

Qualité de l'air

2019



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

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

Qualité de l'air 2019



SERVICE DE L'AIR, DU BRUIT ET DES
RAYONNEMENTS NON IONISANTS
mai 2020

Sommaire

1. L'essentiel en bref	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 2019.....	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 (NO₂)</i>	8
4.2. <i>Ozone (O₃)</i>	10
4.3. <i>Poussières fines (PM10 et PM2.5)</i>	12
4.4. <i>Dioxyde de soufre (SO₂)</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 ₂	20
5.1. <i>Introduction</i>	20
5.2. <i>Méthodologie</i>	20
5.3. <i>Emplacements - valeurs 2019</i>	20
5.4. <i>Cartographie</i>	22
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>	46
<i>Annexe 5 : préparation et analyse des capteurs passifs NO₂</i>	49
<i>Annexe 6 : information sur la qualité de l'air</i>	51
<i>Annexe 7 : glossaire</i>	53

Les données contenues dans ce rapport sont publiques. Néanmoins, leur utilisation nécessite d'en citer la source : *SABRA – DT – Etat de Genève*

1. L'essentiel en bref

Le présent document fournit une synthèse des milliers de mesures effectuées dans le canton en 2019 par le réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) ainsi que l'évolution de la situation durant les dernières années.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations de NO₂ mesurées en 2019 (stations et capteurs passifs) poursuivent leur baisse et se situent, pour la majorité du territoire, en-dessous des concentrations enregistrées ces dernières années et inférieure à la valeur limite d'immission (VLI) annuelle de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). Néanmoins, en 2019, la VLI OPair reste dépassée dans l'hyper-centre de la ville de Genève ainsi que sur la façade sud de l'aéroport sur une surface notablement réduite par rapport aux années précédentes. Par ailleurs et comme c'est le cas depuis plusieurs années, la VLI OPair journalière est respectée sur tout le canton. Globalement, la situation est très proche de celle observée en 2018.

Ozone (O₃)

Comme les années précédentes, des concentrations excessives d'O₃ ont été mesurées sur l'ensemble du canton en 2019, les plus faibles valeurs ayant été enregistrées en milieu urbain. L'essentiel des dépassements de la VLI OPair horaire a été mesuré au début de la période estivale, à l'occasion de périodes caniculaires, avec des concentrations particulièrement élevées pendant quelques heures, notamment en milieu rural. Toutefois, en termes de nombre, les dépassements comptabilisés en 2019 sont en légère baisse par rapport à l'année 2018 mais restent proches des chiffres enregistrés durant les années les plus chaudes et ensoleillées.

Poussières fines (PM10 et PM2.5)

L'année 2019 confirme la baisse de la concentration en PM10 observée ces dernières années. La VLI OPair annuelle est respectée à l'emplacement des quatre stations de mesures fixes du ROPAG pour la quatrième année consécutive. Les moyennes annuelles ont été proches de celles mesurées entre 2016 et 2018, étant ainsi parmi les niveaux les plus faibles enregistrés depuis le début des mesures en 1998. Seule la station de mesure urbaine a connu un léger dépassement de la VLI OPair journalière, pendant un seul jour. Ainsi, le critère de trois dépassements tolérés par an et par station est respecté.

Comme c'est le cas depuis de nombreuses années, les concentrations de métaux lourds – plomb et cadmium – dans les PM10 respectent largement les VLI OPair annuelles.

Ainsi, toutes les exigences légales pour les PM10 ont été respectées.

La concentration en PM2.5 – mesurée pour la première fois sur une année complète en 2019 à la station urbaine de Necker – dépasse la nouvelle VLI OPair annuelle à cet endroit.

Dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de carbone (CO), retombées de poussières

Concernant le SO₂, le CO, les retombées de poussières et les métaux lourds (plomb, cadmium, zinc et thallium) dans les retombées de poussières, les concentrations mesurées respectent les VLI OPair qui leurs sont associées sur tous les sites de mesure et ceci, depuis de nombreuses années.

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

2.1. Introduction

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

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 de connaître la situation de la qualité de l'air sur le territoire genevois (état actuel et évolution) 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'air¹, selon les articles 31 à 34 de l'OPair et avec pour objectif de respecter les valeurs légales.

2.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2019, quatre stations de mesure étaient en activité. Elles sont décrites dans l'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

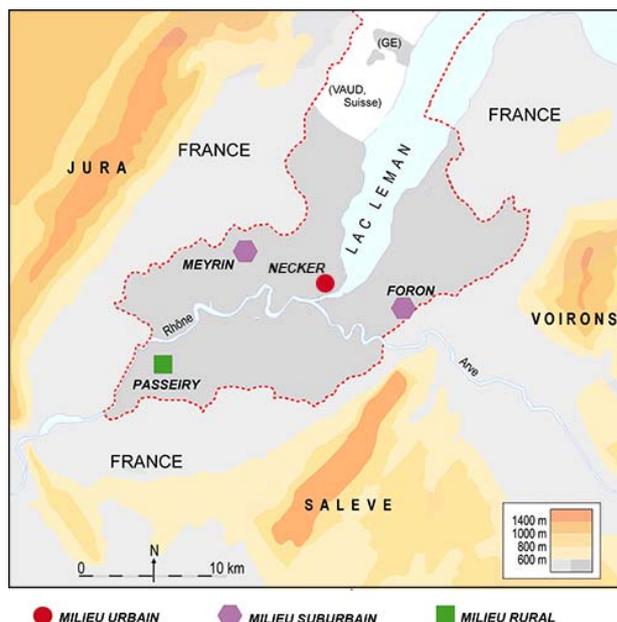


Figure 1. Emplacement des stations fixes du ROPAG

¹ Plan de mesures OPair 2018-2023, disponible sur <https://www.ge.ch/document/air-plan-mesures-opair-2018-2023-precedents-assainissement-qualite-air>

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 est entourée de voies de circulation, dont la plus importante et proche se trouve à 40 mètres. Cette station est entrée en fonction au début de l'année 2014.

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

La station de **Meyrin** se trouve à proximité de la zone industrielle (ZIMEYSA) 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. Etant à proximité de la frontière française, elle peut aussi être, selon le régime des vents, sous l'influence de l'agglomération d'Annemasse.

Milieu rural - campagne (station de Passeiry)

La station de **Passeiry** est située sur la commune d'Avully, au sud-ouest de Genève, 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 2019

3.1. Tableau résumé des mesures

Valeur Limite d'Immission O'Pair	Substance	Paramètre	Unité	Stations de mesure				
				Urbaine		Suburbaines		Rurale
				Necker	Foron	Meyrin	Passeiry	
30 µg/m³ (Moy. ann.)	NO ₂	Moy. ann.	µg/m³	35.4	17.4	15.4	10.8	
100 µg/m³ (Perc. 95)		Perc. 95	µg/m³	68.3	45.7	42.4	31.0	
80 µg/m³ (Moy. jour.)		Nb>80 µg/m³ (1Dép/an)	nb	0	0	0	0	
	O ₃	Moy. ann.	µg/m³	45.7	55.0	55.0	57.9	
100 µg/m³ (Perc. 98)		Perc. 98	Janv.	µg/m³	66	74	73	79
100 µg/m³ (Perc. 98)			Fév.	µg/m³	74	86	85	92
100 µg/m³ (Perc. 98)			Mar.	µg/m³	94	121	104	119
100 µg/m³ (Perc. 98)			Avr.	µg/m³	111	129	125	128
100 µg/m³ (Perc. 98)			Mai.	µg/m³	102	120	118	119
100 µg/m³ (Perc. 98)			Juin.	µg/m³	132	154	155	191
100 µg/m³ (Perc. 98)			Juil.	µg/m³	140	165	156	153
100 µg/m³ (Perc. 98)			Aout.	µg/m³	113	129	126	131
100 µg/m³ (Perc. 98)			Sept.	µg/m³	99	118	115	117
100 µg/m³ (Perc. 98)			Oct.	µg/m³	68	78	77	85
100 µg/m³ (Perc. 98)			Nov.	µg/m³	62	75	64	73
100 µg/m³ (Perc. 98)			Déc.	µg/m³	69	78	77	85
120 µg/m³ (Moy. hor.)		Nb>120 µg/m³ (1Dép/an)	nb	113	362	282	353	
20 µg/m³ (Moy. ann.)		PM 10	Total	Moy. ann.	µg/m³	17.0	15.5	14.8
50 µg/m³ (Moy. jour.)	Nb>50 µg/m³ (3 Dép/an)		nb	1	0	0	0	
500 ng/m³ (Moy. ann.)	Pb		Moy. ann.	ng/m³	3.2	2.6	1.9	2.0
15 ng/m³ (Moy. ann.)	Cd		Moy. ann.	ng/m³	0.06	0.10	0.09	0.09
		BaP	Moy. ann.	ng/m³	0.14	0.20	0.12	0.10
10 µg/m³ (Moy. ann.)	PM 2.5	Moy. ann.	µg/m³	11.6	-	-	-	
30 µg/m³ (Moy. ann.)	SO ₂	Moy. ann.	µg/m³	2.2	-	-	-	
100 µg/m³ (Perc. 95)		Perc. 95	µg/m³	5.5	-	-	-	
100 µg/m³ (Moy. ann.)		Nb>100 µg/m³ (1Dép/an)	nb	0	-	-	-	
	CO	Moy. ann.	mg/m³	0.2	-	-	-	
8 mg/m³ (Moy. ann.)		Nb>8 mg/m³ (1Dép/an)	nb	0	-	-	-	
200 mg/(m²·j) (Moy. ann.)	Pous.	Total	Moy. ann.	mg/(m²·j)	33	74	-	29
100 µg/(m²·j) (Moy. ann.)		Pb	Moy. ann.	µg/(m²·j)	5	2	-	2
2 µg/(m²·j) (Moy. ann.)		Cd	Moy. ann.	µg/(m²·j)	0.03	0.05	-	0.01
400 µg/(m²·j) (Moy. ann.)		Zn	Moy. ann.	µg/(m²·j)	43	20	-	10
2 µg/(m²·j) (Moy. ann.)		TI	Moy. ann.	µg/(m²·j)	0.010	0.012	-	0.012
	NO₂, O₃, PM10	IPL		3	3	2	2	

Légendes et abréviations :

: Dépassement de la VLI O'Pair.
 Moy. ann. : Moyenne annuelle.
 Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.
 Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.
 Dép/an : Nombre de dépassements tolérés par an.

Nb^h : Nombre de moyennes horaires.
 Nb^j : Nombre de moyennes journalières.
 j : Jour.
 Pous. : Retombées de poussières.
 IPL : Indice de Pollution à Long terme (cf. glossaire).

3.2. Variation journalière de l'IPC

L'indice suisse de pollution de l'air à court terme (IPC)² est un indicateur journalier déterminé à partir des concentrations de trois polluants : O₃, PM10 et NO₂. Il permet d'objectiver la pollution de l'air au moyen d'une seule valeur agrégée allant de 1 à 6. Un indice égal ou supérieur à 3 indique le 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

Basée sur l'IPC, l'illustration ci-dessous permet d'avoir une vue d'ensemble des variations journalières de la pollution de l'air au cours de l'année 2019 selon le milieu considéré.



Figure 2. Variations journalières de l'IPC par milieu en 2019

² La méthode de calcul de cet indice, selon la recommandation 27a de Cercl'Air, est disponible sur le site Internet : <https://www.ge.ch/document/air-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 les 20 dernières années. Par ailleurs :

- L'annexe 2 donne des informations sur les stations de mesure et les périodes de mesurage.
- L'annexe 3 détaille les résultats de chacun des polluants pour chacune des stations.
- L'annexe 4 fournit des informations détaillées sur les polluants (origines, effets, ...).

4.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

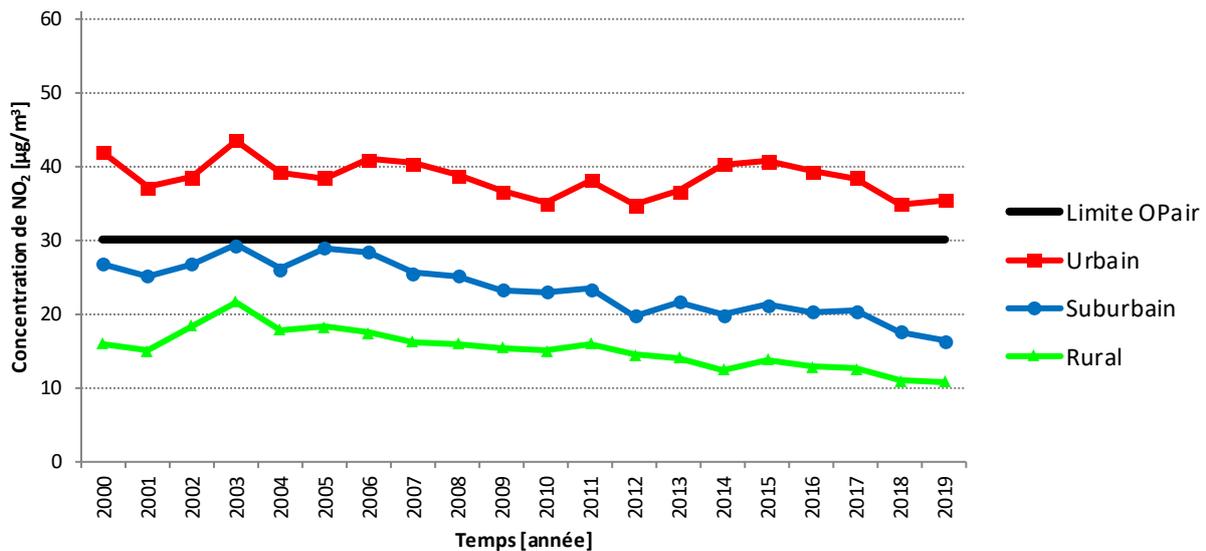


Figure 3. Concentration moyenne annuelle de NO₂

En milieu urbain, la moyenne annuelle dépasse toujours la VLI OPAir (30 µg/m³) en 2019 et celle-ci reste similaire à celle de 2018. En milieux suburbain et rural, les moyennes annuelles sont depuis longtemps en dessous de la VLI OPAir et continuent de diminuer régulièrement.

De plus, les mesures effectuées au moyen de capteurs passifs confirment une diminution de la concentration de fond de ce polluant par rapport aux moyennes des dernières années (voir cartographie du chapitre 5).

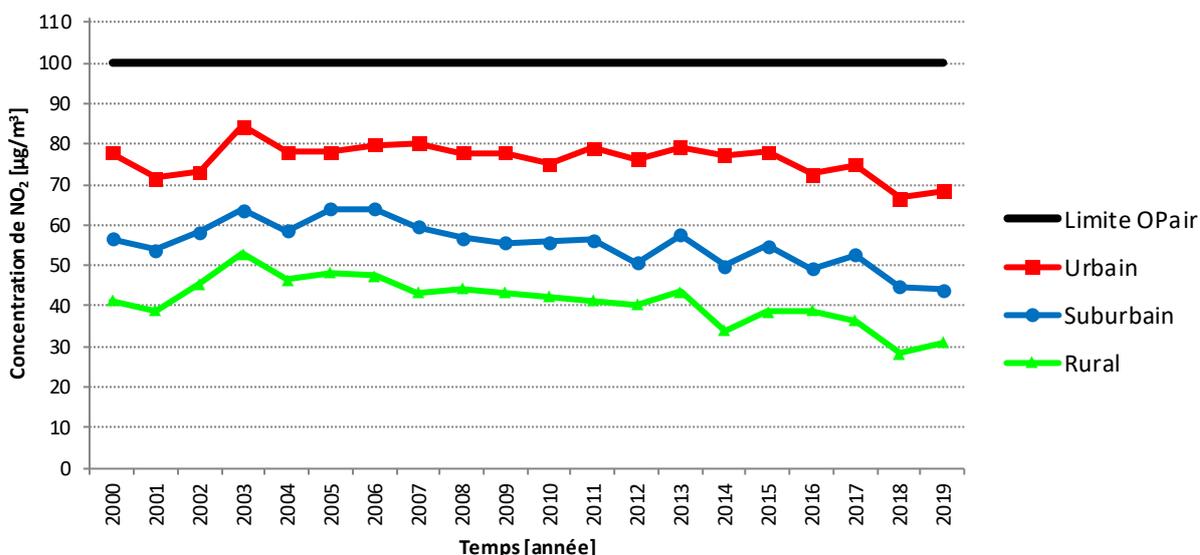


Figure 4. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

Les percentiles 95 (P95) se situent tous en dessous de la VLI OPAir (100 µg/m³) depuis de nombreuses années sur tout le canton et, bien qu'en 2019 ceux-ci n'aient pas confirmé la baisse marquée de l'année dernière, ils continuent de suivre la tendance à la baisse des dernières années dans tous les milieux.

