

# Qualité de l'air

## 2021



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

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

# Qualité de l'air 2021



SERVICE DE L'AIR, DU BRUIT ET DES  
RAYONNEMENTS NON IONISANTS  
mai 2022

# Sommaire

<b>L'essentiel en bref</b>	<b>2</b>
<b>1. La mesure de la qualité de l'air à Genève</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation des stations du ROPAG	4
<b>2. Récapitulatifs de l'année 2021</b>	<b>5</b>
2.1 Tableau résumé des mesures	5
2.2 Variation journalière de l'IPC	6
<b>3. Evolution de la qualité de l'air</b>	<b>7</b>
3.1 Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	7
3.2 Ozone (O <sub>3</sub> )	9
3.3 Poussières fines (PM10 et PM 2.5)	11
3.4 Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	14
3.5 Monoxyde de carbone (CO)	15
3.6 Retombées de poussières	16
<b>4. Capteurs passifs : Mesure de NO<sub>2</sub></b>	<b>19</b>
4.1 Introduction	19
4.2 Méthodologie	19
4.3 Emplacements – Valeurs 2021	20
4.4 Cartographie	22
<b>Annexes</b>	<b>25</b>
Annexe 1. Mesure des immissions	26
Annexe 2. Stations fixes du ROPAG	28
Annexe 3. Résultats détaillés des mesures par station	33
Annexe 4. Stations mobiles	45
Annexe 5. Station Eole	46
Annexe 6. Météorologie et qualité de l'air	49
Annexe 7. Généralités sur les différents polluants	55
Annexe 8. Information sur la qualité de l'air	58
Annexe 9. Glossaire	61

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

# L'essentiel en bref

Le présent document fournit une synthèse des mesures effectuées dans le canton de Genève en 2021 par le réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) ainsi que l'évolution de la situation durant les dernières années.

Ce rapport montre notamment que la qualité de l'air mesurée pour l'année 2021 s'inscrit toujours dans l'évolution positive observée ces dernières années.

L'ensemble des exigences légales ne sont toutefois pas encore totalement satisfaites, en particulier pour les particules fines et l'ozone.

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

Les concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées poursuivent leur diminution sur l'ensemble du territoire. En effet, en 2021, pour la première fois depuis que le ROPAG mesure ce polluant, la valeur limite d'immission (VLI) annuelle de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) est respectée dans toutes les stations de mesures et à tous les emplacements des capteurs passifs. De plus, les valeurs mesurées sont largement en dessous de la valeur limite annuelle pour les milieux suburbain et rural. Comme c'est le cas depuis plusieurs années, la VLI OPair journalière est respectée sur tout le canton.

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

Comme toutes les années précédentes, des concentrations excessives d'O<sub>3</sub> ont été mesurées sur l'ensemble du canton en 2021, les plus faibles valeurs ayant été enregistrées en milieu urbain. Les dépassements de la VLI OPair horaire ont été mesurés entre mars et septembre. Le nombre de dépassements comptabilisés en 2021 est toutefois nettement inférieur à celui des dernières années. Cette baisse peut en partie être expliquée par des conditions météorologiques estivales peu propices à la création de ce polluant.

## ***Poussières fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>)***

L'année 2021 confirme la baisse des concentrations en PM<sub>10</sub> observées ces dernières années. La VLI OPair annuelle est respectée à tous les emplacements des stations de mesure fixes du ROPAG pour la sixième année consécutive. De plus, les moyennes annuelles ont été proches de celles mesurées entre 2018 et 2020, qui étaient parmi les niveaux enregistrés les plus faibles depuis le début des mesures en 1998. Cependant, des épisodes marqués de sable d'origine désertique ont été à l'origine des dépassements très ponctuels de la VLI OPair journalière pour l'ensemble du territoire. Le critère de trois dépassements autorisés par an et par station n'est donc pas respecté pour les milieux urbain et suburbain.

Par ailleurs, comme c'est le cas depuis de nombreuses années, les concentrations de métaux lourds – plomb et cadmium – dans les PM<sub>10</sub> respectent largement les VLI OPair annuelles.

Mesurées depuis peu (2020) dans toutes les stations de mesures, les concentrations en PM<sub>2.5</sub> respectent la VLI OPair annuelle pour les milieux suburbain et rural, mais la dépassent légèrement en milieu urbain.

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

Les concentrations de SO<sub>2</sub>, de CO, du total des retombées de poussières ainsi que des métaux lourds (plomb, cadmium, zinc et thallium) dans les retombées de poussières respectent les VLI OPair qui leurs sont associées sur tous les sites de mesure et ceci, depuis de nombreuses années.

# 1. La mesure de la qualité de l'air à Genève

## 1.1 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) en 1990 et la seconde édition actualisée date de 2021.

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 bientôt cinquante ans, a pour missions d'analyser la qualité de l'air, d'en suivre l'évolution et d'informer la population.

Afin de faciliter la lisibilité et l'interprétation des résultats, un caractère uniforme a été donné aux représentations des mesures des polluants atmosphériques, ainsi que l'indication systématique des VLI pour permettre d'effectuer les comparaisons avec celles-ci. La pollution à court terme (aiguë, objectivée par exemple grâce aux moyennes horaires ou journalières), mais aussi celle à long terme (chronique, avec par exemple les moyennes annuelles), sont exposées.

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'air<sup>1</sup>, selon les articles 31 à 34 de l'OPair et avec pour objectif de respecter les valeurs légales.

---

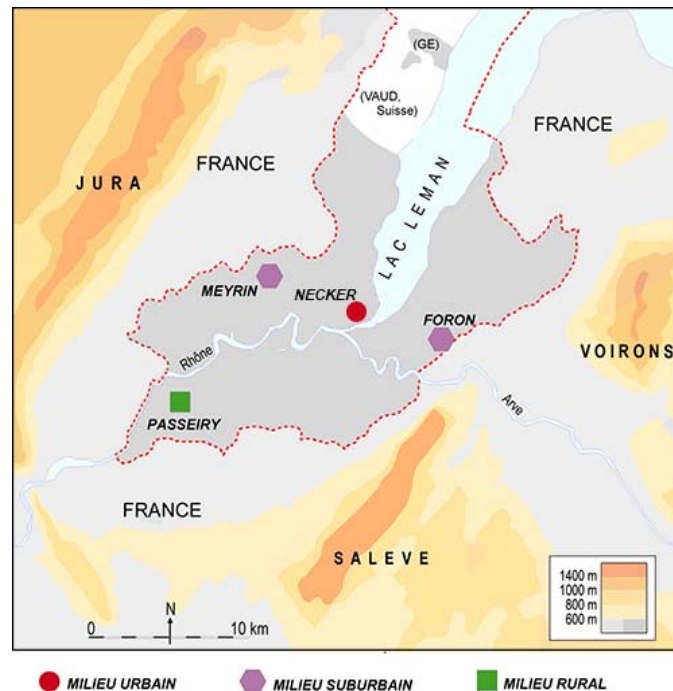
<sup>1</sup> Plan de mesures OPair 2018-2023, disponible sur <https://www.ge.ch/document/air-plan-mesures-opair-2018-2023-precedents-assainissement-qualite-air>

## 1.2 Présentation des stations du ROPAG

En 2021, quatre stations de mesure fixes étaient en activité. Des informations complémentaires à celles fournies ci-dessous sont données dans l'annexe 2.

Les emplacements de ces 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. Milieu urbain - centre-ville

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.

### 2. Milieu suburbain - périphérie

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.

### 3. Milieu rural - campagne

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.

Afin d'apporter des informations complémentaires au suivi de la qualité de l'air dans des conditions locales particulières et pour des durées limitées, deux stations de mesure mobiles ont été mises en service à Genève à partir de 2021. Elles sont décrites dans l'Annexe 4.

## 2. Récapitulatifs de l'année 2021

### 2.1 Tableau résumé des mesures

Substance	Paramètre	Unité	Stations de mesure				Valeur Limite d'Immission OPair	
			Urbaine	Suburbaines		Rurale		
			Necker	Foron	Meyrin	Passeiry		
NO <sub>2</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	29.4	15.1	13.1	8.5	30 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	58.5	41.0	34.8	25.2	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Nb>80 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	0	0	0	0	80 µg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	43.5	50.6	51.6	50.9	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 98	Janv.	µg/m <sup>3</sup>	69	77	76		78
		Fév.	µg/m <sup>3</sup>	65	78	76		80
		Mar.	µg/m <sup>3</sup>	86	104	99		100
		Avr.	µg/m <sup>3</sup>	105	125	124		121
		Mai	µg/m <sup>3</sup>	97	110	108		106
		Juin	µg/m <sup>3</sup>	118	129	130		135
		Juil.	µg/m <sup>3</sup>	121	131	134		131
		Août	µg/m <sup>3</sup>	105	126	129		115
		Sept.	µg/m <sup>3</sup>	107	120	117		123
		Oct.	µg/m <sup>3</sup>	81	84	83		87
		Nov.	µg/m <sup>3</sup>	53	64	62		69
Déc.	µg/m <sup>3</sup>	63	71	69	74			
Nb>120 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	37	144	128	119	120 µg/m <sup>3</sup>		
PM 10	Total	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	15.8	14.5	13.8	13.4	20 µg/m <sup>3</sup>
		Nb>50 µg/m <sup>3</sup> (3 Dép/an)	nb	4	4	3	3	50 µg/m <sup>3</sup>
	Pb	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	4.5	1.9	2.1	1.8	500 ng/m <sup>3</sup>
	Cd	Moy. ann.	ng/ m <sup>3</sup>	0.03	0.10	0.04	0.05	1.5 ng/m <sup>3</sup>
PM 2.5	Moy. ann.	µg/ m <sup>3</sup>	10.5	9.5	8.7	8.5	10 µg/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	1.5	-	-	-	30 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	3.7	-	-	-	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Nb>100 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	100 µg/m <sup>3</sup>	
CO	Moy. ann.	mg/m <sup>3</sup>	0.3	-	-	-		
	Nb>8 mg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	8 mg/m <sup>3</sup>	
Pouss.	Total	Moy. ann.	mg/(m <sup>2</sup> •j)	37	43	-	28	200 mg/(m <sup>2</sup> •d)
	Pb	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •j)	4	2	-	1	100 µg/(m <sup>2</sup> •d)
	Cd	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •j)	0.06	0.03	-	0.02	2 µg/(m <sup>2</sup> •d)
	Zn	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •j)	39	16	-	8	400 µg/(m <sup>2</sup> •d)
	Tl	Moy. ann.	µg/(m <sup>2</sup> •j)	0.015	0.012	-	0.008	2 µg/(m <sup>2</sup> •d)
NO <sub>2</sub> , PM10, O <sub>3</sub>		IPL		3	2	2	2	

Tableau 1. Résultats des mesures réalisées en 2021

#### Légendes et abréviations :

 : Dépassement de la VLI OPair.

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<sup>h</sup> : Nombre de moyennes horaires.

Nb<sup>j</sup> : Nombre de moyennes journalières.

j : Jour.

Pouss. : Retombées de poussières.

IPL : Indice de Pollution à Long terme (cf. glossaire).

## 2.2 Variation journalière de l'IPC

L'indice suisse de pollution de l'air à court terme (IPC)<sup>2</sup> est un indicateur journalier déterminé à partir des concentrations de trois polluants : O<sub>3</sub>, PM10 et NO<sub>2</sub>. 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

Figure 2. Indice de pollution de l'air à court terme

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 2021 et selon le milieu considéré. L'année 2021 présente 327 jours de pollution de l'air avec une charge polluante "faible" à "modérée" et 38 jours "significative" à "marquée"<sup>3</sup>. Aucun jour n'a atteint une charge polluante "élevée" cette année.

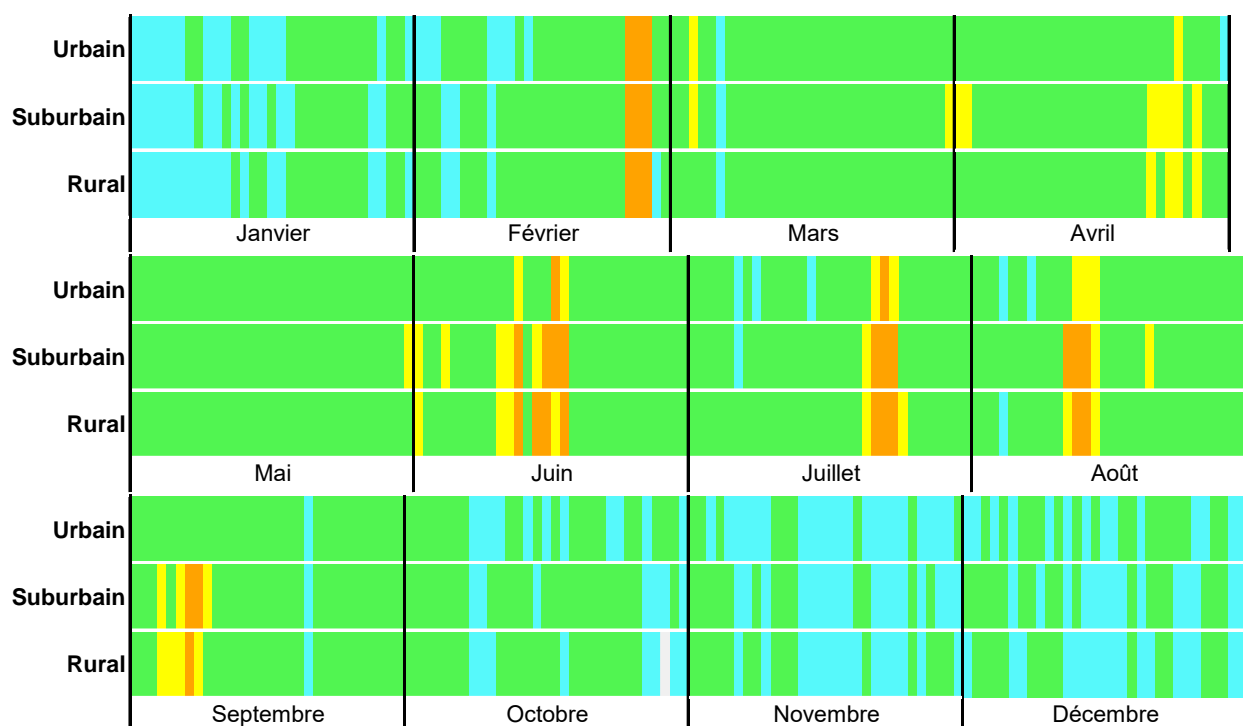


Figure 3. Variations journalières de l'IPC par milieu en 2021

<sup>2</sup> La méthode de calcul de cet indice est disponible dans la recommandation 27a de Cercl'Air sur son site Internet : <https://cerclair.ch/fr/empfehlungen>

<sup>3</sup> Pour chaque jour, l'indice le plus défavorable des trois milieux est pris en compte.

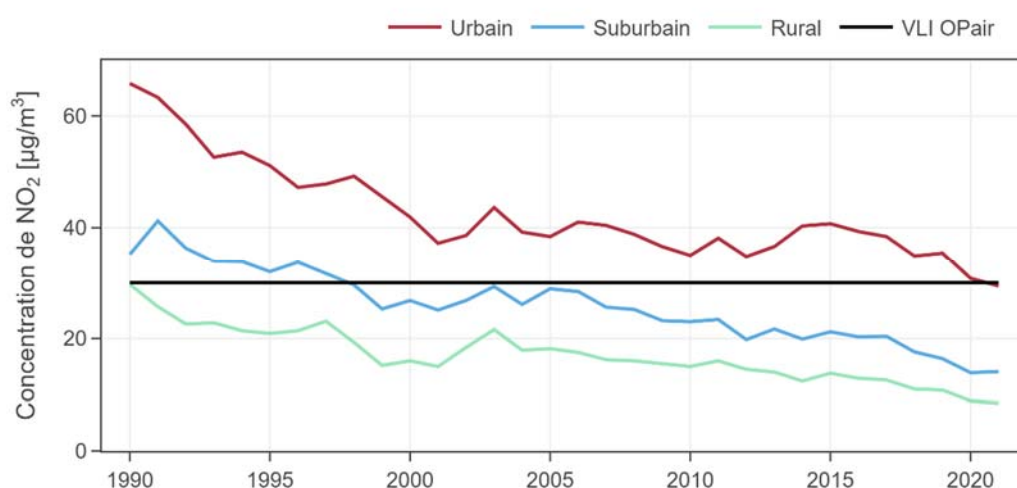


## 3. Evolution de la qualité de l'air

Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations des polluants atmosphériques mesurées par le ROPAG durant les 21 dernières années. Par ailleurs :

- L'Annexe 2 donne des informations sur les stations de mesure fixes et les périodes de mesurage.
- L'Annexe 3 détaille les résultats de chacun des polluants pour chaque station.
- L'Annexe 4 décrit les stations mobiles situées sur le canton.
- L'Annexe 5 présente la station Eole de l'aéroport de Genève.
- L'Annexe 6 donne un aperçu de la météorologie pour l'année 2021 et de son lien avec la pollution de l'air.
- L'Annexe 7 fournit des informations détaillées sur les polluants (origines, effets, ...).

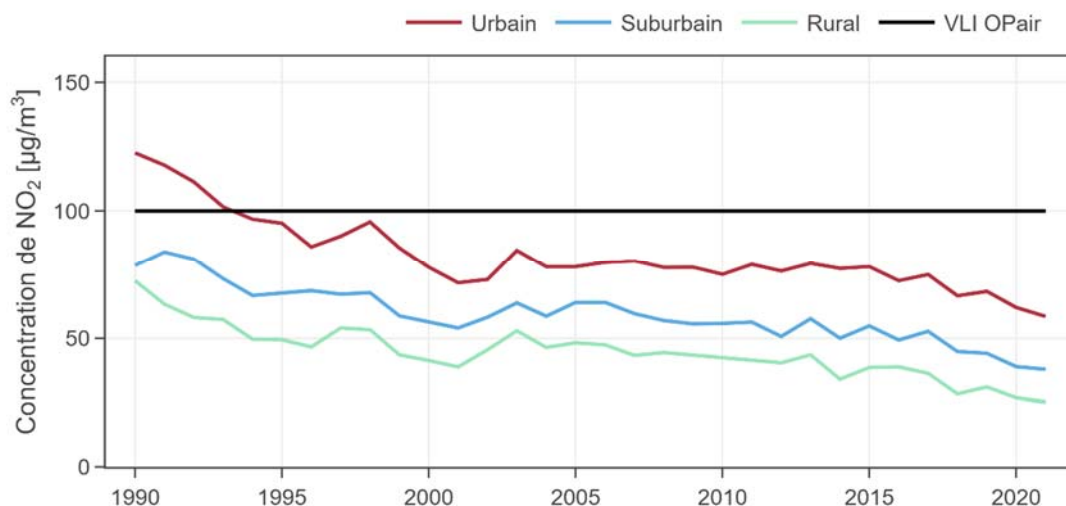
### 3.1 Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)



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

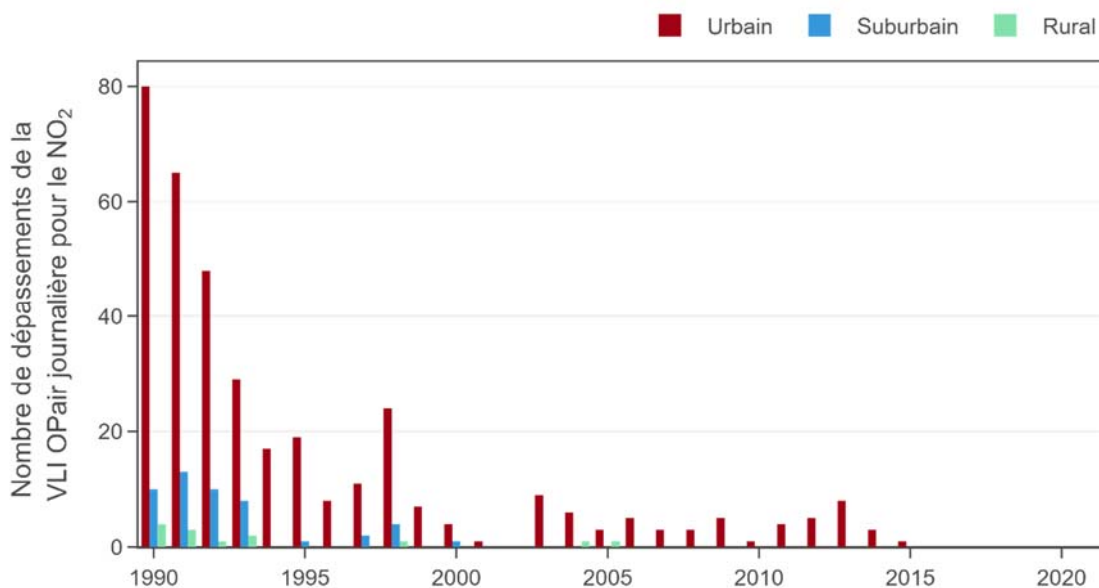
En 2021, la VLI OPair pour la moyenne annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>) est respectée à toutes les stations, et pour la première fois dans le milieu urbain. En milieux suburbain et rural, les moyennes annuelles se situent depuis longtemps en dessous de la VLI OPair. La baisse de la concentration de dioxyde d'azote se poursuit régulièrement pour toutes les stations. Cette tendance à la baisse est due à la diminution des sources polluantes, notamment lié à l'assainissement des chauffages et à l'évolution technologique des véhicules. La poursuite des mesures prises afin de limiter la propagation de la pandémie a aussi eu des impacts directs et indirects sur les sources d'émissions de NO<sub>x</sub>, en particulier celles issues du trafic routier et aérien.

De plus, les mesures effectuées au moyen de capteurs passifs confirment une diminution importante de la concentration de fond de ce polluant par rapport aux moyennes des dernières années (voir cartographie du chapitre 4).



