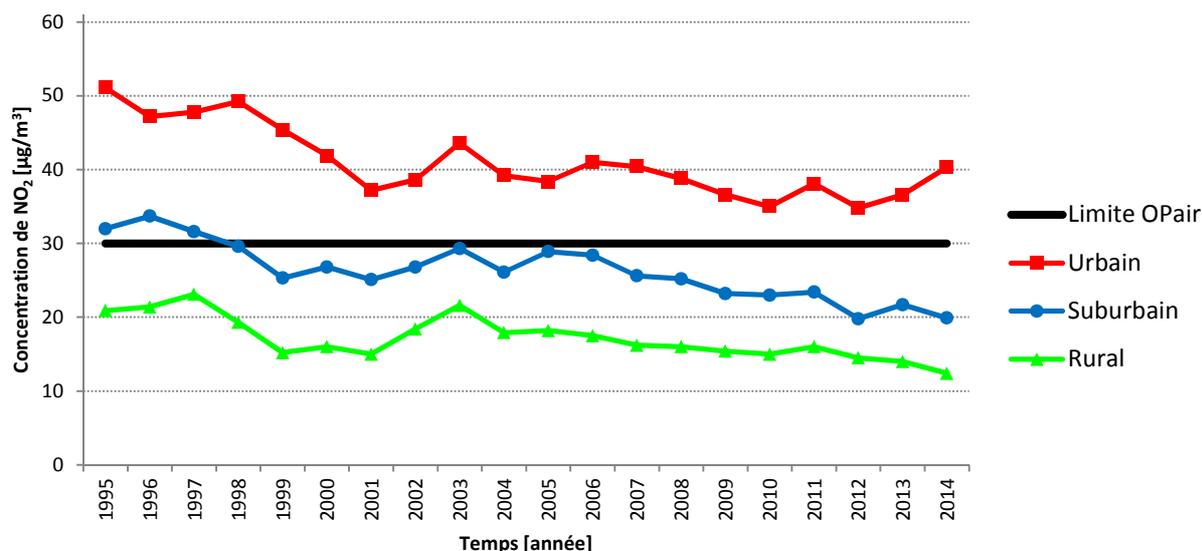
Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations des polluants atmosphériques mesurées par le ROPAG durant ces 20 dernières années.

L'annexe 2 donne des informations sur les stations de mesure et les périodes de mesurage.

L'annexe 3 détaille les valeurs de chaque polluant pour toutes les stations de mesure.

L'annexe 4 fournit des descriptifs détaillés des polluants (origines, effets, ...).

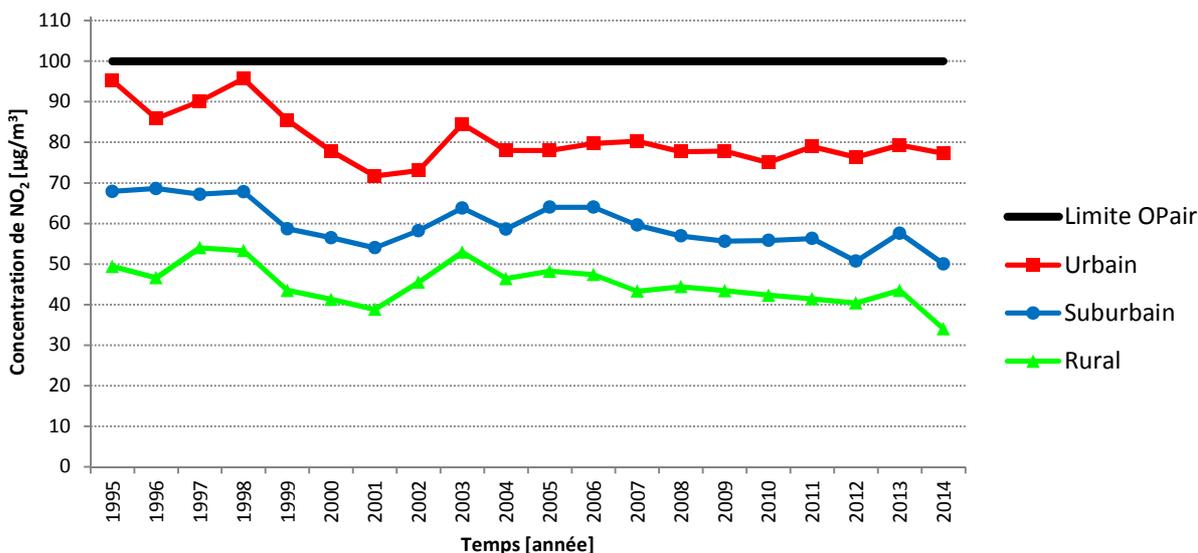
### 4.1. Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)



**Figure 4.** Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub>

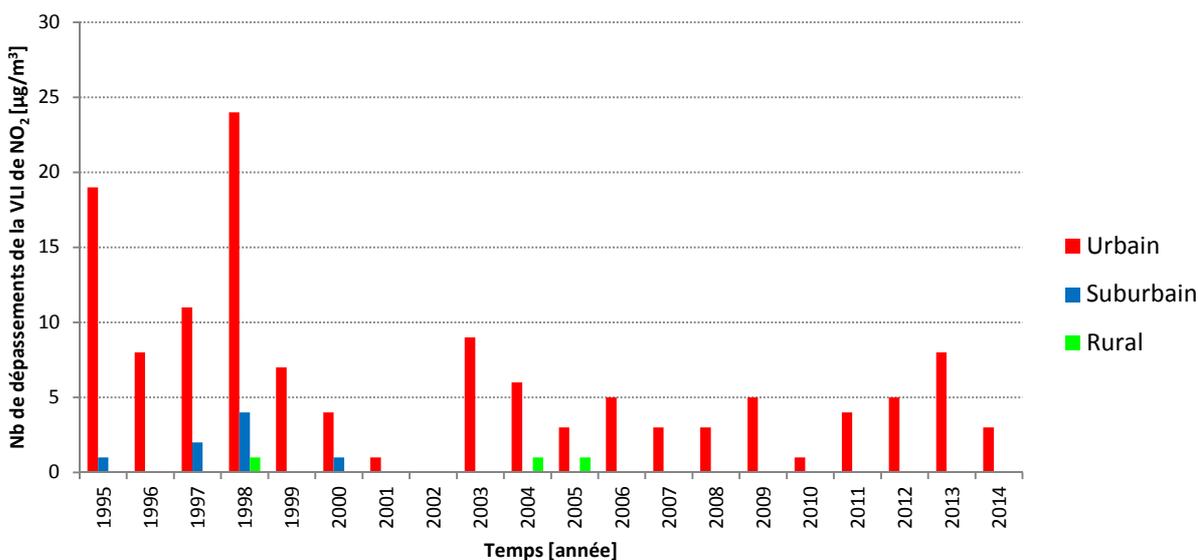
En milieu urbain, la moyenne annuelle dépasse toujours la VLI OPair annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>) en 2014. Les concentrations mesurées sont en légère hausse par rapport à 2013. Toutefois, cette augmentation est à relativiser. En effet, il s'agit de la première année de mesure de la station de Necker, située dans l'hyper-centre, à proximité de la gare Cornavin. Son positionnement implique des concentrations plus élevées de NO<sub>2</sub> que pour les deux anciennes stations urbaines qui se situaient sur le quai Wilson et dans le quartier de la Jonction. Cette constatation est corroborée par la cartographie du NO<sub>2</sub> (voir chapitre 5).

En milieu suburbain et en milieu rural, les moyennes annuelles se situent en dessous de la VLI OPair en 2014. Elles sont stables avec une légère baisse par rapport à 2013.



**Figure 5.** *Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO<sub>2</sub>*

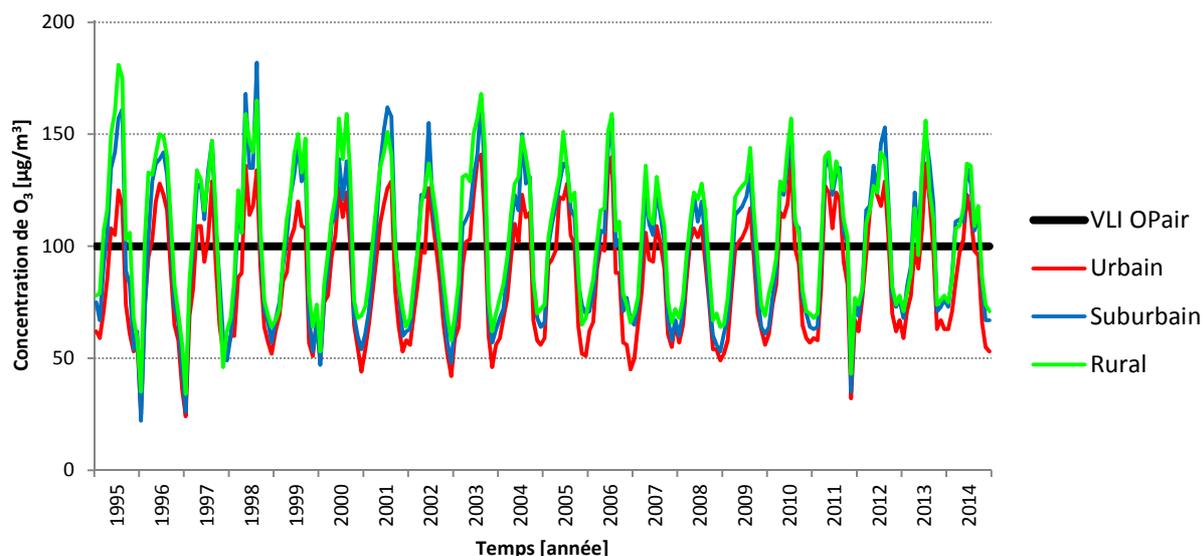
Les percentiles 95 se situent en dessous de la VLI OPAir (100 µg/m<sup>3</sup>) depuis de nombreuses années sur toute la région genevoise.



**Figure 6.** *Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO<sub>2</sub>*

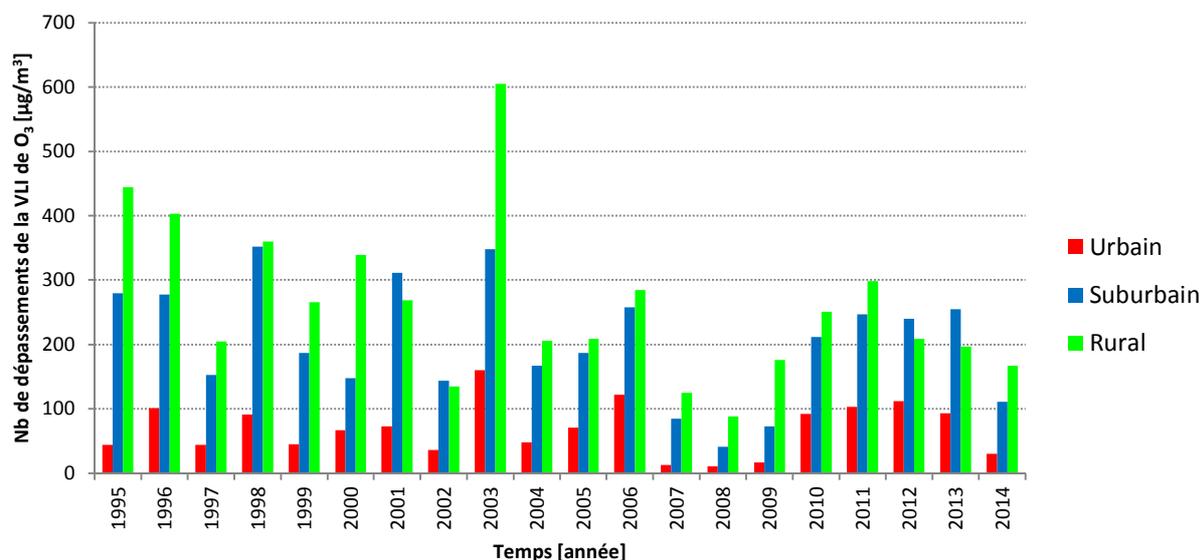
En 2014, la VLI OPAir journalière pour le NO<sub>2</sub> (80 µg/m<sup>3</sup>) a été dépassée à trois reprises, uniquement en milieu urbain. Ces dépassements se sont produits durant la principale période d'inversion de température qui a eu lieu durant le mois de mars. Cette période a ainsi été particulièrement propice à l'accumulation de NO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et la moyenne journalière la plus élevée a dépassé de justesse la VLI OPAir journalière avec 82 µg/m<sup>3</sup>, enregistrée à la station de Necker le 14 mars 2014.

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



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

En 2014, les percentiles 98 ont commencé à dépasser la VLI OPair (100 µg/m<sup>3</sup>) dès le mois de mars dans les milieux suburbain et rural et dès le mois de mai en milieu urbain. Ils se sont situés au-dessus de cette limite jusqu'au mois de septembre. Pendant cette période, la concentration d'ozone a augmenté progressivement pour atteindre un maximum au mois de juin.



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

En 2014, dès le mois de mars et jusqu'au mois de septembre, on observe de multiples dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m<sup>3</sup>) dans tous les emplacements de mesure du canton. On compte toutefois un nombre de dépassements plus faible que les années précédentes.

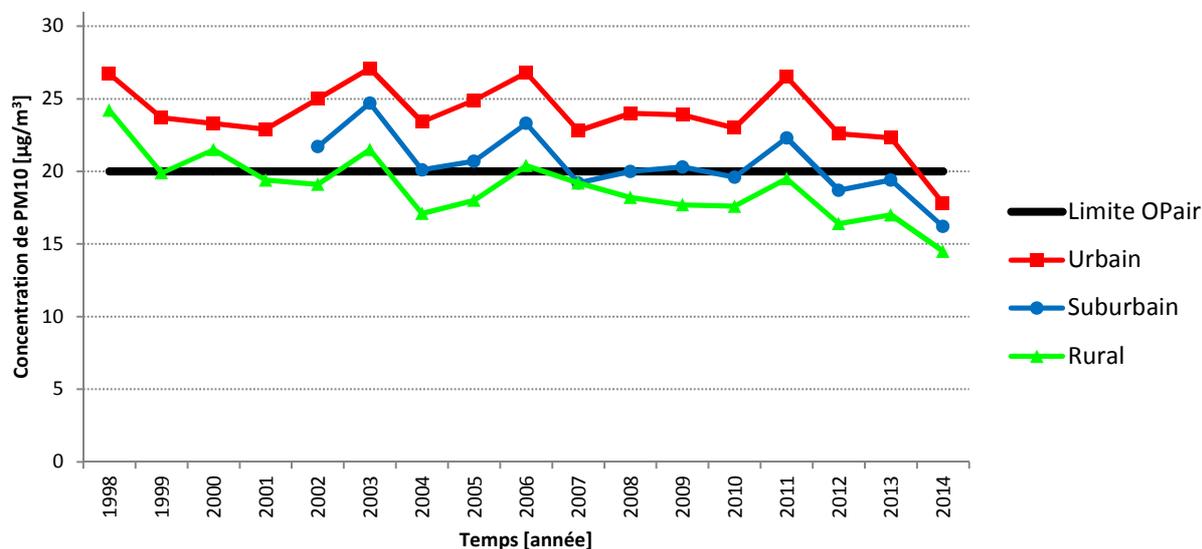
Après quelques dépassements constatés durant un mois de mars doux et ensoleillé, les conditions météorologiques fraîches et pluvieuses observées de mi-avril à mai ont limité l'accumulation d'ozone dans l'atmosphère et en conséquence le nombre de dépassements de la VLI OPair. Par la suite, plus de la moitié de tous les dépassements de l'année ont été mesurés durant le courant du mois de juin, qui a connu des conditions météorologiques de température et d'ensoleillement favorables à la formation d'ozone. Le reste de l'été a été marqué par une météorologie particulièrement défavorable à la formation d'ozone, avec des températures fraîches et des précipitations fréquentes, impliquant un faible nombre de dépassements.

La valeur horaire maximale de  $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été enregistrée le 10 juin 2014 à la station du Foron lors d'une période chaude et ensoleillée.

Le positionnement de la nouvelle station de mesure urbaine, Necker, n'implique pas de variation de concentration significative par rapport aux anciens emplacements de mesure au centre-ville pour ce polluant.