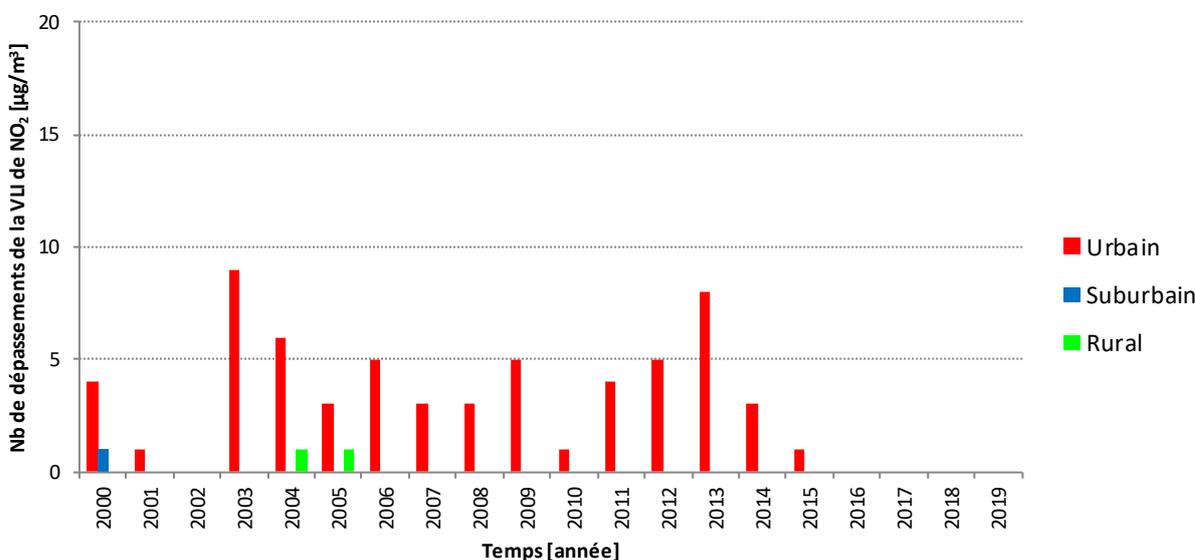
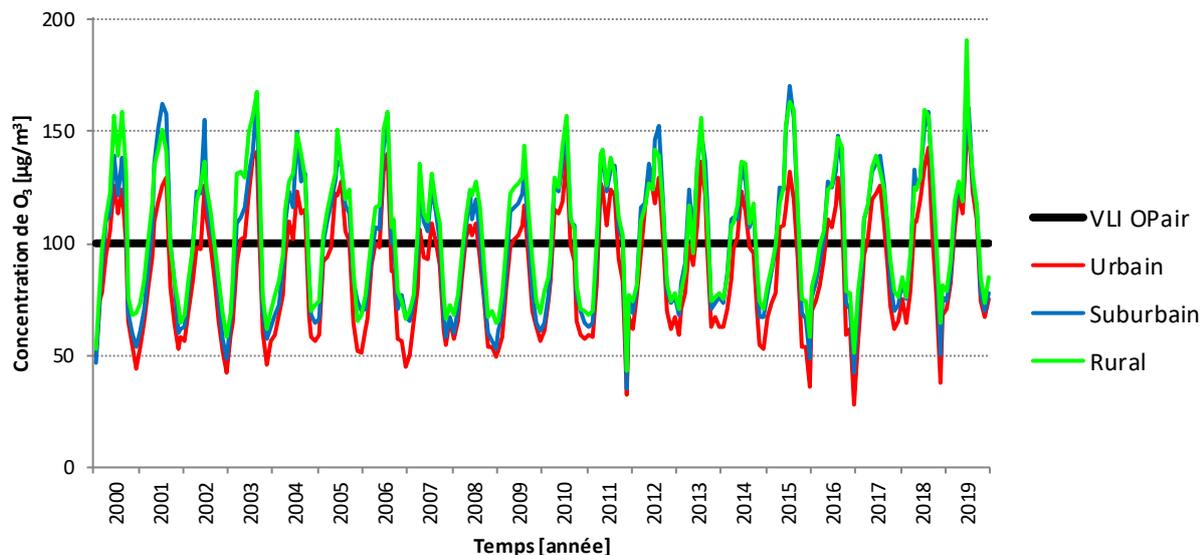


Figure 5. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO₂

En 2019, la VLI OPAir journalière pour le NO₂ (80 µg/m³) a été respectée toute l'année. Le critère d'un dépassement autorisé par an est satisfait pour la cinquième année consécutive. La moyenne journalière la plus élevée a atteint 71 µg/m³ à la station de Necker.

4.2. Ozone (O₃)



Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

En 2019, les percentiles 98 (P98) ont dépassé la VLI OPair (100 µg/m³) du mois de mars au mois de septembre dans les milieux suburbain et rural, puis du mois d'avril au mois d'août en milieu urbain. Pendant cette période, la concentration d'ozone a augmenté progressivement pour atteindre un P98 maximum de 191 µg/m³ au mois de juin à la station de Passeiry. Les concentrations ont été particulièrement élevées durant les mois de juin et juillet lors d'épisodes caniculaires.

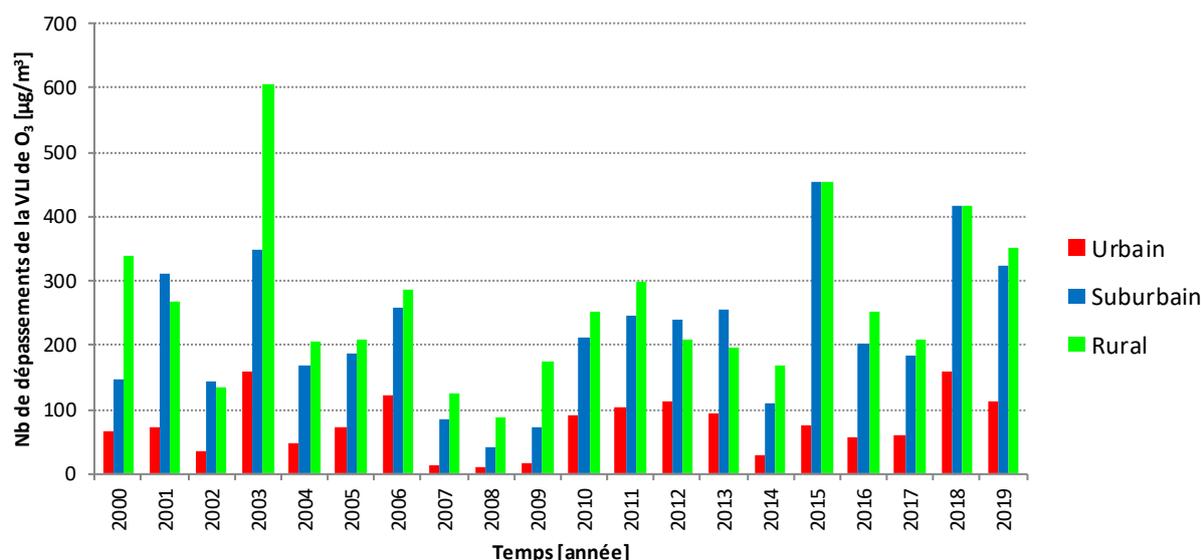


Figure 6. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

En 2019, les premiers dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m³) ont été enregistrés durant un mois de mars particulièrement doux et ensoleillé, dans les milieux suburbain et rural, puis en avril, en milieu urbain. Ces dépassements ont perduré jusqu'au mois de septembre, avec une occurrence plus importante entre juin et juillet.

Les chaleurs importantes ainsi que le fort ensoleillement en début d'été ont été propices à un nombre important de dépassements de la VLI horaire. En effet, la présence de rayonnements ultraviolets, des températures élevées et l'absence de vent, rend sa formation plus intense qu'en temps normal. Néanmoins, le nombre de dépassements a été un peu plus faible qu'en 2018, année qui avait connu un été caniculaire marqué par le plus grand ensoleillement mesuré depuis le début des mesures à Genève³.

De plus, contrairement à l'année précédente, la concentration horaire maximale a dépassé le seuil de 180 µg/m³ avec une valeur de 226 µg/m³ enregistrée le 27 juin 2019 à la station de Passeiry à l'occasion "*d'une des vagues de chaleur les plus intenses depuis le début des mesures*" de MétéoSuisse en 1864⁴. Ce seuil a été dépassé durant 21 heures dans cette même station.

³ MétéoSuisse 2019 : Bulletin climatologique année 2018. Genève.

⁴ MétéoSuisse 2019 : Bulletin climatologique juin 2019. Genève.

4.3. Poussières fines (PM10 et PM2.5)

PM10

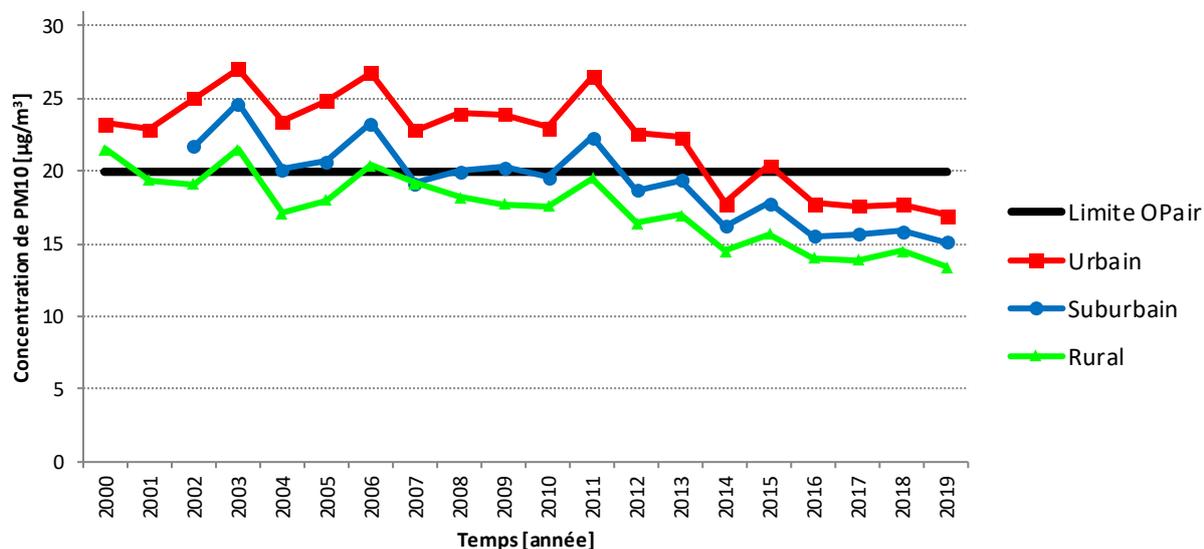


Figure 7. Concentration moyenne annuelle de PM10

En 2019, les moyennes annuelles de PM10 sont restées inférieures à la VLI OPAir ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans toutes les zones pour la quatrième année consécutive. Les concentrations sont proches de celles mesurées depuis 2016, en baisse par rapport aux années précédentes et les plus faibles depuis le début des mesures en 1998. Les concentrations moyennes annuelles les plus basses sont observées en milieu rural.

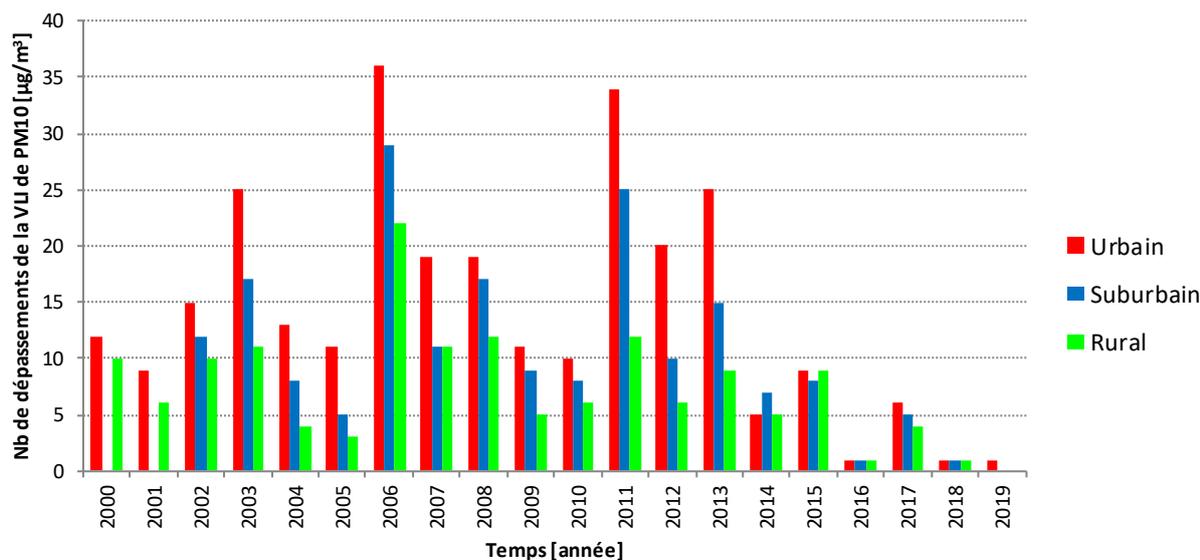


Figure 8. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour les PM10

En 2019, la VLI OPAir journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée une seule fois et seulement en milieu urbain avec une concentration de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le critère de trois dépassements tolérés par

an⁵ est respecté pour la troisième fois, depuis le début des mesures et à l'échelle de tout le territoire cantonal. Les conditions météorologiques hivernales permettent d'expliquer en partie ce résultat. En effet, 2019 a connu peu d'inversions de température marquées et celles-ci se sont produites essentiellement durant le mois de février.

Métaux lourds dans les PM10

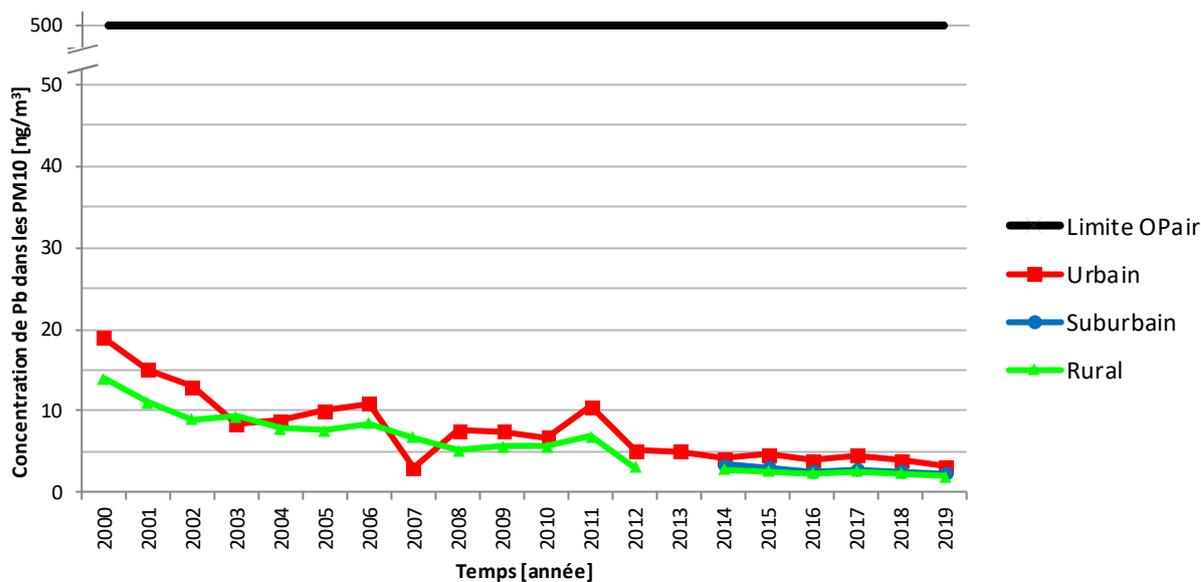


Figure 9. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

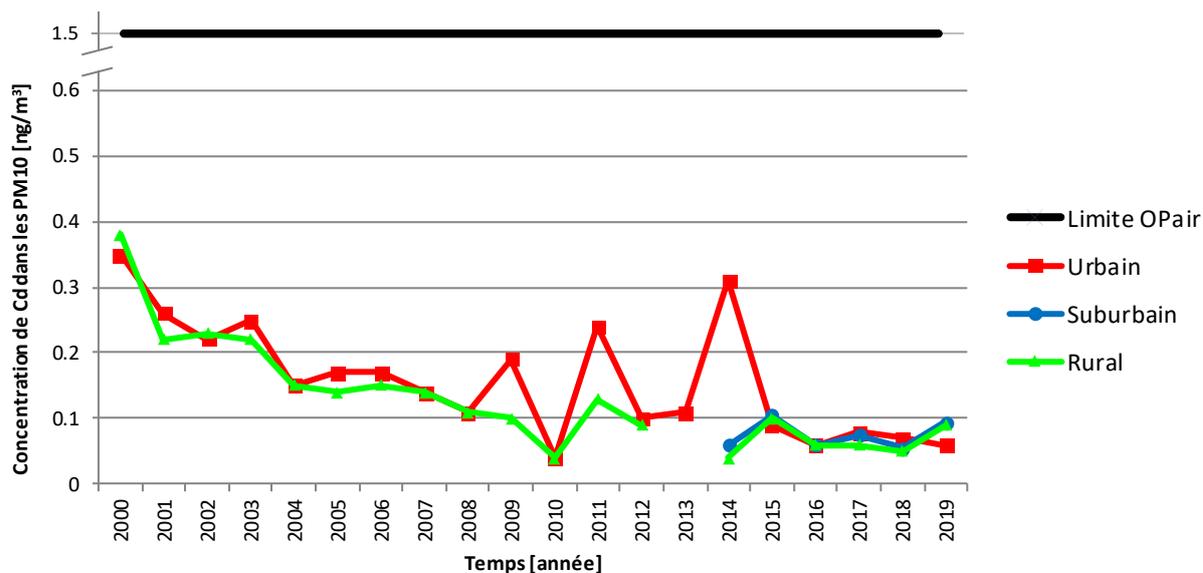


Figure 10. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

⁵ Ce nombre est passé de 1 à 3 jours suite à la révision de l'OPair du 11 avril 2018, entrée en vigueur le 1 juin 2018.

En 2019 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/m³ dans le cas du plomb et 1.5 ng/m³ pour le cadmium).

Ainsi, toutes les exigences légales sont respectées pour les PM10.

Benzo[a]pyrène dans les PM10

Les concentrations de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les PM10 et en particulier de benzo[a]pyrène – composé cancérigène – ont été mesurées. Vu qu'il n'y a pas de VLI OPair pour ce polluant, les résultats ont été comparés à la valeur cible de 1 ng/m³ en moyenne annuelle fixée dans la directive européenne 2004/107/CE. En 2019, les concentrations annuelles sont similaires aux années précédentes et la valeur cible est respectée sur tous les sites de mesure, comme le montre le tableau 1 ci-dessous.

Année	Benzo[a]pyrène [ng/m ³]		
	2017	2018	2019
Urbain	0.19	0.14	0.14
Suburbain	0.18	0.14	0.16
Rural	0.11	0.08	0.10

Tableau 1. Concentrations moyennes annuelles de B[a]P dans les PM10

Par ailleurs, la concentration de benzo[a]pyrène varie fortement selon la période de l'année. Par exemple, durant les mois d'hiver (période de chauffage), les valeurs mesurées sont nettement supérieures à celles mesurées durant les mois d'été (voir graphique dans l'annexe 3, figure 33).

PM2.5

La concentration moyenne annuelle de PM2.5⁶ a été déterminée pour la première fois à la station urbaine de Necker en 2019. Cette valeur est de 11.6 µg/m³, soit en léger dépassement de la VLI OPair annuelle fixée à 10 µg/m³.

Les concentrations pour les trois autres stations seront disponibles dès l'année 2020.

⁶ La mesure de ce polluant est prescrite dans la révision de l'OPair du 11 avril 2018, entrée en vigueur le 1 juin 2018.

4.4. Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous des VLI OPair et qui continue de baisser régulièrement, dans l'atmosphère genevoise. Ainsi, le mesurage dans chaque station a été progressivement abandonné. Depuis 2016, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker.