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

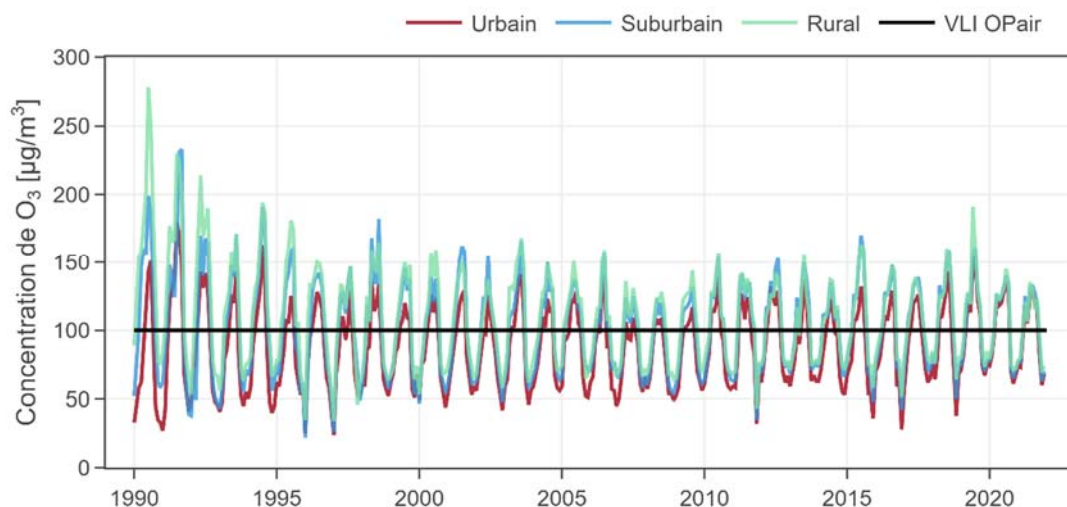
Les percentiles 95 (P95) se situent tous en dessous de la VLI OPair annuelle (100 µg/m<sup>3</sup>) depuis de nombreuses années sur tout le canton et continuent de suivre la tendance à la baisse dans tous les milieux.



**Figure 6.** Nombre de dépassement de la VIL OPair journalière pour le NO<sub>2</sub>

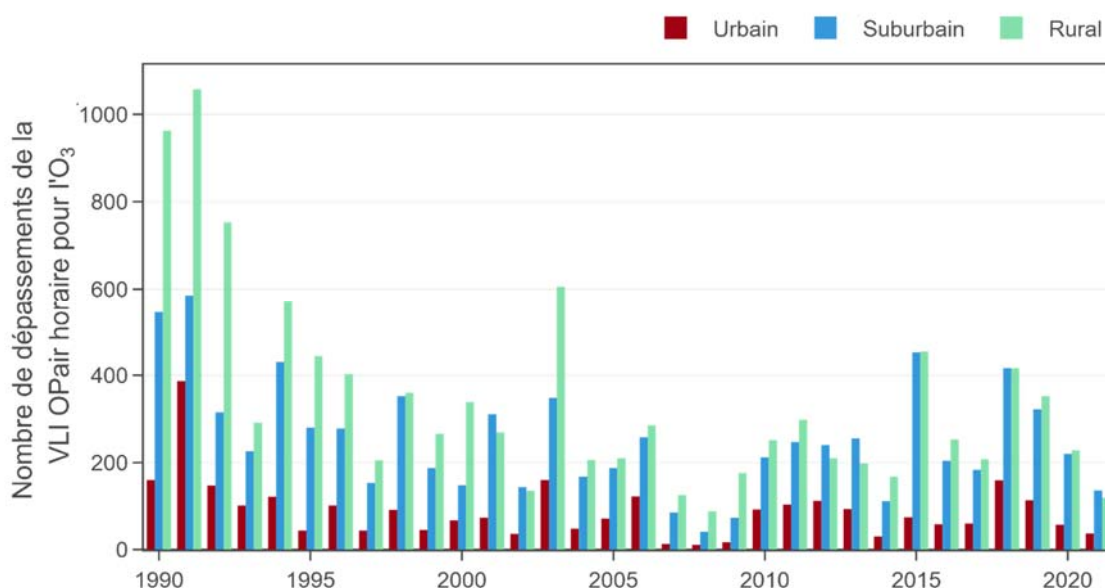
En 2021, la VLI OPair journalière pour le NO<sub>2</sub> (80 µg/m<sup>3</sup>) a été respectée toute l'année à toutes les stations. Le critère d'un dépassement autorisé par an est satisfait pour la septième année consécutive. La moyenne journalière la plus élevée a atteint 68 µg/m<sup>3</sup> à la station de Necker le 20 janvier 2021.

## 3.2 Ozone (O<sub>3</sub>)



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

En 2021, les percentiles 98 (P98) ont dépassé la VLI OPair mensuelle (100 µg/m<sup>3</sup>) entre les mois de mars et septembre. Pendant cette période, la concentration d'ozone a augmenté progressivement pour atteindre un P98 maximum de 135 µg/m<sup>3</sup> au mois de juin à la station de Passeiry.



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

En 2021, les premiers dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m<sup>3</sup>) ont été enregistrés, dans l'ensemble des stations, durant un mois d'avril particulièrement ensoleillé. Ces dépassements ont perduré jusqu'au mois de septembre, mois qui a été cette année pauvre en précipitations et avec un ensoleillement dans la norme.

Les dépassements observés ont été relativement moins nombreux qu'au cours des deux dernières années et se situent dans la moyenne des deux dernières décennies. Cette amélioration est en partie imputable aux conditions météorologiques peu propices à la formation de ce polluant. En effet, mis à part le mois de juin, les mois de juillet et d'août ont été nettement plus froids, avec peu de journées tropicales. L'ensoleillement légèrement inférieur à la norme a donc limité la production d'ozone.

La concentration horaire maximale de  $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été enregistrée le 23 juillet à la station de Meyrin, à l'occasion d'une courte période chaude et ensoleillée.

### 3.3 Poussières fines (PM10 et PM 2.5)

#### PM10

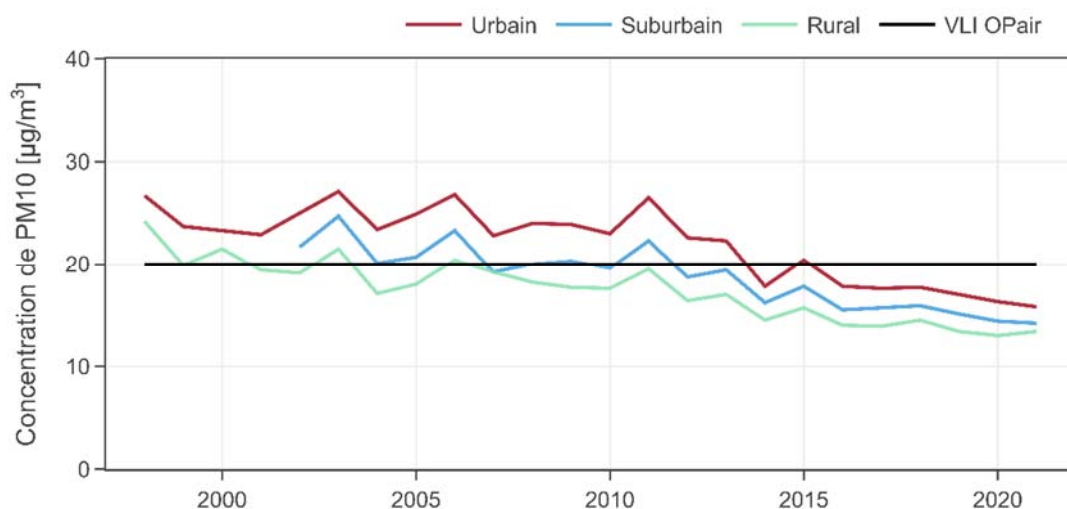


Figure 9. Concentration moyenne annuelle de PM10

En 2021, les moyennes annuelles de PM10 poursuivent leur tendance à la baisse observée ces dernières années et sont restées inférieures à la VLI OPair annuelle ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans tous les milieux pour la sixième année consécutive. Les concentrations sont en légère baisse par rapport aux années précédentes et parmi les plus faibles observées depuis le début des mesures en 1998. Les concentrations moyennes annuelles les plus basses sont mesurées en milieu rural.

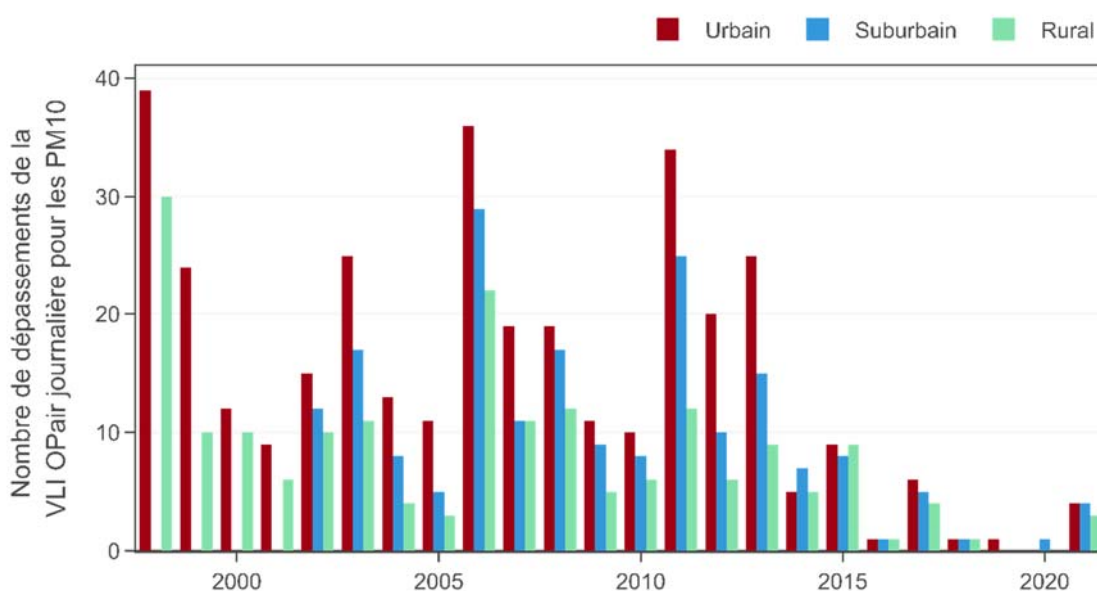
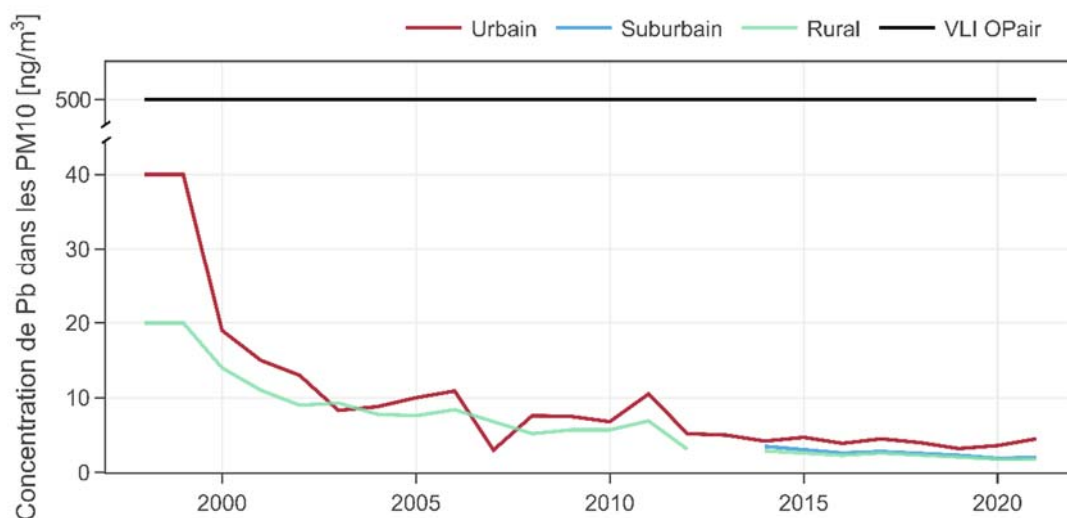


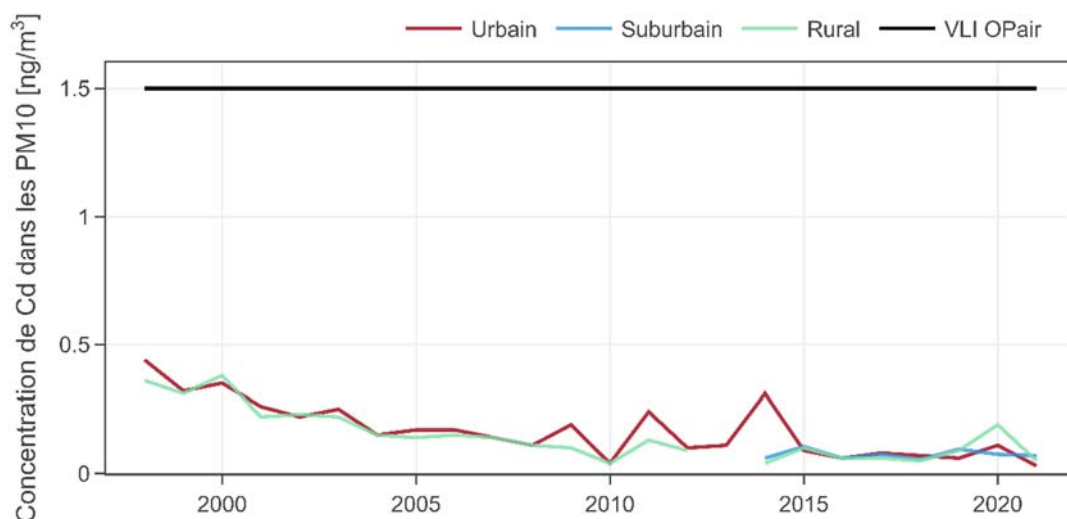
Figure 10. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

En 2021, la VLI OPair journalière ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée quatre fois dans le milieu urbain, quatre fois dans le milieu suburbain et trois fois en milieu rural. Ces journées de dépassements ont eu lieu entre le 24 février et le 3 mars lors d'une période caractérisée par de forts épisodes de sable saharien qui ont importé des quantités élevées de particules fines désertiques. La valeur la plus élevée a été mesurée à la station de Necker avec  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 25 février 2021. Le critère prévu par la loi de trois

dépassements tolérés par an n'est ainsi pas respecté pour les stations de Necker et de Foron compte tenu des effets du sable saharien.



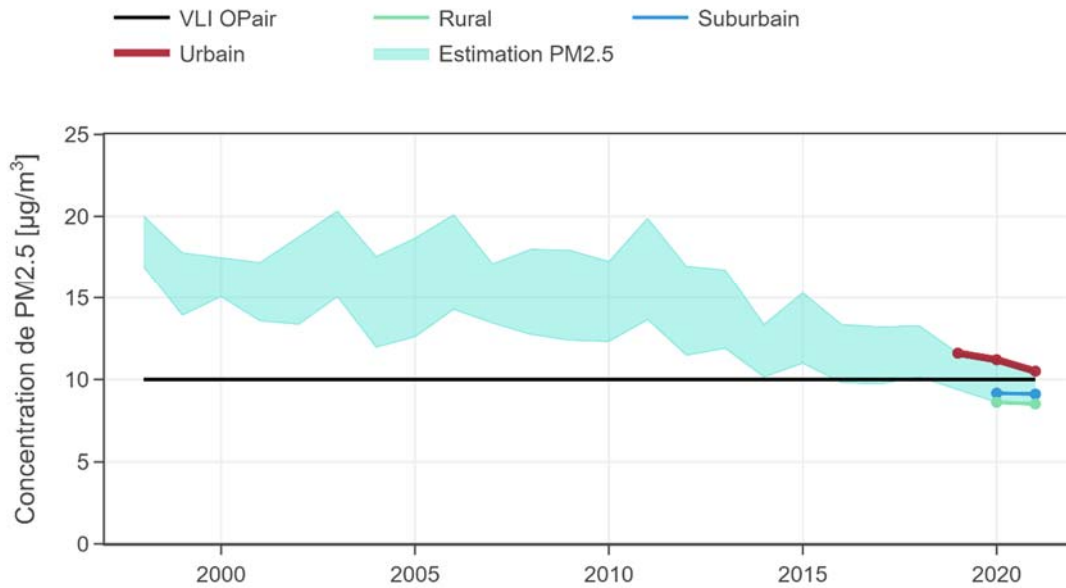
**Figure 11.** Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10



**Figure 12.** Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

En 2021 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 annuelles (500 ng/m<sup>3</sup> dans le cas du plomb et 1.5 ng/m<sup>3</sup> pour le cadmium).

## PM2.5



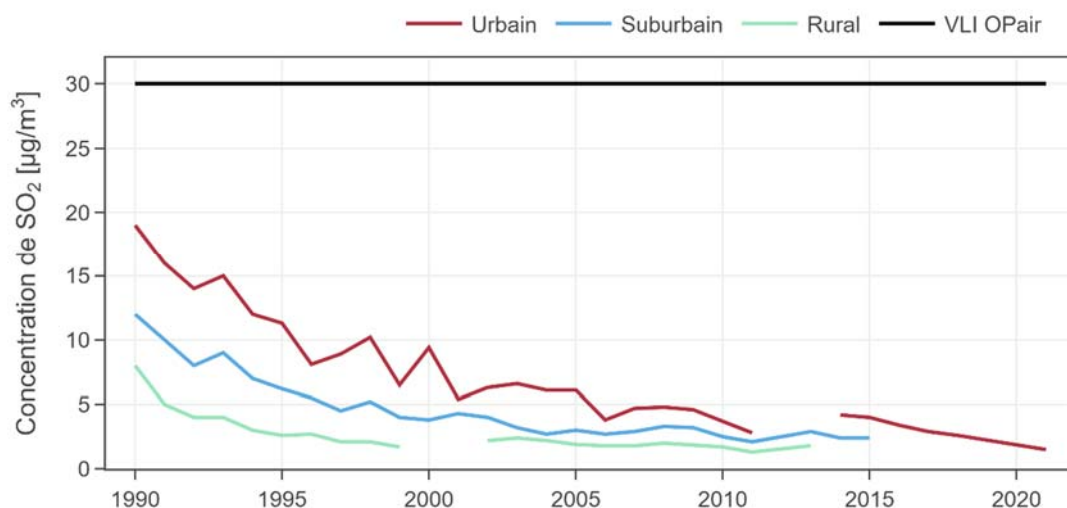
**Figure 13.** Concentration moyenne annuelle de PM2.5<sup>4</sup>

Depuis la modification de l'OPair en 2018, la mesure du polluant PM2.5 est requise au niveau suisse. En 2021, pour le milieu urbain, la moyenne annuelle atteint 10.5 µg/m<sup>3</sup>, soit en léger dépassement de la VLI OPair annuelle fixée à 10 µg/m<sup>3</sup>. Les autres milieux respectent la VLI.

<sup>4</sup> N'ayant pas de mesures avant 2019 pour la station urbaine et avant 2020 pour les stations suburbaines et rurales, une estimation des concentrations de PM2.5 a été déterminée à partir des mesures de PM10. Les concentrations de PM2.5 ont été déterminées en multipliant le ratio PM2.5/PM10 (valeur basse fixée à 0.70 et valeur haute à 0.75, tirées de mesures effectuées en situation de fond dans d'autres stations suisses – "Zusätzliche Partikelmessungen im NABEL Bericht über die Messungen 2019", EMPA, 2020) aux valeurs de PM10 mesurées.

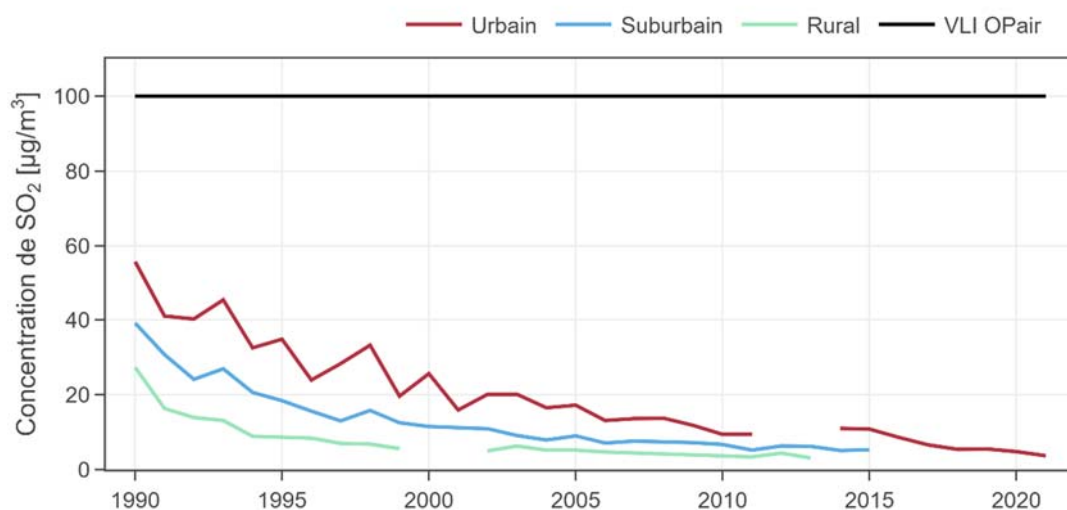
### 3.4 Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le SO<sub>2</sub> n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous des VLI OPair, dans l'atmosphère genevoise. Ainsi, le nombre de stations mesurant ce polluant a progressivement été réduit. Depuis 2016, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker (le milieu urbain étant le plus exposé à ce polluant).



**Figure 14.** Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub>

Comme c'est le cas depuis plus de trente ans, les concentrations de SO<sub>2</sub> mesurées en 2021 restent stables et à un niveau très inférieur à la VLI OPair annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>).



**Figure 15.** Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO<sub>2</sub>

Les percentiles 95 se situent largement en dessous de la VLI OPair annuelle (100 µg/m<sup>3</sup>) et cela depuis de nombreuses années.

La VLI OPair journalière (100 µg/m<sup>3</sup>), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée en 2021, comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale a été de 6 µg/m<sup>3</sup>.



## 3.5 Monoxyde de carbone (CO)

Tout comme le SO<sub>2</sub>, 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 journalière, dans l'atmosphère genevoise. Ainsi, le nombre de stations mesurant ce polluant a progressivement été réduit. En 2021, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker.

La VLI OPair journalière (8 mg/m<sup>3</sup>), valeur à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est respectée en 2021 comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière maximale mesurée a été de 0.7 mg/m<sup>3</sup>.