### 4.3. Poussières fines (PM10)

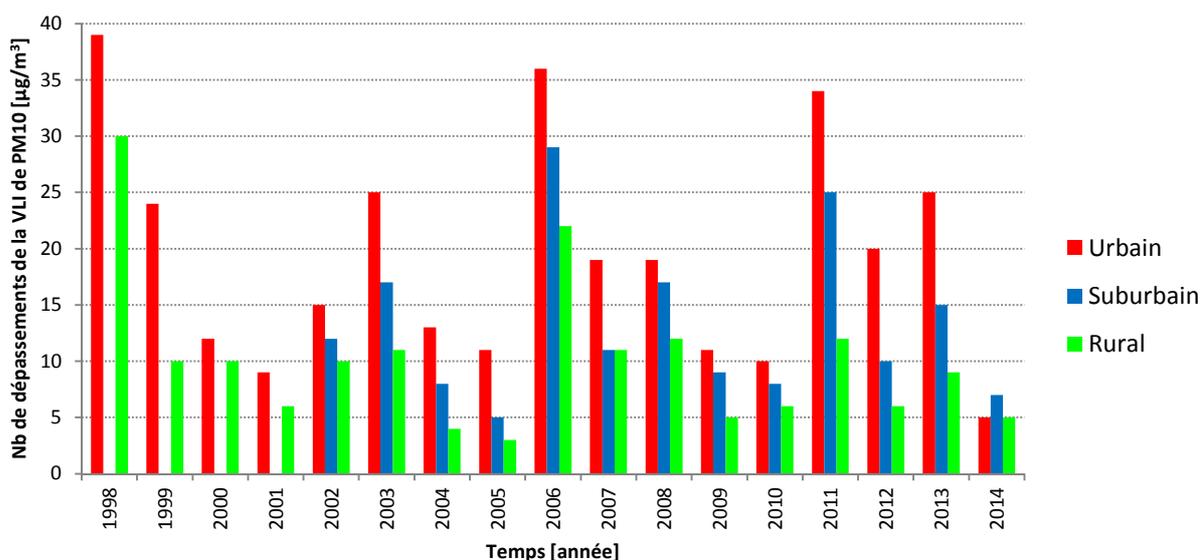
Depuis le 1<sup>er</sup> mars 1998, date d'entrée en vigueur de la révision de l'annexe 7 de l'OPair, les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM10) doivent être mesurées.



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

En 2014, les moyennes annuelles de PM10 ont été inférieures à la VLI OPair (20 µg/m<sup>3</sup>) dans toutes les zones. Les concentrations moyennes annuelles demeurent plus faibles en milieu rural qu'en milieu suburbain et urbain.

Le niveau des immissions en 2014 est notablement plus faible que celui mesuré durant les années précédentes. De plus, il s'agit de la première fois, depuis le début des mesures, que cette concentration est inférieure à la VLI OPair en milieu urbain.



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

En 2014, la VLI OPair journalière ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée plusieurs fois à tous les sites de mesure. Le nombre de dépassements est sensiblement inférieur à celui enregistré ces dernières années.

La majeure partie de ces dépassements a eu lieu entre le 11 et le 15 mars, pendant la seule importante période d'inversion de température de l'année 2014. Événement marquant, 2014 a été la première année depuis le début des mesures à ne compter aucun dépassement durant tout le mois de février, mois où l'on a habituellement des concentrations élevées en PM10. De plus, aucun dépassement n'a été mesuré en fin d'année.

La valeur moyenne journalière la plus élevée,  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a été mesurée simultanément dans trois stations de mesures (Necker, Meyrin et Passeiry) le 14 mars 2014.

Un phénomène particulier a généré une augmentation inhabituelle de PM10 entre le 2 et le 5 avril. En effet, une masse d'air chargée en sable provenant du désert du Sahara a survolé toute la région, teintant le ciel d'une couleur jaunâtre. Celle-ci a été responsable d'une journée de dépassement de la VLI le 3 avril 2014 dans toutes les stations de mesure.

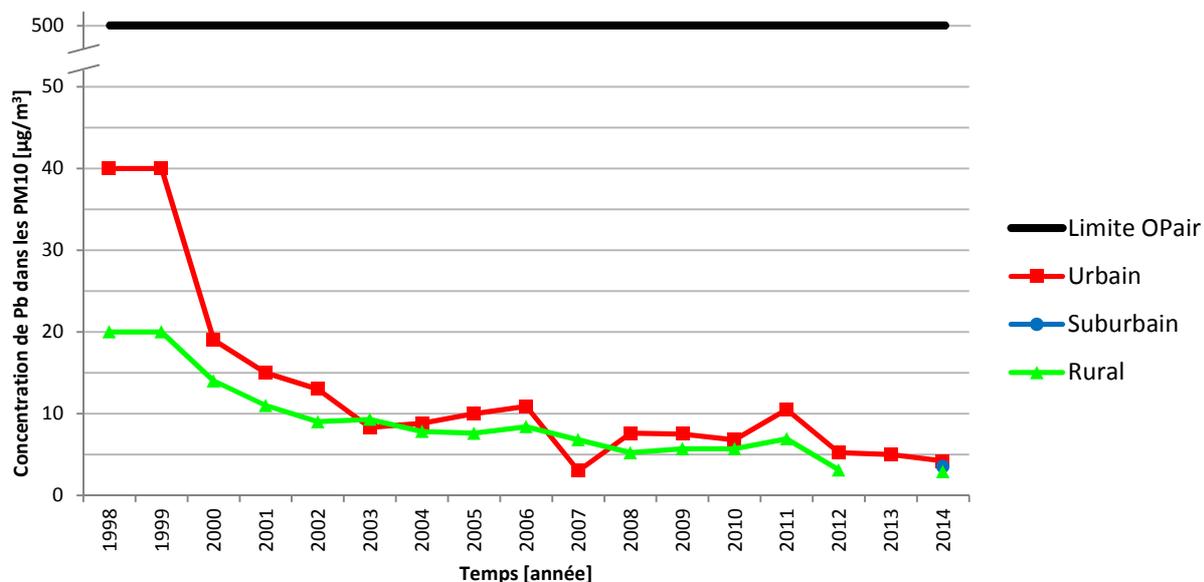


Figure 11. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

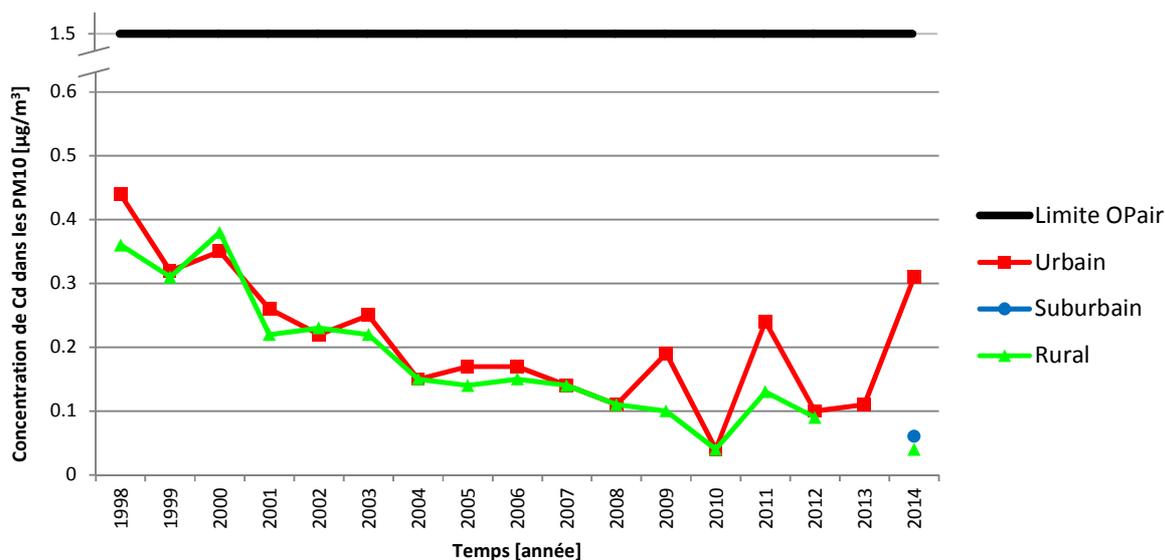


Figure 12. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

En 2014 et comme c'est le cas depuis de nombreuses années, les moyennes annuelles mesurées 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).

Le positionnement de la nouvelle station de mesure urbaine, Necker, n'implique pas de variation de concentration significative par rapport aux anciens emplacements de mesure au centre-ville pour ce polluant.

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

Le SO<sub>2</sub> n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous des VLI OPair, dans l'atmosphère genevoise. Son mesurage à l'aide d'analyseurs classiques n'a ainsi plus été effectué de manière systématique dans chaque station depuis l'année 2000. Cependant, l'introduction progressive du mesurage par des systèmes DOAS<sup>2</sup> dans plusieurs stations a permis de connaître également la concentration en SO<sub>2</sub> à ces endroits. Le détail des périodes où ce polluant a été mesuré est disponible dans l'annexe 2.2.

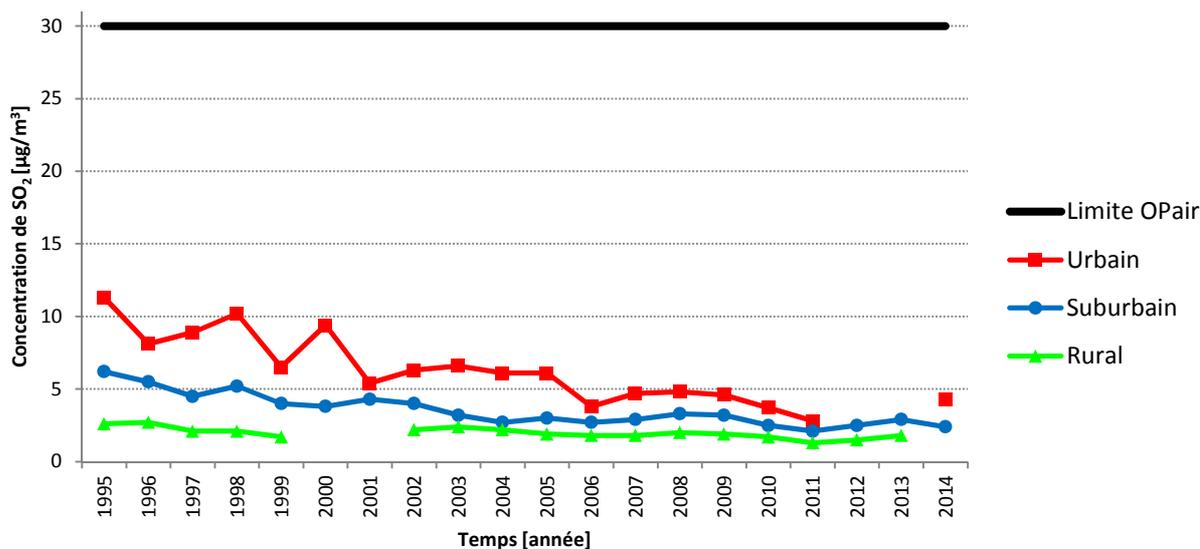


Figure 13. Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub>

Comme c'est le cas depuis plus de vingt ans, les concentrations de SO<sub>2</sub> mesurées en 2014 restent stables à un niveau très bas et nettement inférieur à la VLI OPair annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>).

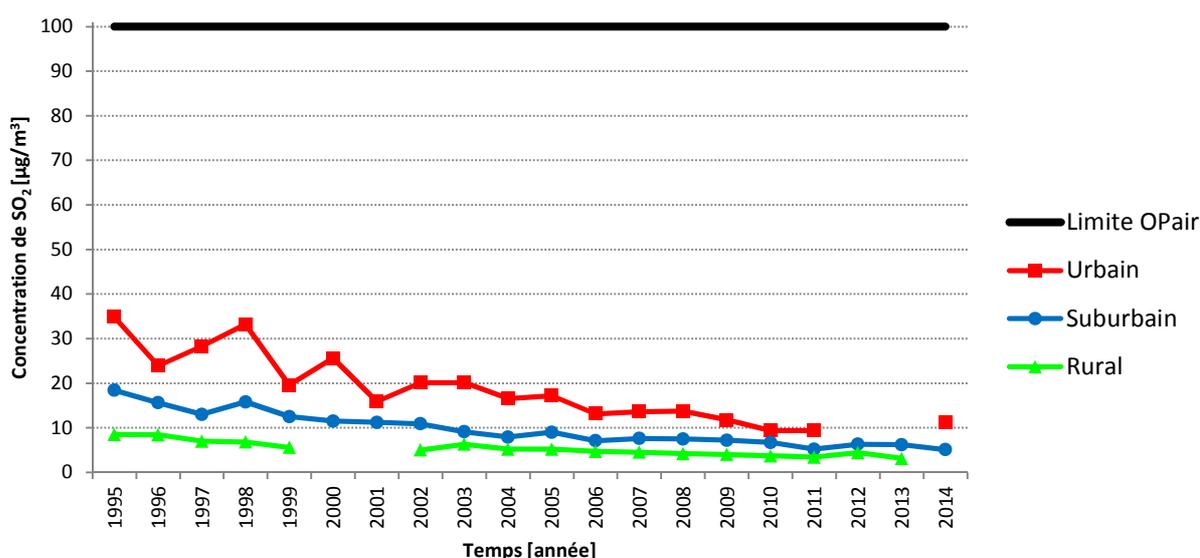


Figure 14. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO<sub>2</sub>

<sup>2</sup> "absorption spectrophotométrique différentielle", technique permettant la mesure simultanée de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>

Les percentiles 95 de toutes les stations de mesure se situent en dessous de la VLI OPair ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et cela depuis de nombreuses années.

Par ailleurs, la VLI OPair journalière ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est strictement respectée depuis de nombreuses années. En 2014, la moyenne journalière maximale de  $16.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mesurée à la station de Necker.

## 4.5. Monoxyde de carbone (CO)

Le CO n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous de VLI OPair, dans l'atmosphère genevoise. Son mesurage systématique à l'aide d'analyseurs classiques a ainsi été progressivement abandonné depuis le début des années 2000. En 2014, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker.

La VLI OPair journalière ( $8 \text{mg}/\text{m}^3$ ), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est strictement respectée en 2014 comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale a été de  $1 \text{mg}/\text{m}^3$ .

Pour information, on a enregistré en 2014 une moyenne annuelle très faible, inférieure à  $0.5 \text{mg}/\text{m}^3$ . La concentration de ce polluant dans l'atmosphère est stable à un bas niveau depuis plusieurs années.

## 4.6. Retombées de poussières

Les retombées de poussières ne sont mesurées que dans certaines stations de mesure du réseau (cf. annexe 2.2).