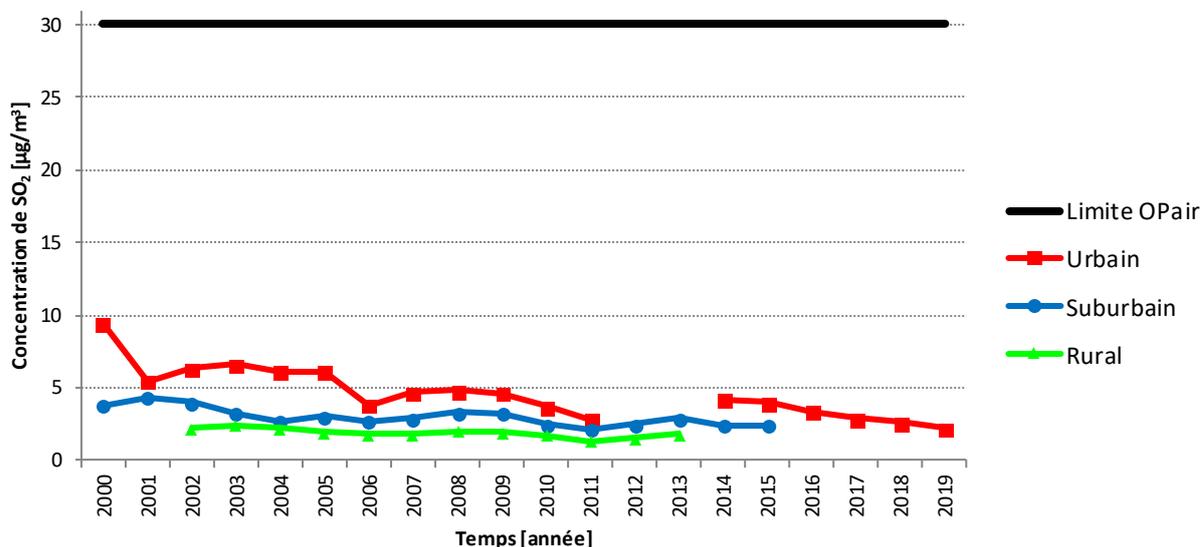


Figure 11. Concentration moyenne annuelle de SO₂

Comme c'est le cas depuis plus de vingt ans, les concentrations de SO₂ mesurées en 2019 restent stables à un niveau très inférieur à la VLI OPair annuelle (30 µg/m³).

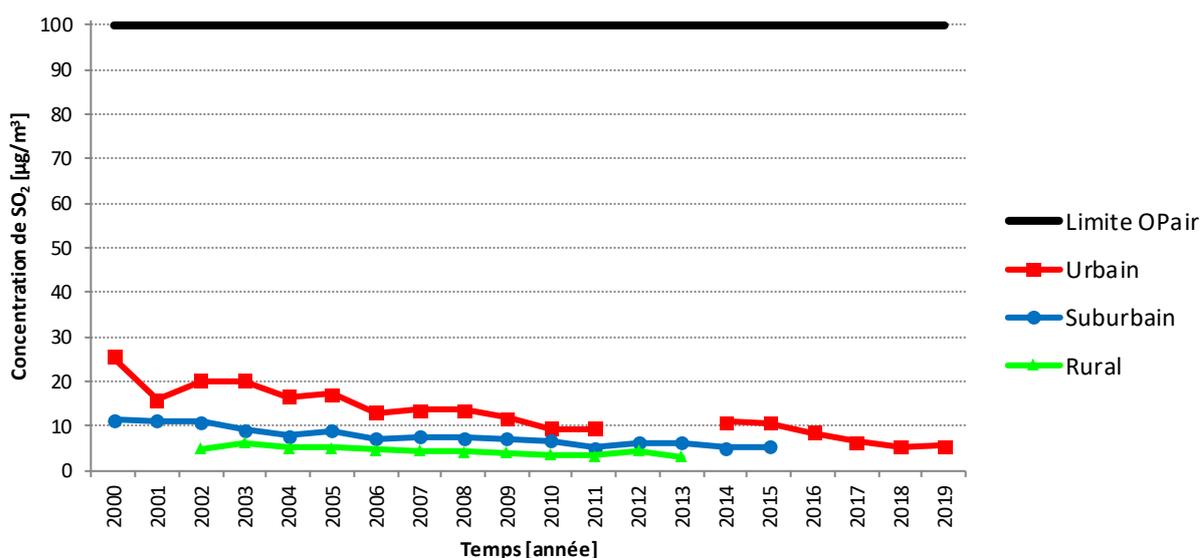


Figure 12. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Les percentiles 95 se situent largement en dessous de la VLI OPair (100 µg/m³) et cela depuis de nombreuses années.

La VLI OPair journalière ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée en 2019, comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale a été de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.5. Monoxyde de carbone (CO)

Tout comme le SO_2 , le CO n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous de la 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 2019, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker.

La VLI OPair journalière ($8 \text{mg}/\text{m}^3$), valeur à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est respectée en 2019 comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale mesurée a été de $0.9 \text{mg}/\text{m}^3$.

Pour information, on a enregistré en 2019 une moyenne annuelle⁷ très faible, inférieure à $0.5 \text{mg}/\text{m}^3$.

⁷ Le paramètre "moyenne annuelle" n'a pas de VLI OPair (se reporter au tableau 3.1).

4.6. Retombées de poussières

Retombées de poussières

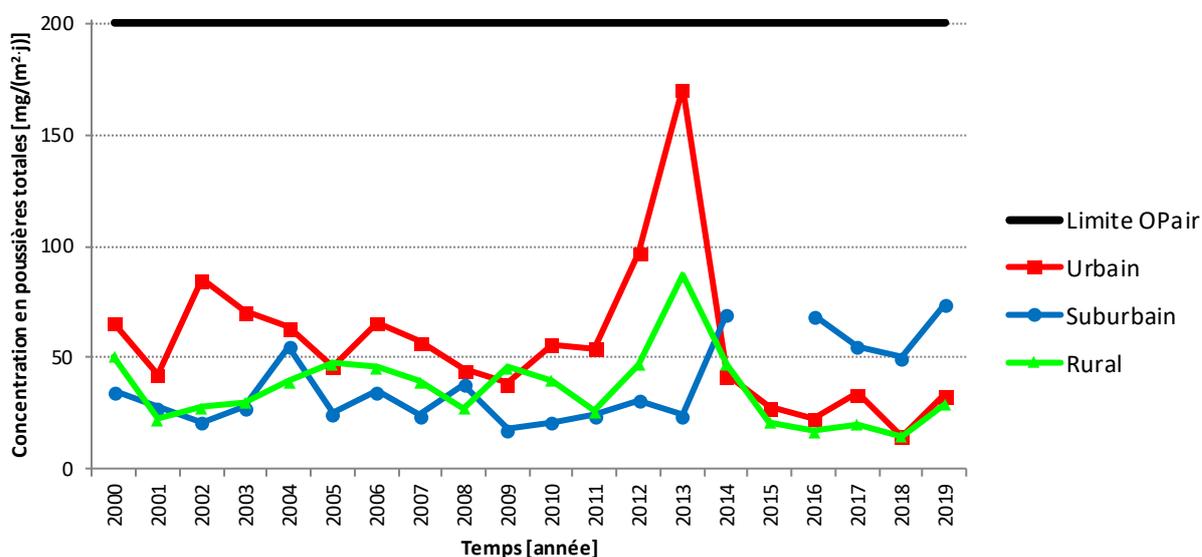


Figure 13. Concentration moyenne annuelle du total des retombées de poussières

En 2019, la concentration du total des retombées de poussières respecte la VLI annuelle de 200 mg/(m²·jour) sur tous les sites de mesure et ce, depuis de nombreuses années.

Métaux lourds dans les retombées de poussières

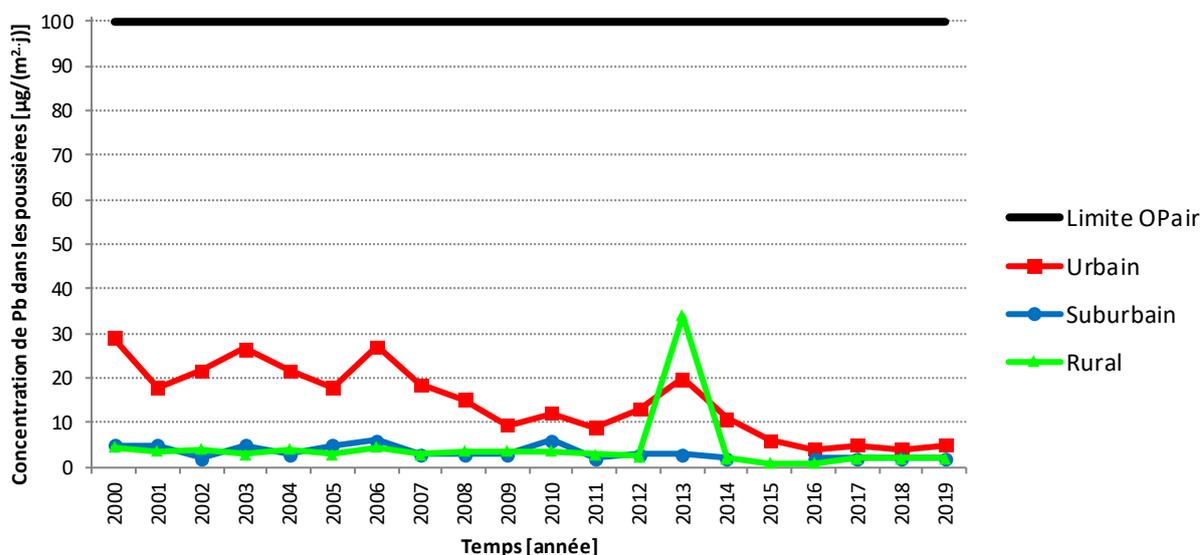


Figure 14. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

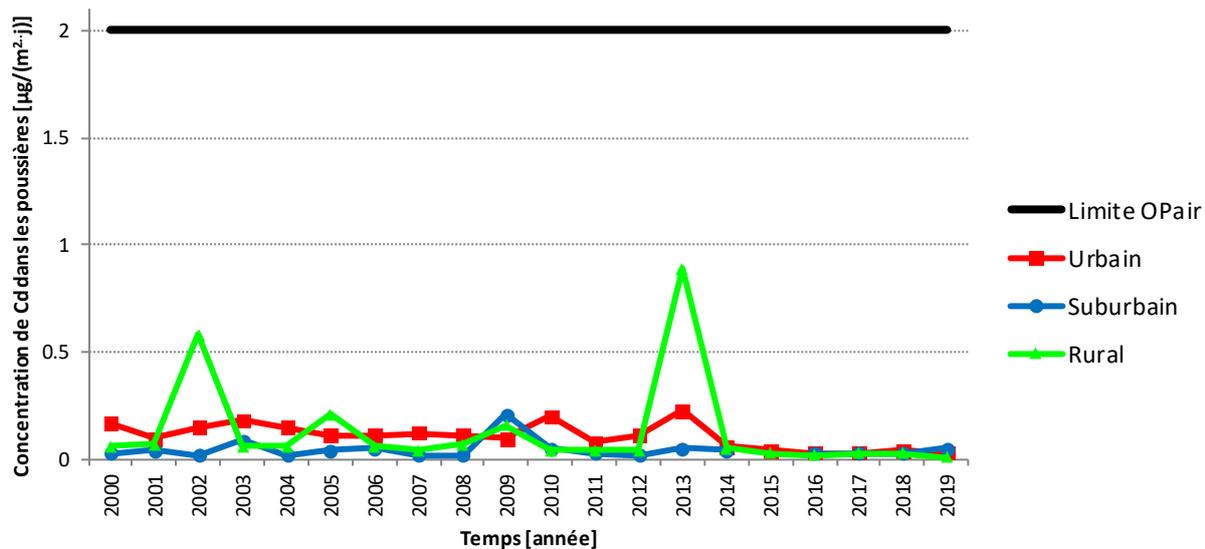


Figure 15. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières

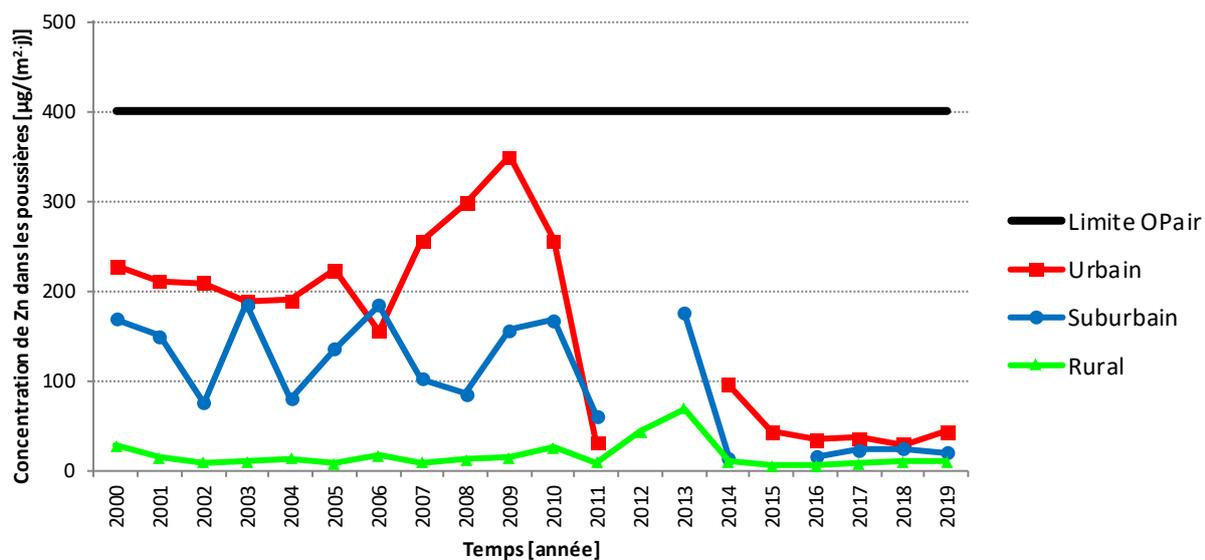


Figure 16. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

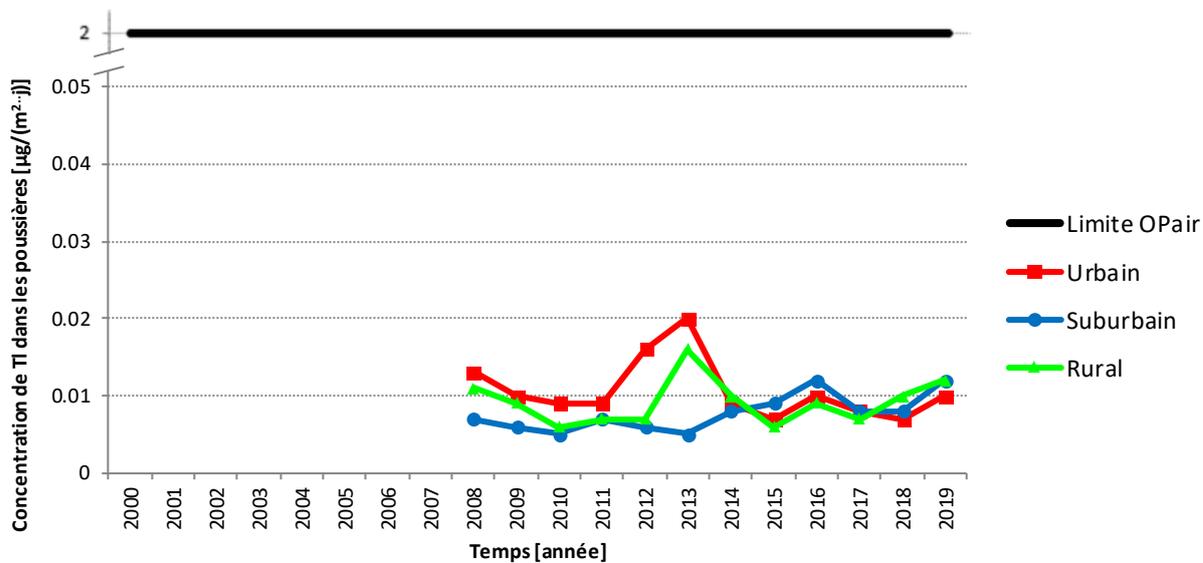


Figure 17. Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

En 2019, les différentes VLI OPair moyennes annuelles – 100 µg/(m²·jour) pour le plomb, 2 µg/(m²·jour) pour le cadmium, 400 µg/(m²·jour) pour le zinc et 2 µg/(m²·jour) pour le thallium dans les retombées de poussières – sont respectées sur tous les sites de mesure et ce, depuis de nombreuses années.

5. Capteurs passifs : mesure du NO₂

5.1. Introduction

La mesure par capteurs passifs est une méthode validée en Suisse par l'OFEV et Cercl'Air (Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air). Elle permet notamment d'établir un cadastre annuel des immissions du NO₂ sur de vastes territoires.

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs du ROPAG (cf. chapitre 5.3) mesure les concentrations de NO₂ dans l'agglomération genevoise. En 2019, ce réseau compte 73 points de mesure, répartis selon un maillage kilométrique.

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 – substance qui absorbe le NO₂ – et d'acétone. Le capteur est par la suite placé pour une durée déterminée à l'emplacement dont on veut connaître la concentration en NO₂. L'analyse en laboratoire permettra de mesurer la quantité de NO₂ qui a été accumulée par la substance absorbante et d'en déduire la concentration correspondante pendant la période fixée.

Se reporter à l'annexe 5 pour de plus amples informations sur la méthodologie appliquée.

5.3. Emplacements - valeurs 2019

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

Le tableau ci-après présente les 73 emplacements où s'effectuent les mesures de NO₂ par capteurs passifs, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2019.

Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³]	Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³]
	E	N	2019		E	N	2019
Quai de l'Île	2500105	1117898	26	Débarcadère CGN	2501515	1118301	22
Dépôt TPG	2498667	1117460	20	Ch. de Plonjon	2502118	1118370	19
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	29	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	26
Rue de Berne	2500359	1118689	27	Avenue St-Paul	2502514	1117518	19
Place de Châteaubriand	2500608	1119022	25	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	21
CICR	2499639	1120470	17	Ch. des Falquets	2503690	1118427	13
Ch. Palud	2499533	1121453	16	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	16
Ch. des Cornillons	2500381	1121771	16	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	17
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	15	Ch. du Nant d'Argent	2503528	1120559	20
Square de Mesmes	2499572	1119482	22	Ecole de Mon-Idee	2505665	1118104	16
Rue Isabelle-Eberhardt	2499569	1118593	25	Parc du Martin-Pêcheur	2505775	1117236	14
Ch. des Crêts	2498687	1119823	20	Ch. du Foron	2505254	1116758	18
Voie des Traz/Voirie	2498508	1122206	28	Av. Adrien-Jeandin	2504434	1116087	24
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	23	Ch. Rojoux	2502672	1115457	16
Ch. du Pommier	2498549	1120537	24	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	26
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	35	Promenade de Saint-Antoine	2500592	1117323	27
Les Avanchets	2497464	1119556	25	Rue Alcide-Jentzer	2500338	1116377	22
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	21	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	24
Ch. du Croissant	2497543	1118367	20	Place de Sardaigne	2499633	1115533	26
Ch. de Gilly	2497509	1115488	16	Plateau de Pinchat	2500589	1114548	20
Av. des Morgines	2497505	1116313	23	Stade de Vessy	2501477	1115313	18
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	18	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	26
Ch. de Cressy	2496319	1115468	19	Rte de Pierre-Grand	2500509	1112646	16
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	16	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	22
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495432	1116476	18	Ch. des Rasses	2502625	1113507	20
Ch. de Gambay	2495495	1115519	16	Ch. des Marais	2501463	1113324	17
Rte de Vernier	2496020	1119503	28	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	19
Ch. du Progrès	2494847	1118566	21	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	21
Ch. Deley	2494991	1119512	25	Rte de Base	2496355	1113540	22
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	14	Ch. des Bis	2495345	1113245	14
Ch. des Ceps	2494123	1121452	9	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	16
Ch. de l'Epinglier	2493677	1120060	18	Ch. Pontverre	2495223	1114468	15
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117488	16	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	16
Ch. de Surville	2498567	1116452	21	Ch. des Pontets	2498453	1114509	23
Boulevard d'Yvoy	2499159	1117221	28	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	24
Avenue de Vaudagne	2494742	1120874	15	Rte des Acacias	2499472	1116469	25
Quai Wilson	2500663	1119114	31				

Tableau 2. Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO₂ pour l'année 2019

Légendes et abréviations :

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

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

5.4. Cartographie

Les cartes ci-dessous présentent les concentrations moyennes annuelles de NO₂ en pollution de fond⁸ pour l'année 2019 (figure 19) et pour la période allant de 2012 à 2019 (figure 20). Les concentrations sont calculées par interpolation⁹, sur la base des résultats obtenus aux différents points de prélèvement des réseaux de capteurs passifs du ROPAG et de celui de Genève Aéroport, ainsi que des stations du ROPAG situées à l'intérieur du domaine sondé. La méthode fait aussi appel au cadastre des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) comme variable secondaire. On peut y observer les zones respectant la VLI OPair annuelle de 30 µg/m³, en couleurs verte à jaune, et les zones soumises à des immissions excessives de NO₂, avec une moyenne annuelle supérieure à la VLI OPair annuelle, en couleurs saumon à rouge.

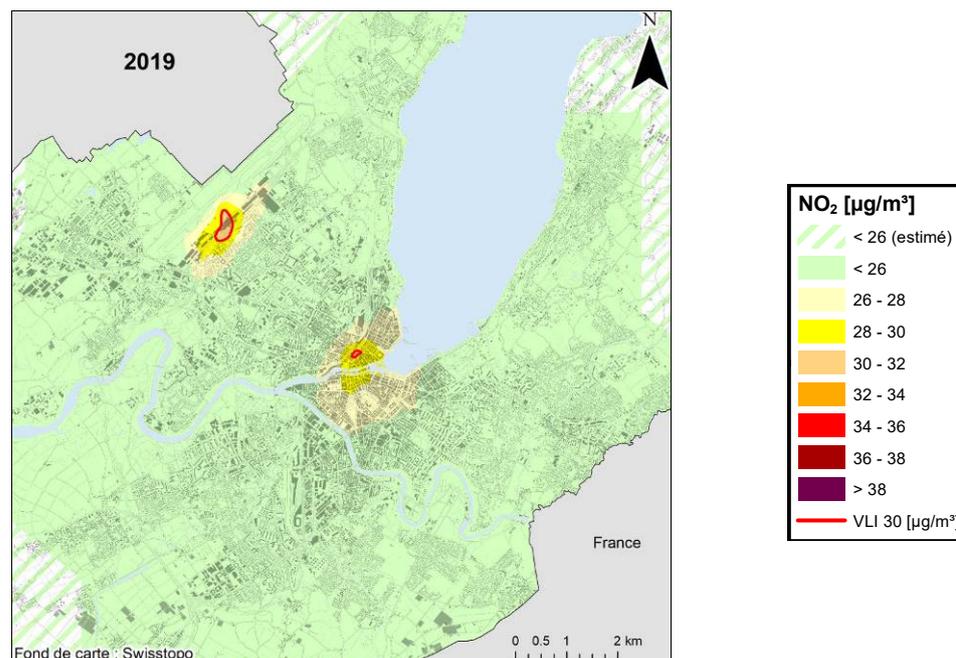


Figure 18. Carte des immissions moyennes de NO₂ sur l'agglomération genevoise pour l'année 2019

L'année 2019 a été marquée par des immissions de NO₂ en baisse sensible par rapport aux années précédentes. Ce sont les plus faibles concentrations mesurées depuis le début de la modélisation cartographique du NO₂ en 2002. Les immissions excessives se situent principalement dans l'hyper-centre de Genève ainsi que sur la façade sud de l'aéroport.

Par ailleurs, comme pour les autres polluants, les immissions de NO₂ sont dépendantes des conditions météorologiques. Néanmoins, en moyennant les concentrations sur plusieurs années, l'influence des fluctuations annuelles dues à des facteurs climatiques (régime des vents, précipitations, inversions de température) peut être limitée. La carte ci-après présente des concentrations moyennées sur une période de huit ans (2012 à 2019).

⁸ Pollution caractéristique de la situation générale, par opposition à la pollution de proximité qui est influencée par des émetteurs proches (trafic, cheminées, industries, ...).

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

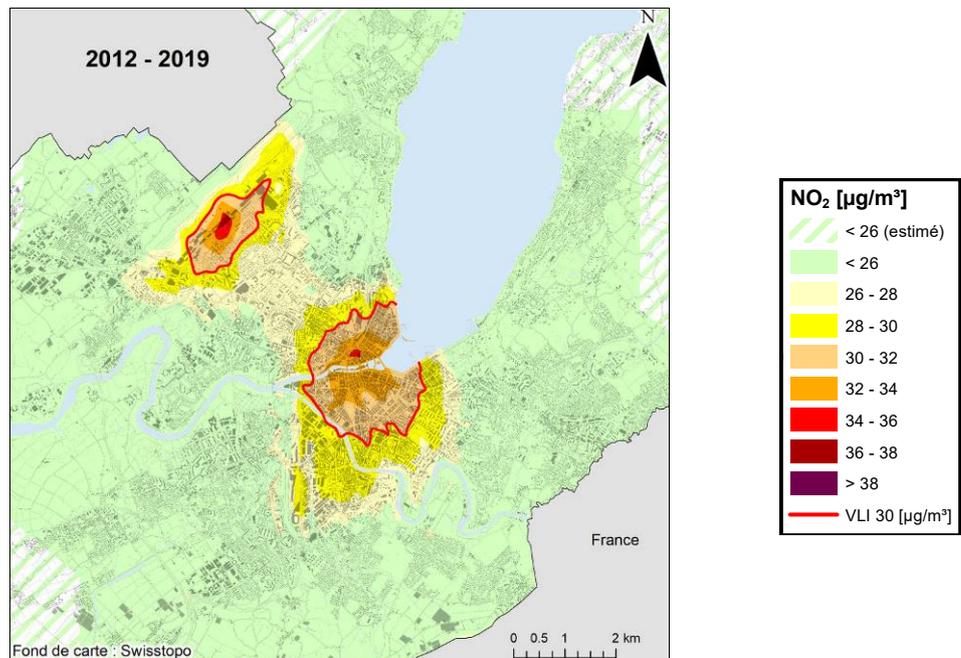


Figure 19. Carte des immissions moyennes de NO₂ sur l'agglomération genevoise pour la période 2012 à 2019

La carte des immissions de NO₂ mesurées en 2019 montre des concentrations de l'ordre de 2 à 4 µg/m³ plus faibles que la carte réalisée sur les huit dernières années. Comparativement et comme le montre la figure 21 ci-dessous, le territoire exposé à des concentrations supérieures à la VLI s'est largement réduit, en particulier au centre de l'agglomération.

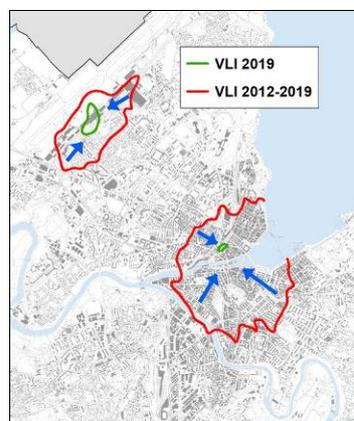


Figure 20. Carte comparative des périmètres dépassant la VLI OPair annuelle entre 2019 et la période 2012-2019

Nota : Les cartes présentées ci-dessus 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 de Passeiry 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/m³. Toutefois, il faut rester attentif au fait que des concentrations importantes de NO₂ peuvent être localement observées dans des sites très exposés à des sources polluantes (ex. axes routiers à trafic intense) ou soumis à des conditions particulières (ex. rue canyon).

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.

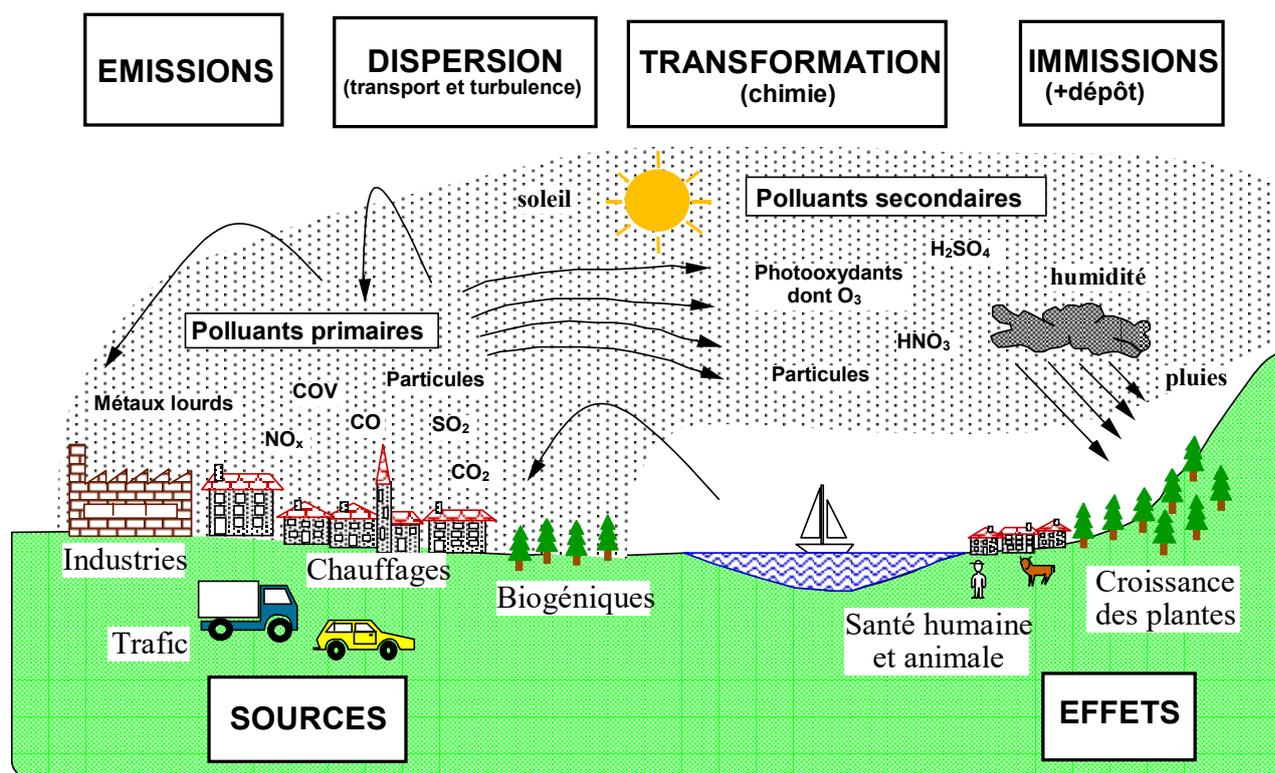


Figure 21. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air

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 la loi suisse

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. Elle a été renforcée plusieurs fois.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les valeurs limites d'immissions (VLI) OPair pour un certain nombre de composés tels que le NO₂, l'O₃, les PM10, les PM2.5, le SO₂, le CO et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes VLI.

Substance		VLI OPair	Définition statistique
Dioxyde d'azote (NO ₂)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		80 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Ozone (O ₃)		100 µg/m ³	Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles
		120 µg/m ³	Moyenne horaire ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Poussières en suspension (PM10)	Total	20 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		50 µg/m ³	Moyenne sur 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus de trois fois par année
	Plomb (Pb)	500 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	1,5 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
Poussières en suspension (PM2.5)		10 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
Anhydride sulfureux (SO ₂) (syn. : dioxyde de soufre)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		100 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)		8 mg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Retombées de poussières	Total	200 mg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Plomb (Pb)	100 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	2 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Zinc (Zn)	400 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Thallium (Tl)	2 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)

Tableau 3. 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 ₂	NO ₂	NO	O ₃	CO	PM10	PM2.5	Pouss.	T	HR	VENT	RS
Necker	FUV*	CL*	CL*	AUV**	IR*	G / Opt.	G / Opt.	Berg.	-	-	AN-US	-
Foron	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / Aβ / Opt	Opt.***	Berg.	-	-	AN-US	-
Meyrin	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / Aβ / Opt	Opt.***	-	-	-	AN-US	
Passeiry	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / Aβ / Opt	Opt.***	Berg.	TC	H	AN-US	Py

Tableau 4. Méthodes de mesure utilisées par station et par polluant

Légendes et abréviations :

* étalonnage avec gaz de référence.

** étalon METAS (institut fédéral de métrologie).

*** mesures optiques débutées en novembre 2019.

(x / y) signifie que les mesures sont faites avec un analyseur "méthode x" et un analyseur "méthode y".

Abréviations utilisées

Paramètres mesurés

SO ₂	dioxyde de soufre
NO ₂	dioxyde d'azote
NO	monoxyde d'azote
O ₃	ozone
CO	monoxyde de carbone
PM10	particules fines (<10µm)
PM2.5	particules fines (<2.5µm)
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
TC	Pt – 100
CL	chimiluminescence
IR	absorption infrarouge
Opt.	optique
FUV	fluorescence UV
G	gravimétrie (pesée)
Berg.	Bergerhoff
AN-US	anémomètre à ultrasons
H	hygromètre à cheveu

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 ₂	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure O ₃	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure PM10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure SO ₂	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Foron																					
Meyrin																					
Anières																					
Passeiry																					

Mesure CO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Meyrin																					

Mesure pous.	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Necker																					
Ile																					
Ile-relais																					
Sainte-Clotilde																					
Wilson																					
Foron																					
Anières																					
Passeiry																					

2.3. Détail des stations

Durant l'année 2019, les 4 stations fixes du ROPAG (Necker, Foron, Meyrin et Passeiry), ainsi que la station Eole de Genève Aéroport (à proximité de la piste), ont analysé l'air genevois.

Le résumé des mesures effectuées à la station Eole de Genève Aéroport se trouve dans le tableau ci-dessous. Des informations complémentaires sont disponibles sur le site internet : <https://www.gva.ch/fr/Site/Genève-Aéroport/Developpement-durable/impact-environnemental>

Valeur Limite d'immission O'Pair	Substance	Paramètre	Unité	Station Eole	
30 µg/m ³ (Moy. ann.)	NO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	23.2	
100 µg/m ³ (Perc. 95)		Perc. 95	µg/m ³	59.2	
80 µg/m ³ (Moy. jour.)		Nb ^l >80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	
	O ₃	Moy. ann.	µg/m ³	52.1	
100 µg/m ³ (Perc. 98)		Perc. 98	Janv.	µg/m ³	73
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Fév.	µg/m ³	76
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Mar.	µg/m ³	100
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Avr.	µg/m ³	111
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Mai.	µg/m ³	114
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Juin.	µg/m ³	142
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Juil.	µg/m ³	150
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Aout.	µg/m ³	114
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Sept.	µg/m ³	108
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Oct.	µg/m ³	74
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Nov.	µg/m ³	65
100 µg/m ³ (Perc. 98)			Déc.	µg/m ³	76
120 µg/m ³ (Moy. hor.)		Nb ^h >120 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	140	
20 µg/m ³ (Moy. ann.)		PM 10	Moy. ann.	µg/m ³	14.6
50 µg/m ³ (Moy. jour.)			Nb ^l >50 µg/m ³ (3 Dép/an)	nb	1
10 µg/m ³ (Moy. ann.)	PM 2.5	Moy. ann.	µg/m ³	9.8	
30 µg/m ³ (Moy. ann.)	SO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	2.4	
100 µg/m ³ (Perc. 95)		Perc. 95	µg/m ³	6.5	
100 µg/m ³ (Moy. ann.)		Nb ^l >100 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	

Légendes et abréviations :

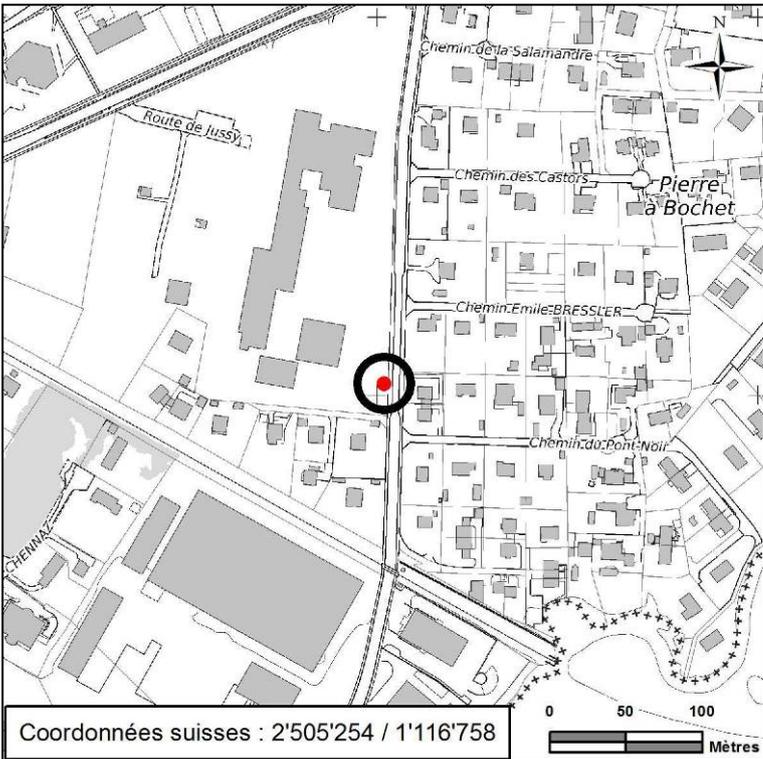
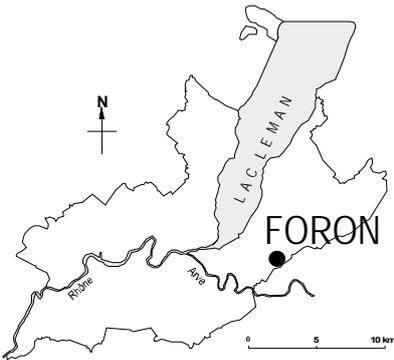
 : Dépassement de la VLI O'Pair.
Moy. ann. : Moyenne annuelle.
Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.
Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.