Pour information, on a enregistré en 2021 une moyenne annuelle<sup>5</sup> très faible, inférieure à 0.3 mg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>5</sup> Le paramètre "moyenne annuelle" n'a pas de VLI OPair (se reporter au tableau 3 de l'Annexe 1).

## 3.6 Retombées de poussières

### Retombées de poussières

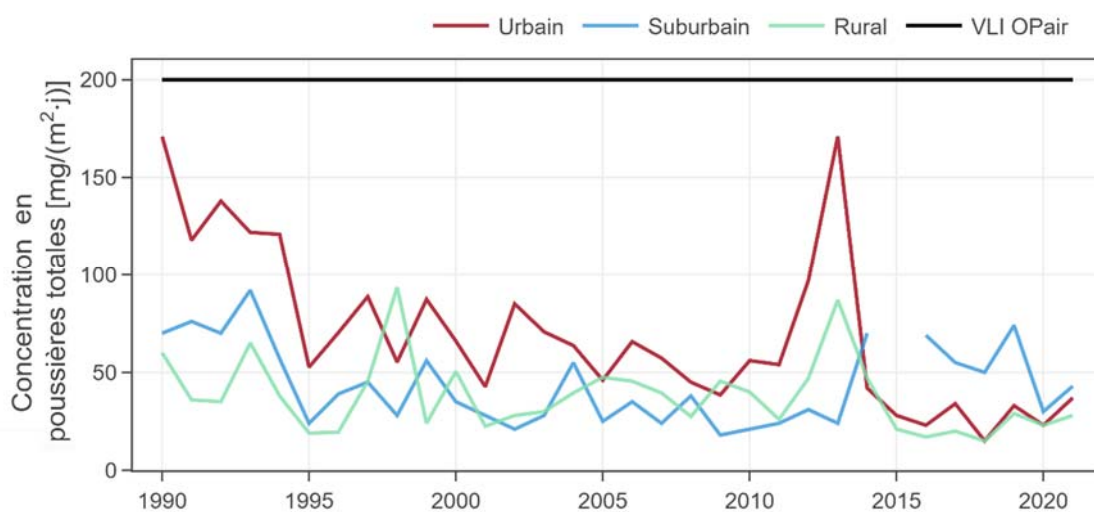


Figure 16. Concentration moyenne annuelle du total des retombées de poussières

En 2021, la concentration du total des retombées de poussières respecte la VLI OPair annuelle de  $200 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$  sur tous les sites de mesure, tout comme depuis de nombreuses années.

### Métaux lourds dans les retombées de poussières

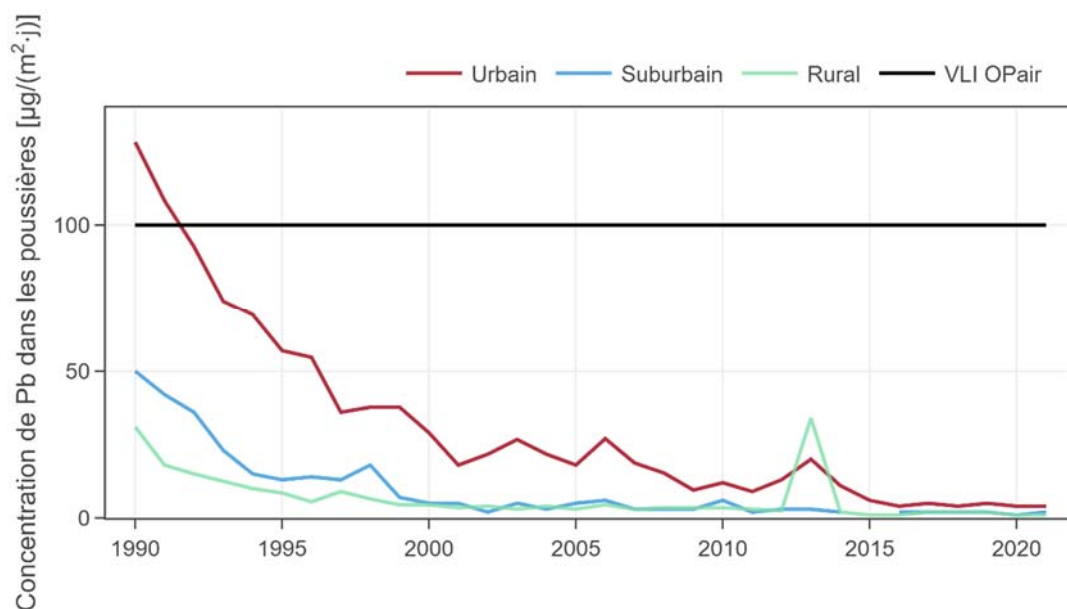
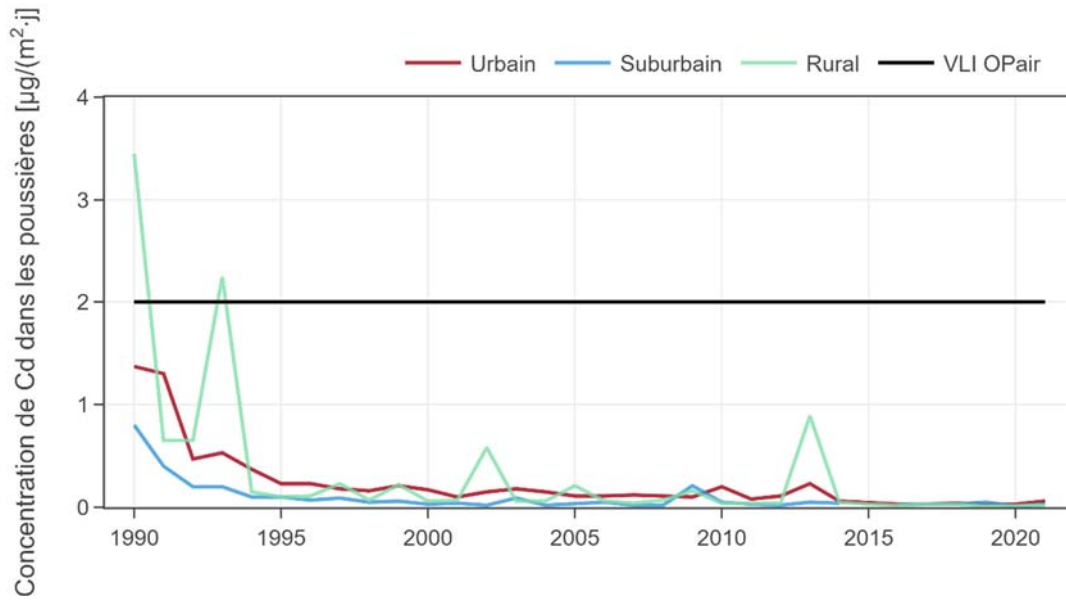
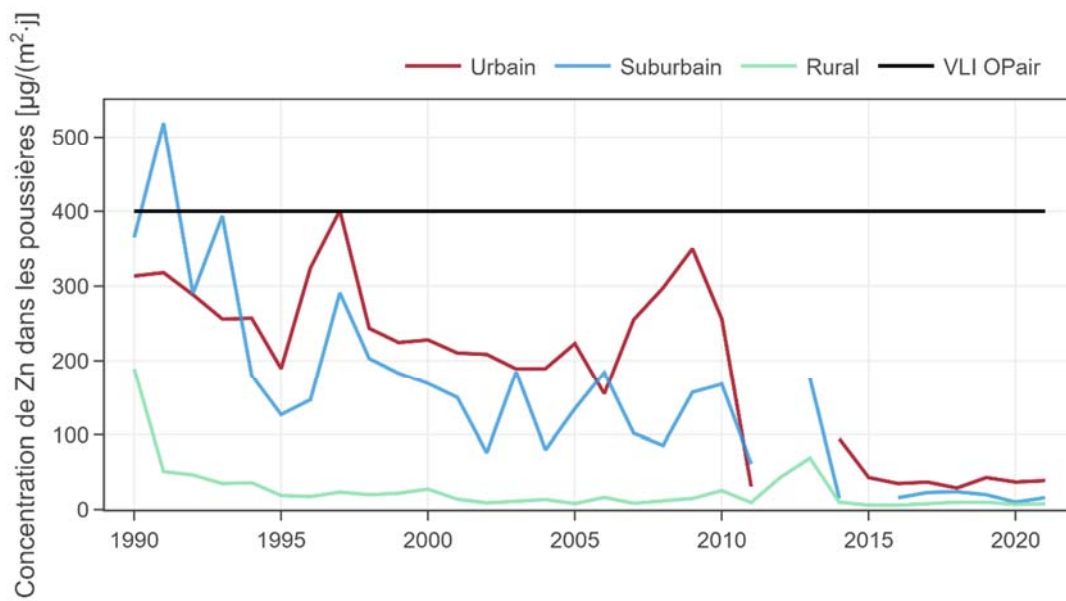


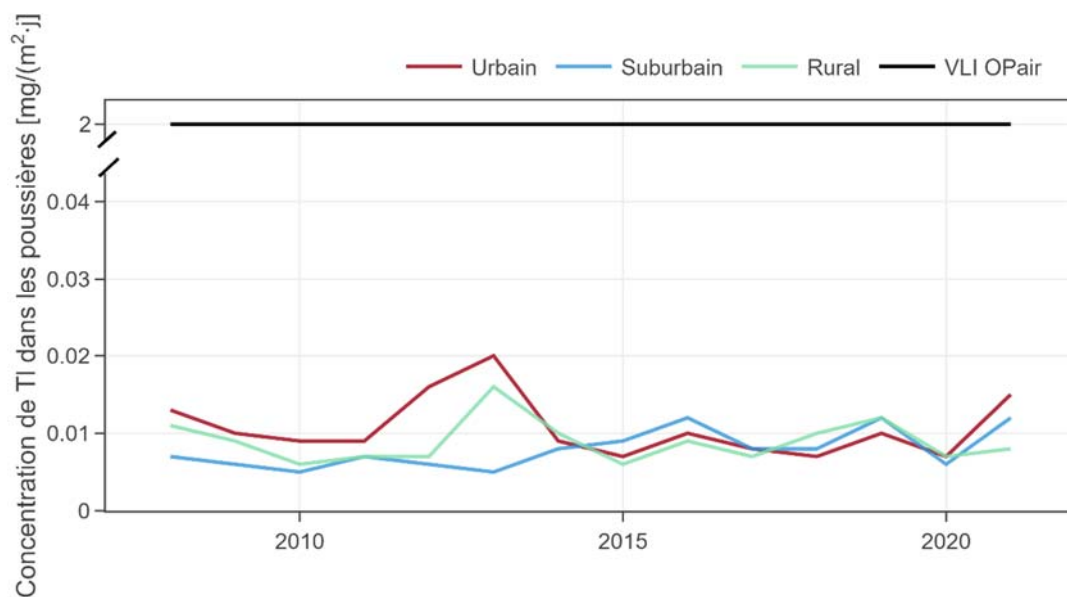
Figure 17. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières



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



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



**Figure 20.** Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

En 2021, les différentes VLI OPair annuelles pour certains métaux lourds dans les retombées de poussières – 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 – sont respectées sur tous les sites de mesure et ce, depuis de nombreuses années.

## 4. Capteurs passifs : Mesure de NO<sub>2</sub>

### 4.1 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 NO<sub>2</sub> sur de vastes territoires.

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs du ROPAG mesure les concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'agglomération genevoise. En 2021, ce réseau compte 73 points de mesure, répartis selon un maillage kilométrique.

### 4.2 Méthodologie

#### Préparation

Les capteurs passifs sont constitués de tubes à diffusion en polypropylène (PP) préparés et analysés dans le laboratoire du SABRA. Ils sont munis de trois grilles en propyltex, et de deux bouchons en polyéthylène (PE) afin d'éviter toute contamination due au NO<sub>2</sub> atmosphérique ambiant pouvant survenir en dehors de la période de mesure. Les grilles sont imprégnées par un mélange de triéthanolamine (substance qui absorbe le NO<sub>2</sub>) et d'acétone.

#### Pose - dépôt

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-dessous montre le schéma de principe de montage des capteurs passifs.

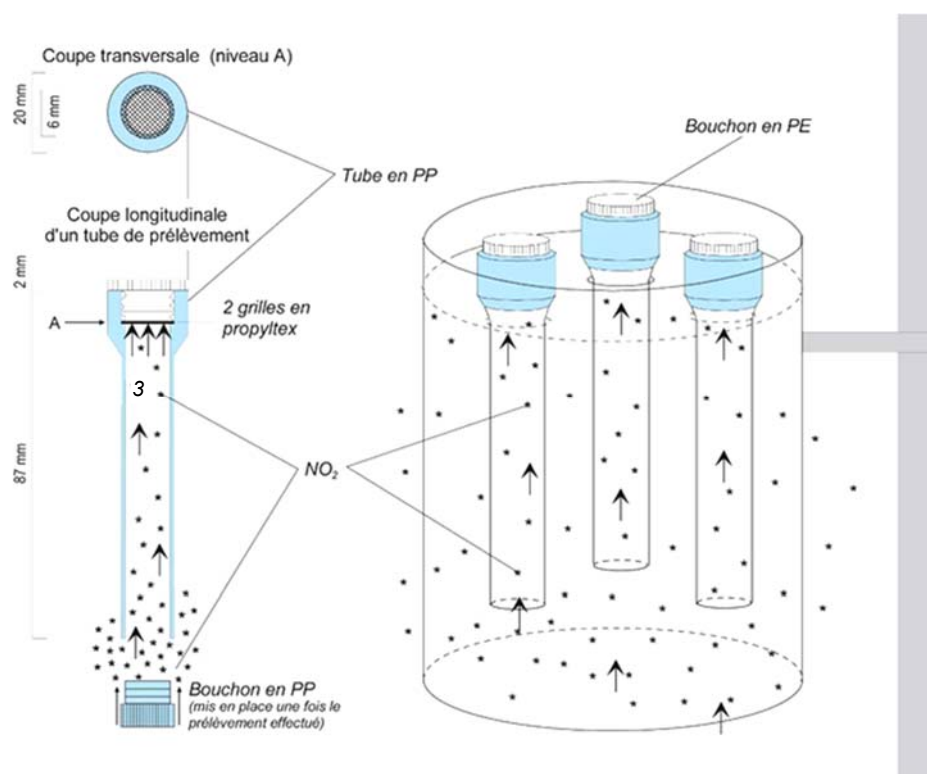


Figure 21. Principe de montage des capteurs passifs de NO<sub>2</sub>

## Analyse

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

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

## 4.3 Emplacements – Valeurs 2021

Afin d'être suffisamment représentatifs des concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> auxquelles est exposée la population et pour éviter des biais dans la méthode, 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 (répartis selon un maillage kilométrique) où sont effectuées les mesures de NO<sub>2</sub> par capteurs passifs, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2021. On constate, comme l'an dernier, qu'aucun capteur ne dépasse la VLI OPAir annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup>.

Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO <sub>2</sub> ) [µg/m <sup>3</sup> ]	Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO <sub>2</sub> ) [µg/m <sup>3</sup> ]
	E	N	2021		E	N	2021
Quai de l'Ile	2500120	1117910	23	Débarcadère CGN	2501513	1118301	18
Dépôt TPG	2498667	1117460	15	Ch. de Plonjon	2502118	1118370	15
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	24	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	22
Rue de Neuchâtel	2500312	1118713	20	Avenue St-Paul	2502514	1117518	17
Place de Châteaubriand	2500604	1119010	21	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	19
CICR	2499639	1120465	13	Ch. des Falquets	2503690	1118427	11
Ch. Palud	2499533	1121453	13	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	14
Ch. des Cornillons	2500360	1121816	13	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	14
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	13	Ch. du Nant d'Argent	2503526	1120561	18
Square de Mesmes	2499572	1119482	18	Ecole de Mon-Idée	2505673	1118107	13
Rue Isabelle-Eberhardt	2499566	1118593	21	Parc du Martin-Pêcheur	2505779	1117232	12
Ch. des Crêts	2498687	1119823	16	Ch. du Foron	2505254	1116758	15
Voie des Traz	2498460	1122160	25	Av. Adrien-Jeandin	2504434	1116087	20
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	18	Ch. Rojoux	2502672	1115457	14
Ch. du Pommier	2498546	1120564	21	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	22
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	27	Promenade de Saint-Antoine	2500592	1117323	25
Les Avanchets	2497464	1119556	20	Rue Alcide-Jentzer	2500374	1116362	20
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	20	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	20
Ch. du Croissant	2497543	1118367	18	Place de Sardaigne	2499633	1115533	23
Ch. de Gilly	2497509	1115488	14	Plateau de Pinchat	2500595	1114545	17
Av. des Morgines	2497505	1116313	20	Stade de Vessy	2501477	1115313	16
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	15	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	22
Ch. de Cressy	2496293	1115460	15	Rte de Pierre-Grand	2500509	1112646	14
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	13	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	18
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495434	1116499	14	Ch. des Rasses	2502625	1113507	18
Ch. de Gambay	2495495	1115519	14	Ch. des Marais	2501463	1113334	14
Rte de Vernier	2496006	1119499	24	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	18
Ch. du Progrès	2494847	1118566	18	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	19
Ch. Deley	2494991	1119512	18	Rte de Base	2496355	1113540	19
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	11	Ch. des Bis	2495345	1113245	12
Ch. des Ceps	2494123	1121452	7	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	14
Ch. de l'Épinglier	2493677	1120060	15	Ch. Pontverre	2495223	1114468	13
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117484	14	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	14
Ch. de Surville	2498567	1116452	17	Ch. des Pontets	2498453	1114509	20
Boulevard d'Yvoy	2499163	1117215	23	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	19
Avenue de Vaudagne	2494734	1120871	12	Rte des Acacias	2499472	1116469	22
Quai Wilson	2500654	1119121	25				

**Tableau 2. Emplacements et concentrations correspondantes des capteur passifs NO<sub>2</sub> pour l'année 2021**

**Légendes et abréviations :**

C (NO<sub>2</sub>) Concentration moyenne annuelle NO<sub>2</sub>.

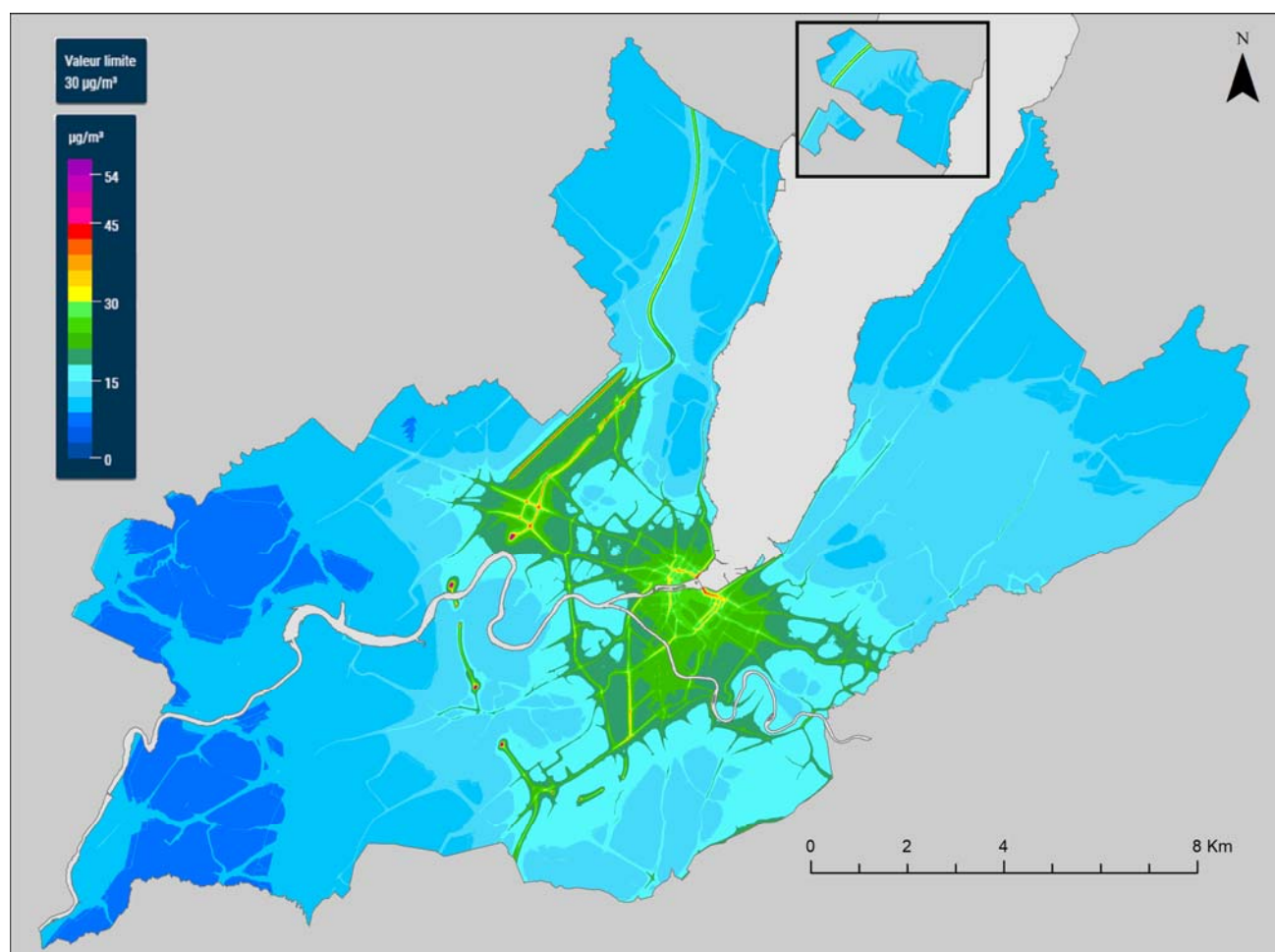
 Dépassement de la VLI OPAir annuelle (30 µg/m<sup>3</sup>).

## 4.4 Cartographie

La carte ci-dessous présente les concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> pour l'année 2021 sur le territoire cantonal. Cette cartographie a été réalisée en partenariat avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes<sup>6</sup> et utilise :

- le cadastre des émissions romand (CADERO) ;
- les résultats obtenus aux différents points de prélèvement des stations et réseaux de capteurs passifs du ROPAG et de celui de Genève Aéroport ;
- les données de trafic routier et aérien.