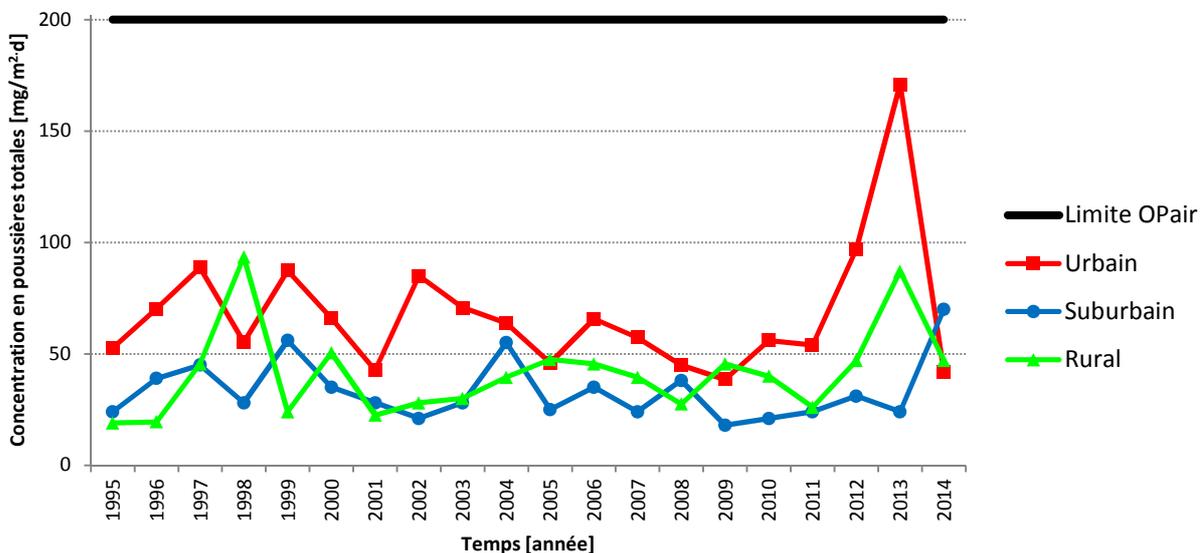


Figure 15. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

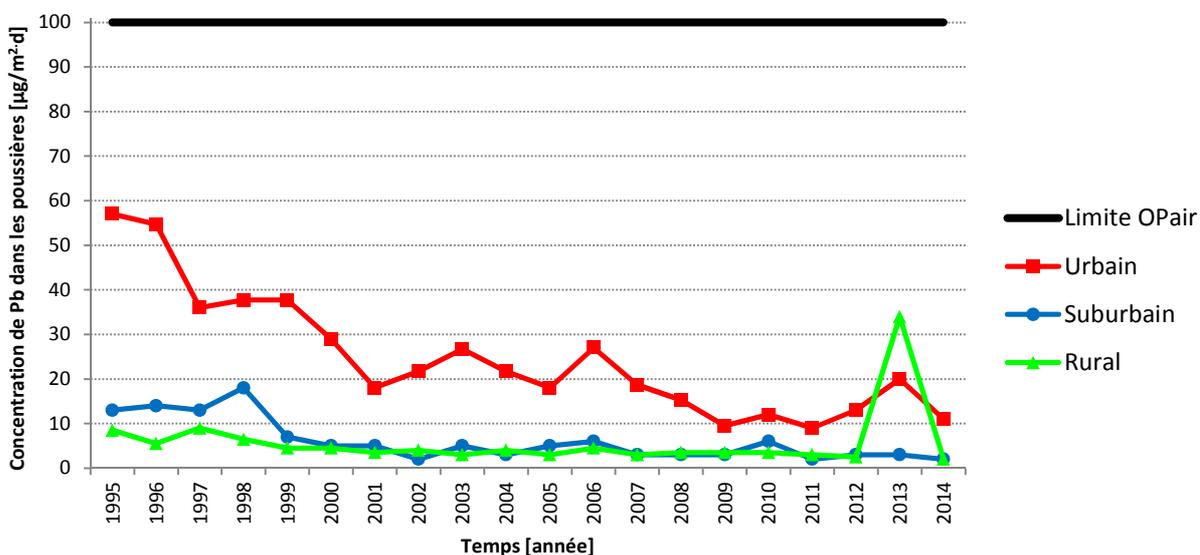
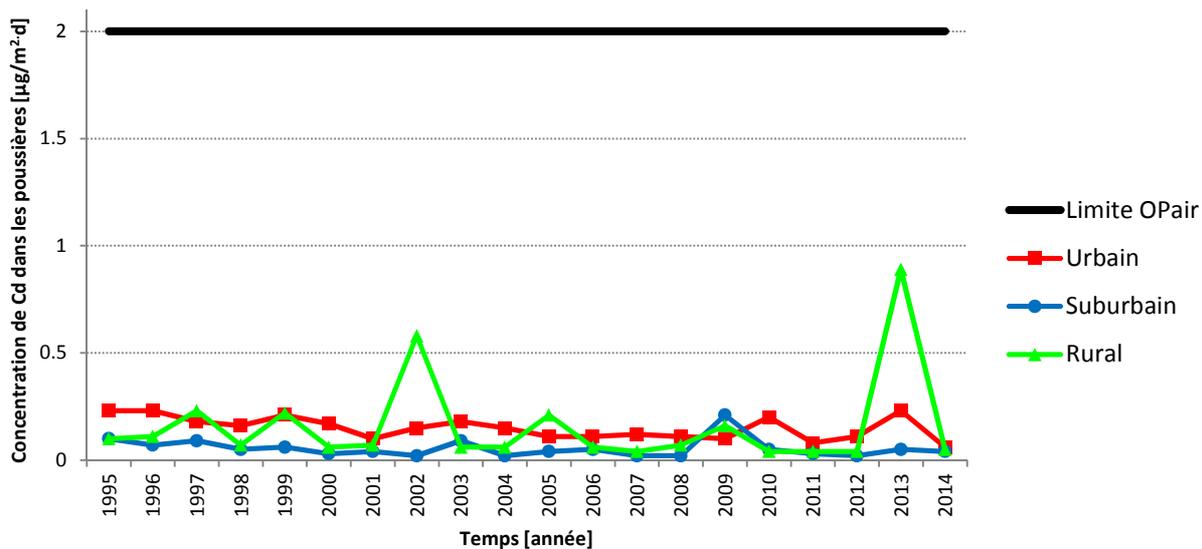
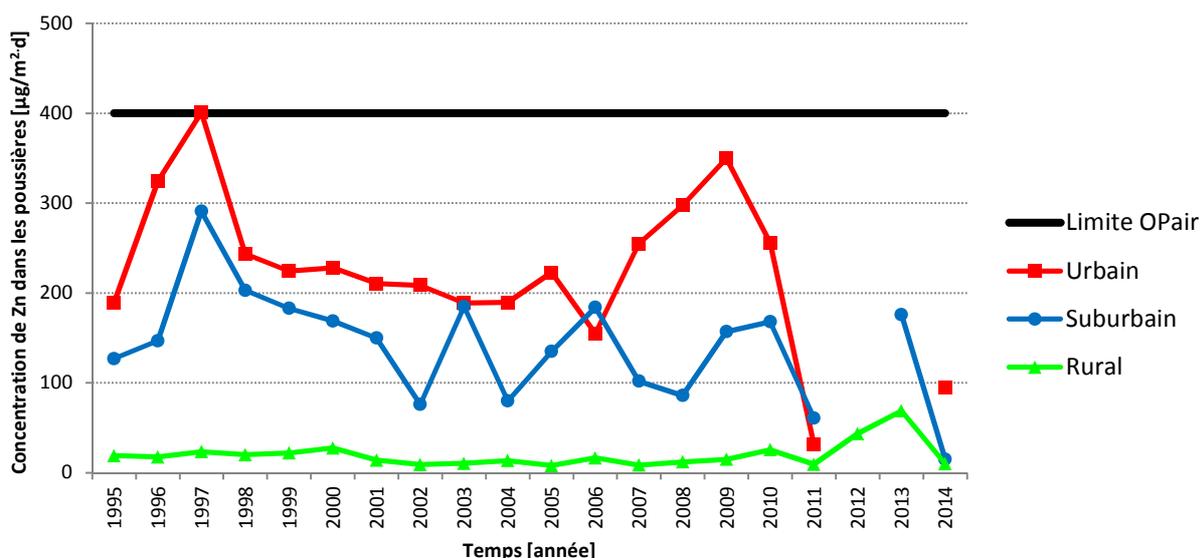


Figure 16. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières



**Figure 17.** Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières



**Figure 18.** Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

En 2014, les différentes VLI OPair moyennes annuelles – total des retombées de poussières [200 mg/(m<sup>2</sup>·jour)] ainsi que le plomb [100 µg/(m<sup>2</sup>·jour)], le cadmium [2 µg/(m<sup>2</sup>·jour)] et le zinc [400 µg/(m<sup>2</sup>·jour)] dans les retombées de poussières – sont respectées sur tous les sites de mesure.

Par ailleurs, la VLI OPair annuelle pour le thallium [2 µg/(m<sup>2</sup>·jour)] est largement respectée en 2014, comme indiqué dans le tableau résumé des mesures du chapitre 3. C'est le cas depuis le début de la mesure de ce polluant en 2009.

Ainsi, globalement, les concentrations en lien avec les retombées de poussières mesurées en 2014 restent faibles et en dessous des VLI OPair.

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

## 5.1. Introduction

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs (cf. chapitre 5.3) mesure les concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'agglomération genevoise<sup>3</sup>. En 2014, ce réseau compte 73 points de mesure, répartis selon un maillage kilométrique.

La mesure par capteurs passifs est une méthode validée en Suisse par l'OFEV ainsi que par Cercl'Air (Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air) et permet notamment d'établir un cadastre des immissions de NO<sub>2</sub> sur de vastes territoires.

## 5.2. Méthodologie

Un capteur passif est constitué d'un tube fermé à une extrémité, dans lequel sont placées deux grilles en propyltèx imprégnées d'un mélange de triéthanolamine / acétone - substance qui absorbe le NO<sub>2</sub>. Le capteur est par la suite placé pour une durée déterminée à l'emplacement dont on veut connaître le taux de pollution en NO<sub>2</sub>. L'analyse en laboratoire permettra de mesurer la quantité de NO<sub>2</sub> qui a été accumulée par la substance absorbante et d'en déduire la concentration correspondante pendant la période donnée.

Se reporter à l'annexe 4 pour de plus amples informations sur la méthodologie appliquée.

## 5.3. Emplacements - valeurs 2014

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

Afin d'être suffisamment représentatifs des concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> auxquelles est exposée la population et pour éviter des biais dans la méthode, on place les capteurs à l'écart des sources d'émissions directes d'oxydes d'azote (routes à fort trafic, chantiers importants, ...). Les mesures effectuées sont ainsi représentatives d'une pollution dite "de fond".

Le tableau ci-après donne les 73 emplacements où s'effectuent les mesures de NO<sub>2</sub> par capteurs passifs, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2014. Le point supplémentaire, par rapport à 2013, se situe à l'emplacement de l'ancienne station de mesure de Wilson.

---

<sup>3</sup> Partie urbanisée du canton, centrée sur la ville de Genève (voir les figures 19 et 20).

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> ]
	E	N	2014		E	N	2014
Quai de l'Ille	2500105	1117898	33	Débarcadère CGN	2501515	1118301	27
Dépôt TPG	2498667	1117460	25	Ch. de Plonjon	2502118	1118370	23
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	37	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	32
Rue de Berne	2500359	1118689	35	Avenue St-Paul	2502514	1117518	26
Place de Châteaubriand	2500608	1119022	31	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	27
CICR	2499639	1120470	22	Ch. des Falquets	2503690	1118427	17
Ch. Palud	2499533	1121453	21	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	21
Ch. des Cornillons	2500381	1121771	21	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	22
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	20	Ch. du Nant d'Argent	2503528	1120559	28
Square de Mesmes	2499572	1119482	28	Ecole de Mon-Ideé	2505665	1118104	19
Rue Isabelle-Eberhardt	2499569	1118593	31	Parc du Martin-Pêcheur	2505775	1117236	19
Ch. des Crêts	2498593	1119634	30	Ch. du Foron	2505254	1116758	22
Voie des Traz/Voirie	2498508	1122206	37	Av. Adrien-Jeandin	2504447	1116080	31
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	30	Ch. Rojoux	2502672	1115457	24
Ch. du Pommier	2498549	1120537	31	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	33
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	44	Promenade de Saint-Antoine	2500592	1117323	35
Les Avanchets	2497464	1119556	32	Rue Alcide-Jentzer	2500338	1116377	29
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	30	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	30
Ch. du Croissant	2497613	1118465	26	Place de Sardaigne	2499633	1115533	34
Ch. de Gilly	2497509	1115488	21	Plateau de Pinchat	2500589	1114548	26
Av. des Morgines	2497505	1116313	30	Stade de Vessy	2501477	1115313	23
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	23	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	33
Ch. de Cressy	2496319	1115468	25	Rte de Pierre-Grand	2500509	1112646	21
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	21	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	28
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495432	1116476	23	Ch. des Rasses	2502625	1113507	26
Ch. de Gambay	2495495	1115519	23	Ch. des Marais	2501463	1113324	21
Rte de Vernier	2496020	1119503	36	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	27
Ch. du Progrès	2494847	1118566	26	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	28
Ch. Deley	2494991	1119512	31	Rte de Base	2496382	1113561	30
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	18	Ch. des Bis	2495345	1113245	18
Ch. des Ceps	2494123	1121452	12	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	22
Ch. de l'Epinglier	2493677	1120060	22	Ch. Pontverre	2495223	1114468	20
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117488	21	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	21
Ch. de Surville	2498567	1116452	26	Ch. des Pontets	2498453	1114509	30
Boulevard d'Yvoy	2499159	1117221	36	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	30
Avenue de Vaudagne	2494742	1120874	20	Rte des Acacias	2499472	1116469	31
Quai Wilson	2500663	1119114	39				

**Tableau 1.** Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO<sub>2</sub> pour l'année 2014

**Légendes et abréviations :**

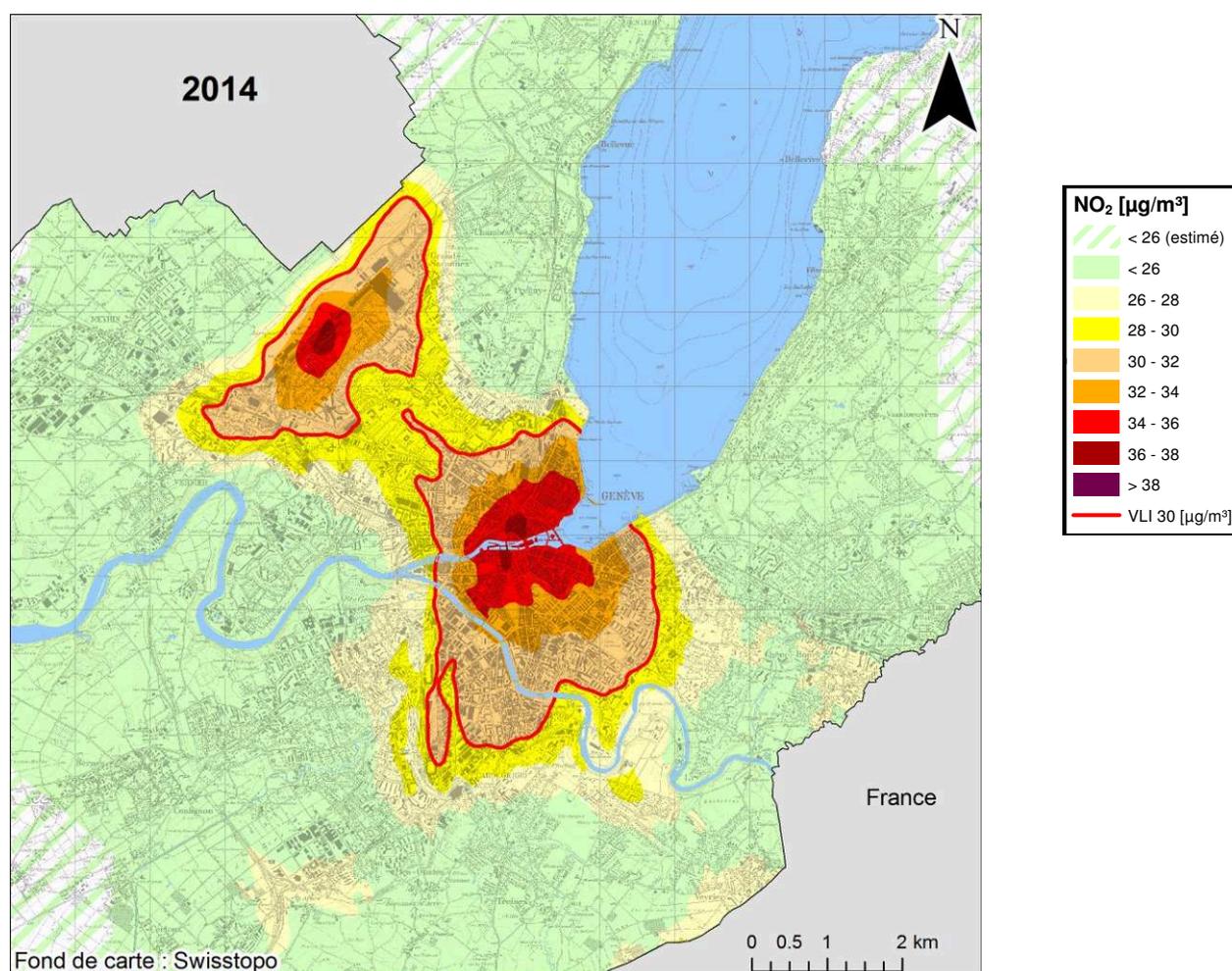
C\*(NO<sub>2</sub>) : Concentration moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub>.

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

## 5.4. Cartographie

Les cartes ci-dessous présentent les immissions moyennes annuelles de  $\text{NO}_2$  en pollution de fond pour l'année 2014 (figure 19) et la période 2007 à 2014 (figure 20). Les immissions sont calculées par interpolation<sup>4</sup> sur la base des résultats obtenus aux différents points de prélèvement (réseaux de capteurs passifs du ROPAG et de Genève Aéroport, ainsi que les stations du ROPAG situées à l'intérieur du domaine sondé). La méthode fait aussi appel au cadastre des émissions d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) comme variable secondaire.