Dép/an : Nombre de dépassements tolérés par an.
Nb^h : Nombre de moyennes horaires.
Nb^l : Nombre de moyennes journalières.

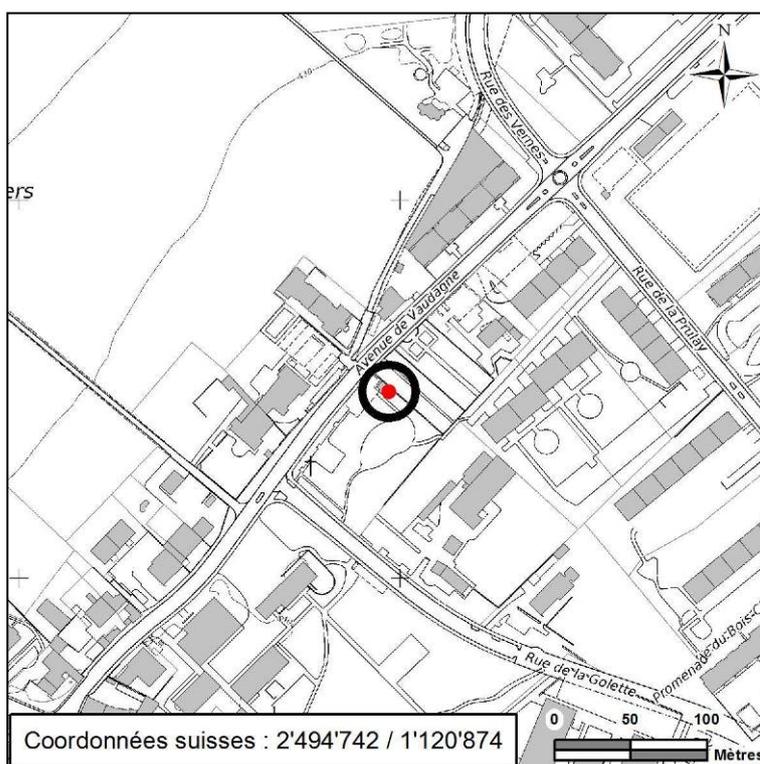
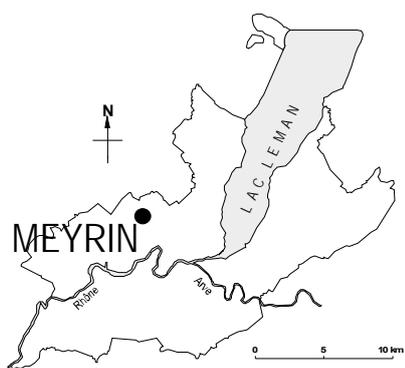
Milieu urbain : NECKER



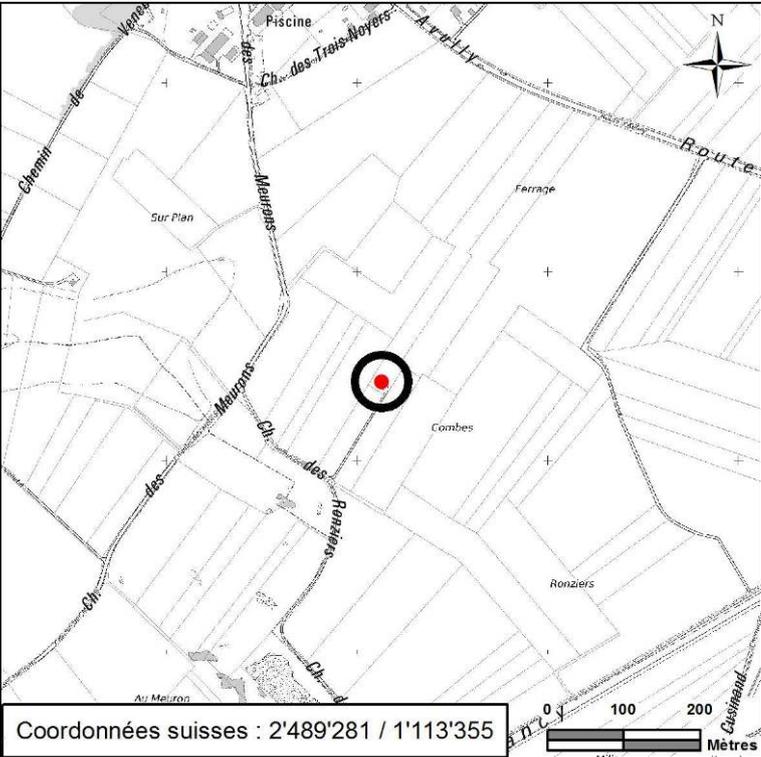
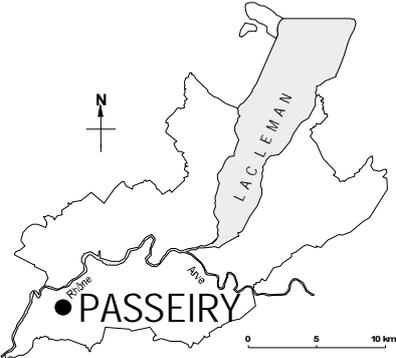
Milieu suburbain : **FORON**



Milieu suburbain : MEYRIN



Milieu rural : **PASSEIRY**



Annexe 3 : résultats détaillés des mesures par station

Les graphiques du chapitre 4 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 toutes les stations de mesure, prises séparément.

Dioxyde d'azote

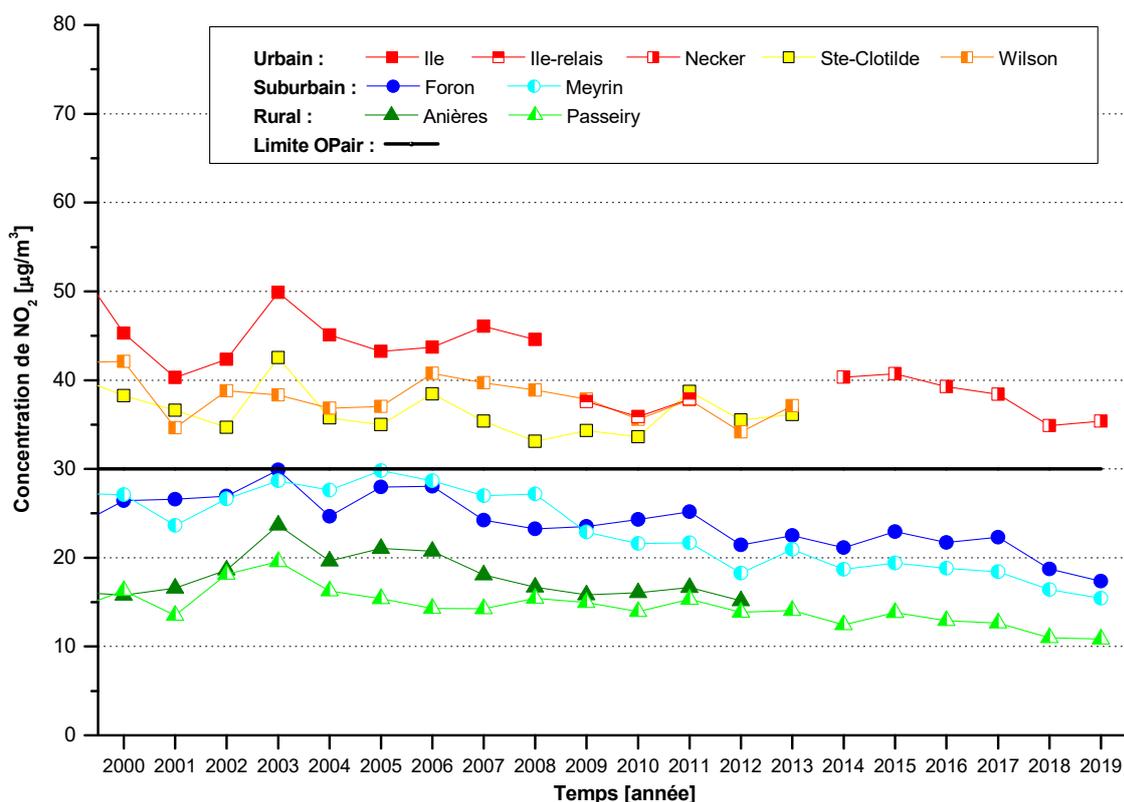


Figure 22. Concentration moyenne annuelle de NO₂

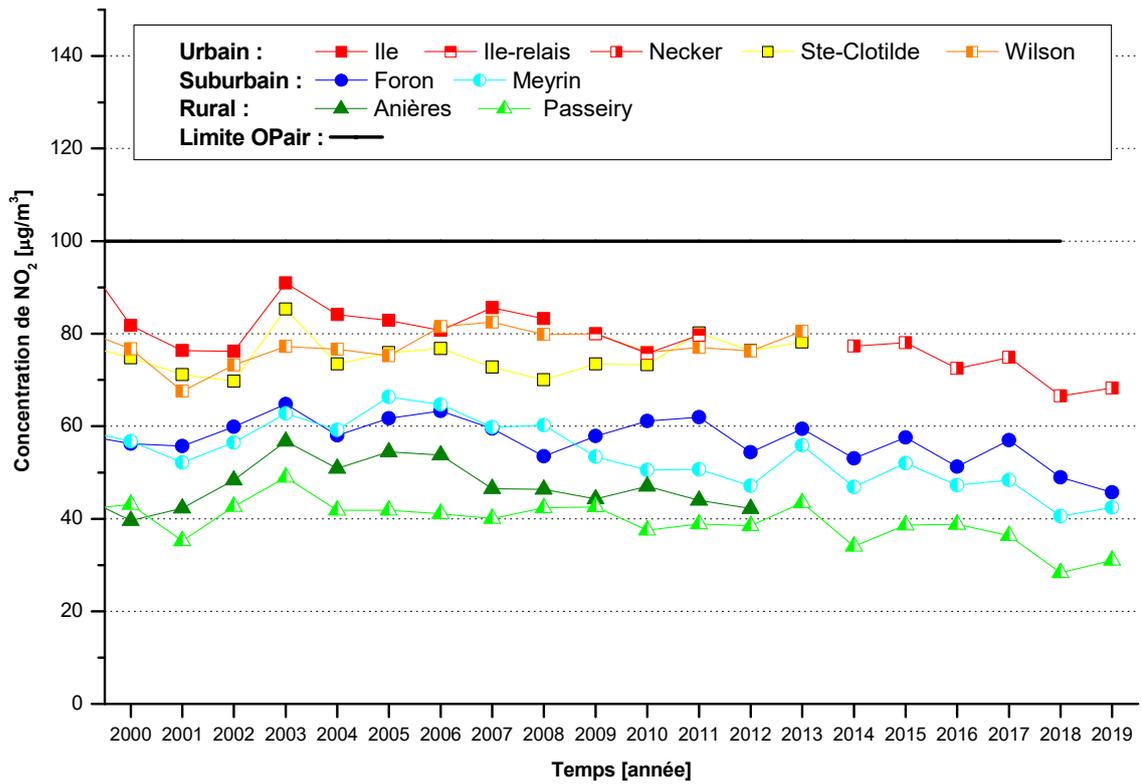


Figure 23. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

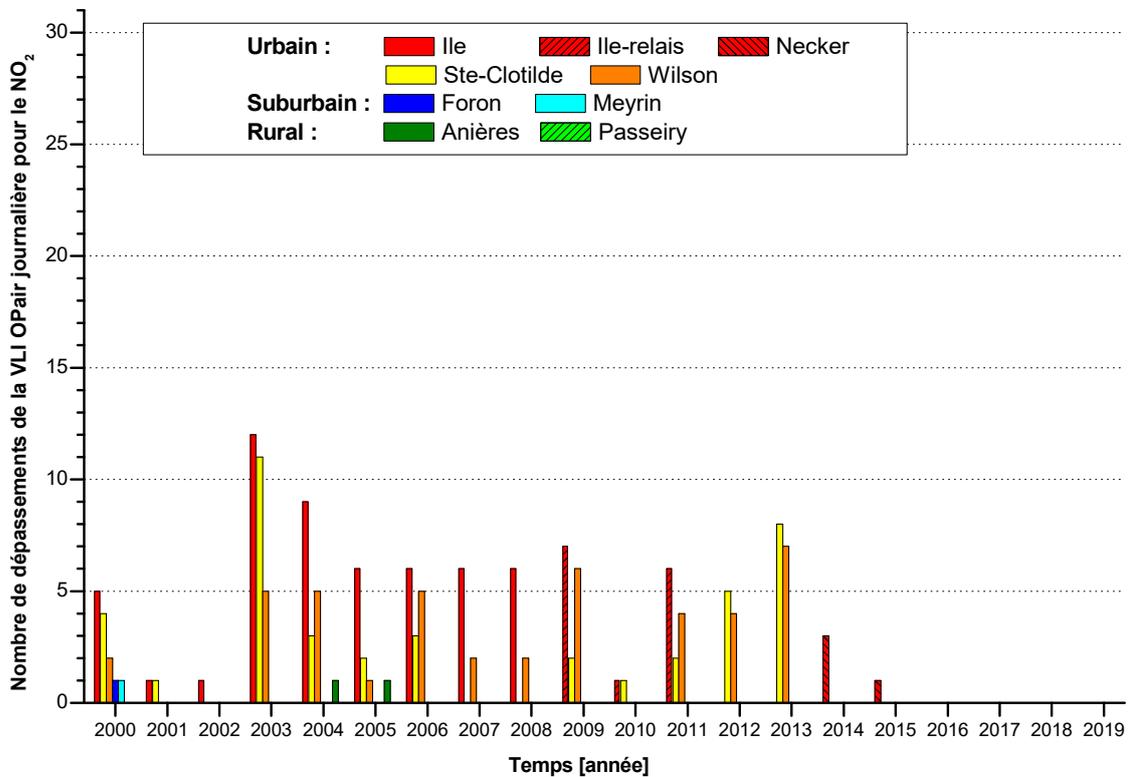


Figure 24. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour le NO₂

Ozone

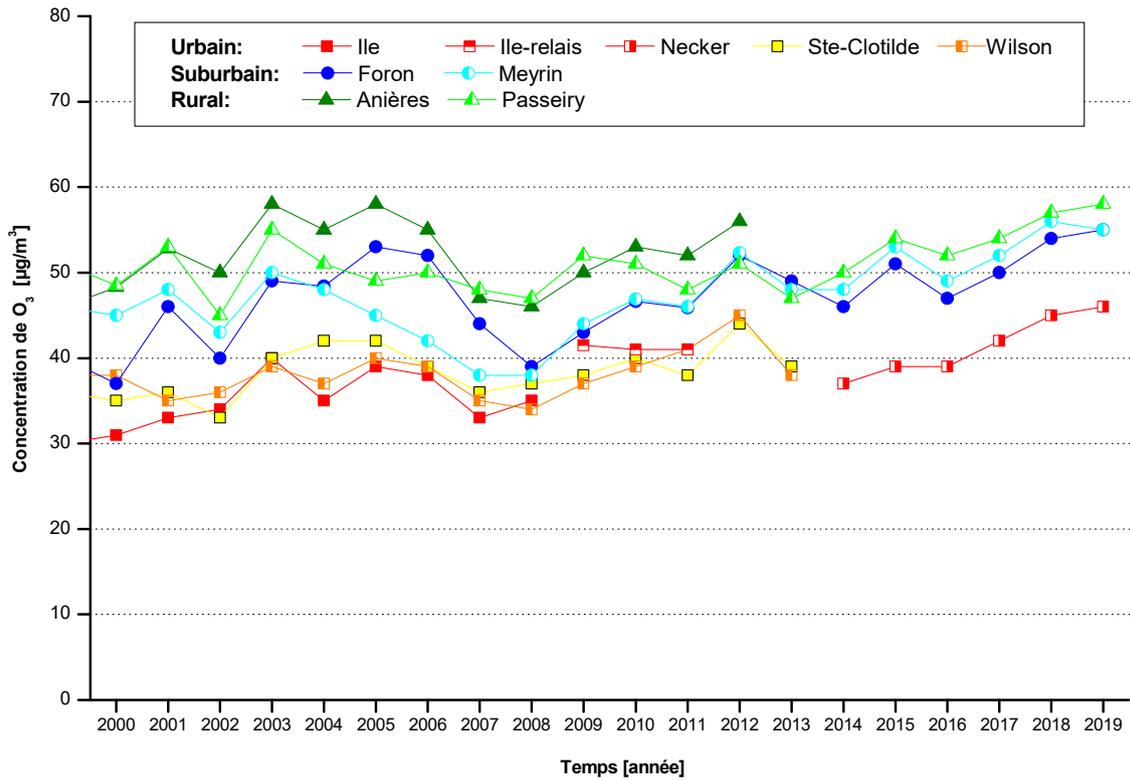


Figure 25. Concentration moyenne annuelle¹⁰ d'O₃

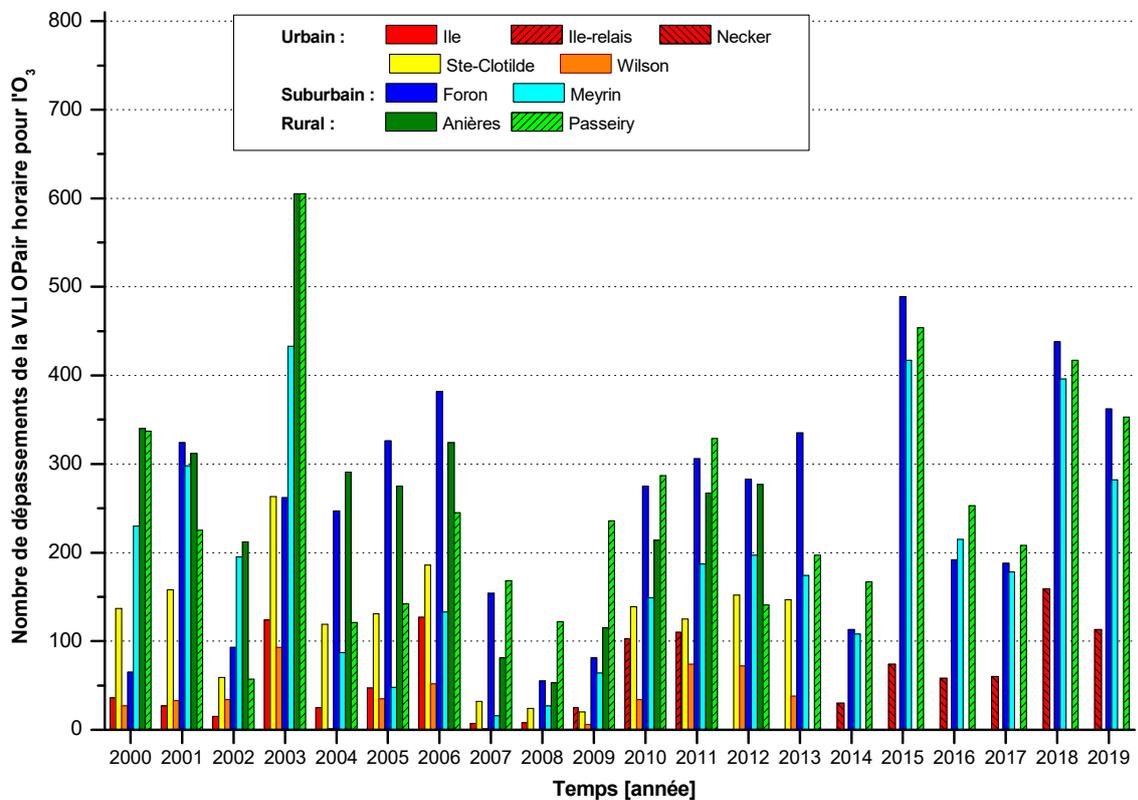


Figure 26. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

¹⁰ L'OPair ne fixe pas de VLI pour ce paramètre.