Toutes ces données servent à la création du modèle permettant d'obtenir des concentrations à une échelle fine (10 m<sup>2</sup>)<sup>7</sup>.



**Figure 22.** Carte des immissions moyennes de NO<sub>2</sub> sur le canton de Genève pour l'année 2021

On peut y observer - représentées en couleurs bleues à vertes - les zones respectant la VLI OPair annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup> : on constate que celle-ci est largement respectée sur l'essentiel du territoire.

<sup>6</sup> Convention transfrontalière PACT'Air: <https://www.grand-geneve.org/qualite-de-lair/>

<sup>7</sup> Cette cartographie est réalisée au moyen d'une combinaison du modèle CHIMERE calée sur les mesures du ROPAG par krigeage à l'échelle régionale, ainsi que du modèle SIRANE pour la dispersion des polluants à l'échelle des rues (cf. glossaire).

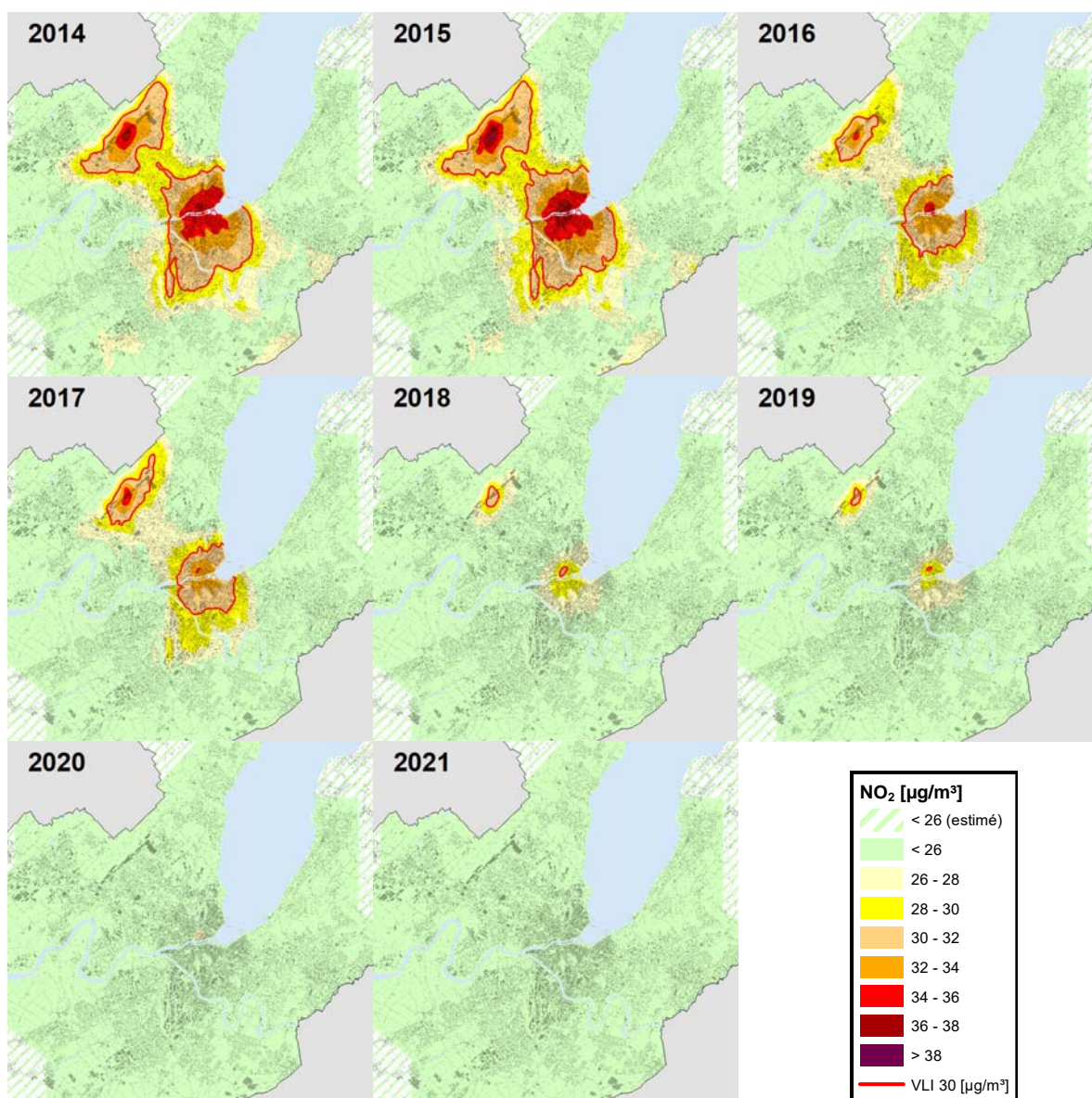


Les zones soumises à des immissions excessives de NO<sub>2</sub>, sont quant à elles représentées en couleurs jaune, rouge ou violet. Elles se situent dans les zones les plus urbanisées ainsi qu'en bordure des grands axes routiers, notamment l'autoroute dans le secteur à proximité de l'aéroport.

Globalement, l'année 2021 a été marquée par des immissions de NO<sub>2</sub> proches de celles observées en 2020 et en baisse sensible par rapport aux années précédentes.

### Note à propos d'une évolution méthodologique

La figure 22, présentée pour la première fois cette année, marque un changement important dans la modélisation des immissions de NO<sub>2</sub>. En effet, la méthodologie utilisée jusqu'à présent<sup>8</sup> donnait une image de la pollution de "fond". Compte tenu de l'évolution positive notée dans ce domaine au cours des dernières années (figure 23), la carte obtenue pour l'année 2021 – presque uniformément verte – présente un degré de nuance désormais insuffisant.



<sup>8</sup> Basée sur une interpolation des mesures du ROPAG par co-krigeage avec les données d'émissions issues de CADERO comme co-variable.

Ainsi, afin de mettre en évidence les zones où agir en priorité, la méthodologie ayant permis de produire la carte de la figure 22 est désormais privilégiée. Cette dernière, rendue possible aussi grâce à l'évolution de la technologie, permet en effet de représenter la pollution à proximité directe des sources, en particulier celle issue du trafic routier, montrant la situation sur tout le territoire cantonal avec une résolution nettement plus détaillée que par le passé. **Le code couleur utilisé pour représenter le niveau des immissions a aussi changé** afin de correspondre à celui utilisé par l'office fédéral de l'environnement (OFEV) dans ses représentations annuelles<sup>9</sup>.

---

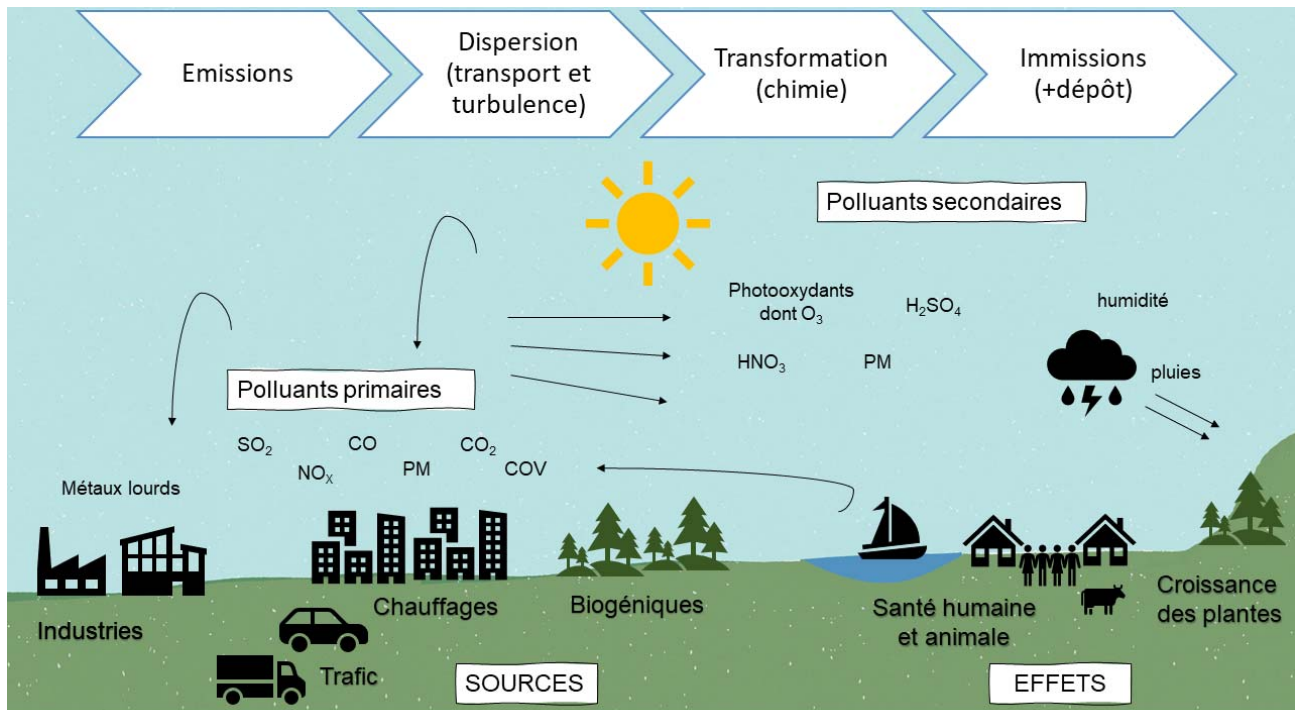
<sup>9</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/etat/donnees/donnees-historiques/cartes-des-valeurs-annuelles.html>

# Annexes

## Annexe 1. Mesure des immissions

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 24.** 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 incommodes ». 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 NO<sub>2</sub>, l'O<sub>3</sub>, les PM10, les PM2.5, le SO<sub>2</sub>, le CO et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes VLI.

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

**Tableau 3.** Valeurs limites d'immission de l'OPair

## Annexe 2. Stations fixes du ROPAG

### 2.1 Programme et méthodes de mesure

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

MESURE STATION	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	O <sub>3</sub>	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 / Opt	Opt.	Berg.	-	-	AN-US	-
Meyrin	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / Opt	Opt.	-	-	-	AN-US	
Passeiry	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / Opt	Opt.	Berg.	TC	H	AN-US	Py

#### Légendes et abréviations :

\* étalonnage avec un gaz de référence.

\*\* étalonnage avec un appareil référencé au METAS (Institut fédéral de métrologie).

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

#### Abréviations utilisées

##### **Paramètres mesurés**

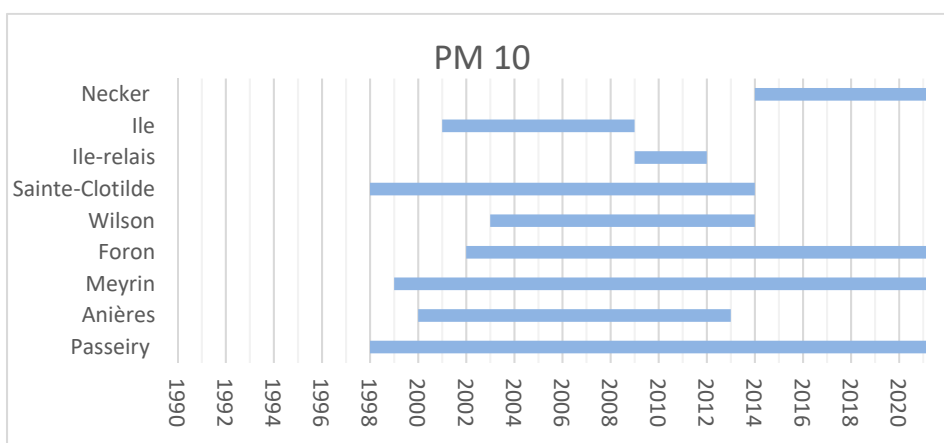
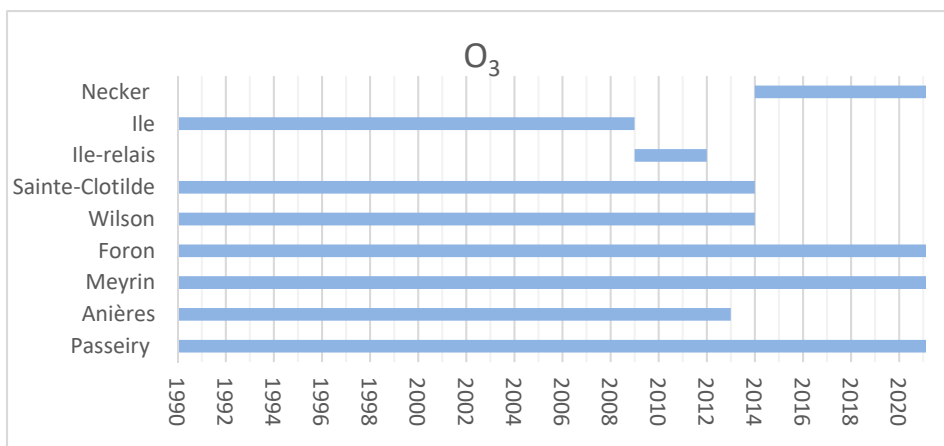
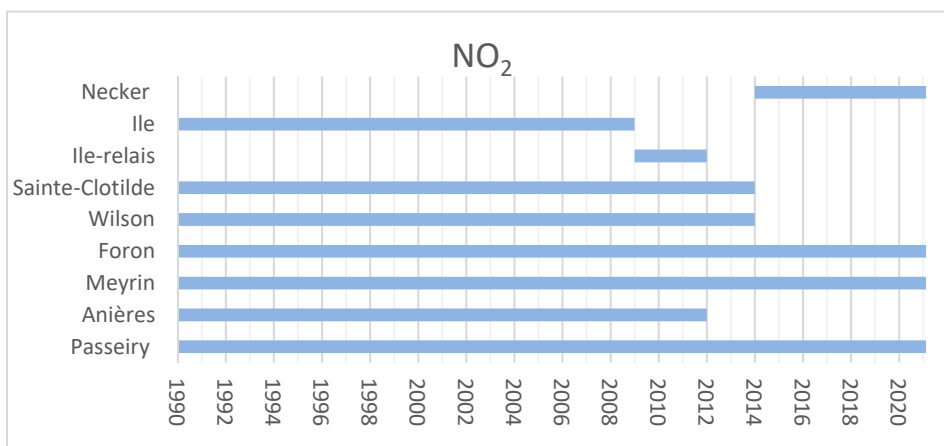
SO <sub>2</sub>	dioxyde de soufre
NO <sub>2</sub>	dioxyde d'azote
NO	monoxyde d'azote
O <sub>3</sub>	ozone
CO	monoxyde de carbone
PM10	particules fines (< 10 µm)
PM2.5	particules fines (< 2.5 µm)
Pouss.	retombées de poussière
T	température
HR	humidité relative
VENT	vitesse et direction du vent
RS	rayonnement solaire

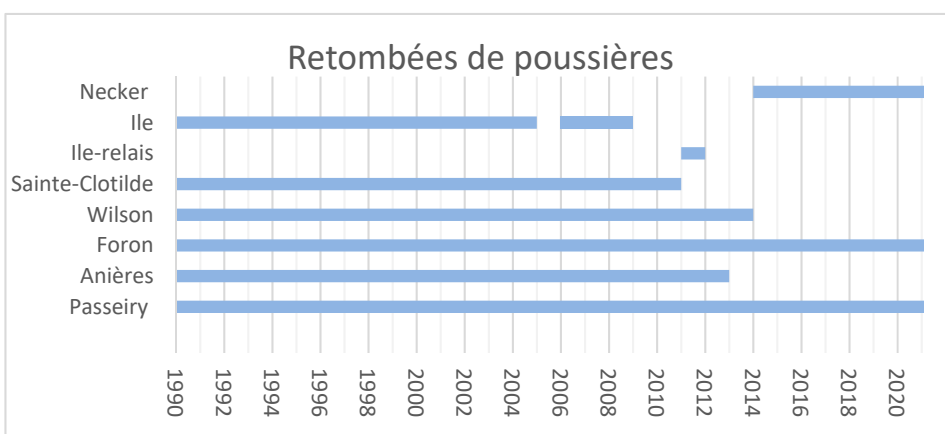
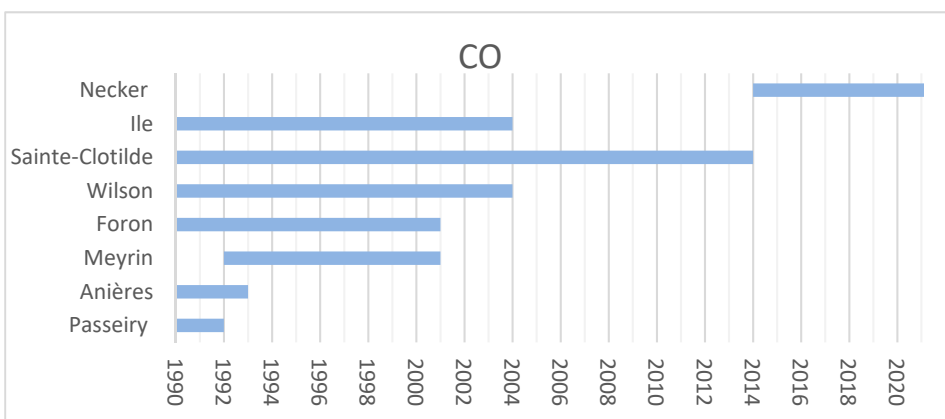
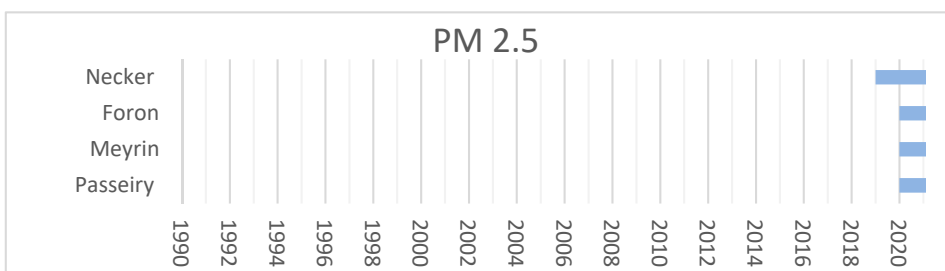
##### **Méthode de mesure**

Py	pyranomètre
H	hygromètre à cheveu
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

## 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 bleu).







## 2.3 Description des stations

Durant l'année 2021, les 4 stations fixes du ROPAG (Necker, Foron, Meyrin et Passeiry) ont analysé l'air genevois.

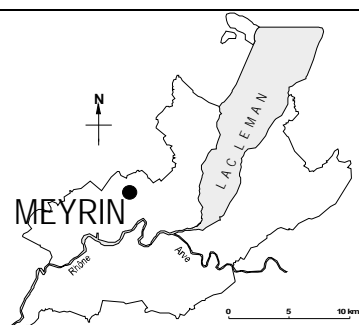
Milieu urbain : **NECKER**



Milieu suburbain : **FORON**

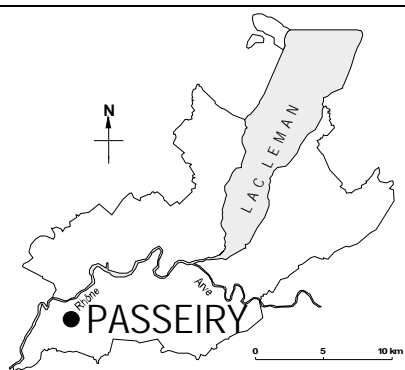


Milieu suburbain : **MEYRIN**



**Coordonnées CH1903+:** 2'494'742 / 1'120'874

Milieu rural : **PASSEIRY**



**Coordonnées CH1903+:** 2'489'281 / 1'113'355

## Annexe 3. Résultats détaillés des mesures par station

Les graphiques du chapitre 3 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 3, les graphiques ci-dessous détaillent les résultats de chacun des polluants pour toutes les stations de mesure, prises séparément.

Nota : La station urbaine de Necker est en activité depuis 2014. Précédemment, jusqu'en 2011, c'est la station de l'Ile (dont Ile-relais entre 2009 et 2011 qui remplaçait Ile, déplacée d'une centaine de mètres suite aux travaux du pont de l'Ile et qui sera indiqué sous le nom Ile dans les graphiques ci-dessous) qui mesurait la qualité de l'air au centre-ville.