On peut y observer les zones soumises à des immissions excessives de  $\text{NO}_2$ , avec une moyenne annuelle supérieure à la VLI OPair ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les couleurs saumon à rouge-brun représentant les périmètres non-conformes. Les parties du territoire conformes à la VLI OPair sont représentées par des couleurs vertes à jaune.

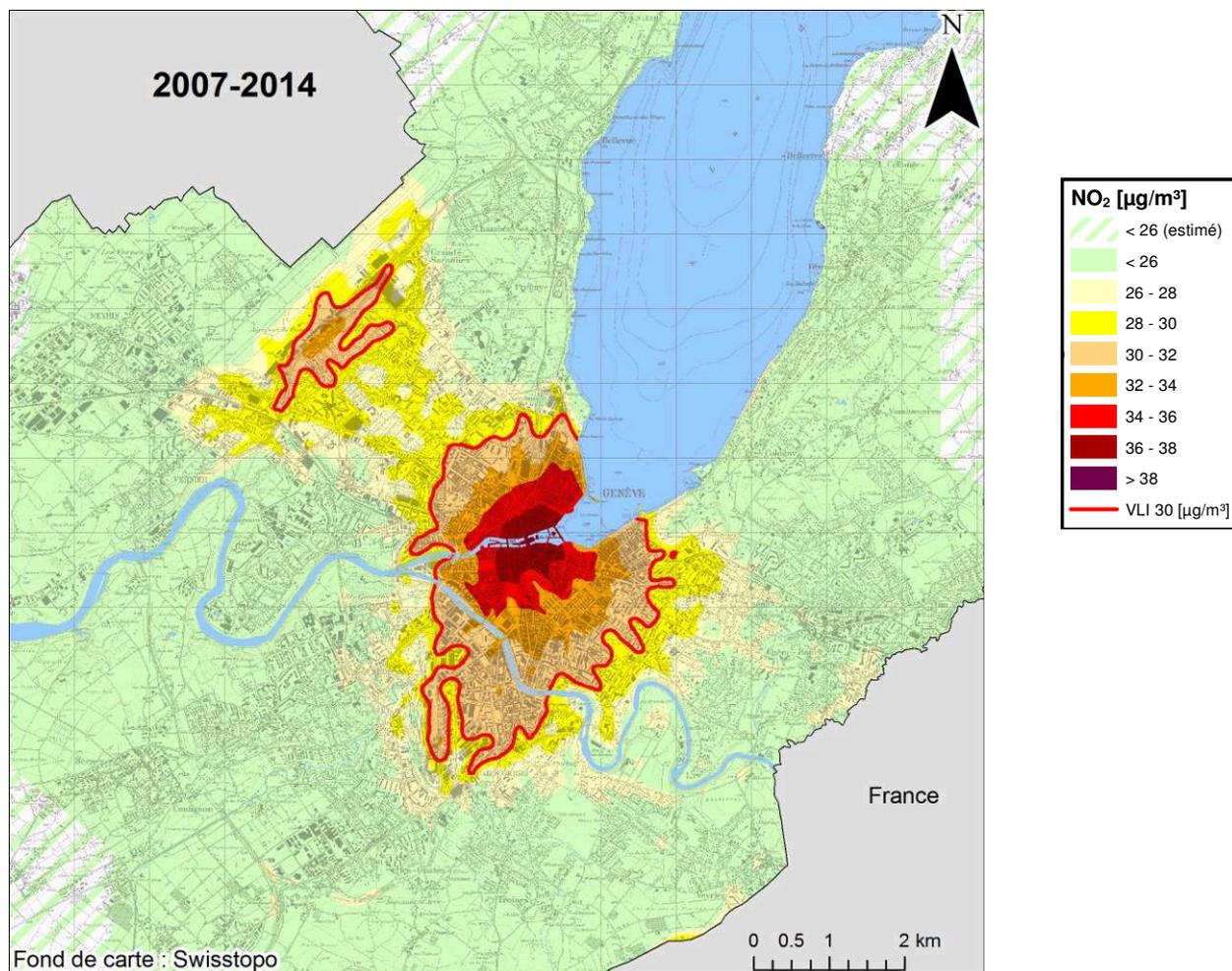


**Figure 19.** Carte des immissions moyennes de  $\text{NO}_2$  sur l'agglomération genevoise pour l'année 2014

L'année 2014 a été marquée par des immissions de  $\text{NO}_2$  similaires à celles de 2013. Les immissions excessives se situent principalement sur le centre-ville et autour de la façade sud-est de l'aéroport.

<sup>4</sup> Selon la méthode du co-krigeage ordinaire (cf. glossaire).

Par ailleurs, comme pour les autres polluants, les immissions de NO<sub>2</sub> mesurées sont aussi dépendantes des conditions météorologiques de l'année. La carte ci-après, qui utilise des concentrations moyennées sur une période de huit ans (2007 à 2014), permet de mettre en évidence les immissions moyennes de NO<sub>2</sub> en limitant l'influence des fluctuations annuelles principalement dues à des facteurs climatiques (régime des vents, précipitations, inversions de température).



**Figure 20.** Carte des immissions moyennes de NO<sub>2</sub> sur l'agglomération genevoise pour la période 2007 à 2014

La carte de la moyenne des immissions de NO<sub>2</sub> réalisée sur les huit dernières années (2007 à 2014) montre pour le centre-ville des concentrations proches de celles mesurées en 2014. En dehors de cette zone, les immissions de NO<sub>2</sub> en 2014 se situent à un niveau légèrement plus élevé que durant les huit dernières années, en particulier dans la région urbanisée proche de l'aéroport.

**Nota :** Les cartes présentées plus haut sont centrées sur l'agglomération genevoise, c'est-à-dire sur le domaine couvert par les deux réseaux de capteurs passifs. En effet, concernant la pollution de fond sur le reste du territoire cantonal, les mesures effectuées dans la station rurale ainsi que les contrôles ponctuels effectués au moyen de campagnes de mesures temporaires (à l'aide de capteurs passifs), montrent des concentrations inférieures à 26 µg/m<sup>3</sup>. Toutefois, il faut rester attentif au fait que des concentrations importantes de NO<sub>2</sub> peuvent être observées dans des endroits très exposés à des sources polluantes (ex. axes routiers à trafic intense) ou soumis à des conditions particulières (ex. rue canyon).

## 6. Synthèse

En 2014, les valeurs limites d'immission (VLI) fixées par l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules fines (PM10) ne sont toujours pas respectées dans certaines parties du canton, en particulier dans le centre de l'agglomération, là où vit et travaille la grande majorité de la population genevoise. L'année 2014 a globalement enregistré une diminution des immissions de PM10 par rapport à 2013 et se situe à un niveau inférieur aux concentrations mesurées les années précédentes. L'O<sub>3</sub> pour sa part s'est maintenu à un niveau proche des dernières années avec néanmoins un nombre de dépassements en diminution suite à un été particulièrement frais et pluvieux. Les immissions de NO<sub>2</sub> sont quant à elles stables, dans l'ordre de grandeur de la dernière décennie. Les VLI OPair fixées pour les autres polluants - plomb et cadmium dans les PM10, dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), monoxyde de carbone (CO) et retombées de poussières - sont quant à elles respectées.

### **NO<sub>2</sub>**

Les concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées en 2014 (stations et capteurs passifs) se situent globalement dans la moyenne des concentrations observées depuis le début des années 2000. Les concentrations dépassant les VLI OPair annuelle et journalière sont néanmoins restées centrées sur le cœur de l'agglomération.

### **O<sub>3</sub>**

Des immissions excessives d'O<sub>3</sub> ont été mesurées sur l'ensemble du territoire genevois, avec des dépassements des VLI fixées par l'OPair. Les conditions d'ensoleillement et de températures élevées du mois de juin ont engendré un nombre important de dépassements durant cette période avec plus de la moitié de tous les dépassements enregistrés en 2014. A contrario, les mois de juillet et août – particulièrement frais et pluvieux – n'ont compté que peu de dépassements alors qu'ils représentent d'ordinaire une période propice à l'accumulation d'ozone. L'intensité des concentrations mesurées n'a toutefois été qu'en de rares et courtes occasions réellement élevées et les concentrations mesurées sont restées à un niveau comparable à celui des années précédentes.

### **PM10**

Toutes les stations de mesure ont enregistré des dépassements de la VLI OPair journalière. Néanmoins, ils ont été relativement peu nombreux en comparaison des années précédentes. Les dépassements se sont essentiellement produits au mois de mars durant une phase d'inversion de température. La VLI OPair annuelle n'a été dépassée à aucun des emplacements de mesure. Il s'agit de la première fois que cela se produit depuis le début des mesures de ce polluant en 1998.

### **Pb et Cd dans les PM10, SO<sub>2</sub>, CO et retombées de poussières**

Comme c'est le cas depuis de nombreuses années, les concentrations mesurées de Pb et Cd dans les PM10, de SO<sub>2</sub>, de CO et de retombées de poussières respectent les VLI OPair qui leurs sont associées.

# 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.

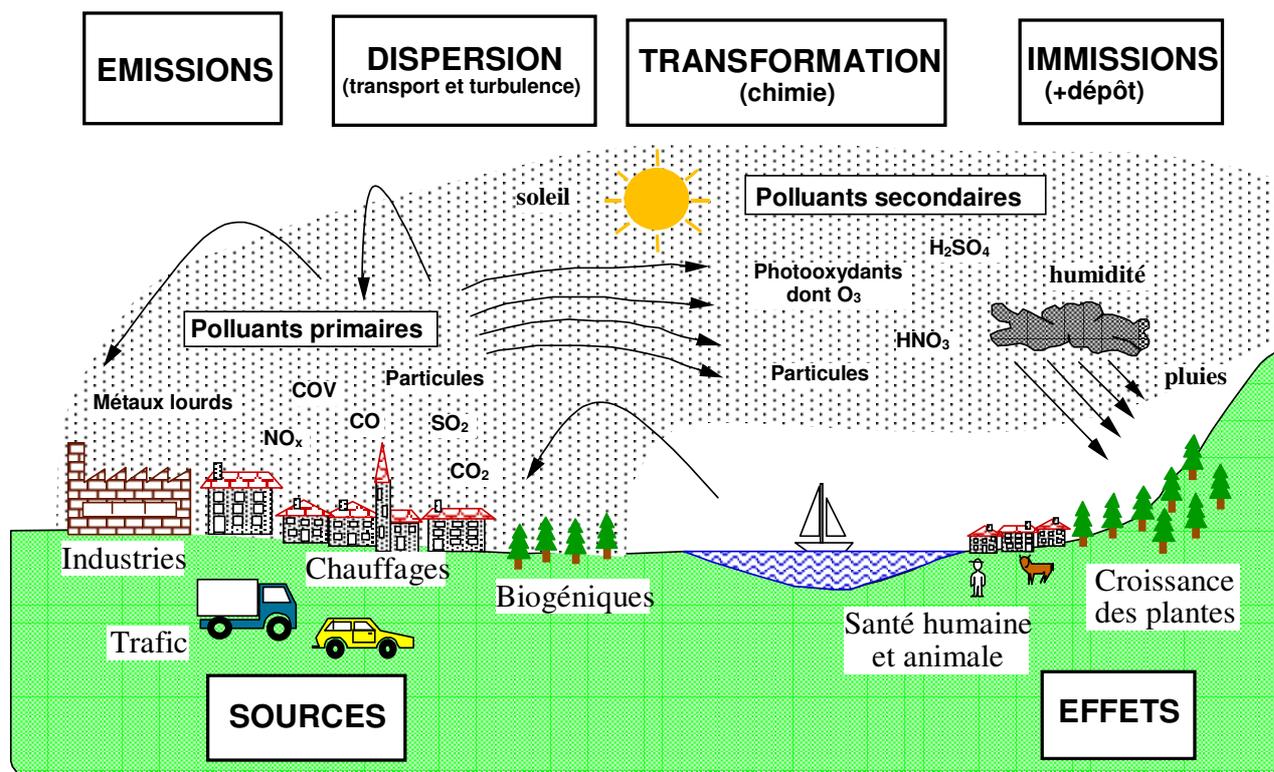


Figure 21. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air

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

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

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

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

## Valeurs limites d'immission selon l'OPair

L'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) a pour but « de protéger l'homme, les animaux et les plantes, leurs biotopes et biocénoses, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodantes ». Cette ordonnance (dont la première version date du 16 décembre 1985) découle de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983. L'OPair a été renforcée plusieurs fois, la dernière modification date du 15 juillet 2010.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les VLI OPair pour un certain nombre de composés tels que le NO<sub>2</sub>, l'O<sub>3</sub>, les PM10, le SO<sub>2</sub>, le CO 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

## 2.1. 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
Necker	FUV*	CL*	CL*	AUV**	FID*	FID*	IR*	G / Opt.	Berg.	-	-	AN-US	-
Foron	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	G / Aβ	Berg.	-	-	AN-US	-
Meyrin	DOAS*	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	G / Aβ	-	-	-	AN-US	
Passeiry	-	CL* / DOAS*	CL*	AUV** / DOAS*	-	-	-	G / Aβ	Berg.	TC	H	AN-US	Py

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

### Légendes et abréviations :

\* étalonnage avec gaz de référence.

\*\* étalon METAS (institut fédéral de métrologie).

(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

#### **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)
Opt.	optique
Berg.	Bergerhoff
H	hygromètre à cheveu
IR	absorption infrarouge
TC	Pt – 100
PR	capteur piezo-résistif

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

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

## 2.2. Périodes de mesures par station et par polluant

Les tableaux ci-dessous détaillent, par polluant et par station, les périodes où ont été effectuées des mesures (en grisé).

Mesure NO <sub>2</sub>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure O <sub>3</sub>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure PM10	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Necker																	
Ile																	
Ile-relais																	
Sainte-Clotilde																	
Wilson																	
Foron																	
Meyrin																	
Anières																	
Passeiry																	

Mesure SO <sub>2</sub>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure CO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Necker																					
Ile																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					

Mesure pous.	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Anières																					
Passeiry																					

## 2.3. Détail des stations

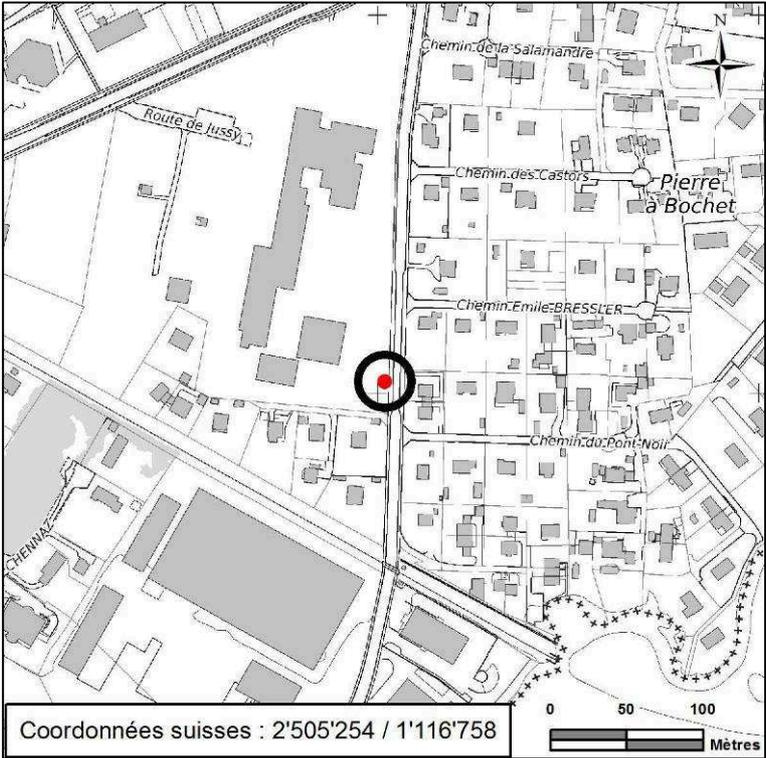
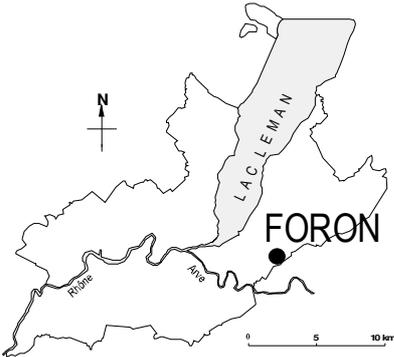
Durant l'année 2014, les 4 stations fixes du ROPAG (Necker, Foron, Meyrin et Passeiry), ainsi que la station Eole de Genève Aéroport, ont analysé l'air genevois.