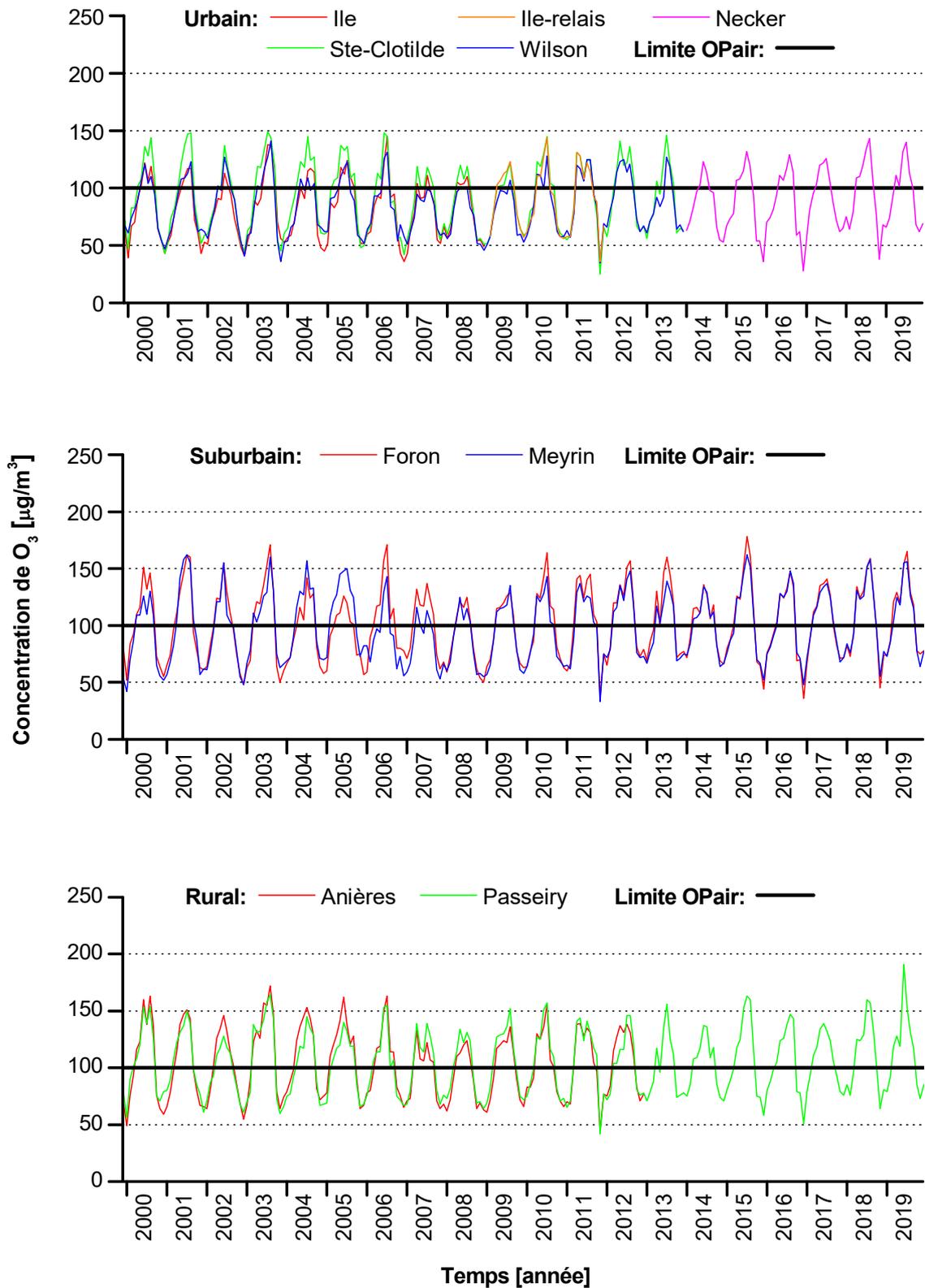


Figure 27. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

Poussières fines

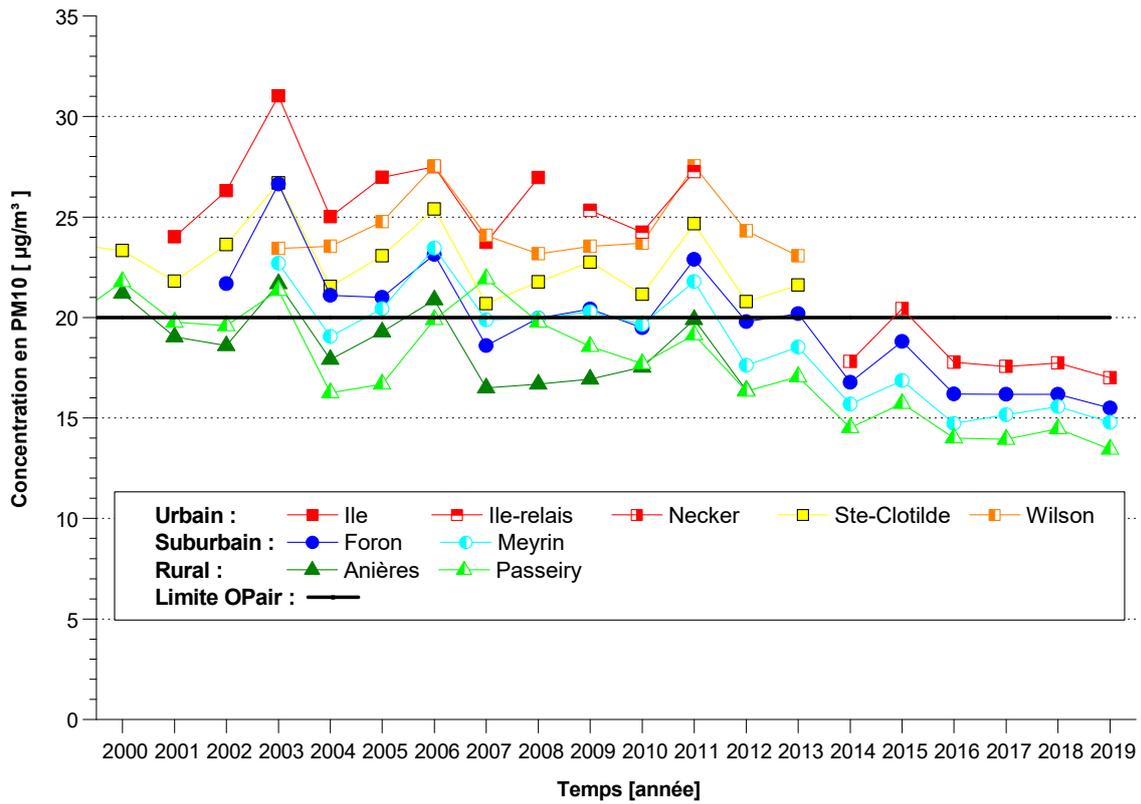


Figure 28. Concentration moyenne annuelle de PM10

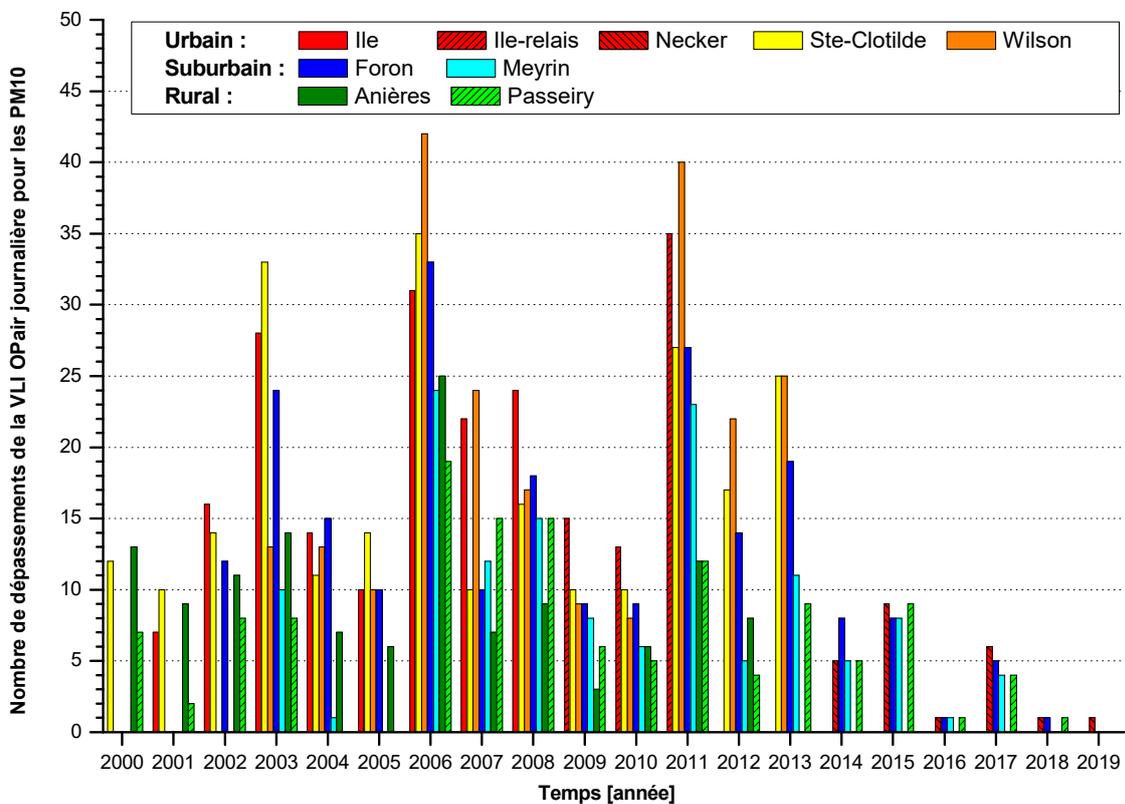


Figure 29. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière pour les PM10

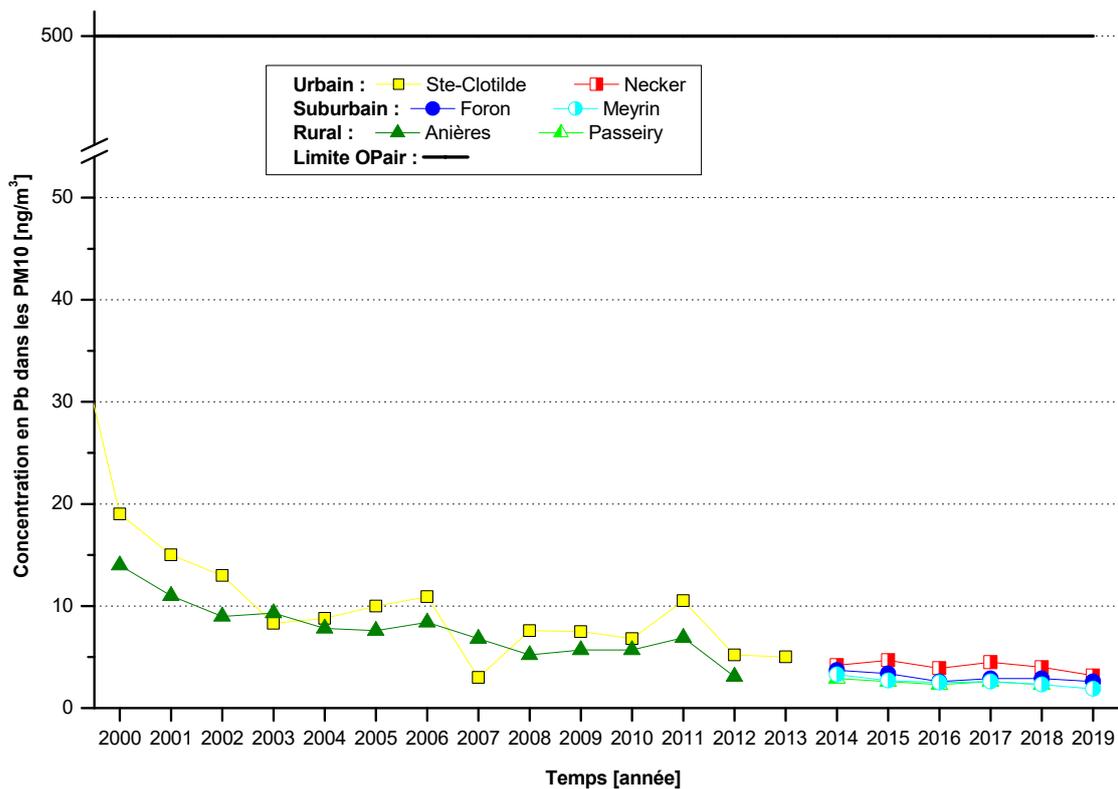


Figure 30. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

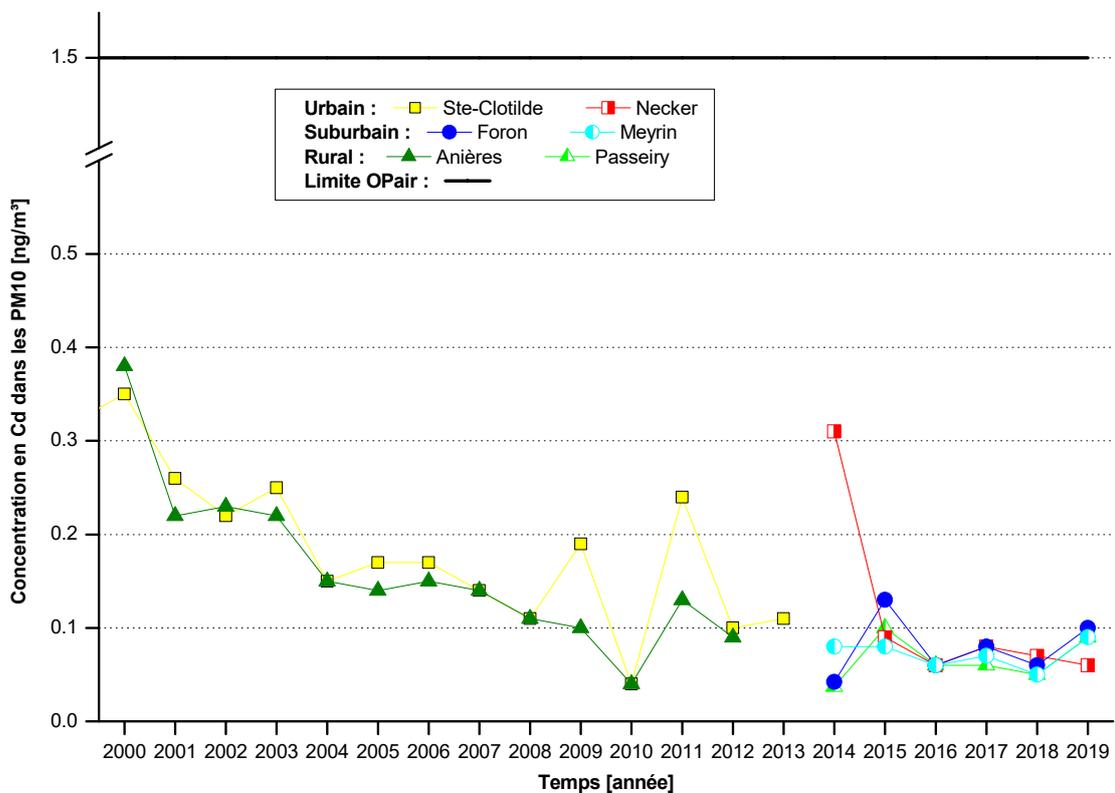


Figure 31. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

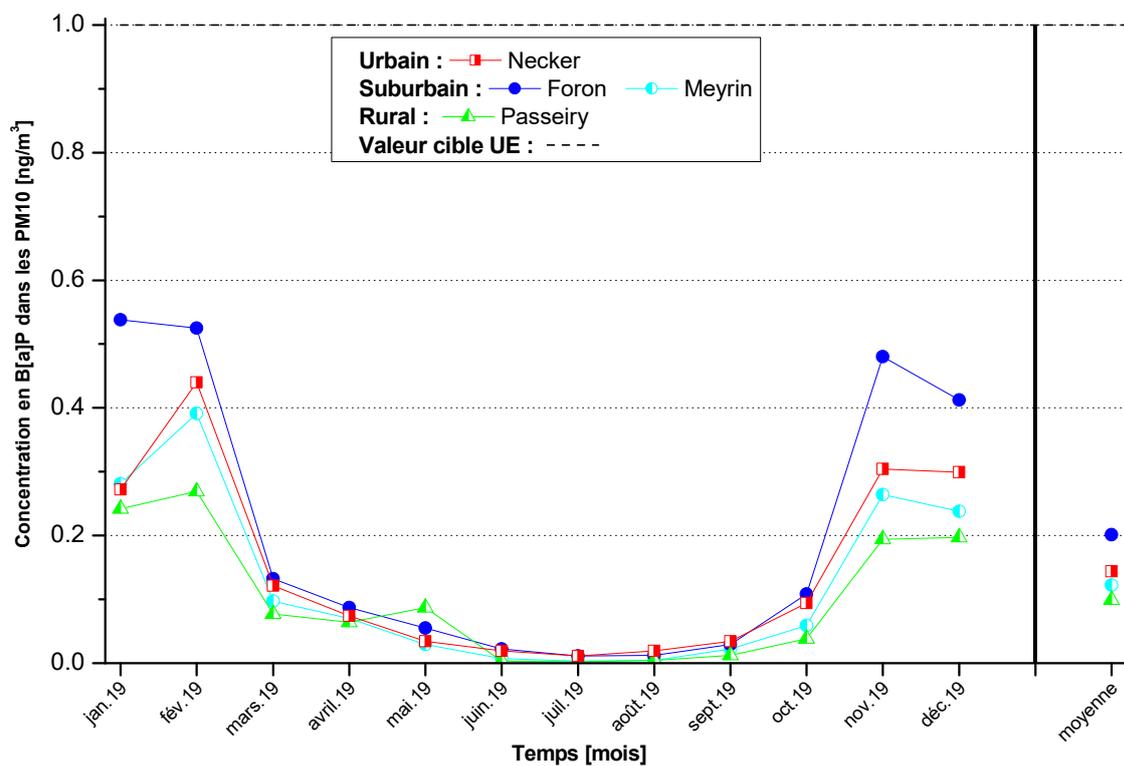


Figure 32. Concentrations moyennes mensuelles et annuelle¹¹ de benzo[a]pyrène dans les PM10

¹¹ L'OPair ne fixe pas de VLI pour ces paramètres.