### Dioxyde d'azote

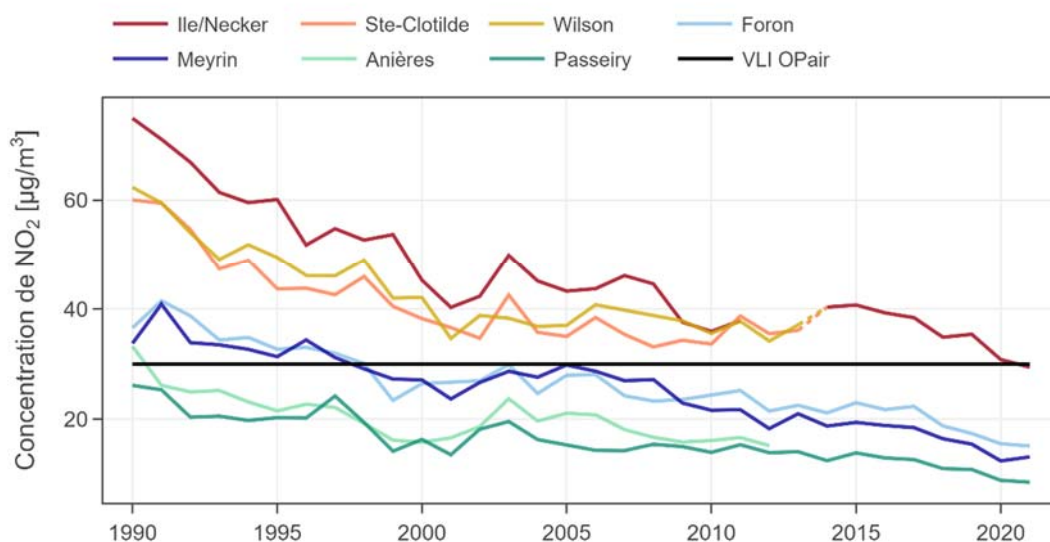


Figure 25. Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub>

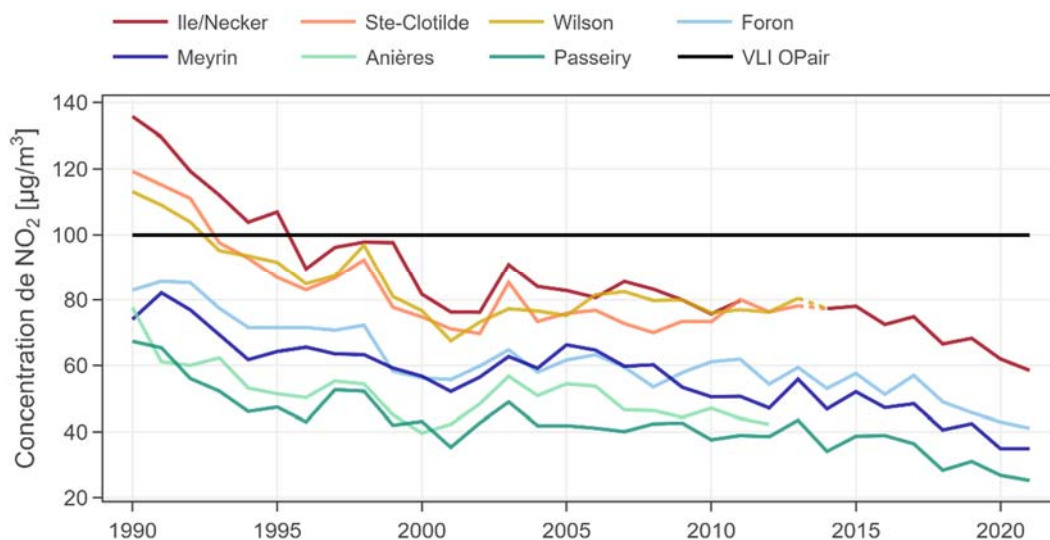
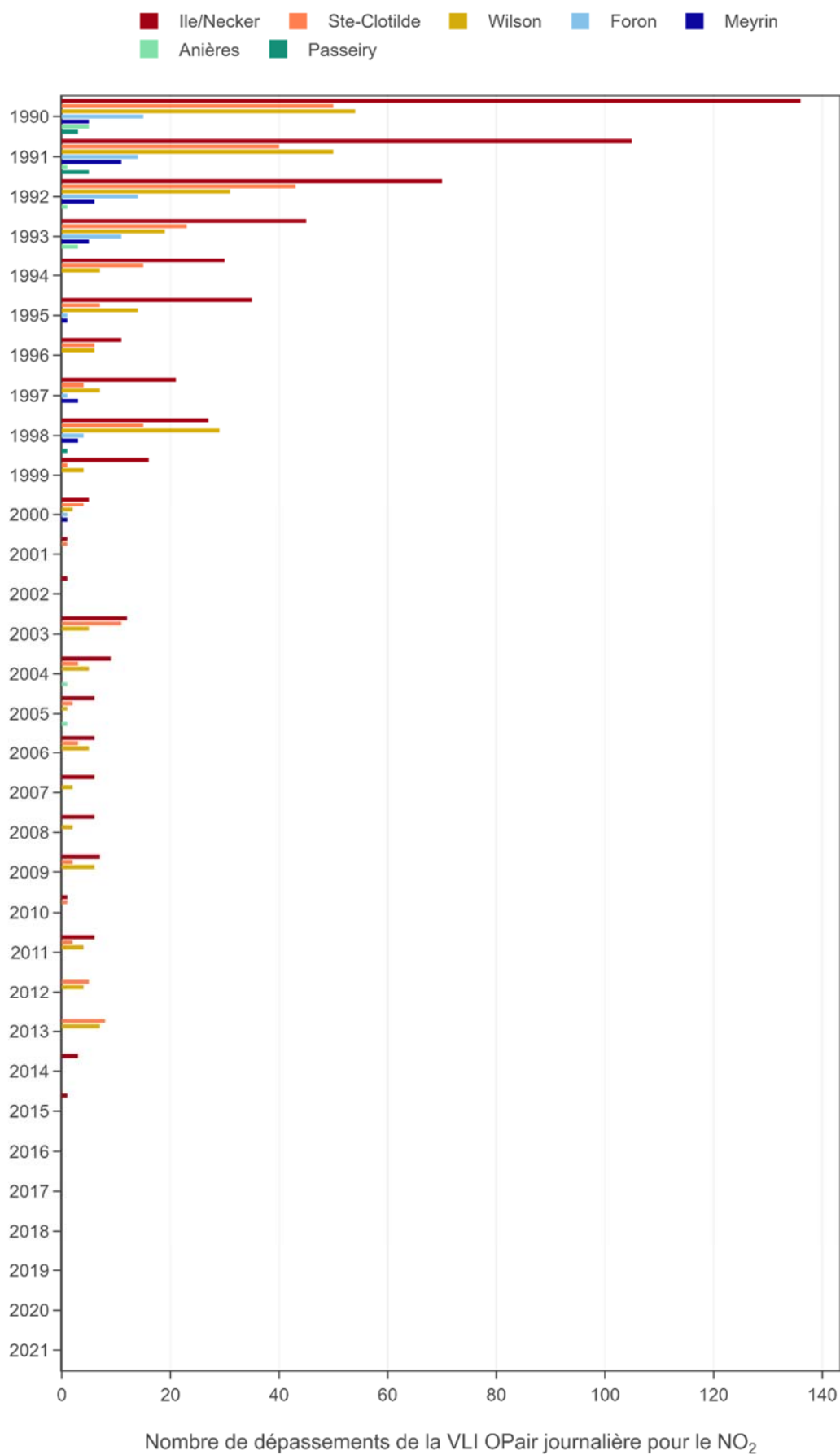
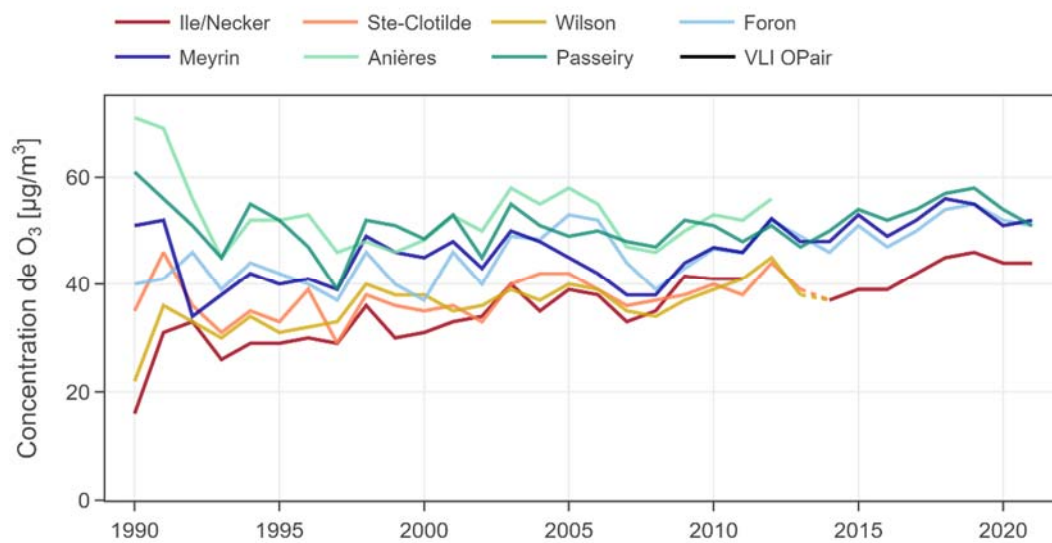


Figure 26. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO<sub>2</sub>



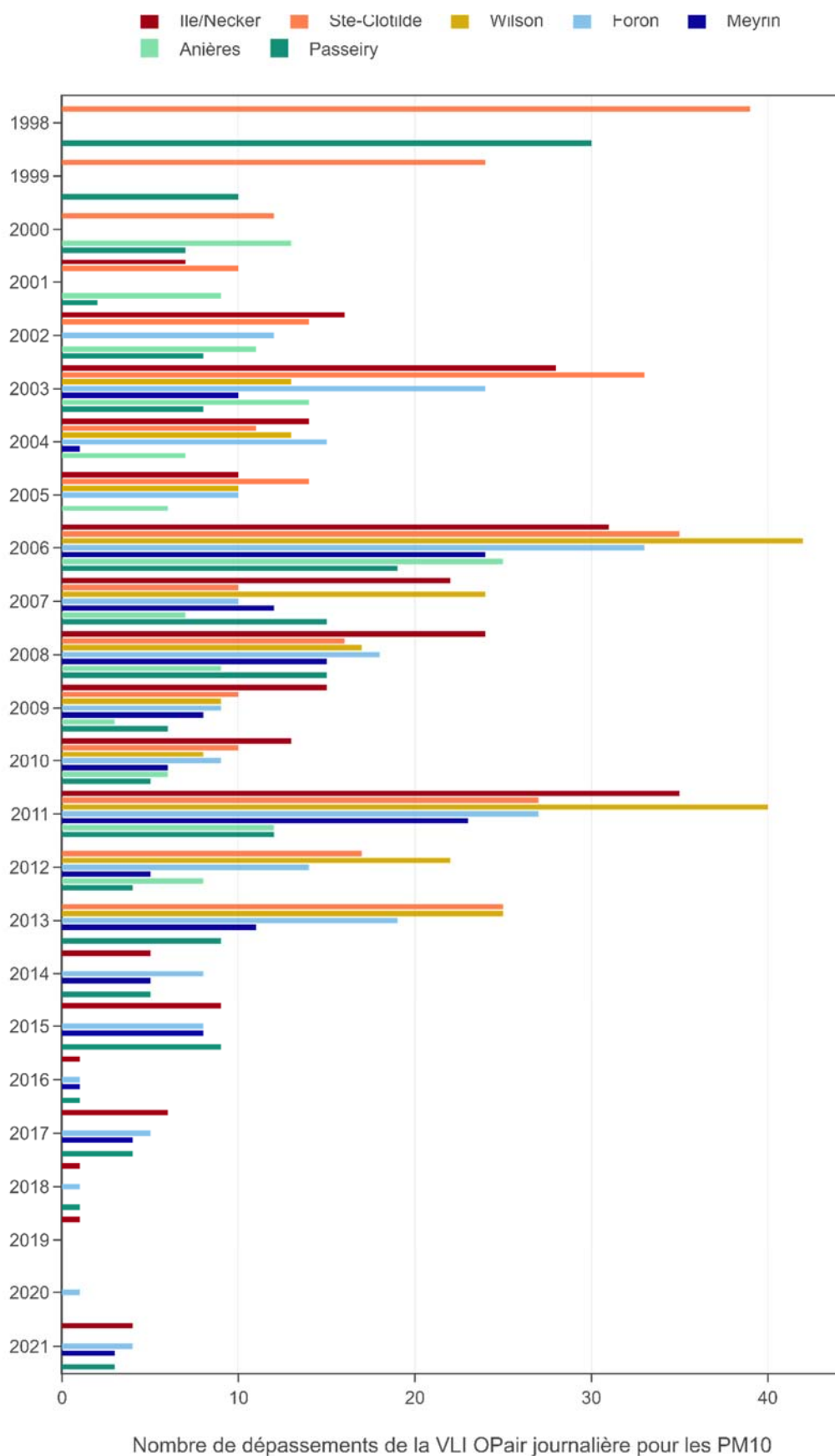
**Figure 27.** Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO<sub>2</sub>

## Ozone

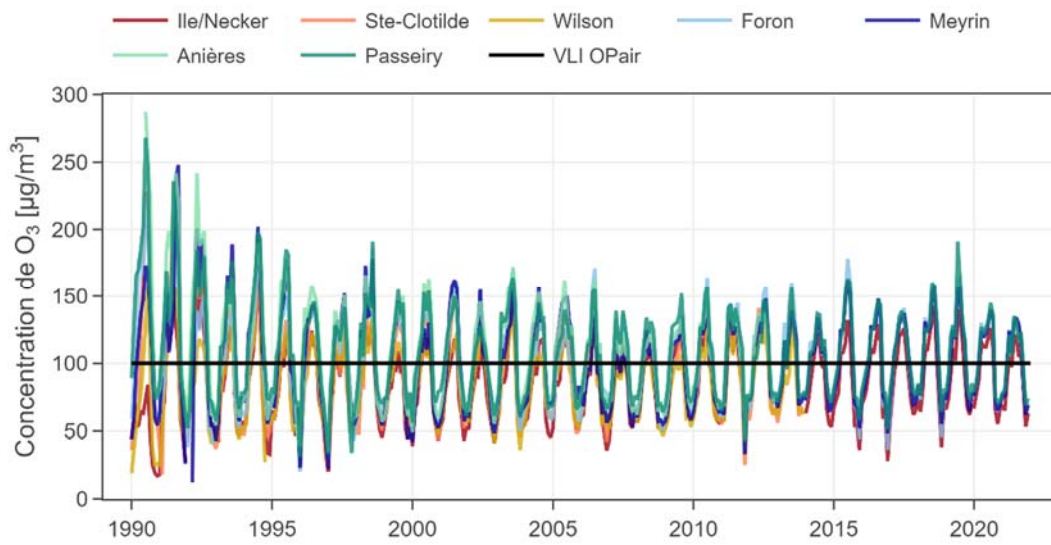


**Figure 28.** Concentration moyenne annuelle<sup>10</sup> d'O<sub>3</sub>

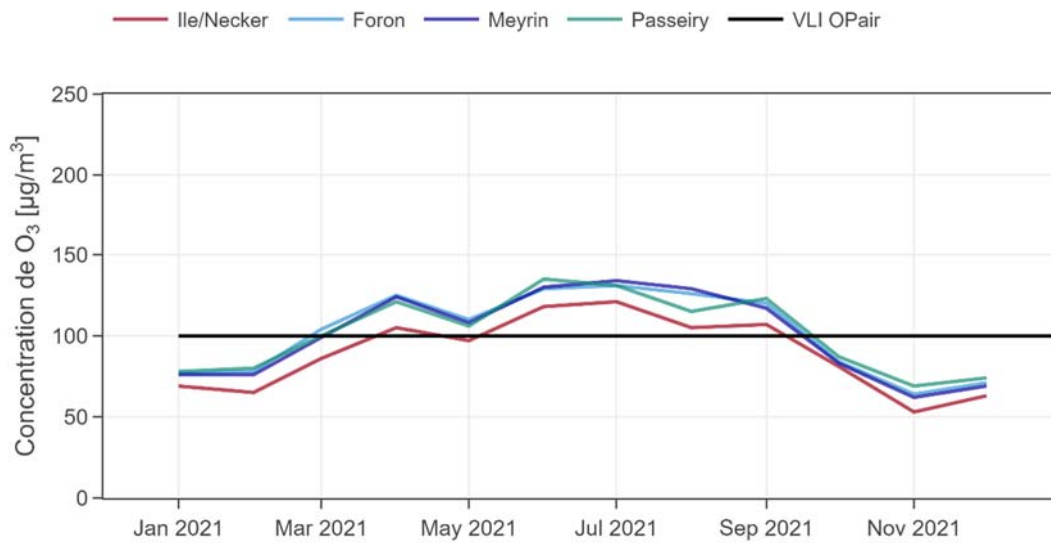
<sup>10</sup> L'OPair ne fixe pas de VLI annuelle pour ce paramètre.



**Figure 29.** Nombre de dépassements de la VLI OPAir horaire pour l'O<sub>3</sub>

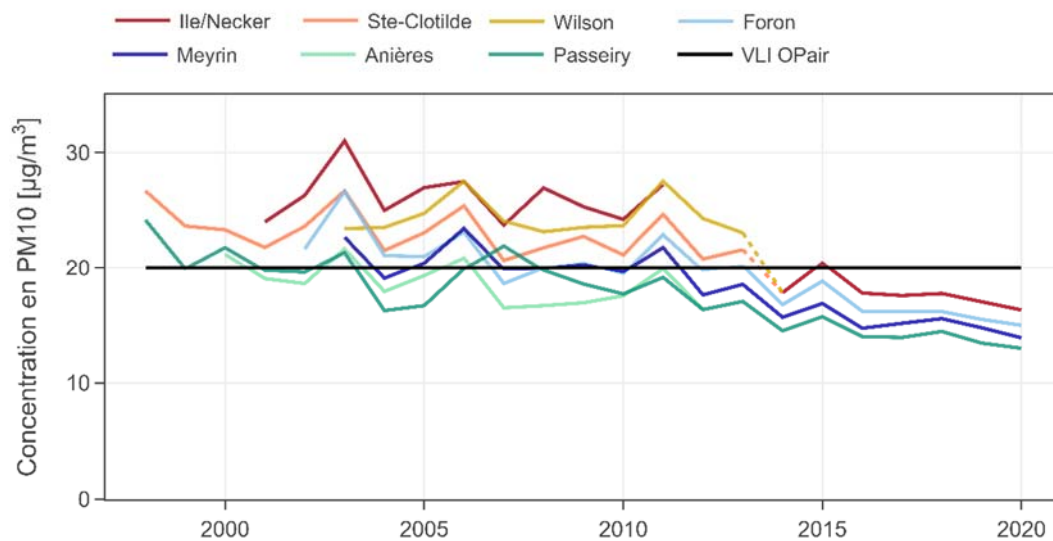


**Figure 30.** Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O<sub>3</sub>



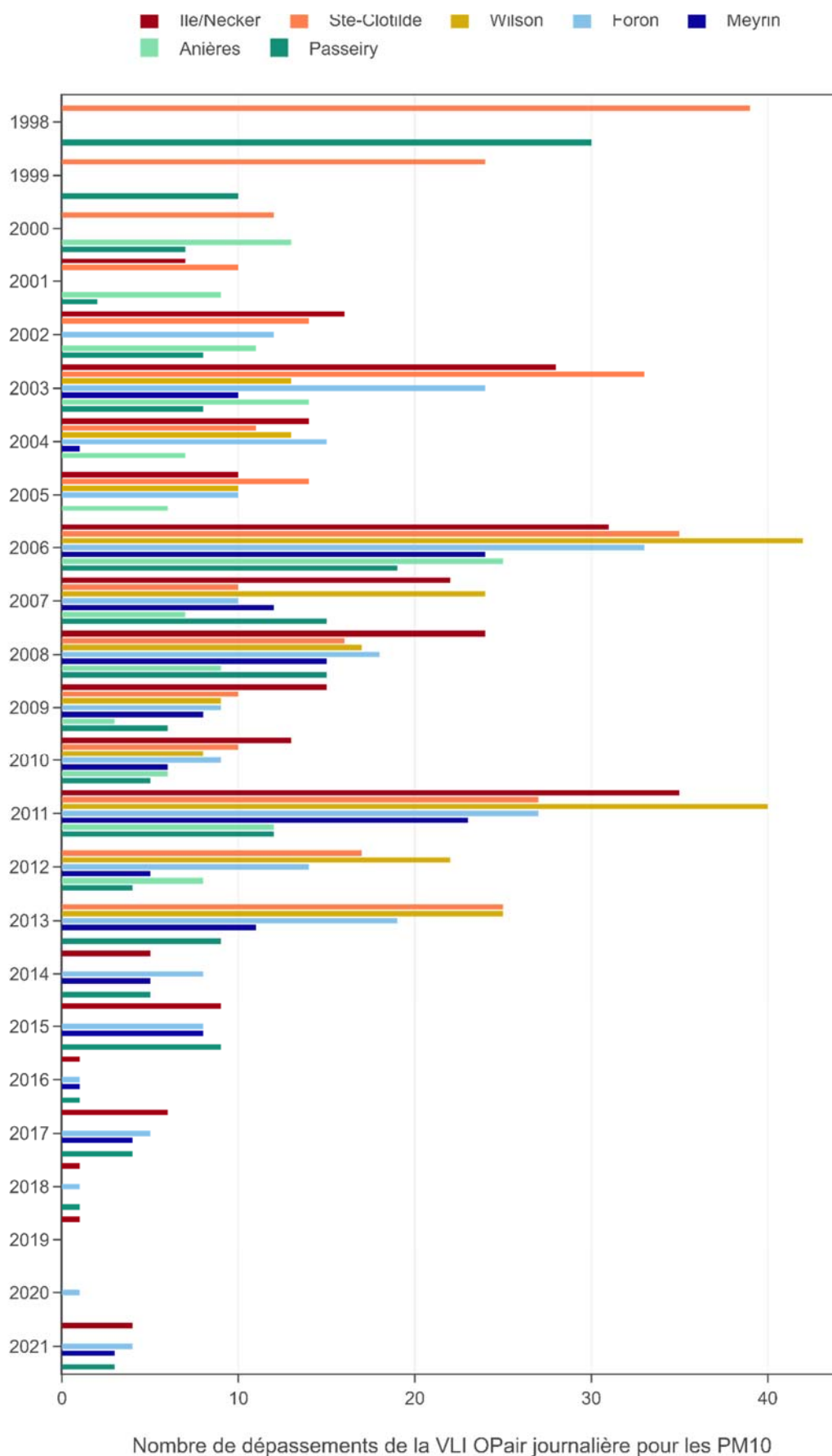
**Figure 31.** Percentiles 98 des moyennes semi-horaires mensuelles pour l'ozone en 2021