Les données concernant la station de Genève Aéroport sont disponibles sur le site internet de l'Aéroport : <http://www.gva.ch/desktopdefault.aspx/tabid-111/>

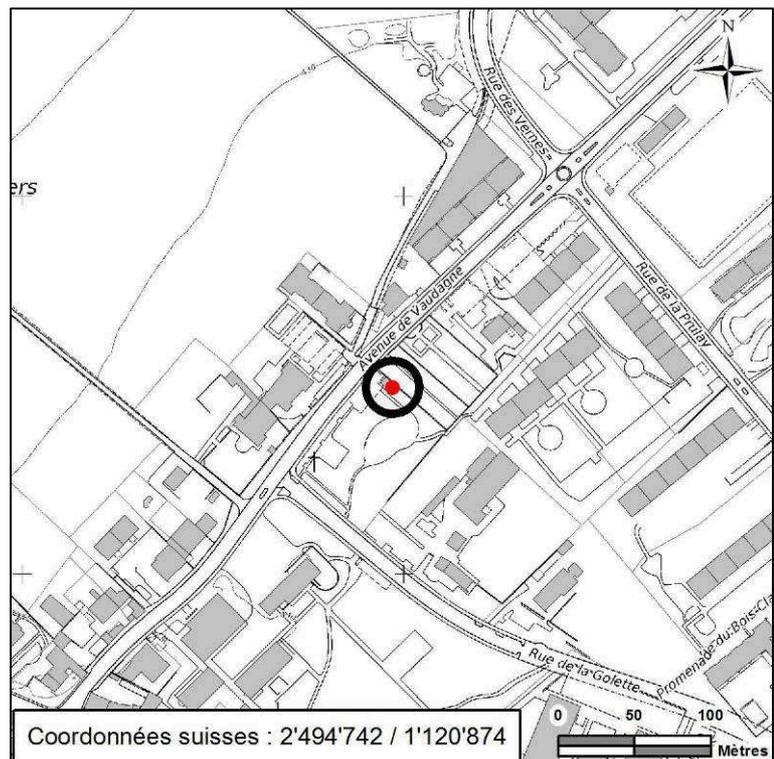
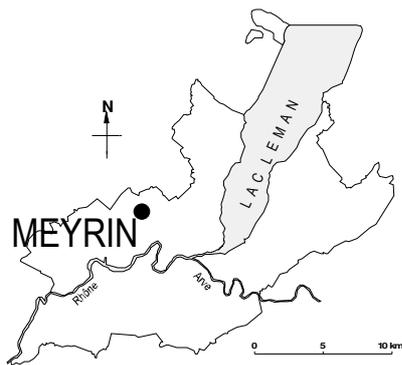
Le détail concernant les stations de mesures du ROPAG qui ne sont plus en activité est disponible sur le site Internet suivant : <http://ge.ch/air/analyse-de-lair/reseau-danalyse>



Milieu suburbain : **FORON**



# Milieu suburbain : MEYRIN





## Annexe 3 : résultats détaillés des mesures par station

Les graphiques diffusés dans le chapitre 4 du présent rapport montrent les résultats agrégés selon les milieux urbain, suburbain et rural et uniquement pour les paramètres ayant une valeur limite définie dans l'OPair. La valeur calculée pour chacun de ces milieux est la moyenne des valeurs des stations correspondantes.

En complément au chapitre 4, les graphiques ci-dessous détaillent les résultats de chacun des polluants pour chaque station.

### Dioxyde d'azote

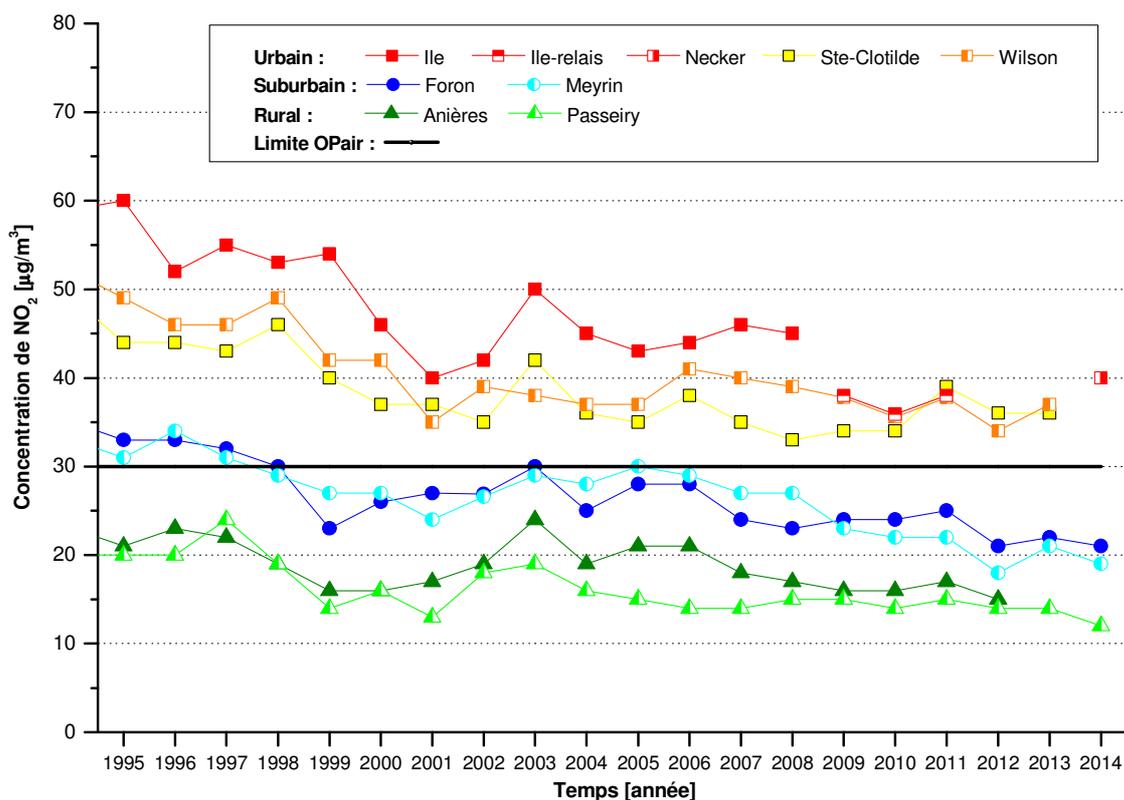


Figure 22. Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub> par station

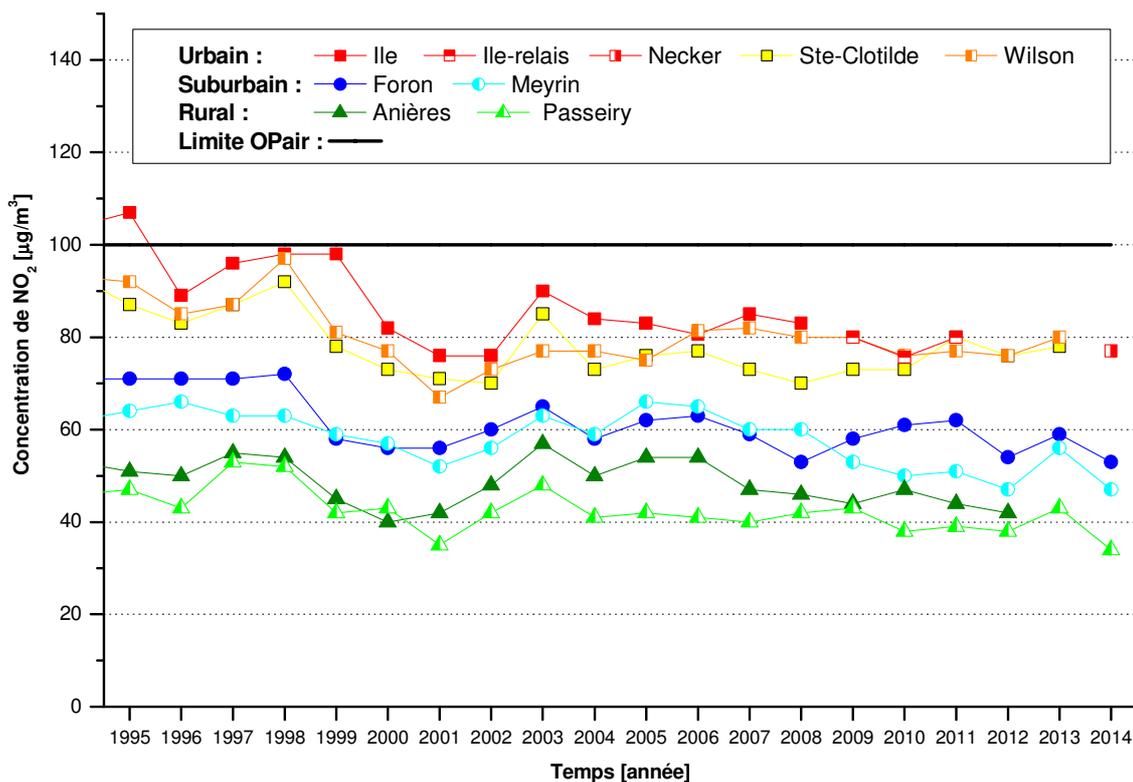


Figure 23. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO<sub>2</sub> par station

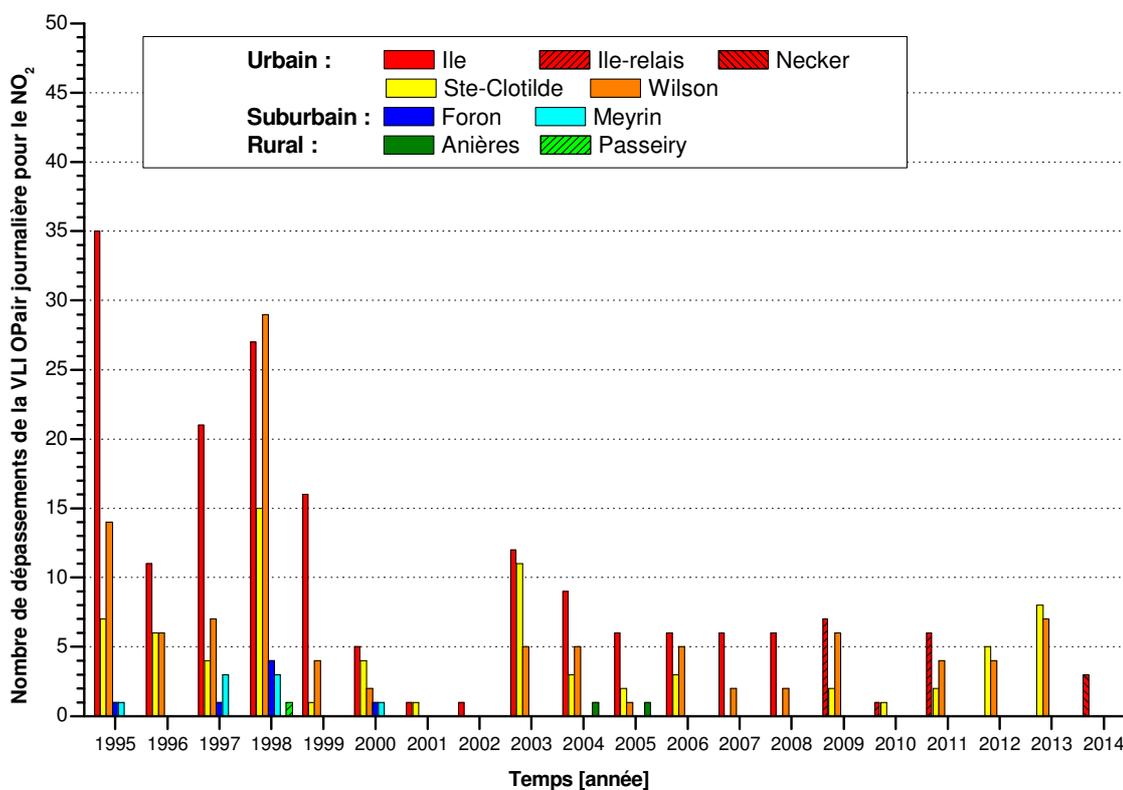


Figure 24. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO<sub>2</sub> par station

# Ozone

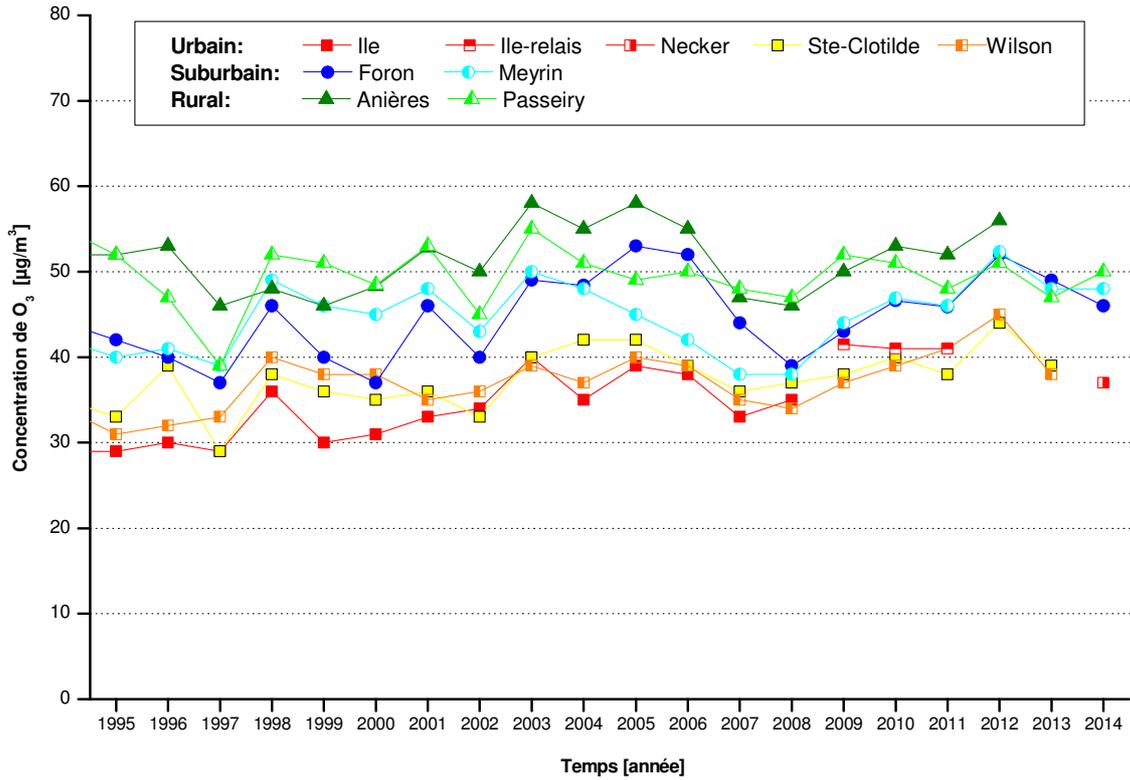


Figure 25. Concentration moyenne annuelle<sup>5</sup> d'O<sub>3</sub> par station