Dioxyde de soufre

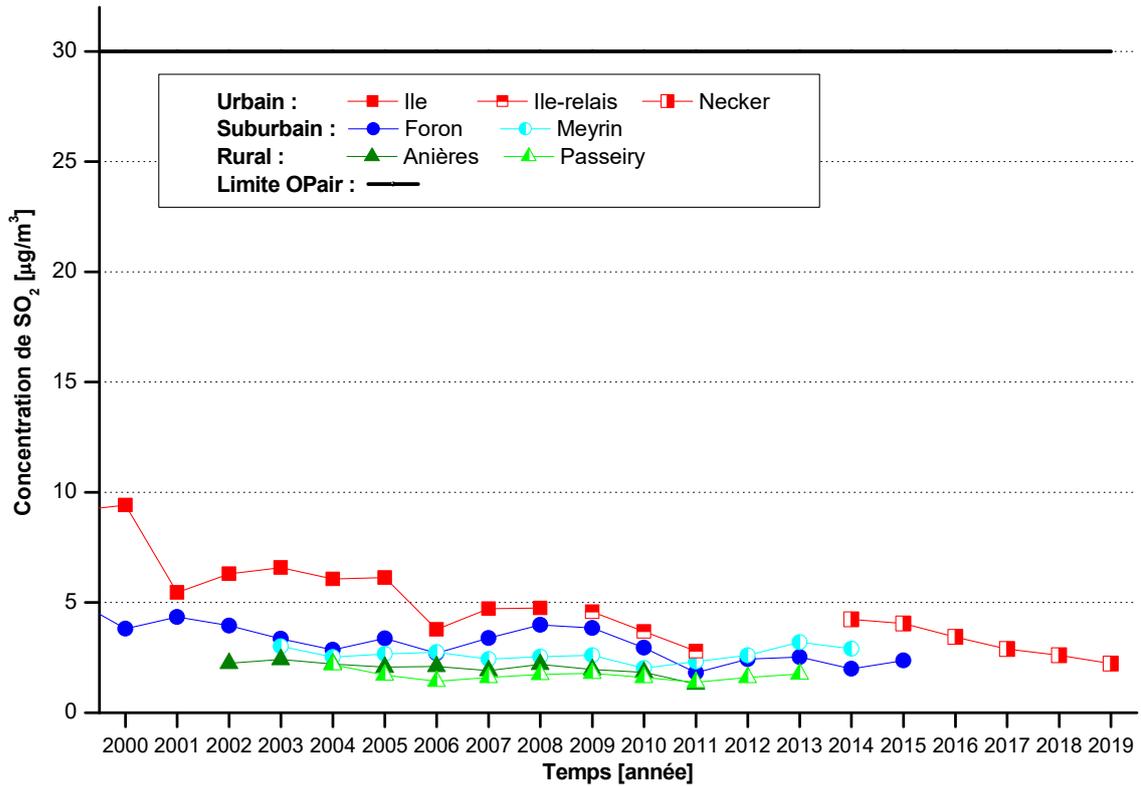


Figure 33. Concentration moyenne annuelle de SO₂

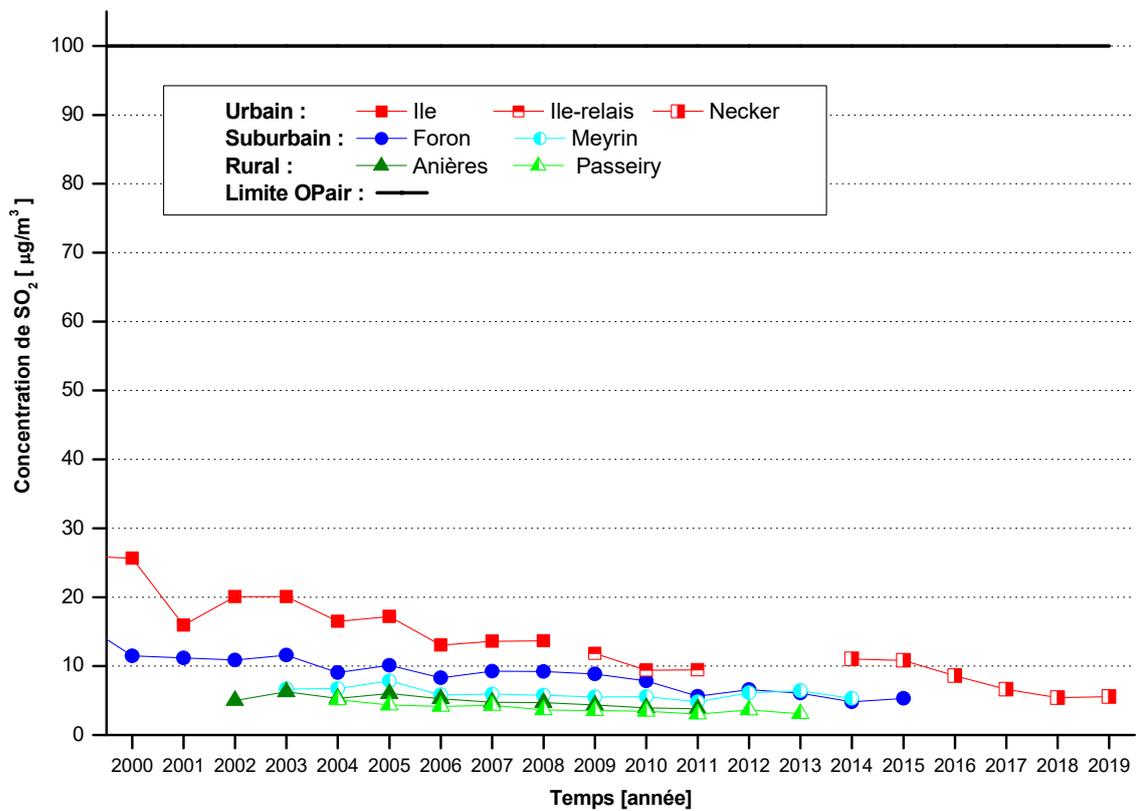


Figure 34. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Monoxyde de carbone

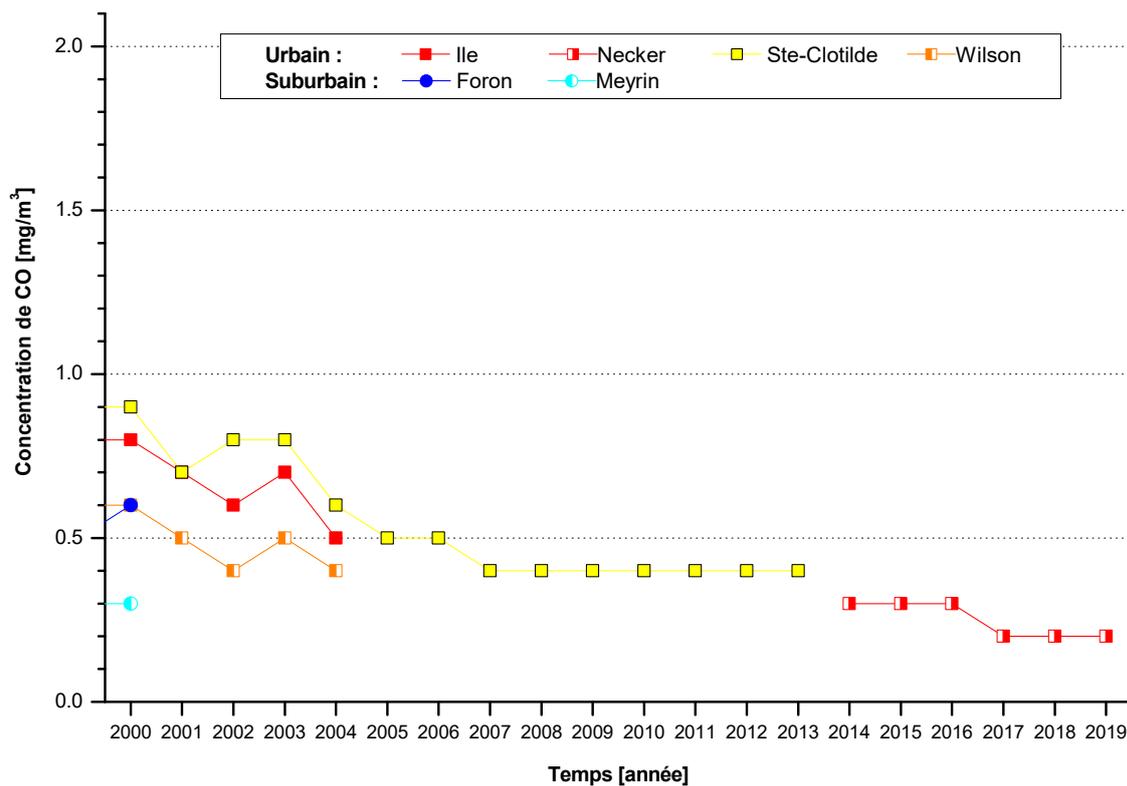


Figure 35. Concentration moyenne annuelle¹² de CO

¹² L'OPair ne fixe pas de VLI pour ce paramètre.