## Poussières fines

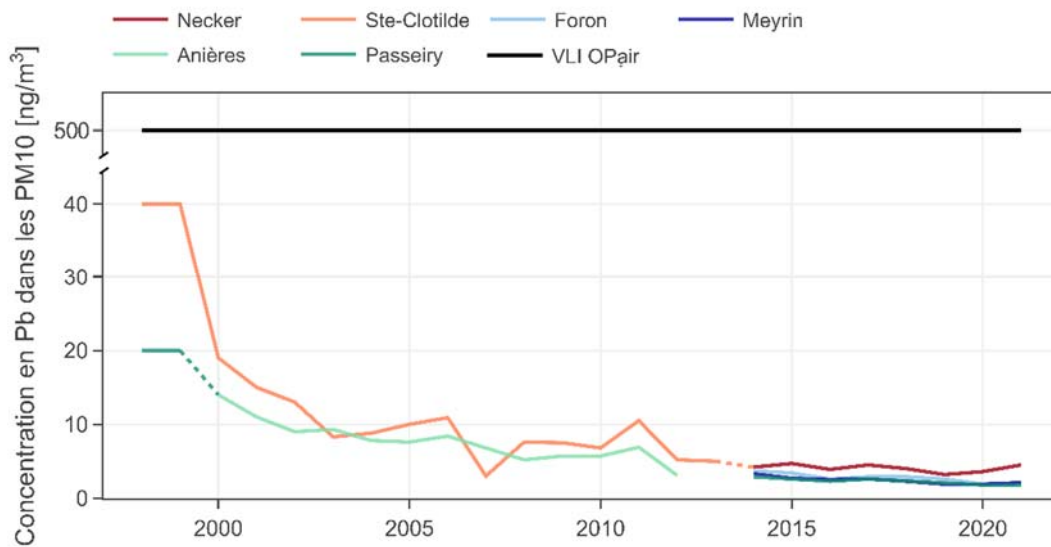


**Figure 32.** Concentration moyenne annuelle de PM10

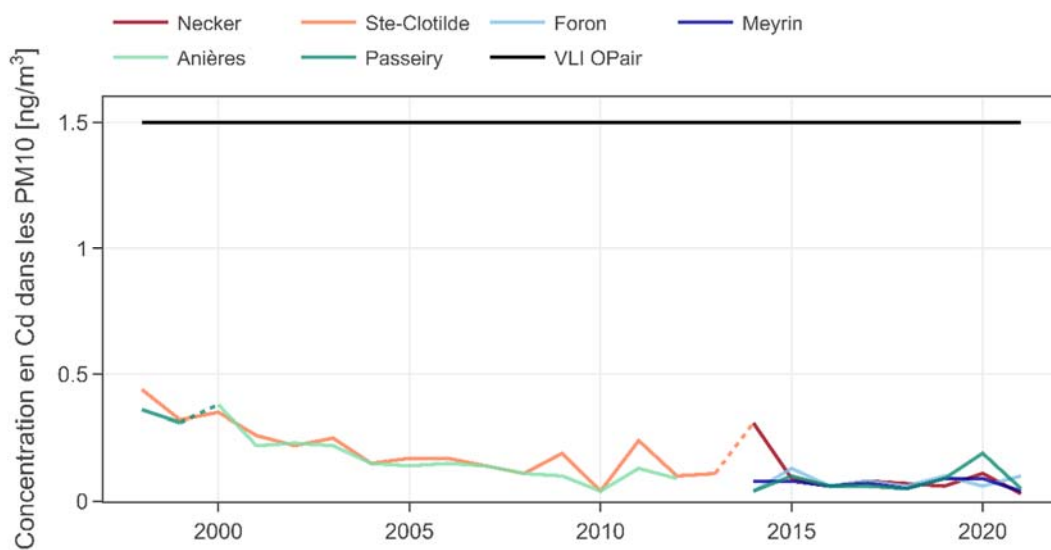




**Figure 33.** Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10



**Figure 34.** Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10



**Figure 35.** Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

## Dioxyde de soufre

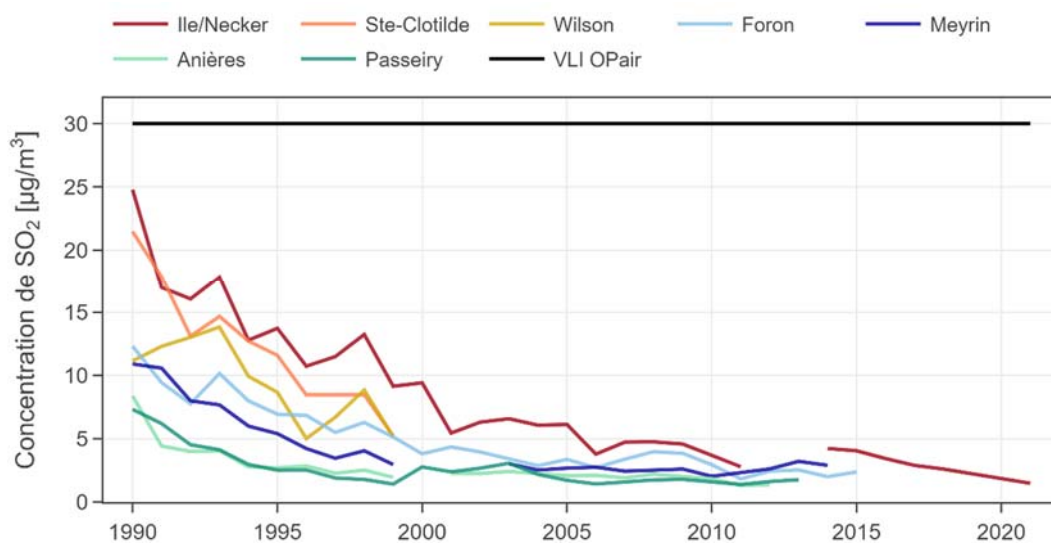


Figure 36. Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub>

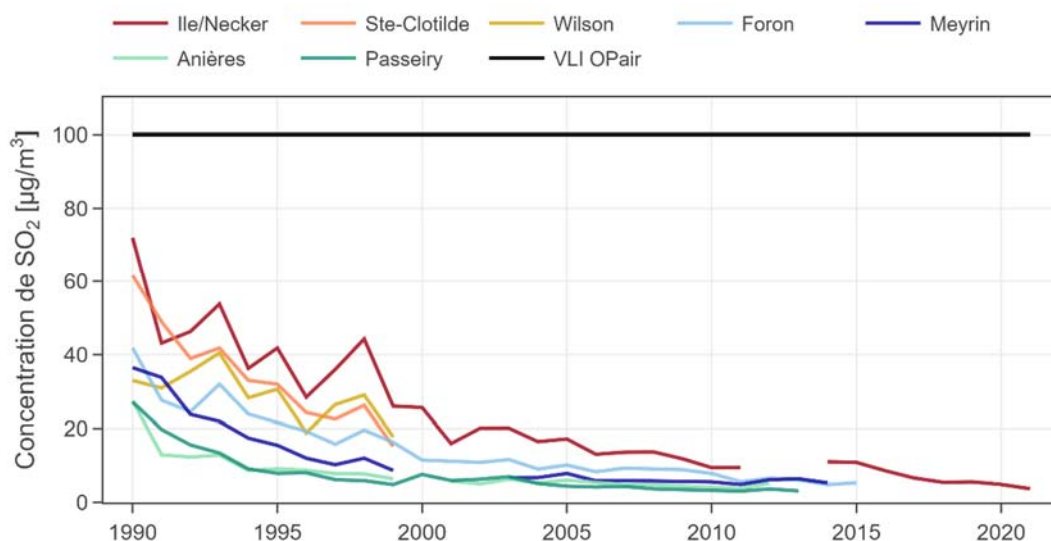


Figure 37. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO<sub>2</sub>

## Monoxyde de carbone

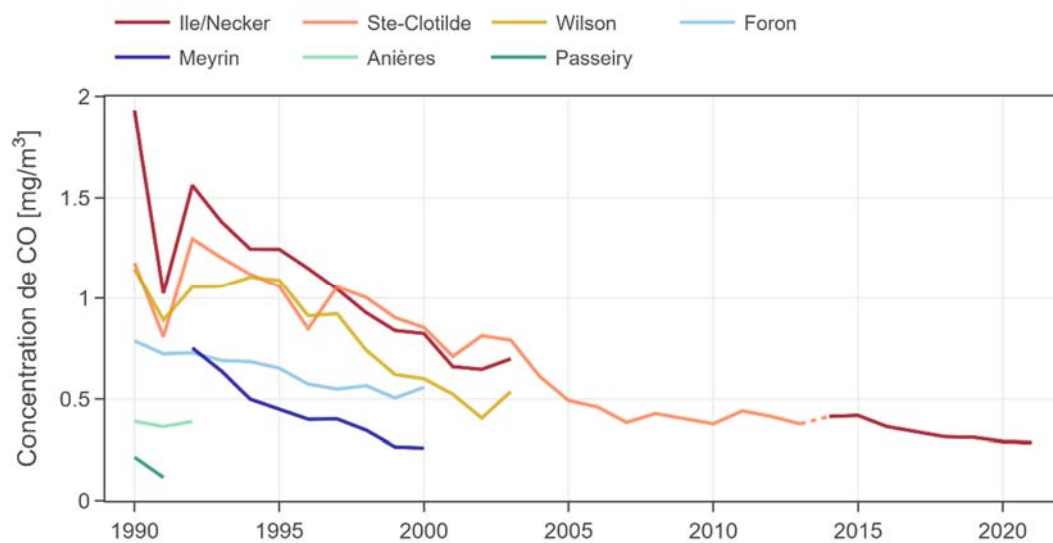


Figure 38. Concentration moyenne annuelle<sup>11</sup> de CO

## Retombées de poussières

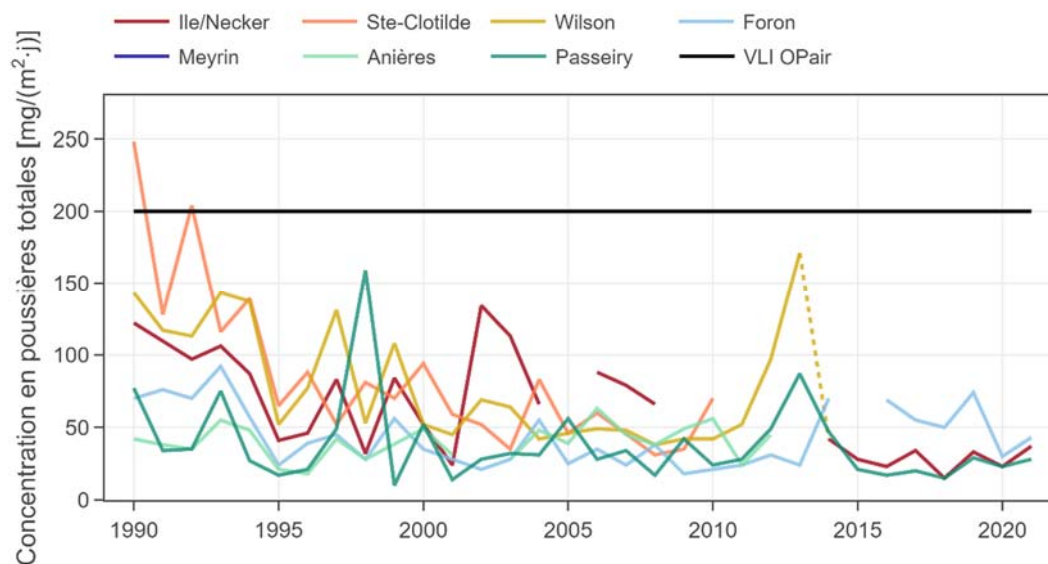
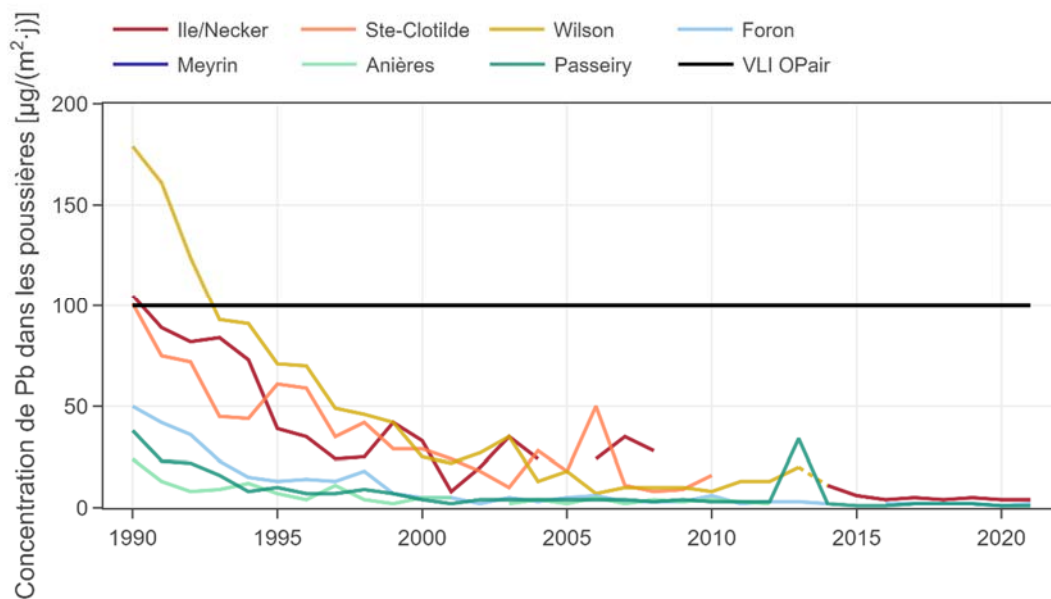
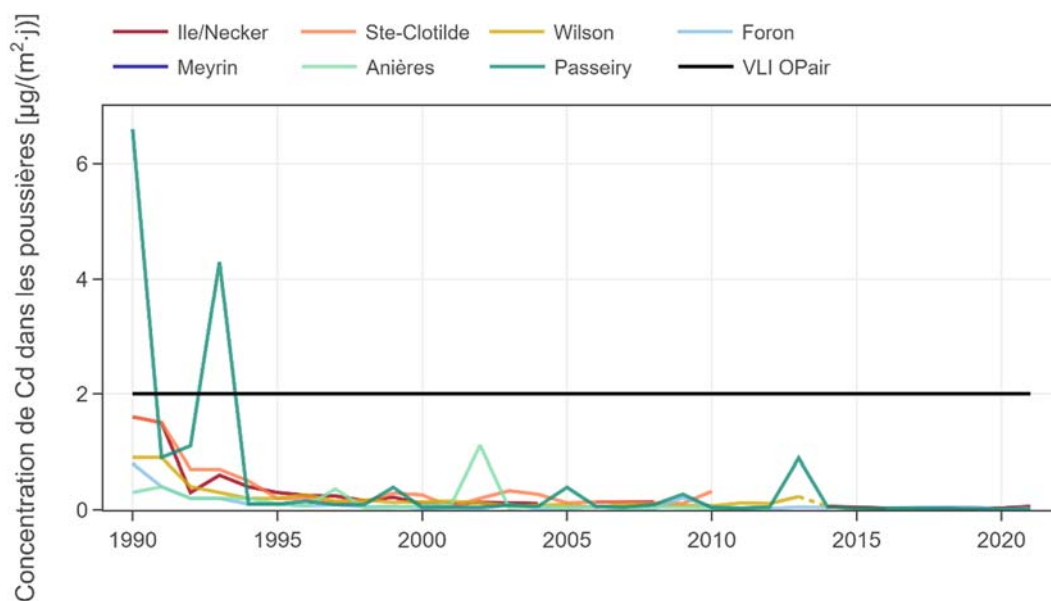


Figure 39. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

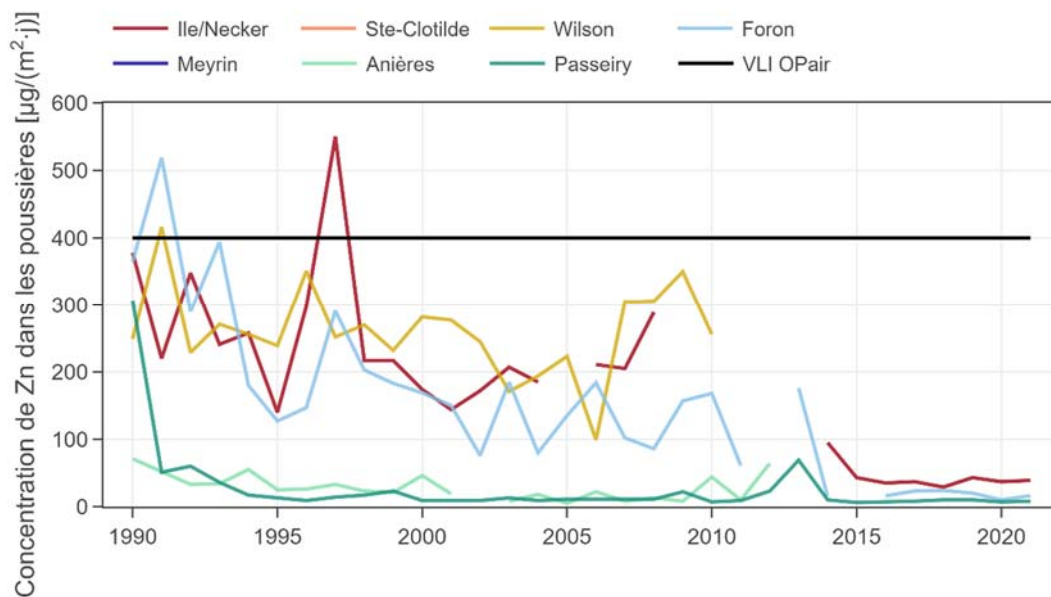
<sup>11</sup> L'OPair ne fixe pas de VLI annuelle pour ce paramètre.



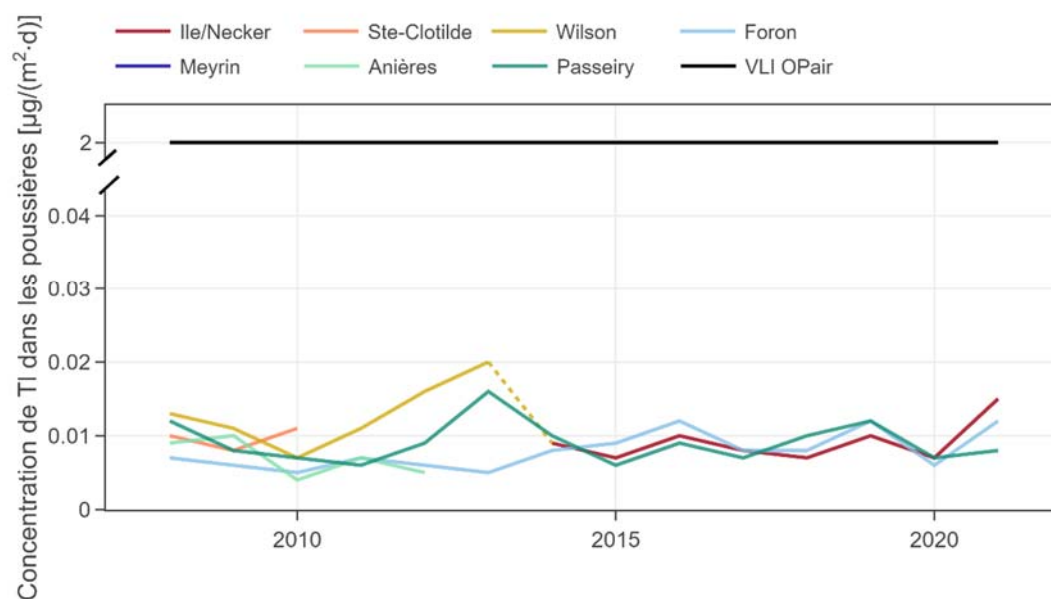
**Figure 40.** Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières



**Figure 41.** Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières



**Figure 42.** Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières



**Figure 43.** Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

## Annexe 4. Stations mobiles

### Une fonction différente et complémentaire

En complément du suivi quotidien de la qualité de l'air, assuré par le réseau de stations fixes de référence (cf. le § 2.3 de l'Annexe 2) garantissant la disponibilité des mesures au cours du temps, l'Etat de Genève effectue des campagnes de mesure ponctuelles au moyen de deux stations mobiles, exploitées avec le support de communes ou d'autres entités qui les accueillent temporairement.

### Thématiques étudiées

Le but des campagnes de mesure mobiles est d'améliorer les connaissances, principalement pour les thématiques "trafic aérien" et "axe routier à fort trafic", sur la qualité de l'air, la dispersion locale des polluants et leurs impacts pour notre canton. De plus, les campagnes de mesure mobiles doivent aussi permettre d'étudier l'évolution dans le temps des niveaux de pollution mesurés proches du trafic au regard de l'impact de différentes actions qui peuvent être mises en place localement.

### Description

Les stations mobiles sont munies d'instruments calibrés identiques à ceux utilisés dans les stations fixes. Elles sont conçues pour garantir la qualité des mesures, en accord avec les recommandations de la Confédération pour le mesurage des immissions. Flexibles, elles peuvent être aisément déplacées et ne nécessitent qu'un raccordement électrique pour permettre le fonctionnement en continu des différents appareils.



Figure 44. Stations mobiles du ROPAG

### Accessibilité des données

Comme pour les stations fixes, les données collectées sont accessibles et consultables en temps réel, durant les périodes de mesure, sur la page Internet : <https://air.ge.ch>.