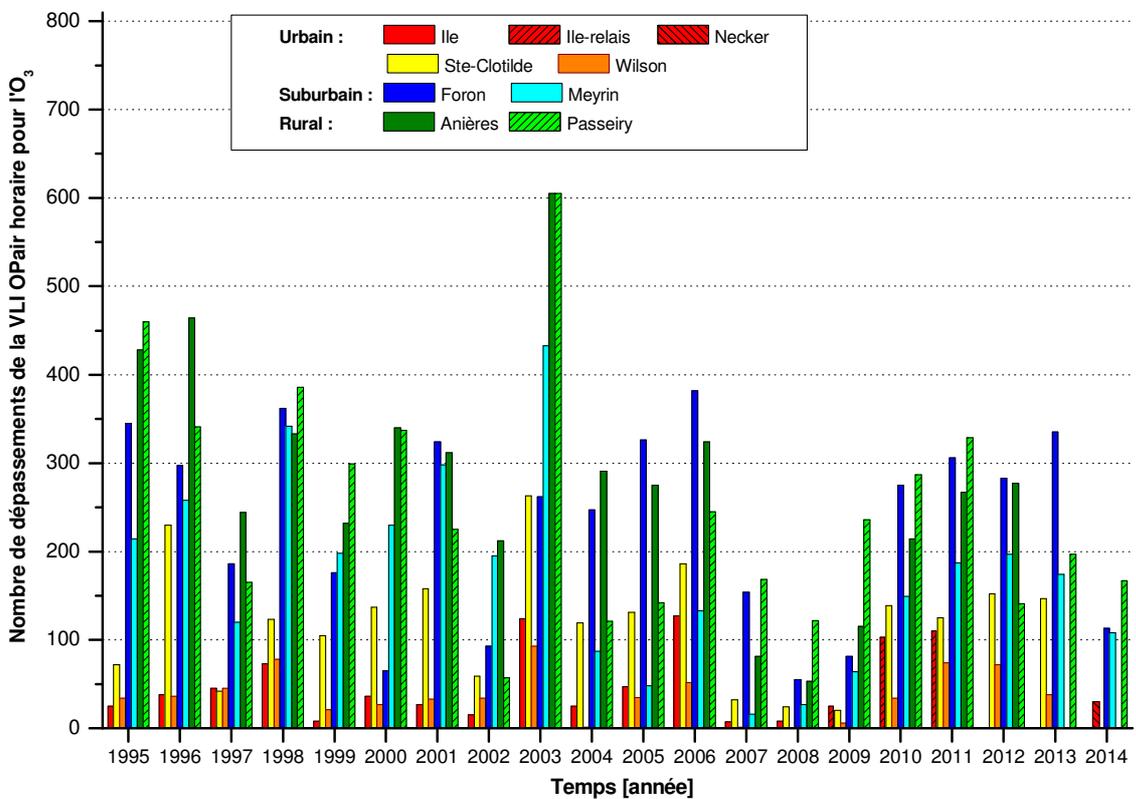
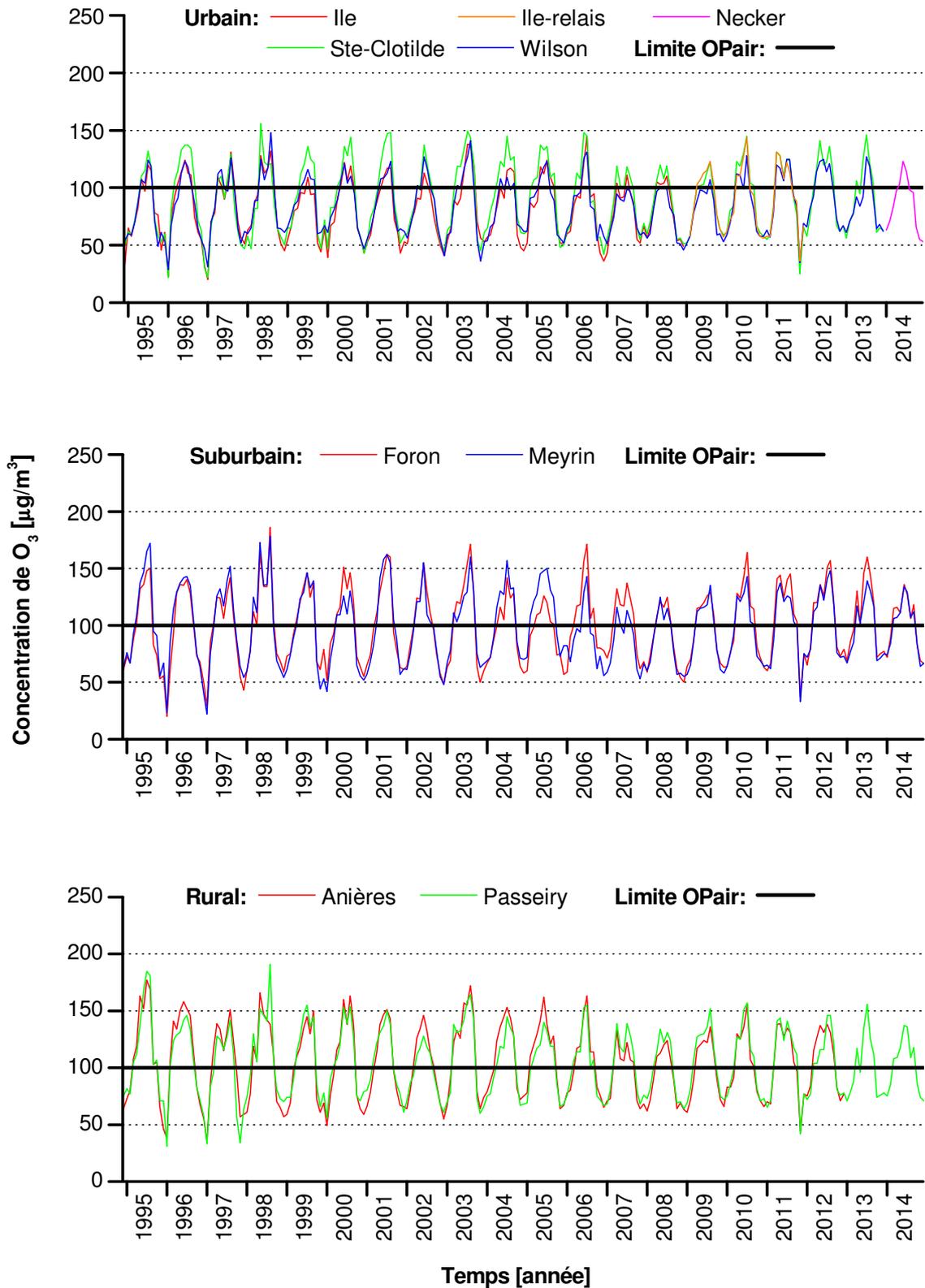


Figure 26. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O<sub>3</sub> par station

<sup>5</sup> La moyenne annuelle pour l'ozone ne fait pas partie des VLI fixées dans l'OPair.



**Figure 27.** Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O<sub>3</sub> par station

## Poussières fines

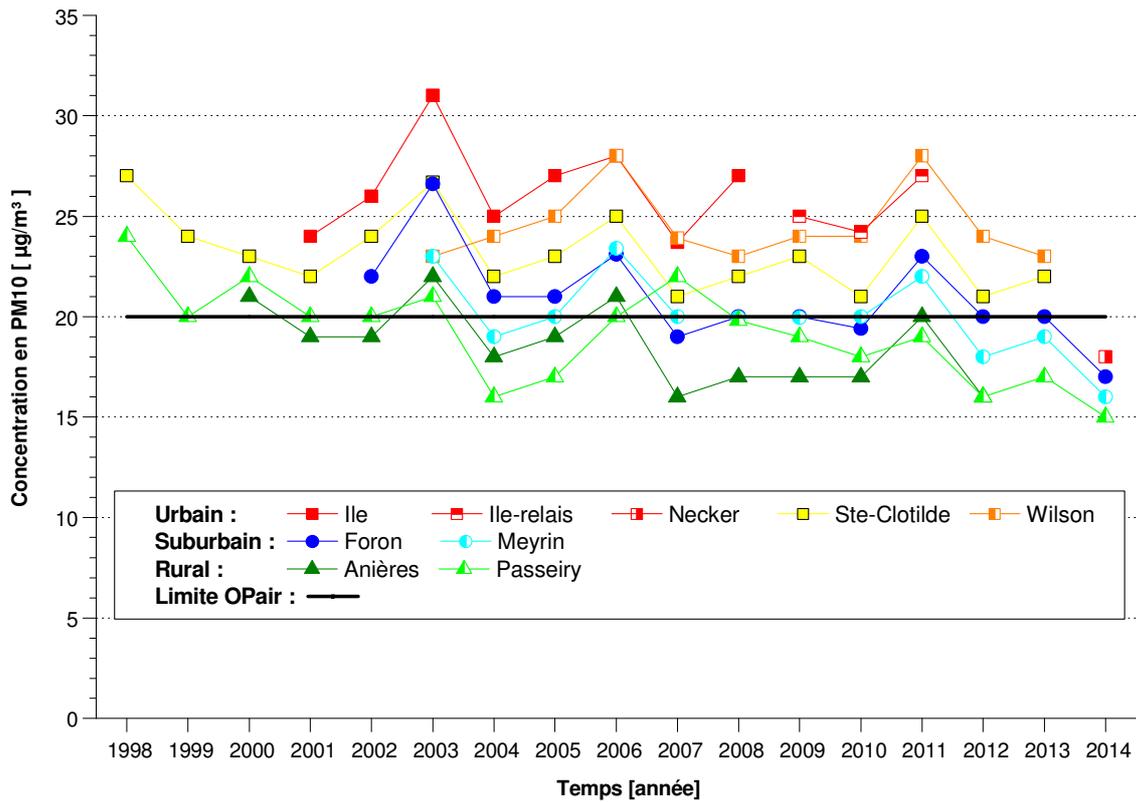


Figure 28. Concentration moyenne annuelle de PM10 par station

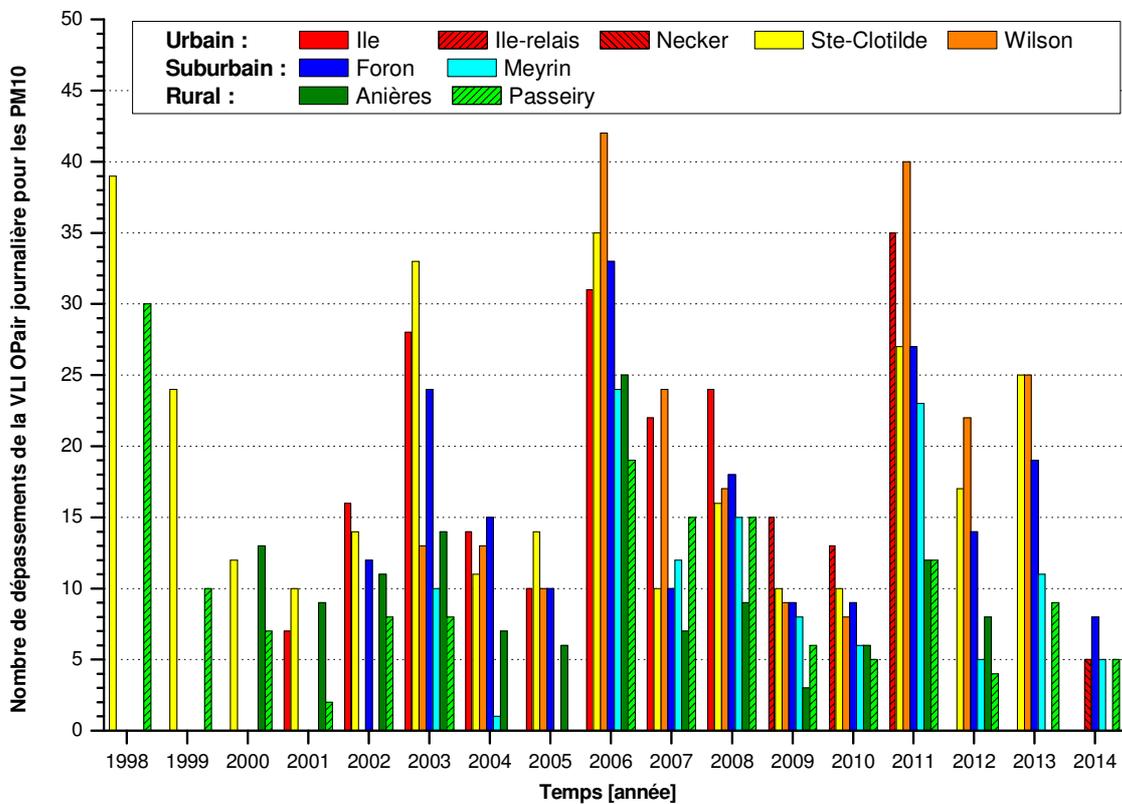


Figure 29. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour les PM10 par station