Retombées de poussières

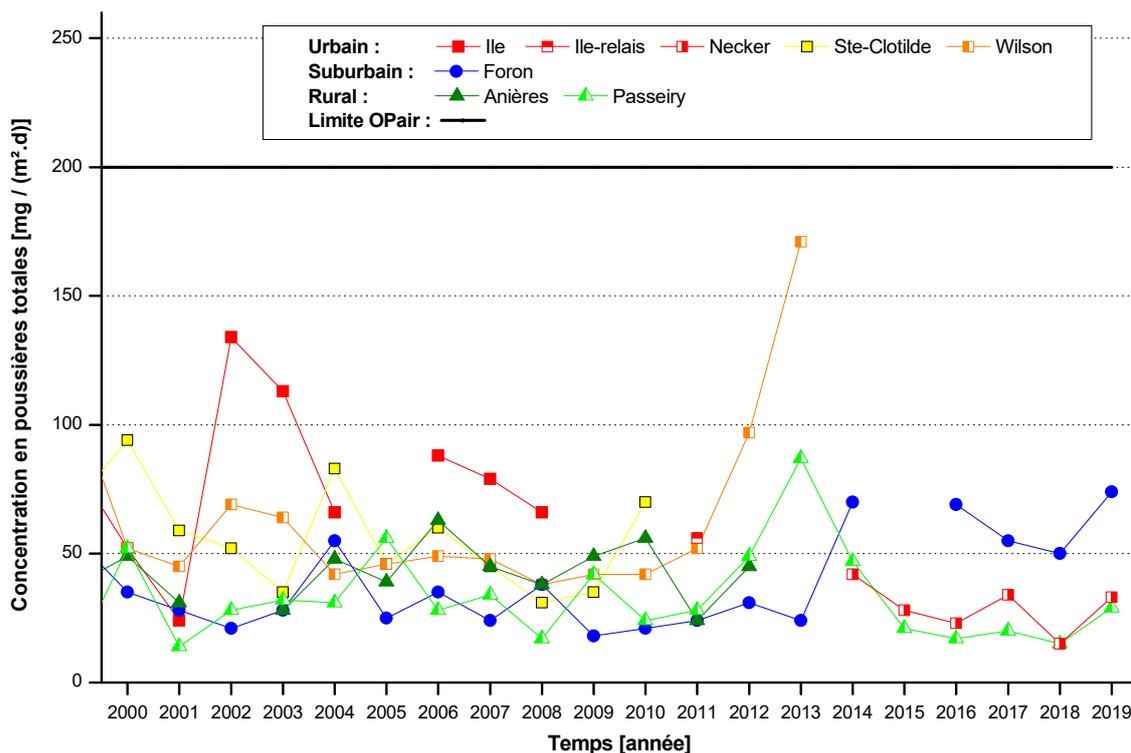


Figure 36. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

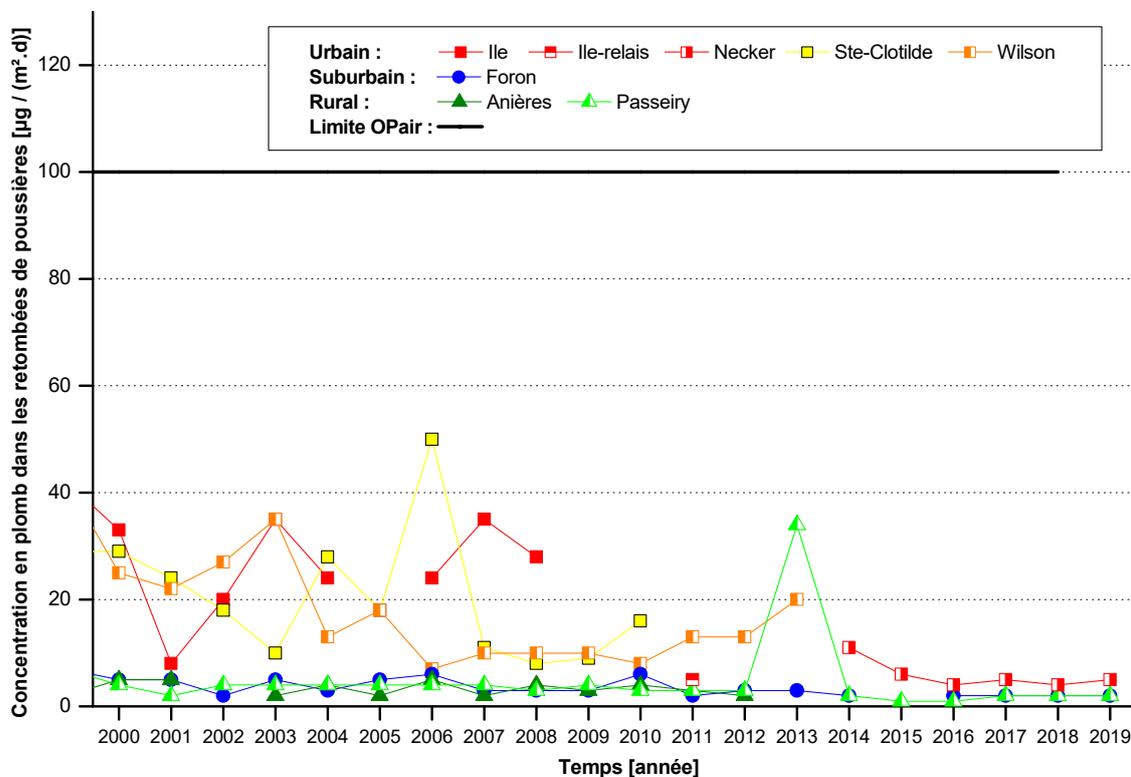


Figure 37. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

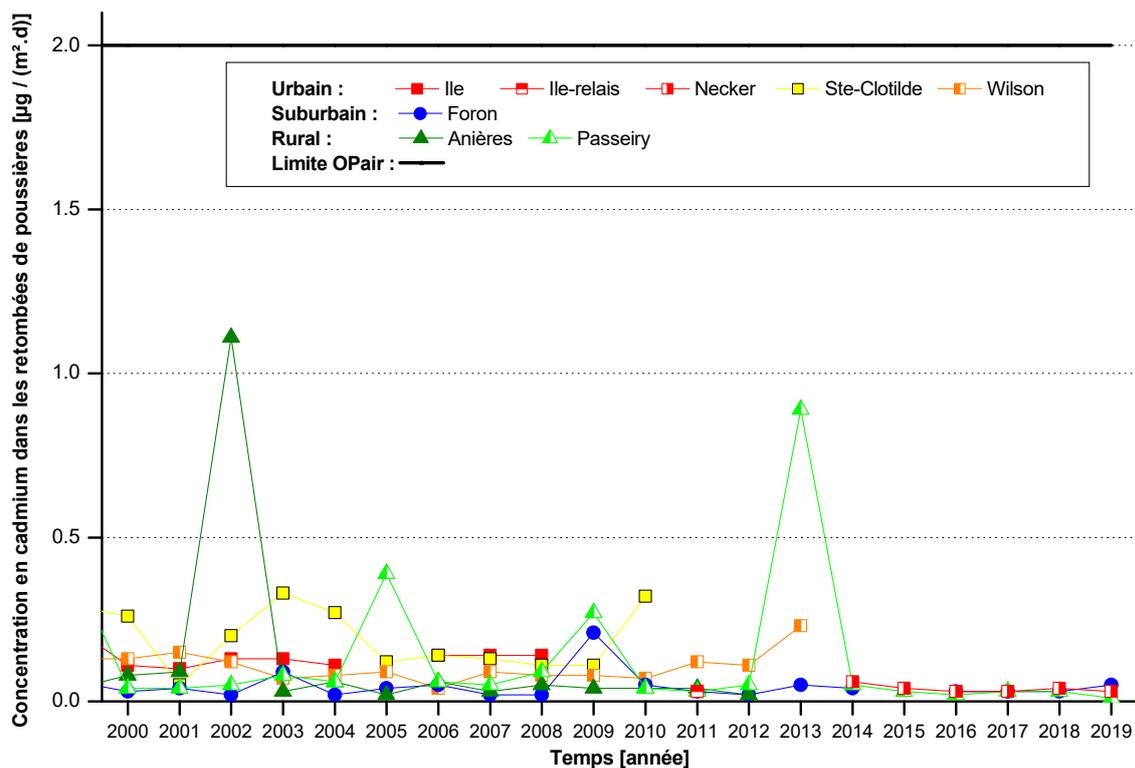


Figure 38. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières

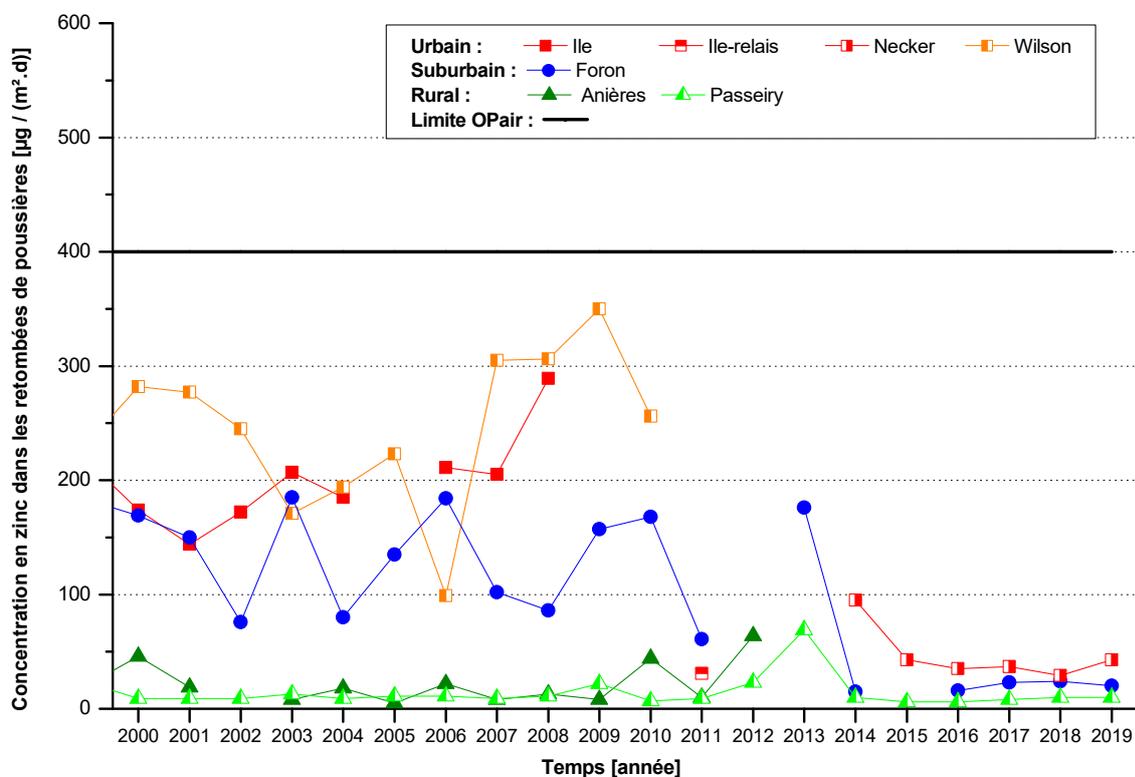


Figure 39. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

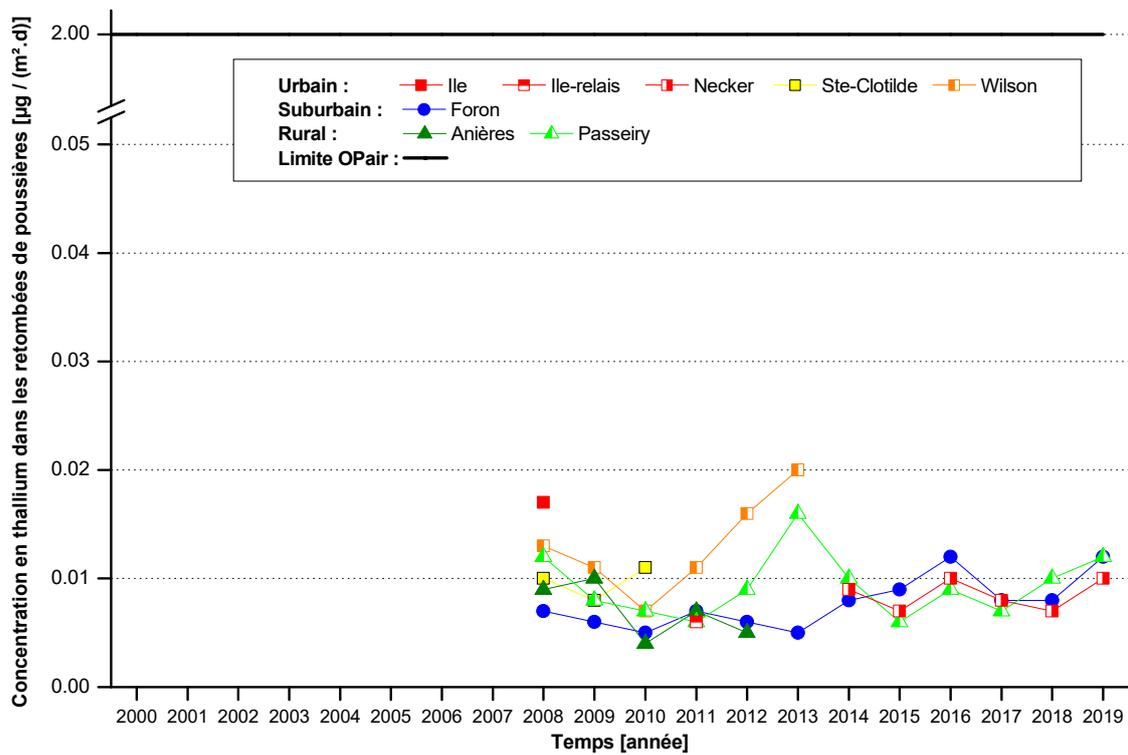


Figure 40. Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

Annexe 4 : généralités sur les différents polluants

Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2), résultent de la décomposition et de la recombinaison, à haute température, de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air. Ils sont issus principalement des processus de combustion (carburants dans les moteurs de voitures et combustibles dans les chaufferies) et d'incinération.

L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs 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_2 . Cette baisse se poursuit mais de manière moins sensible depuis le début des années 2000.

Le NO_2 est un gaz particulièrement oxydant. Des études en laboratoire montrent qu'avec les concentrations rencontrées en atmosphère polluée, les personnes souffrant d'asthme peuvent subir une augmentation des réactions bronchiques ; pour les sujets sains, le seuil se situe beaucoup plus haut. Le NO_2 est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affections cardio-vasculaire et respiratoire.

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

Les NO_x , en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux - comme 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_x) ainsi que des émanations de solvants ou de carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet du soleil. En ce sens, l'ozone est différent des autres polluants car il n'est pas directement émis 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 présent dans la stratosphère 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 µm sont appelées PM10 (par analogie, les PM2.5 sont les poussières dont le diamètre est inférieur à 2.5 µm). Alors que les plus grosses (supérieures à 10 µm) sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures, les particules fines ont un plus fort impact sur la santé humaine : elles peuvent pénétrer dans le système respiratoire, d'autant plus profondément qu'elles sont petites, et ce jusque dans les alvéoles pulmonaires. Certaines d'entre elles sont cancérigènes (les suies de diesel par exemple). Ces particules fines augmentent la sensibilité aux allergènes et plusieurs études les rendent responsables de l'augmentation du nombre des hospitalisations pour raison d'asthme ou de bronchite chronique, ainsi que de la mortalité par défaillance cardio-vasculaire.

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

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

Benzo[a]pyrène

Le benzo[a]pyrène est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP)¹³ classé comme cancérigène certain par le centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Cette molécule, une fois émise dans l'atmosphère lors de procédés de combustion incomplète, se fixe sur les poussières fines.

Étant donné son caractère cancérigène pour l'homme, il n'existe pas de seuil de toxicité. Ainsi, il s'agit d'appliquer le principe d'une exposition la plus faible possible à ce polluant et il n'y a donc pas de valeur limite d'immissions pour le benzo[a]pyrène dans l'OPair. Par ailleurs, la directive 2004/107/CE de l'Union Européenne fixe une valeur cible de 1 ng/m³.

¹³ Voir glossaire dans l'annexe 7.

Dioxyde de soufre

Le SO₂ 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 SO₂.

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

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

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

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

Monoxyde de carbone

Le CO - qui se forme lors de procédés 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-vasculaires¹⁴.

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.

¹⁴ 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 NO₂

Préparation

Les tubes à diffusion en polypropylène (PP) sont préparés et analysés dans le laboratoire du SABRA. Ils sont munis de trois grilles en propyltèx, et de deux bouchons en polyéthylène (PE) afin d'éviter toute contamination due au NO₂ atmosphérique ambiant pouvant survenir en dehors de la période de mesure. 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 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.

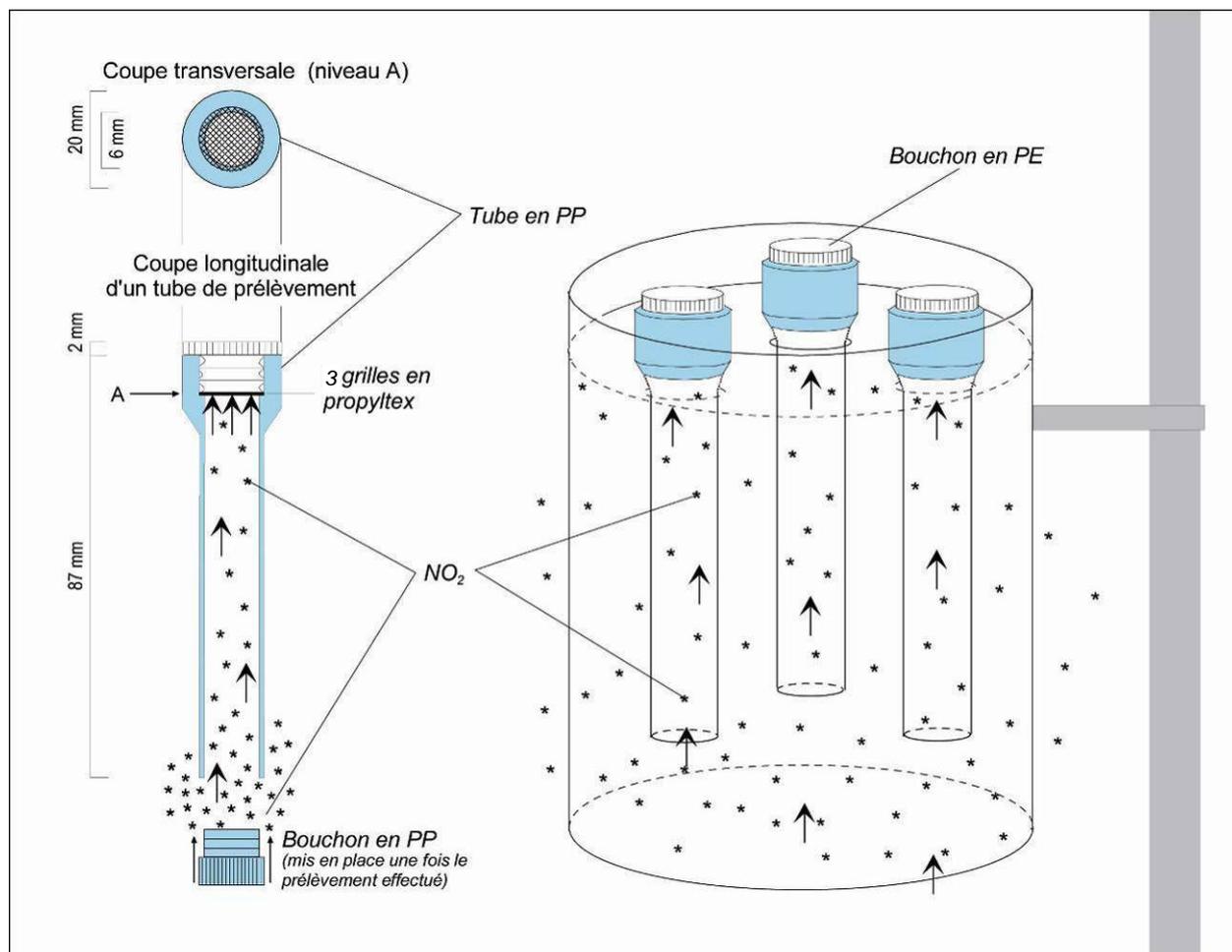


Figure 41. Principe de montage des capteurs passifs de NO₂

Analyse

Chaque tube reçoit 2 ml d'un réactif composé de sulfanilamide et d'acide ortho-phosphorique ainsi que 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 NaNO₂ (nitrite de sodium) sont mesurés pour déterminer une droite d'étalonnage. Ceci permet de garantir 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 <https://air.ge.ch>.

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 :

- Des cartes et des graphiques montrant l'évolution des polluants (ozone, dioxyde d'azote et poussières fines) à court et long terme.
- Les dernières nouvelles relatives à la qualité de l'air.
- Une interface permettant de faire des requêtes pour visualiser et télécharger des données d'immissions.
- Un plan localisant les stations de mesure.
- 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.

Autres sites Internet

Pour tout renseignement complémentaire :

<https://www.ge.ch/info-service-questions-frequentes/contacter-info-service>

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** :

<https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/droit-federal/recueil-systematique.html>

Législation suisse, recueil systématique

<https://www.bafu.admin.ch/fr>

OFEV – Office fédéral de l'environnement

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

OMS – Organisation mondiale de la santé.

<https://www.unenvironment.org/fr>

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

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

<https://www.metas.ch>

METAS – Institut fédéral de métrologie suisse.

<https://www.ademe.fr>

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

<https://www.lcsqa.org/fr>

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

<https://www.ineris.fr/fr>

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

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

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

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

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

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

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

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

<https://www.fr.ch/air>

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

<https://www.jura.ch/air>

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

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

BECO, Economie bernoise, protection contre les immissions.

<https://www.cerclair.ch/fr>

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

<https://feinstaub.ch/fr>

Site Cercl'Air consacré aux poussières fines.

<https://ozon-info.ch/>

Site Cercl'Air consacré à l'ozone.

<http://www.transalpair.eu>

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

<https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr>

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

<https://www.atmo-bfc.org/>

Atmo Bourgogne Franche-Comté.

<http://www.atmo-grandest.eu>

Atmo Grand Est (France).

Applications pour smartphone :

airCheck



Android : <https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.ti.oasi.android.airquality>
iOS : <https://apps.apple.com/ch/app/aircheck/id577766644>

MétéoSuisse



Android : <https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.admin.meteoswiss>
iOS : <https://apps.apple.com/ch/app/meteoswiss/id589772015>

Air2G²



Android : <https://play.google.com/store/apps/details?id=app.air2g2.app>
iOS : <https://apps.apple.com/fr/app/apple-store/id1478246102>

Annexe 7 : glossaire

A

Absorption

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

Absorption β

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

Absorption IR

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

Absorption UV

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement UV produit par une lampe à 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.

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

Benzo[a]pyrène

Cf. HAP.

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_x.

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

L'intensité de ce rayonnement est 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 NO₂, il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur, puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO₂ et le luminol).

Co-krigeage

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

Cette méthode permet de prendre en compte la relation de corrélation spatiale entre les données. La particularité du co-krigeage est qu'en plus de la

variable à interpoler, il utilise l'information supplémentaire fournie par une variable secondaire corrélée avec celle-ci.

Composés organiques volatils (COV)

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

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

Sources principales

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

Effets

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

Composition de l'atmosphère

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

Molécules

Azote (N₂) : 78.1 %

Oxygène (O₂) : 20.9 %

Argon (Ar) : 0.9 %

Dioxyde de carbone (CO₂) : 0.03 %

Et

Vapeur d'eau (H₂O) : hautement variable

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

Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

D

Dioxyde d'azote (NO₂)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Dioxyde de carbone (CO₂)

Il est émis lors de toute combustion.

Sources principales

- Chauffages industriels et domestiques.

- Véhicules à moteur (trafic routier et autres).

Effets

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

Dioxyde de soufre (SO₂)

Synonyme : Anhydride sulfureux.

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

Sources principales

Chauffages industriels et domestiques.

Effets

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

Direction (- horizontale - du vent)

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

En météorologie, on donne toujours la direction d'où vient le vent et 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°.

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

FUV

Acronyme pour « Fluorescence UV ».

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

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

G

Gravimétrie

En chimie, se dit d'une méthode d'analyse par pesée. Cette méthode est utilisée dans la mesure des concentrations des PM10 dans l'air ambiant. 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 m³ d'air extérieur à analyser en 24 h à travers un filtre en fibre de quartz de 15 cm de diamètre.

La différence entre les pesées avant et après l'accumulation permet de recouvrer la concentration. Cette méthode de référence répond à la norme EN 12341.

Microbalance

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

H

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP sont des molécules formées d'atomes de carbone et d'hydrogène émises notamment lors de la combustion incomplète de matière organique. Ils se lient aux poussières fines.

Sources principales

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

Effets

- Peut entraîner des mutations génétiques menant parfois au cancer.
- Problème de reproduction et développement fœtal.

Le benzo[a]pyrène (BaP) fait partie de la famille des HAP. Il est classé comme cancérigène certain.

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.

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.

IPC et IPL

L'IPC est l'indice suisse de pollution à court terme. Il donne une information sur la qualité de l'air actuelle.

L'IPL est l'indice suisse de pollution à long terme. Il est représentatif de l'état de la pollution chronique.

Ces deux indices sont calculés à l'aide des concentrations en dioxyde d'azote (NO₂), particules fines (PM10) et ozone (O₃).

Ces deux indices comportent six niveaux :

Niveau	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^{er} février 1985 et a été renforcée plusieurs fois.

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

M

Métaux lourds

Se dit des éléments chimiques dont la masse spécifique est supérieure à 5'000 kg/m³. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 %, c.à.d. 1'000 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

- Cancérigène.
- 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.

Monoxyde d'azote (NO)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Monoxyde de carbone (CO)

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

Sources principales

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

Effets

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

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

Moyennes

Moyenne semi-horaire

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

Moyenne horaire maximale

La moyenne horaire se calcule à partir de la moyenne des 2 valeurs semi-horaires. La moyenne horaire maximale est donc le chiffre maximum des moyennes obtenues durant la journée.

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 15'768 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 15'768 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^{ère} version date du 16 décembre 1985, et découle de la LPE – Loi sur la protection de l'environnement du 12 octobre 1983.

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis sa création.

Oxydes d'azote (NO_x)

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

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

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



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

Sources principales

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

Effets

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

Oxydes de carbone

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

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

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

Ozone (O₃)

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

- Dans la stratosphère, par un processus photochimique.
- Dans la troposphère, par une transformation photochimique due à la présence de NO_x, COV et CO ou via des intrusions stratosphériques transportant de l'ozone qui s'y est formé (Stratospheric-Tropospheric Exchange, STE).

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

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

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

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

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

60 µg/m³ (± 60 µg/m³) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1'000 km).

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

Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis directement par une source particulière. L'ozone proche du sol est un polluant secondaire qui se forme par réaction chimique dans la troposphère à partir d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils sous l'action de la lumière du soleil.

Sources principales

- Trafic.
- Industrie et artisanat.

Effets

- 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 = 100'000 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 : éclairage 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) : éclairage énergétique solaire reçu par une surface horizontale à partir d'un angle solide de 2π sr.

Répartition des stations du ROPAG sur le canton

Milieu urbain

Zone comprenant 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 (μg) est 1'000 fois plus petit que le milligramme (mg).

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

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

Les résultats peuvent aussi être exprimés en :

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

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

V

Valeurs limites d'immersion (VLI)

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

VLI à court terme

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

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

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

VLI à long terme

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

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

Elles ne doivent pas être dépassées.

Vent

C'est un déplacement de l'air.

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

Z

Zinc

Cf. *Métaux lourds*.

Pour obtenir des informations complémentaires :



Info-Service

4, chemin de la Gravière
1227 Les Acacias

Tél. 022 546 76 00
info-service-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

Document disponible en pdf sur Internet : <https://air.ge.ch>