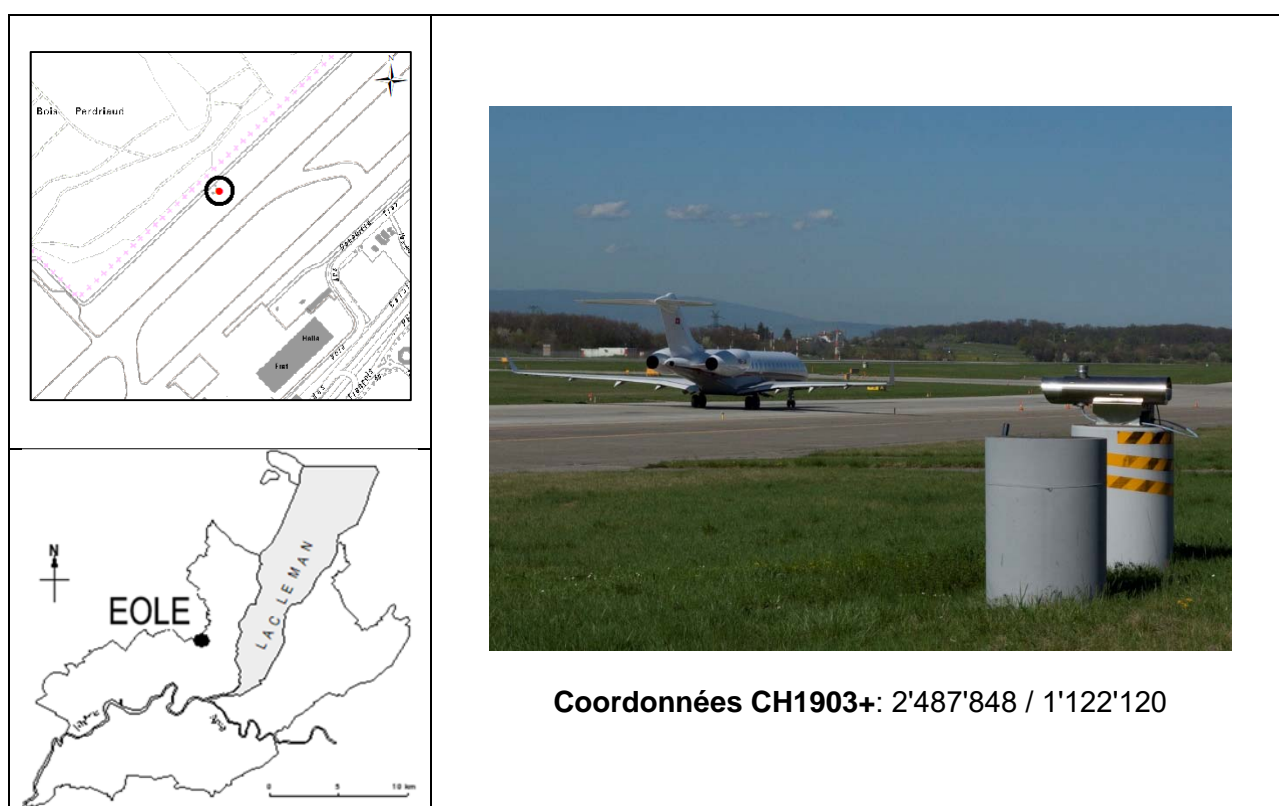
Les résultats complets de ces enquêtes de terrain sont communiqués, via des rapports détaillés, au terme des campagnes et de l'analyse des mesures.

## Annexe 5. Station Eole

La station Eole<sup>12</sup> appartient à Genève Aéroport qui en assure le fonctionnement et la maintenance. Néanmoins, les données de la station sont analysées et validées par le SABRA. La station comporte deux instruments de mesure :

- Un appareil de type DOAS<sup>13</sup> qui mesure les concentrations en SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>, sur un trajet optique de 332 mètres en travers de la piste, proche du point d'accélération des avions.
- Un appareil de type optique identique à ceux utilisés dans les stations du canton, qui mesure les concentrations de particules fines PM10 et PM2.5.

Genève aéroport opère également un réseau de 16 capteurs passifs de NO<sub>2</sub> situés en bordure de l'enceinte aéroportuaire et sous les deux axes d'approche des avions, jusqu'à environ 2 kilomètres du seuil de la piste. Ces capteurs sont préparés et analysés par le SABRA, et leurs valeurs participent à l'élaboration de la carte des immissions annuelles de NO<sub>2</sub> présentée au chapitre 4.



Au vu des concentrations observées, le périmètre de l'aéroport correspond à un milieu suburbain du point de vue de la qualité de l'air.

Le tableau récapitulatif ci-dessous donne un aperçu de la qualité de l'air à proximité de l'aéroport en 2021. Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations des polluants principaux (NO<sub>2</sub>, PM10, O<sub>3</sub>) mesurées par la station Eole (en bleu foncé) en comparaison avec les stations fixes du ROPAG (en filigrane).

<sup>12</sup> Des informations complémentaires sur la station Eole sont disponibles sur le site internet : <https://www.gva.ch/fr/Site/Genève-Aéroport/Developpement-durable/impact-environnemental>

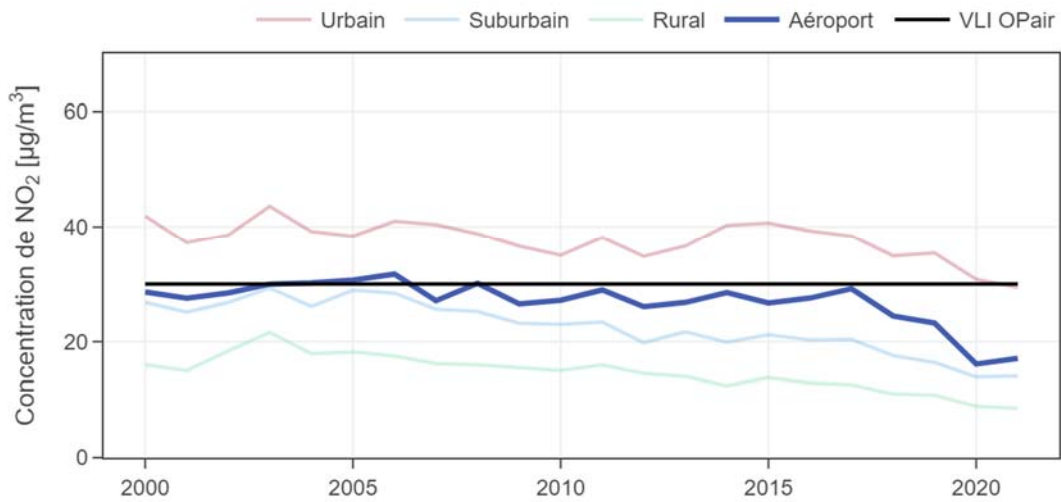
<sup>13</sup> Définition disponible dans le glossaire.



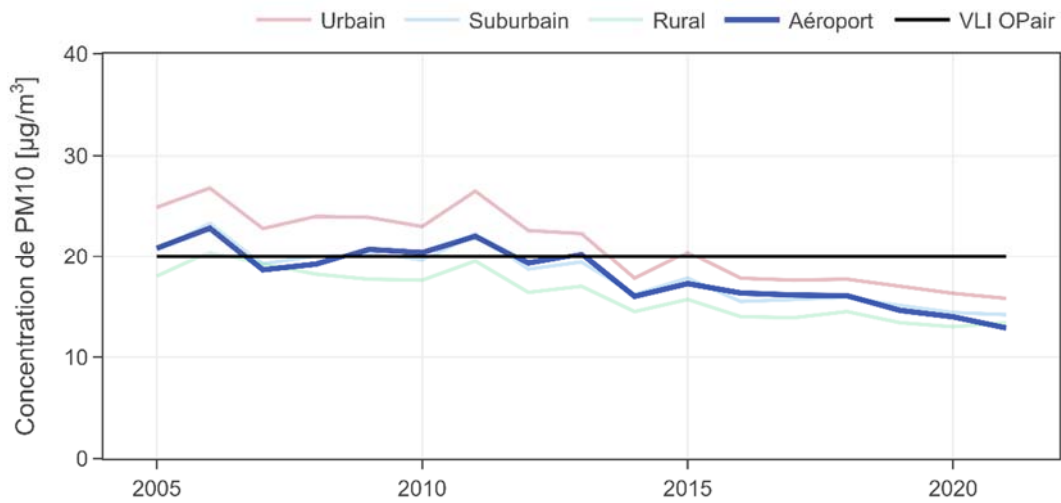
Substance	Paramètre	Unité	Eole	Valeur Limite d'Immission OPair	
NO <sub>2</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	17.1	30 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	49.1	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Nb <sup>l</sup> >80 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	0	80 µg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	49.6	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 98	Janv.	µg/m <sup>3</sup>		72
		Fév.	µg/m <sup>3</sup>		74
		Mar.	µg/m <sup>3</sup>		94
		Avr.	µg/m <sup>3</sup>		113
		Mai	µg/m <sup>3</sup>		103
		Juin	µg/m <sup>3</sup>		121
		Juil.	µg/m <sup>3</sup>		124
		Août	µg/m <sup>3</sup>		113
		Sept.	µg/m <sup>3</sup>		109
		Oct.	µg/m <sup>3</sup>		82
		Nov.	µg/m <sup>3</sup>		61
		Déc.	µg/m <sup>3</sup>		66
Nb <sup>h</sup> >120 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	48	120 µg/m <sup>3</sup>		
PM 10	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	12.9	20 µg/m <sup>3</sup>	
	Nb <sup>l</sup> >50 µg/m <sup>3</sup> (3 Dép/an)	nb	3	50 µg/m <sup>3</sup>	
PM 2.5	Moy. ann.	µg/ m <sup>3</sup>	8.6	10 µg/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	Moy. ann.	µg/m <sup>3</sup>	1.6	30 µg/m <sup>3</sup>	
	Perc. 95	µg/m <sup>3</sup>	4.1	100 µg/m <sup>3</sup>	
	Nb <sup>l</sup> >100 µg/m <sup>3</sup> (1 Dép/an)	nb	0	100 µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub> , PM10, O <sub>3</sub>		IPL	2		

**Tableau 4. Résultats des mesures réalisées à la station Eole en 2021**

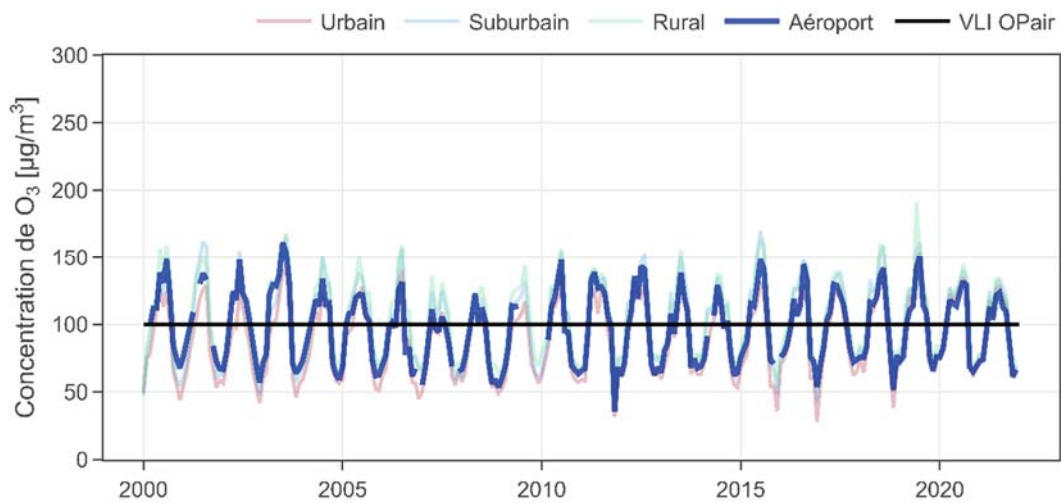
En 2021, la qualité de l'air de l'aéroport continue de s'améliorer. Les concentrations en dioxyde d'azote et en particules fines (PM10 et PM2.5) observées en 2021 sont en nette baisse par rapport à celles de 2019 et des années précédentes, en accord avec la baisse des mouvements aériens de ces derniers deux ans. En effet le trafic aérien s'est considérablement réduit lors de la mise en place de mesures sanitaires ayant le but de limiter la propagation du Covid19, avec une diminution de 47 % du nombre de mouvements en 2021 par rapport à 2019 (99'249 mouvements en 2021 contre 186'043 en 2019). Par rapport à 2020, année très particulière du fait d'importantes mesures sanitaires, les niveaux en NO<sub>2</sub> ont légèrement augmenté en 2021, tandis que pour les PM10 la légère tendance à la baisse se poursuit. Les concentrations d'ozone sont en légère baisse par rapport à 2019 et 2020, une situation inhabituelle essentiellement liée à des conditions météorologiques peu favorables à la formation d'ozone.



**Figure 45.** Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub>



**Figure 46.** Concentration moyenne annuelle de PM<sub>10</sub>



**Figure 47.** Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelle d'O<sub>3</sub>

## Annexe 6. Météorologie et qualité de l'air<sup>14</sup>

### Relation météorologie – qualité de l'air

La qualité de l'air dépend de l'émission de polluants mais aussi, parfois grandement, des conditions météorologiques qui vont notamment influencer le transport, la transformation et la dispersion de ceux-ci, avec pour résultat d'augmenter ou de diminuer les concentrations en polluants. Parmi les paramètres météorologiques d'importance et événements liés on trouve :

**Vent** : si l'atmosphère est calme (vent faible) et que les polluants ne peuvent pas se disperser, la concentration des polluants tend à augmenter. En revanche, lorsque le vent est soutenu, les polluants peuvent se disperser.

**Précipitations** : les précipitations peuvent lessiver l'atmosphère et faire baisser les concentrations (en particulier les particules fines). Toutefois l'interaction des polluants avec la pluie peut produire des pluies acides qui à leur tour peuvent polluer les sols.

**Ensoleillement** : l'ensoleillement, de manière plus marquée en période estivale, engendre des réactions photochimiques sur des polluants dits « précurseurs » (NO<sub>x</sub>, COV, ...) et contribue notamment à la formation d'ozone, laquelle disparaît en bonne partie la nuit et de manière plus prononcée en milieu urbain.

**Température** : la température joue un rôle important et complexe :

- 1) Combinées à un fort ensoleillement, des températures élevées (canicule) accentuent les processus photochimiques (smog estival). De plus, un temps chaud tend à augmenter la volatilité des COV (polluants précurseurs).
- 2) Des températures froides peuvent faire augmenter indirectement les émissions polluantes par le biais du chauffage.
- 3) Air instable ou stable : selon que la température diminue avec l'altitude ou augmente avec l'altitude, l'atmosphère sera respectivement instable ou stable.
  - a. L'instabilité, notamment renforcée par le réchauffement diurne des couches près du sol, permet de disperser les polluants par convection. Cette instabilité peut donner des orages en été.
  - b. L'atmosphère est dite « stable » si l'air est plus chaud en altitude que l'air situé près de la surface terrestre. On parle « d'inversion de température », laquelle agit comme un couvercle qui piège toutes sortes d'aérosols. En hiver, en situation de haute-pression, la température peut afficher 0° à Genève et de +4° à +8° sur le Jura.

**Sand Dust Event (SDE)** : Un épisode de sable (SDE) est un phénomène naturel d'import de poussière désertique qui induit un apport de particules minérales grossières. En cas de fort courant du sud d'importantes quantités de sable du Sahara peuvent être transportées de l'Afrique vers l'Europe, sur plusieurs milliers de kilomètres. Ces événements de sable saharien peuvent faire augmenter la concentration de particules fines dans nos régions. Parfois ces nuages de poussière ne font que transiter au-dessus de nos régions. Des mesures en altitude (station de la Jungfrau) et des ceilmètres de MétéoSuisse (technique LIDAR<sup>15</sup>) permettent aussi de détecter les SDE.

En résumé, les situations météorologiques qui réunissent les conditions les plus défavorables pour la qualité de l'air sont les situations de haute-pression (anticyclonique), lesquelles produisent un temps sec, peu ventilé au cœur de la haute-pression, ensoleillé en été en plaine et en montagne, ensoleillé pour l'essentiel en montagne à la saison froide. Au contraire, des situations perturbées accompagnées de vent et de précipitations contribuent généralement à améliorer la qualité de l'air. Les situations de fort vent contribuent à diminuer les concentrations de polluants, mais en hiver une situation de faible bise peut toutefois s'accompagner d'une péjoration de la qualité de l'air.

---

<sup>14</sup> Cette annexe a été réalisée en collaboration avec MétéoSuisse.

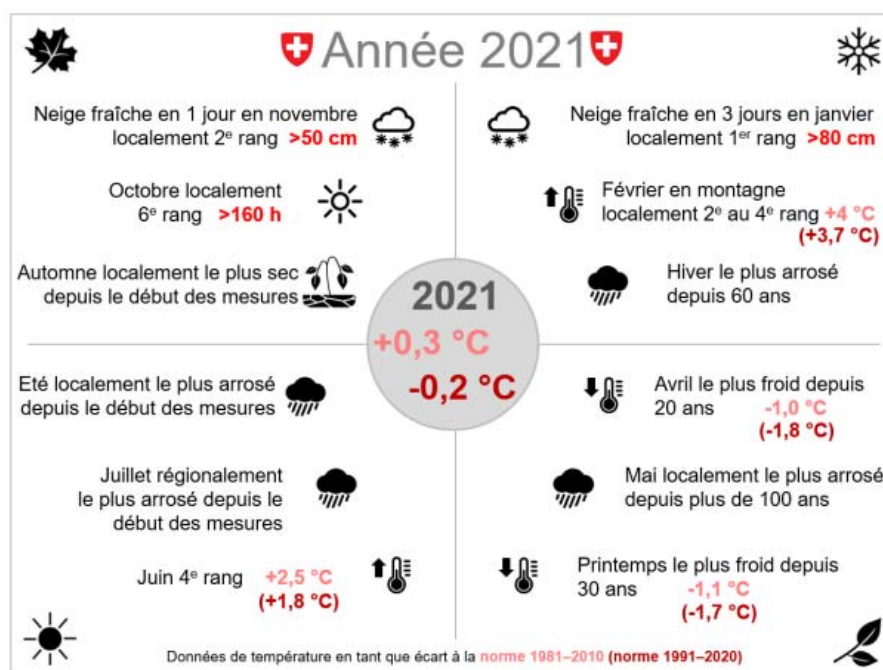
<sup>15</sup> Light Detection And Ranging (détection de lumière résolue en distance).

## La météorologie de l'année 2021

### Echelle annuelle

En moyenne nationale, la température par rapport à la nouvelle norme 1991-2020 en usage à compter de 2022, a montré un écart légèrement négatif, tant au nord des Alpes qu'à Genève. A noter qu'un réchauffement de 0.5 °C sépare les deux périodes normées (1981-2010 et 1991-2020).

L'année 2021 a été marquée par de nombreuses précipitations au nord des Alpes et sur l'ouest du Valais.



**Figure 48.** Evénements spéciaux autour de l'année 2021 en Suisse<sup>16</sup>. Les températures sont indiquées en tant qu'écart par rapport à la norme actuelle 1981-2010 (rouge clair) et à la norme 1991-2020 (rouge foncé). La norme 1991-2020 est utilisée de manière standard à partir de 2022

### Echelle mensuelle :

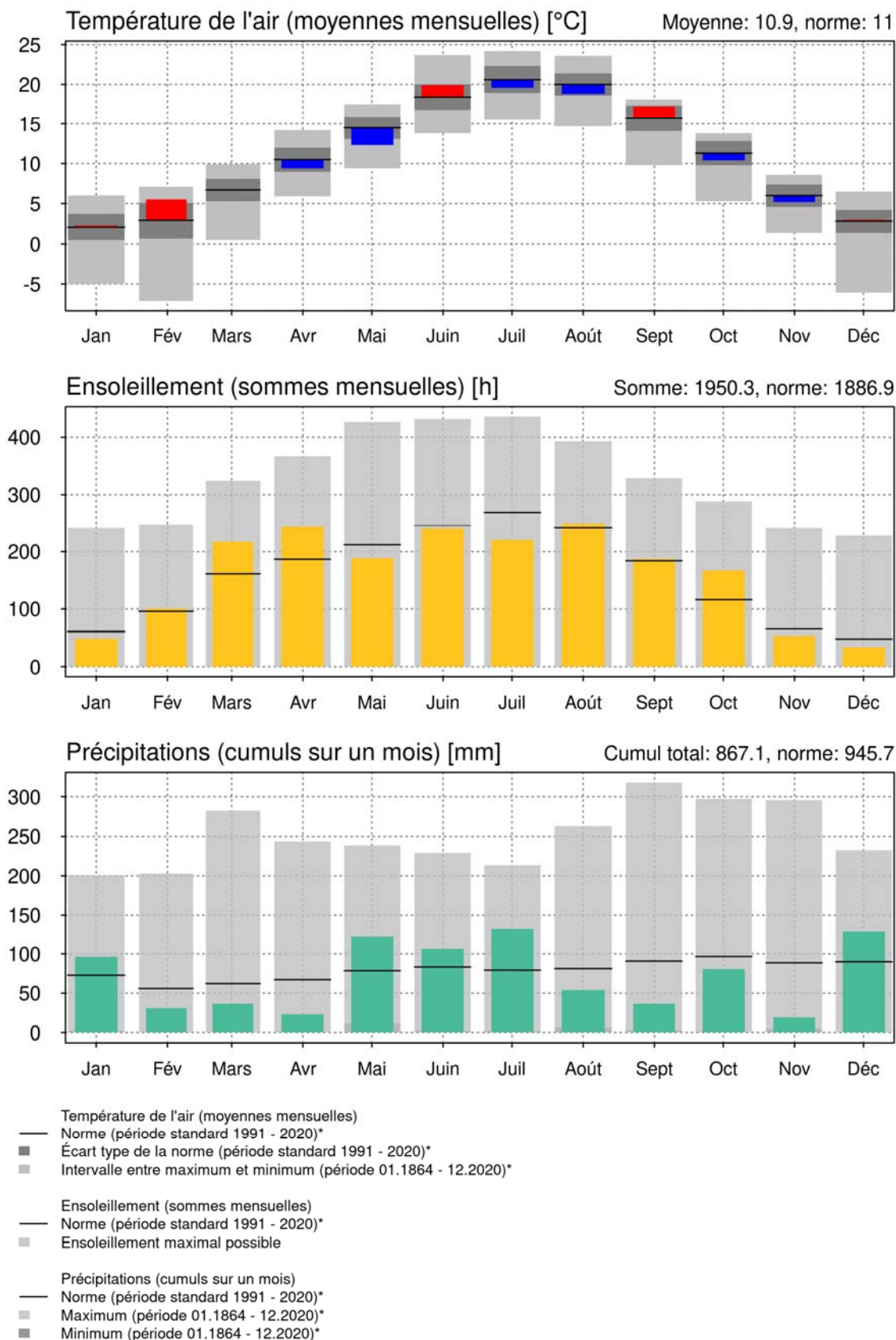
La station de Genève-Cointrin montre un léger déficit, mais la vue à l'échelle de la région lémanique, montre des précipitations légèrement au-dessus de la norme. L'automne s'est souvent montré sec et ensoleillé.

<sup>16</sup> MétéoSuisse 2021- Bulletin climatologique année 2021, Genève.