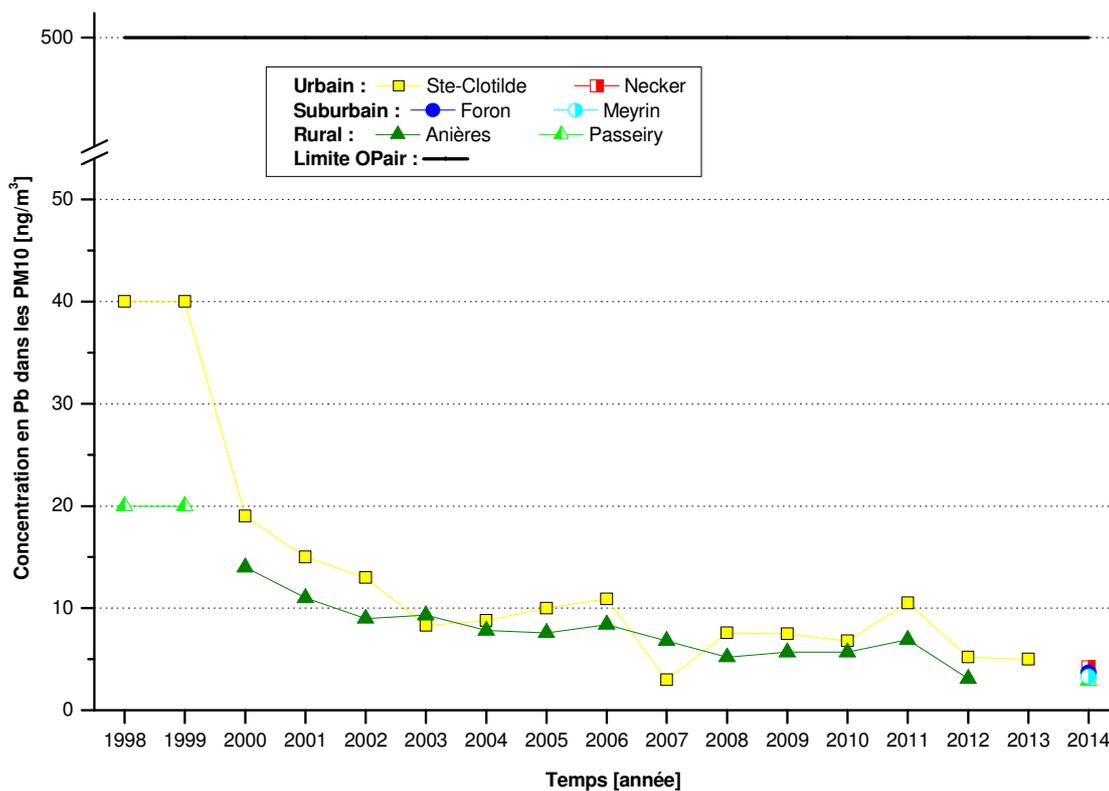


Figure 30. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10 par station

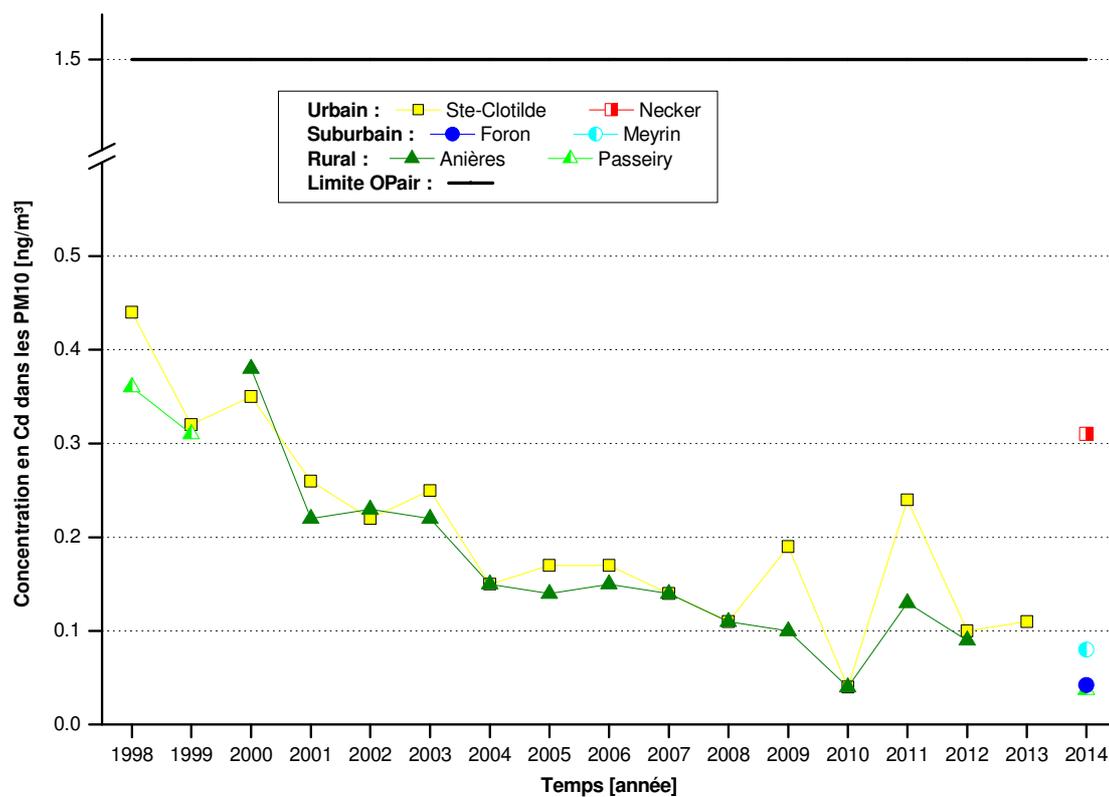


Figure 31. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10 par station

## Dioxyde de soufre

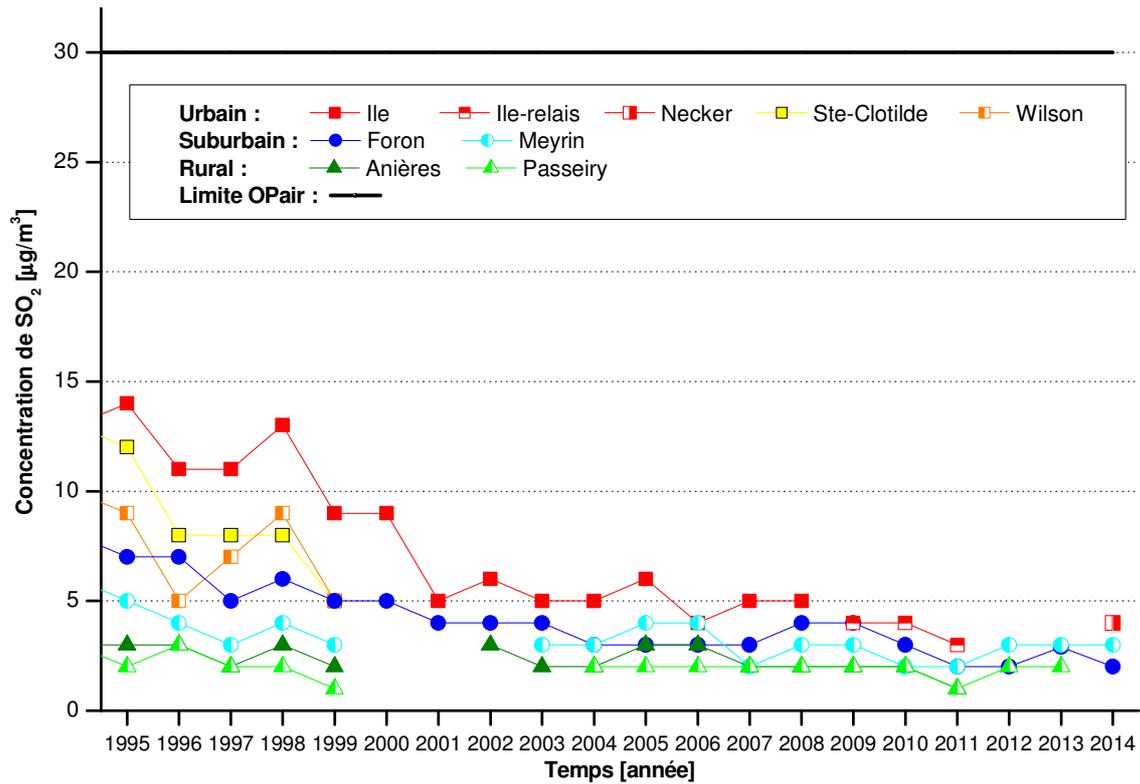


Figure 32. Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub> par station

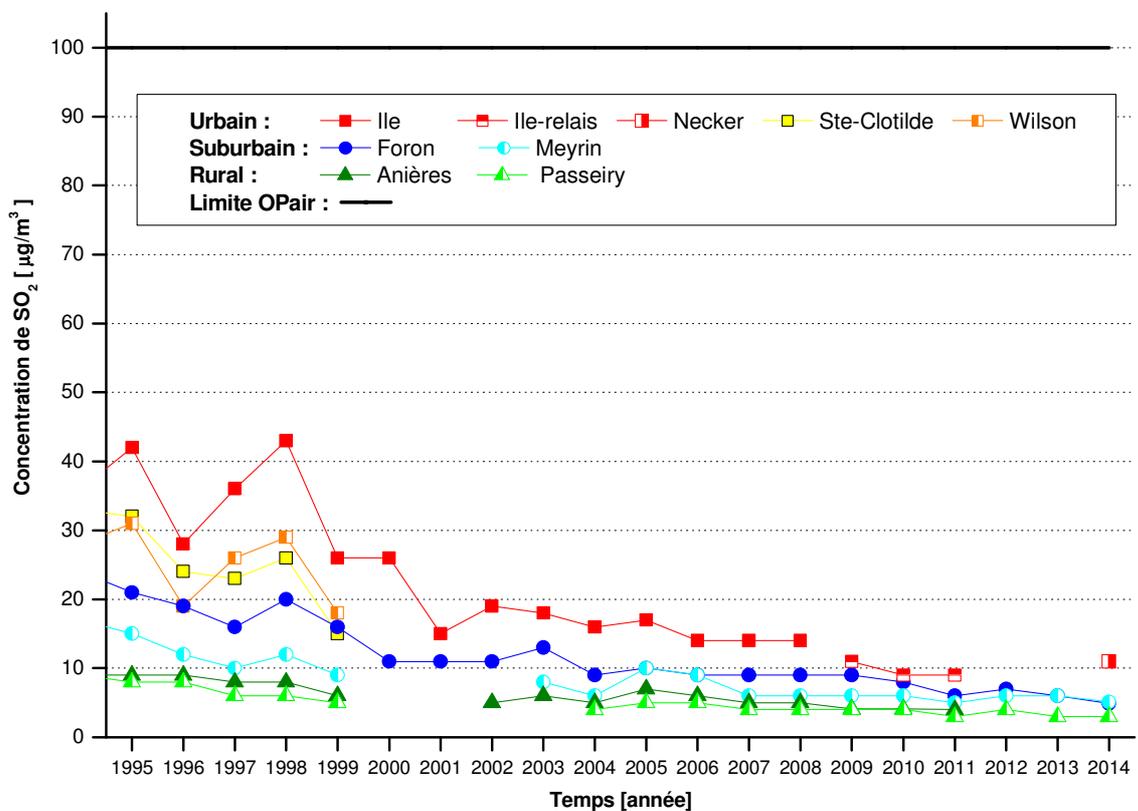


Figure 33. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO<sub>2</sub> par station

## Monoxyde de carbone

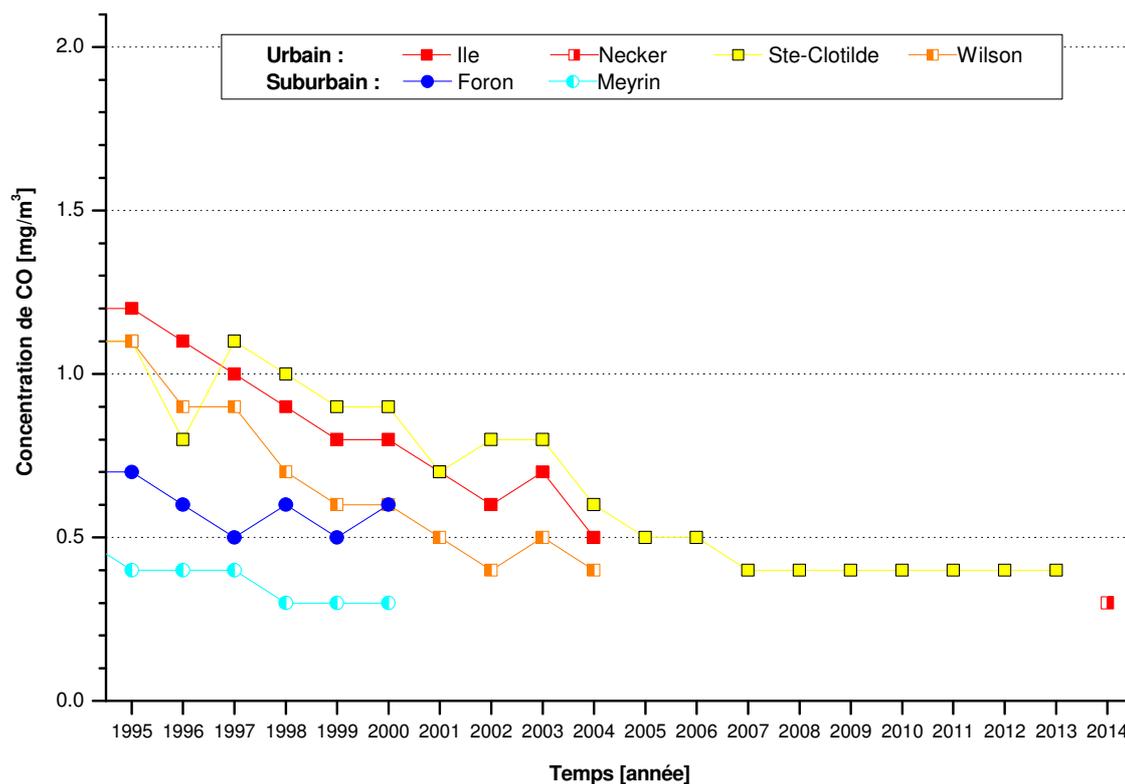


Figure 34. Concentration moyenne annuelle<sup>6</sup> de CO par station

<sup>6</sup> La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone ne fait pas partie des VLI fixées dans l'OPair.

## Retombées de poussières

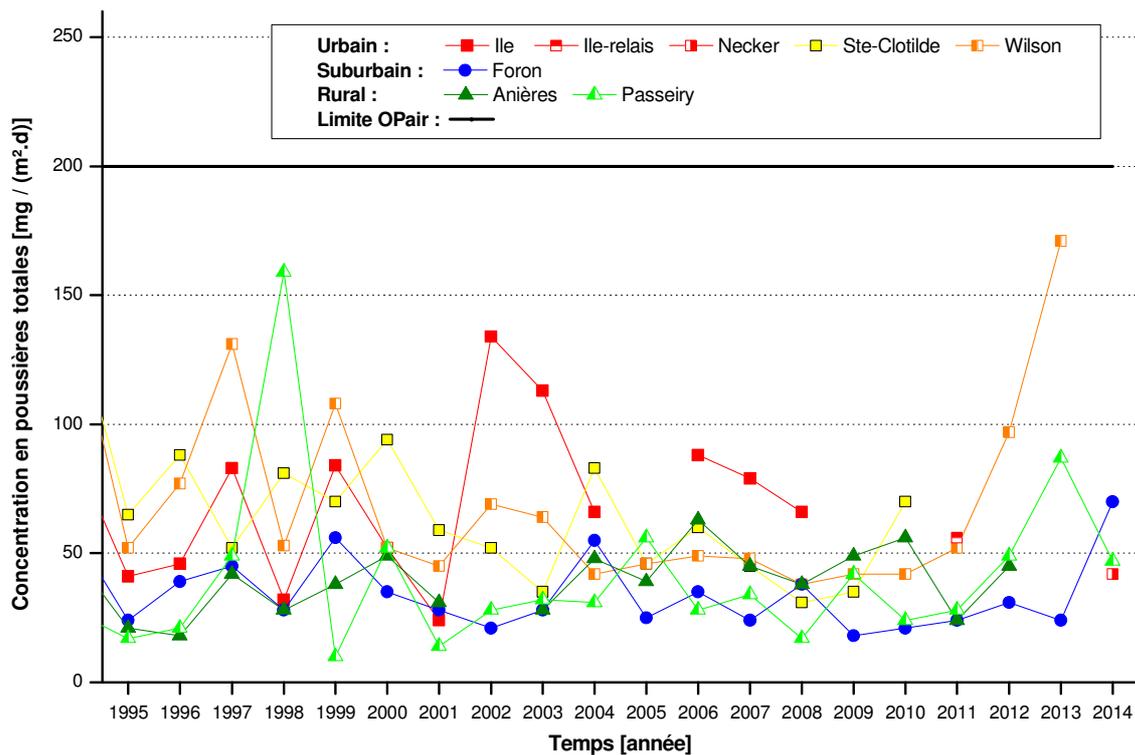


Figure 35. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières par station

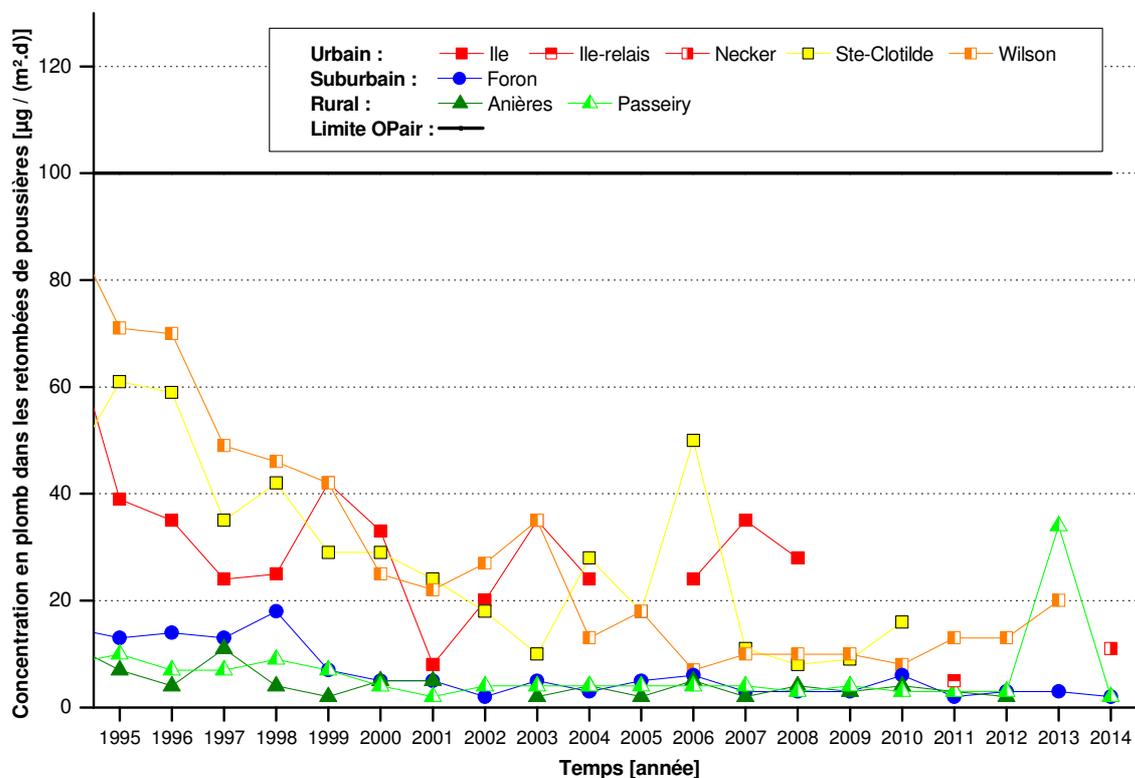
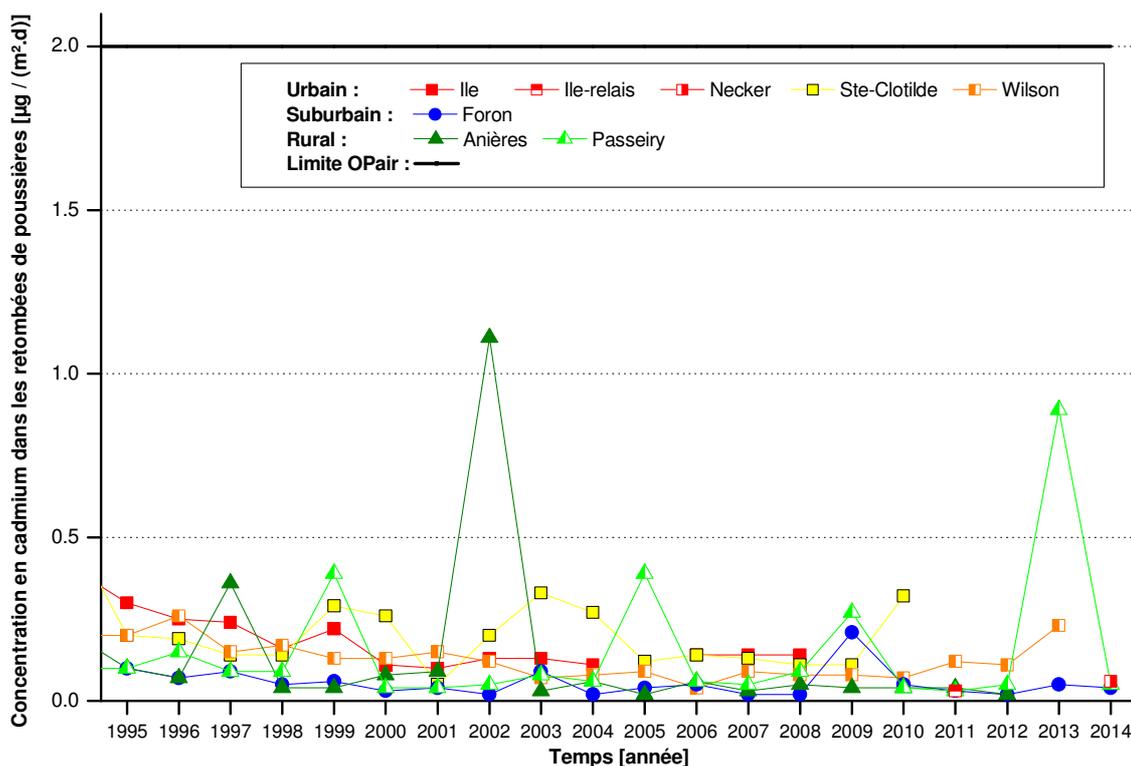
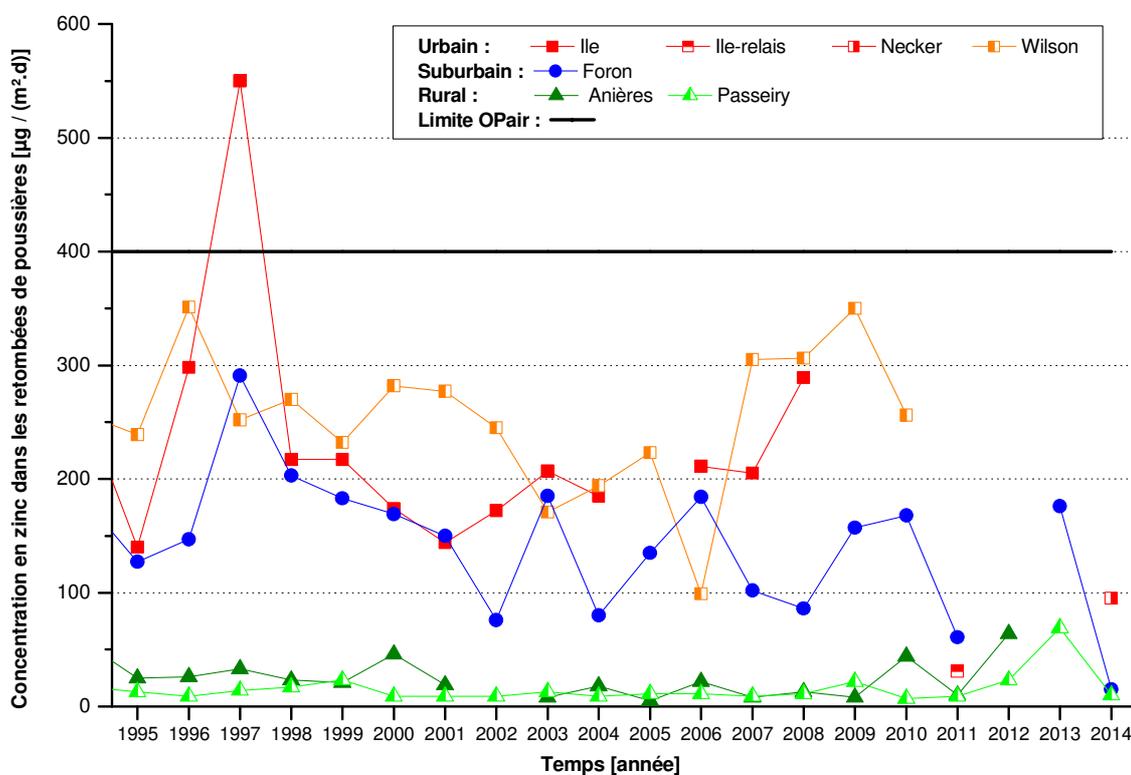


Figure 36. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières par station



**Figure 37.** Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières par station



**Figure 38.** Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières par station

## Annexe 4 : généralités sur les différents polluants

### Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), 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 et l'évolution des normes Euro, ainsi que les efforts de dépollution de différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO<sub>2</sub>. Cependant, avec l'augmentation du nombre de véhicules et des kilomètres parcourus, de la demande énergétique, ainsi que du volume des déchets incinérés, la situation est à la stagnation depuis le début des années 2000.

Le NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affections cardio-vasculaire et respiratoire.

Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les NO<sub>x</sub> modifient la biodiversité au détriment des plantes peu adaptées aux substrats azotés.

Les NO<sub>x</sub>, en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux - comme les pierres en calcaire - et dégradent les vitrages et les vitraux.

### Ozone

L'ozone est une molécule très réactive qui est naturellement présente dans l'air ambiant à de très faibles concentrations. Près du sol, certains gaz polluants - qualifiés de « primaires » ou « précurseurs » - provenant du trafic routier ou des chauffages (oxydes d'azote - NO<sub>x</sub>) 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 à la source 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 autres 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.

## **Poussières 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, frottement des roues sur les rails, 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 seraient 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.

## **Dioxyde de soufre**

Le  $\text{SO}_2$  provient principalement de procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles soufrés (fiouls industriels et domestiques, diesel, charbon). D'autres procédés industriels tels que le raffinage des hydrocarbures, la fabrication de la pâte à papier, de l'acide sulfurique, de matériaux réfractaires, de tuiles, de briques, sont des émetteurs de  $\text{SO}_2$ .

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2009, les normes en vigueur imposent une teneur en soufre maximale de 10 ppm pour l'essence et le diesel.

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>7</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 PM10 (poussières en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 µm), les retombées de poussières concernent les grosses particules qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air et tombent au sol.

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

---

<sup>7</sup> A des concentrations très élevées (bien au-delà de celles observées dans l'air ambiant) le CO entraîne une mort rapide.

# Annexe 5 : préparation et analyse des capteurs passifs NO<sub>2</sub>

## Préparation

Les tubes à diffusion en polypropylène (PP) sont préparés par le service de toxicologie de l'environnement bâti (STEB) de l'Etat de Genève dans le laboratoire du SABRA. Ils sont munis de trois grilles en propyltex, et de deux bouchons en polyéthylène (PE) afin d'éviter toute contamination due au NO<sub>2</sub> atmosphérique ambiant. Les grilles sont imprégnées par un mélange de triéthanolamine / acétone.

## Pose - dépose

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

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

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

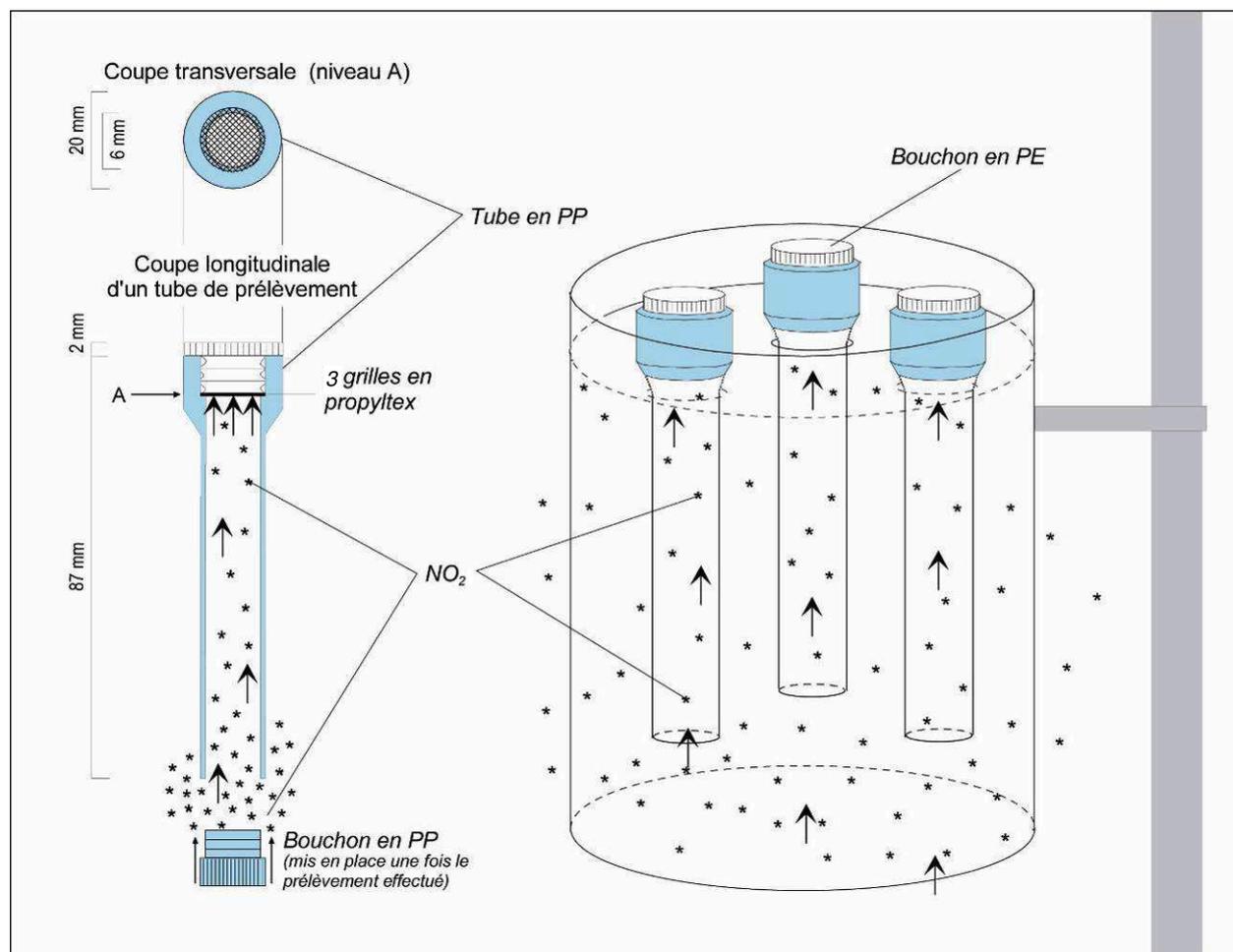


Figure 39. Principe de montage des capteurs passifs de NO<sub>2</sub>

## Analyse

Chaque tube reçoit 2 ml d'un réactif composé de sulfanilamide et d'acide ortho-phosphorique ainsi que 0.1 ml de réactif composé de N-(1-naphtyl) éthylènediamine dihydrochloride. Après 30 minutes, l'absorbance à 540 nm de chaque solution est déterminée par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre.

Un blanc et des standards de 500, 1000, 1500 et 2000 µg/l de NaNO<sub>2</sub> (nitrite de sodium) sont mesurés pour déterminer une droite d'étalonnage. Ceci permet d'établir la concentration dans les tubes analysés.

## Annexe 6 : information sur la qualité de l'air

### Site Internet 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 du ROPAG, sont mises à jour automatiquement et de manière régulière par un programme informatique qui permet de relever, de calculer et de valider des milliers de 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 Internet

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/rs.html>

Législation suisse, recueil systématique

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

OFEV – Office fédéral de l'environnement

<http://www.metas.ch>

METAS – Institut fédéral de métrologie suisse.

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

OMS – Organisation mondiale de la santé.

<http://www.unep.org>

PNUE – Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Site 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>

ADEME – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France).

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

LCSQA – Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (France).

<http://www.ineris.com/>

INERIS – Institut national de l'environnement industriel et des risques (France).

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

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

SENE – Service de l'énergie et de l'environnement (canton de Neuchâtel).

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

DGE – Direction générale de l'environnement (canton de Vaud).

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

SPE – Service de protection de l'environnement (canton du valais).

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

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

<http://www.jura.ch/DEE/ENV/Air-et-bruit.html>

ENV – Office de l'environnement (canton du Jura).

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

BECO, Economie bernoise, protection contre les immissions.

<http://www.cerclair.ch>

Cercl'Air – Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air.

<http://www.feinstaube.ch>

Site Cercl'Air consacré aux poussières fines.

<http://www.ozon-info.ch/>

Site Cercl'Air consacré à l'ozone.

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

Collaboration transfrontalière de surveillance de la qualité de l'air.

<http://www.air-rhonealpes.fr/>

Air Rhône-Alpes (France).

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

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

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

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

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

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

### Application pour smartphone : airCheck

- Android : <http://goo.gl/aJuNj>
- iOS : <http://goo.gl/Dstpx>



# Annexe 7 : glossaire

## A

### Absorption

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

#### Absorption $\beta$

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, zinc et thallium 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 proportionnelle 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 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. A Genève, deux types de mesures sont utilisées : par pesée et par *microbalance*.

#### Pesée

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume de 720 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.

#### Microbalance

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

## H

### Humidité relative

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

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

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

### Hydrocarbures totaux (HCT)

Cf. FID.

### Hygromètre

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

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

# I

## Immissions

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

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

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

## IPL

L'IPL est l'indice de pollution à long terme suisse. C'est un indice annuel de la qualité de l'air calculé à l'aide des mesures en continu du dioxyde d'azote (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. Il a été modifié en mai 2013.

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

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

## Inversion de température

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

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

# L

## LPE

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

Cette loi fédérale a été adoptée à l'unanimité le 7 octobre 1983 et est entrée en vigueur le 1<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 incommodantes, 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.à.d. 1000 ppm : on parle de « trace ».

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

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

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

### Plomb

#### Sources principales

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

#### Effets

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

### Cadmium

#### Sources principales

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

#### Effets

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

### Zinc

#### Sources principales

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

#### Effets

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

## **Thallium**

### Source principale

Industrie du ciment.

### Effets

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

## **Méthane (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.

### Moyenne journalière

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

la moyenne journalière, il faut au moins 39 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 15768 moyennes semi-horaires valides.

### 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 15768 moyennes semi-horaires valides.

### Percentile 95

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

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

### Percentile 98

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

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

## **O**

### **OPair**

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

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

La 1<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.

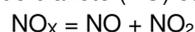
Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis, la dernière datant du 15 juillet 2010.

### **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 :

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

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

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

## **P**

### **Percentile 95, Percentile 98**

Cf. *Moyenne*.

### **Plomb**

Cf. *Métaux lourds*.

### **Poussières - PM 10 - PM 2.5**

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

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

#### Sources principales

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

#### Effets

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

### **Polluants primaires et secondaires**

#### Polluant primaire

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

#### Polluant secondaire

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

### **Pt – 100**

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

### **Pression**

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

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

### **Pyranomètre**

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

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

## **R**

### **Rayonnement solaire**

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

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

### **Répartition des stations du ROPAG sur le canton**

#### Milieu urbain :

Zone comprenant la station située au centre de la ville (Necker).

Les stations de Sainte-Clotilde et Wilson ne sont plus en activité depuis fin 2013.

#### Milieu suburbain :

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

#### Milieu rural :

Zone comprenant la station située à la campagne, proche d'une zone agricole (Passeiry).

La station d'Anières n'est plus en activité depuis fin 2012.

## **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 10 km 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 pollutions aiguës.

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

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

### VLI à long terme :

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

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

Elles ne doivent pas être dépassées.

### Vent

C'est un déplacement de l'air.

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

## Z

### Zinc

Cf. *Métaux lourds*.

Pour obtenir des informations complémentaires :



**Info-Service**

4, chemin de la Gravière  
1227 Les Acacias

Tél. 022 546 76 00  
[info-service-deta@etat.ge.ch](mailto:info-service-deta@etat.ge.ch)

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

**Service l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants**

23, avenue de Sainte-Clotilde  
1205 Genève

Tél. 022 388 80 40  
[sabra@etat.ge.ch](mailto:sabra@etat.ge.ch)

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