# Genève / Cointrin

Jan 2021 - Déc 2021

411 m  
46.25 N, 6.13 E



**Figure 49.** Evolution météorologique de l'année 2021 en comparaison avec la norme 1991–2020

Mois	Description (selon norme 1991 – 2020)
<b>Janvier</b>	Globalement hivernal, quelques journées glaciales et des épisodes neigeux actifs. <i>Genève</i> : température dans la norme (+0.2 °C), ensoleillement déficitaire (80 %), précipitations excédentaires (132 %) nombre de jour de gel et hivernaux inférieurs à la norme.
<b>Février</b>	Doux en moyenne montagne, quelques records de températures. Deux épisodes majeurs de sable saharien (SDE). <i>Genève</i> : nettement plus chaud que la norme (+2.6 °C), ensoleillement dans la norme (105 %), précipitations déficitaires (55 %) et nombre de jour de gel (-10.9 jours) inférieurs à la norme.
<b>Mars</b>	Doux au début, puis hivernal avec d'importants épisodes neigeux au nord, et redoux en fin de mois. <i>Genève</i> : température dans la norme (+0.2 °C), ensoleillement excédentaire (135 %), précipitations déficitaires (59 %).
<b>Avril</b>	Un des plus froid des 20 dernières années. Bise persistante et nombreux gels. Plutôt sec mais ensoleillé. <i>Genève</i> : température nettement inférieure à la norme (-1.1 °C), ensoleillement excédentaire (130 %), précipitations très déficitaires (34 %).
<b>Mai</b>	Frais et souvent pluvieux au nord. Un des plus humides depuis le début des mesures. <i>Genève</i> : température nettement inférieure à la norme (-2.2 °C), ensoleillement déficitaire (89 %), précipitations nettement excédentaire (155 %).
<b>Juin</b>	4 <sup>ème</sup> mois de juin le plus chaud. Pendant la dernière décade nombreux orages. <i>Genève</i> : température supérieure à la norme (+1.5 °C), ensoleillement dans la norme (98 %), précipitations nettement excédentaire (128 %).
<b>Juillet</b>	Pluvieux et orageux, nombreuses inondations et crues de lacs et rivières. Pour de nombreuses régions, un des mois de juillet le plus humide. Fin juillet retour à des conditions plus estivales. <i>Genève</i> : température nettement inférieure à la norme (-1.0 °C), ensoleillement déficitaire (82 %), précipitations excédentaires (167 %).
<b>Août</b>	Plus frais que la norme, pluies plutôt déficitaires, sauf aux Grisons. Ensoleillement déficitaire au nord. <i>Genève</i> : température nettement inférieure à la norme (-1.2 °C), ensoleillement dans la norme (103 %), précipitations déficitaires (67 %).
<b>Septembre</b>	Le plus ensoleillé et le plus doux des 60 dernières années. Déficit de pluie d'environ 70 %. <i>Genève</i> : température supérieure à la norme (+1.5 °C), ensoleillement dans la norme (102 %), précipitations nettement déficitaires (40 %).
<b>Octobre</b>	Très ensoleillé. Déficit de pluie de 50 % à 70 %. <i>Genève</i> : température inférieure à la norme (-0.9 °C), ensoleillement excédentaire (144 %) avec le 6 <sup>ème</sup> mois d'octobre le plus ensoleillé, précipitations légèrement déficitaires (83 %).
<b>Novembre</b>	Longue période de stratus, sinon très ensoleillé. Au début et à la fin du mois des épisodes neigeux. <i>Genève</i> : température nettement inférieure à la norme (-0.8 °C), ensoleillement déficitaire (82 %), précipitations très déficitaires (22 %).
<b>Décembre</b>	Au début des épisodes neigeux actifs, ensuite période de soleil en montagne et stratus en plaine. Pour finir très doux, pluie jusqu'à 2500 m. Maximum 15°C au nord, 19°C au Sud. <i>Genève</i> : température (-0.2 °C) , ensoleillement et précipitations dans la norme (92 %), nombre de jour de gel proche de la norme (+1 jour), nombre de jours hivernaux inférieurs (- 1.9 jours).

**Tableau 5.** Récapitulatif mensuel de la météorologie pour l'année 2021 en comparaison avec la norme 1991–2020. En rouge les valeurs en dessus de la norme et en bleu celles en dessous de la norme

## Evénements particuliers

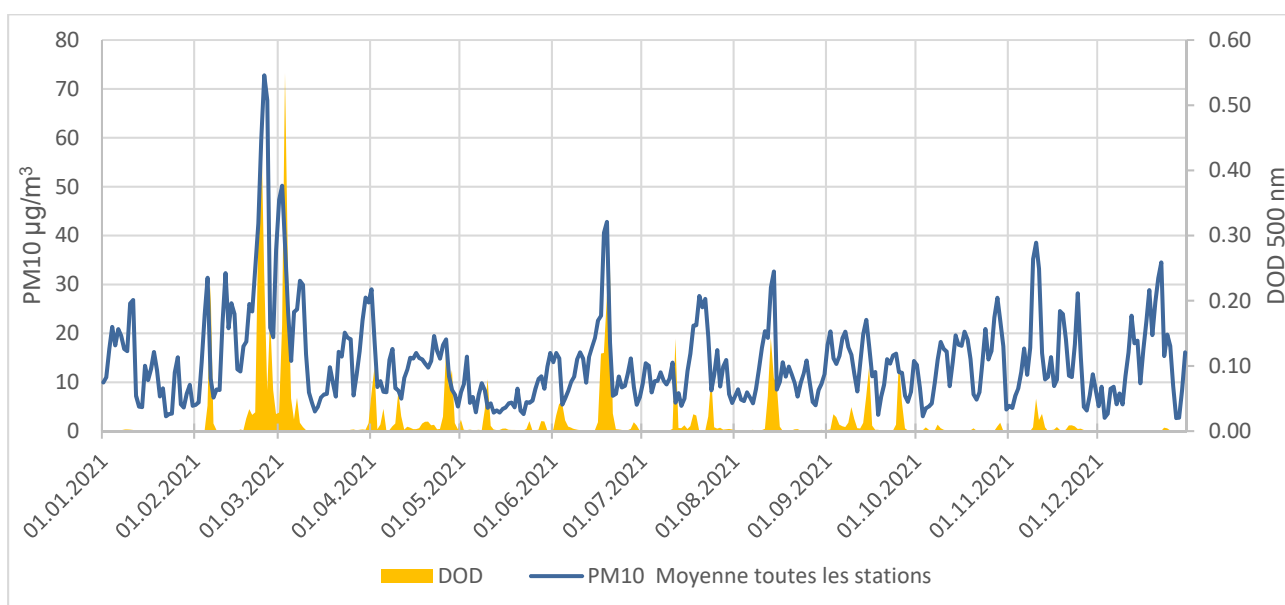
### Inversions de température en 2021 :

Plusieurs épisodes d'inversions de température se sont produits dans les mois d'hiver et d'automne. La plupart de ces épisodes ont donné des inversions faibles à modérées. Le seul épisode continu de temps stable, avec des inversions modérées à fortes, une base vers 600 m et des vents faibles, s'est produit à la fin du mois de février, lequel a contribué aux pics de PM10 dépassant la limite journalière de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce pic a été lié à un épisode de sable saharien SDE.

Le nombre d'inversion hiver-automne en 2021 a été assez similaire à celui de 2020.

### SDE en 2021 :

La figure ci-dessous montre la moyenne de PM10 pour toutes les stations fixes du ROPAG et les SDE, représentés par l'épaisseur optique des poussières (DOD)<sup>17</sup> estimée à partir des observations satellitaires dans le visible (550 nm). Ce paramètre est un indicateur de l'atténuation par des aérosols de type poussière intégré sur une colonne verticale de l'atmosphère ; il varie surtout avec la densité et la taille des aérosols. On constate un fort import de sable (DOD supérieur à 0.2) vers fin février-début mars qui a engendré une augmentation de particules fines.

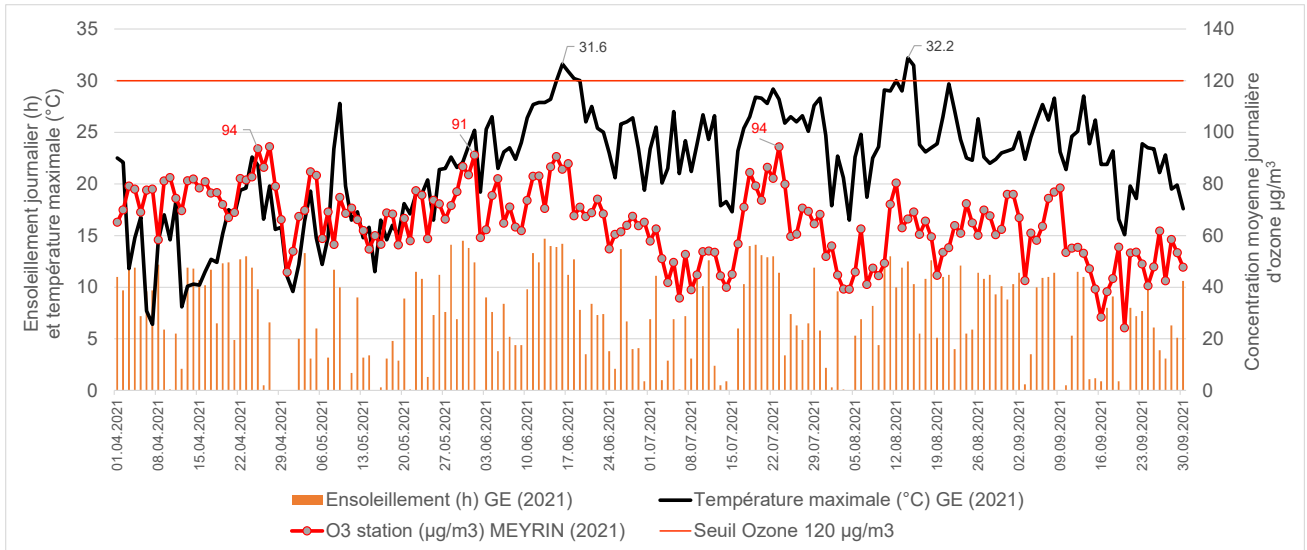


**Figure 50.** Comparaison entre les moyennes journalières de toutes les stations fixes ROPAG et les épaisseurs optiques des poussières, DOD (Dust Optical Depth)

### Situations caniculaires :

Avec l'absence de longue période très chaude et un ensoleillement légèrement inférieur à la norme, il n'y a pas eu de pic d'ozone significatif. On dénote seulement des fluctuations au gré des variations météorologiques avec des pics pendant les journées ensoleillées les plus chaudes.

<sup>17</sup> Les DOD ont été modélisées<sup>17</sup> à partir de différents modèles de prévision (Multi Model) par le WMO Barcelona Dust Regional Center et les partenaires du Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS) pour Afrique du Nord, Moyen-Orient et Europe.



**Figure 51.** Evolution de la température maximale (°C), de l'ensoleillement (h) (station Météosuisse de l'aéroport de Genève) et de la concentration moyenne journalière d'ozone (station ROPAG de Meyrin) du 01.04 au 30.09.2021



## Annexe 7. Généralités sur les différents polluants

### Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), terme qui comprend le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), résultent de la décomposition et de la recombinaison, à haute température, de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air. Ils sont issus principalement des processus de combustion (carburants dans les moteurs de voitures et combustibles dans les chaufferies) et d'incinération.

L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs et l'évolution des normes Euro, ainsi que les efforts de dépollution de différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au  $\text{NO}_2$ . Cette baisse se poursuit mais de manière moins sensible depuis le début des années 2000.

Le  $\text{NO}_2$  est un gaz particulièrement oxydant. Des études en laboratoire montrent qu'avec les concentrations rencontrées en atmosphère polluée, les personnes souffrant d'asthme peuvent subir une augmentation des réactions bronchiques ; pour les sujets sains, le seuil se situe beaucoup plus haut. Le  $\text{NO}_2$  est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affections cardio-vasculaire et respiratoire.

Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les  $\text{NO}_x$  modifient la biodiversité au détriment des plantes peu adaptées aux substrats azotés.

Les  $\text{NO}_x$ , en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux - comme 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 -  $\text{NO}_x$ ) ainsi que des émanations de solvants ou de carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet du soleil. En ce sens, l'ozone est différent des autres polluants car il n'est pas directement émis 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)<sup>18</sup> 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/m<sup>3</sup>.

---

<sup>18</sup> Voir glossaire dans l'annexe 9.

## Dioxyde de soufre

Le SO<sub>2</sub> provient principalement de procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles soufrés (fiouls industriels et domestiques, diesel, charbon). D'autres procédés industriels tels que le raffinage des hydrocarbures, la fabrication de la pâte à papier, de l'acide sulfurique, de matériaux réfractaires, de tuiles, de briques, sont des émetteurs de SO<sub>2</sub>.

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

Le SO<sub>2</sub> ne pénètre pas très profondément dans les poumons, hormis durant un effort, car il est arrêté à 90 % au niveau du nez et de la gorge. Il peut induire une plus grande sensibilité aux allergènes et favoriser les crises d'asthme.

Le SO<sub>2</sub>, lorsqu'il se dépose, participe à l'acidification des milieux et cause des dommages aux plantes et aux écosystèmes fragiles, entraînant une baisse de la biodiversité.

Le SO<sub>2</sub>, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO<sub>3</sub>. Combinée avec d'autres éléments cette substance en solution transite à travers les pierres poreuses et, à terme, peut les endommager en les faisant éclater.

## Monoxyde de carbone

Le CO - qui se forme lors de procédés de combustions incomplètes, principalement dues à un déficit d'oxygène - est un rejet typique d'une installation (moteur, chauffage, ...) défectueuse ou mal réglée. De par ses propriétés (densité proche de l'air, incolore, inodore) le CO représente un réel danger à l'intérieur des bâtiments. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine et conduit à un manque d'oxygénation des tissus. A des niveaux importants, qui peuvent parfois se rencontrer en milieu urbain, le CO favorise les infarctus et les décès dus à des pathologies cardio-vasculaires<sup>19</sup>.

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

## Retombées de poussières

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

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

---

<sup>19</sup> A des concentrations très élevées (bien au-delà de celles observées dans l'air ambiant) le CO entraîne une mort rapide.

## Annexe 8. 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/ge-environnement-reponses-environnement-energie>

*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.fedlex.admin.ch/fr/>

*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.*

<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 :

<a href="https://www.ne.ch/air">https://www.ne.ch/air</a>	<i>SENE – Service de l'énergie et de l'environnement (canton de Neuchâtel).</i>
<a href="https://www.vd.ch/air">https://www.vd.ch/air</a>	<i>DGE – Direction générale de l'environnement (canton de Vaud).</i>
<a href="https://www.vs.ch/air">https://www.vs.ch/air</a>	<i>SPE – Service de protection de l'environnement (canton du valais).</i>
<a href="https://www.fr.ch/air">https://www.fr.ch/air</a>	<i>SEN – Service de l'environnement. Division protection de l'air (canton de Fribourg).</i>
<a href="https://www.jura.ch/air">https://www.jura.ch/air</a>	<i>ENV – Office de l'environnement (canton du Jura).</i>
<a href="https://www.be.ch/air">https://www.be.ch/air</a>	<i>BECO, Economie bernoise, protection contre les immissions.</i>
<a href="https://www.cerclair.ch/fr">https://www.cerclair.ch/fr</a>	<i>Cercl'Air – Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air.</i>
<a href="https://feinstaub.ch/fr">https://feinstaub.ch/fr</a>	<i>Site Cercl'Air consacré aux poussières fines.</i>
<a href="https://ozon-info.ch/">https://ozon-info.ch/</a>	<i>Site Cercl'Air consacré à l'ozone.</i>
<a href="http://www.transalpair.eu">http://www.transalpair.eu</a>	<i>Collaboration transfrontalière de surveillance de la qualité de l'air.</i>
<a href="https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr">https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr</a>	<i>Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.</i>
<a href="https://www.atmo-bfc.org/">https://www.atmo-bfc.org/</a>	<i>Atmo Bourgogne Franche-Comté.</i>
<a href="http://www.atmo-grandest.eu">http://www.atmo-grandest.eu</a>	<i>Atmo Grand Est.</i>

## 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>

### Air2G<sup>2</sup>



Android : <https://play.google.com/store/apps/details?id=app.air2g2.app>

iOS : <https://apps.apple.com/fr/app/apple-store/id1478246102>

### MétéoSuisse



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

iOS : <https://apps.apple.com/ch/app/meteoswiss/id589772015>

## Annexe 9. Glossaire

### A

#### Absorption

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

#### 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.

#### CHIMERE

Outil permettant de modéliser le transport atmosphérique des polluants. Il est paramétré sur la base des données météorologiques et des émissions polluantes.

#### Chimiluminescence

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

Dans l'analyse de la qualité de l'air, ce phénomène est utilisé pour mesurer des concentrations de NO<sub>x</sub>.

Suite à la réaction entre NO et O<sub>3</sub> (qui est rapide et complète en présence d'un excès de O<sub>3</sub>) une molécule de NO<sub>2</sub> excitée est formée. Cette molécule va se désexciter en émettant un rayonnement dans le proche infrarouge.

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

Si l'on veut mesurer une concentration en NO<sub>2</sub>, il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur, puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO<sub>2</sub> et le luminol).

#### Composés organiques volatils (COV)

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

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

#### Sources principales

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

### Effets

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

### **Composition de l'atmosphère**

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

#### Molécules

Azote (N<sub>2</sub>) : 78.1 %

Oxygène (O<sub>2</sub>) : 20.9 %

Argon (Ar) : 0.9 %

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

Et

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

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

#### Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

## D

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

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

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

Il est émis lors de toute combustion.

#### Sources principales

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

#### Effets

Dans les concentrations actuelles, le CO<sub>2</sub> ne présente pas un danger pour la santé mais pour le climat, car étant l'un des principaux gaz à effet de serre.

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

*Synonyme : Anhydride sulfureux.*

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

#### Sources principales

Chauffages industriels et domestiques.

#### Effets

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

### **Direction (- horizontale - du vent)**

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

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

### **DOAS**

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

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

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

## E

### **Emissions**

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

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

## F

### **FUV**

Acronyme pour « Fluorescence UV ».

Lorsqu'elles sont soumises à un rayonnement UV qui va les porter dans un état excité, certaines molécules (comme par exemple le SO<sub>2</sub>) peuvent céder ce supplément d'énergie par fluorescence.

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

## G

### **Gravimétrie**

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

#### Pesée

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume de 720 m<sup>3</sup> d'air extérieur à analyser en 24 h à travers un filtre en fibre de quartz de 15 cm de diamètre.

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

Cette méthode de référence répond à la norme EN 12341.



### Microbalance

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

## H

### 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 (NO<sub>2</sub>), particules fines (PM10) et ozone (O<sub>3</sub>).

Ces deux indices comportent six niveaux :

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

Informations sur : <https://cerclair.ch/fr/empfehlungen>

### 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.

## K

### Krigeage

Le krigeage est une méthode qui permet d'effectuer des estimations spatiales linéaires entre les points de mesure connus afin de déterminer une valeur en tout point de l'espace tout en minimisant la variance. Elle utilise pour cela un variogramme qui doit être paramétrées sur la base des mesures.

## L

### LPE

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

Cette loi fédérale a été adoptée à l'unanimité le 7 octobre 1983 et est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> février 1985 et a été renforcée plusieurs fois.

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

# M

## Métaux lourds

Se dit des éléments chimiques dont la masse spécifique est supérieure à 5'000 kg/m<sup>3</sup>. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 %, c.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

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

### Zinc

#### Sources principales

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

#### 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<sub>x</sub>).

## Monoxyde de carbone (CO)

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

#### Sources principales

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

#### Effets

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

La moyenne journalière est exprimée en milligramme par mètre cube (mg/m<sup>3</sup>) contrairement aux autres polluants dont l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>).

## Moyennes

### Moyenne semi-horaire

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

### Moyenne horaire maximale

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

### Moyenne journalière

La moyenne journalière se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une journée. Pour valider la moyenne journalière, il faut au moins 39 moyennes semi-horaires.

### Moyenne annuelle

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

La 1<sup>ère</sup> version date du 16 décembre 1985, et découle de la LPE – Loi sur la protection de l'environnement du 12 octobre 1983.

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis sa création.

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

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

Etant donné que le NO s'oxyde rapidement en NO<sub>2</sub>, la totalité des émissions est exprimée en dioxyde d'azote.

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



En combinaison avec les composés organiques volatils, et sous l'action de l'énergie solaire, les NO<sub>x</sub> interviennent dans la formation de l'ozone troposphérique.

#### Sources principales

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

- Installations de combustion.

#### Effets

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

### Oxydes de carbone

Cf. Monoxyde de carbone (CO), Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

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

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

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

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

- Dans la stratosphère, par un processus photochimique.
- Dans la troposphère, par une transformation photochimique due à la présence de NO<sub>x</sub>, 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/m<sup>3</sup>, mesurée dans une agglomération du nord des Alpes, se compose aujourd'hui comme suit :

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

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

60 µg/m<sup>3</sup> (± 60 µg/m<sup>3</sup>) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1'000 km).

40 µg/m<sup>3</sup> (± 20 µg/m<sup>3</sup>) : Ozone produit localement (dicté par les émissions produites dans un rayon de 50 km) ».

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

#### Sources principales

- Trafic.
- Industrie et artisanat.

#### Effets

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

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

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

## P

### Percentile 95, Percentile 98

Cf. Moyenne.

### Plomb

Cf. Métaux lourds.

### Poussières - PM 10 - PM 2.5

Les poussières parviennent dans l'atmosphère par les 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 : éclairement énergétique solaire dirigé vers le sol reçu par une surface horizontale, provenant de tout l'hémisphère à l'exception de l'angle solide limité au disque solaire.

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

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

#### Milieu urbain

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

#### 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).

## **S**

### **SIRANE**

Logiciel de dispersion des polluants en milieu urbain. Il permet de cartographier les immissions polluantes à l'échelle d'une rue ou d'un quartier.

### **Smog**

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

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

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

## **T**

### **Température**

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

### **Thallium**

Cf. *Métaux lourds*.

## U

### Unités de mesure

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

Les résultats peuvent aussi être exprimés en :

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

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

## V

### Valeurs limites d'immission (VLI)

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

#### VLI à court terme

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

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

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

#### VLI à long terme

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

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

Elles ne doivent pas être dépassées.

### Vent

C'est un déplacement de l'air.

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

## Z

### Zinc

Cf. Métaux lourds.

## Pour obtenir des informations complémentaires

### **GE-Environnement**

Chemin de la Gravière 4  
1227 Les Acacias

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

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

Avenue de Sainte-Clotilde 23  
1205 Genève

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

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