

Qualité de l'air

2023



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

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

Qualité de l'air 2023



OFFICE CANTONAL DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE DE L'AIR, DU BRUIT ET DES
RAYONNEMENTS NON IONISANTS
mai 2024

Sommaire

L'essentiel en bref	2
1. La mesure de la qualité de l'air à Genève	3
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation des stations du ROPAG	4
2. Vue d'ensemble de la qualité de l'air	5
2.1 Tableau résumé des mesures en 2023	5
2.2 Indices de pollution de l'air à court terme	6
2.3 Indice de pollution à long terme	7
3. Evolution de la qualité de l'air	8
3.1 Dioxyde d'azote (NO ₂)	8
3.2 Ozone (O ₃)	10
3.3 Poussières fines (PM10 et PM 2.5)	11
3.4 Dioxyde de soufre (SO ₂)	14
3.5 Monoxyde de carbone (CO)	16
3.6 Retombées de poussières	16
4. Capteurs passifs : Mesure de NO ₂	19
4.1 Introduction	19
4.2 Emplacements – Valeurs 2023	19
4.3 Cartographie	21
5. Focus : 50 ans de mesures de l'air à Genève avec le ROPAG (1973-2023)	23
5.1 Introduction	23
5.2 Mission	23
5.3 Evolution	24
5.4 Composition actuelle du réseau	27
Annexes	28
Annexe 1. Résultats détaillés des mesures par station	29
Annexe 2. Stations mobiles	41
Annexe 3. Réseau de mesure de l'aéroport de Genève	43
Annexe 4. Météorologie et qualité de l'air	46
Annexe 5. Stations fixes et paramètres mesurés	51
Annexe 6. Mesure des immissions	56
Annexe 7. Généralités sur les différents polluants	58
Annexe 8. Information sur la qualité de l'air	61
Annexe 9. Glossaire	64

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

L'essentiel en bref

Le rapport "Qualité de l'air 2023" fournit une synthèse des mesures effectuées dans le canton de Genève en 2023 par le réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) ainsi que l'évolution de la situation sur les dernières décennies.

L'analyse des données indique que la qualité de l'air mesurée en 2023 s'inscrit dans la tendance favorable notée ces dernières années, bien que les exigences légales ne soient pas encore totalement satisfaites, en particulier pour les particules fines et l'ozone.

Dioxyde d'azote (NO₂)

En 2023, les concentrations de NO₂ mesurées continuent leur tendance à la baisse sur l'ensemble du territoire. La valeur limite d'immission (VLI) annuelle de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) est respectée dans toutes les stations de mesure et à tous les emplacements des capteurs passifs, avec les valeurs mesurées les plus basses en milieu rural. La modélisation cartographique du NO₂ indique toutefois des concentrations encore excessives à proximité des voies de circulation à fort trafic. Enfin, comme c'est le cas depuis plusieurs années, la VLI OPair journalière est respectée à toutes les stations.

Ozone (O₃)

Comme les années précédentes, des concentrations excessives d'O₃ ont été mesurées sur l'ensemble du canton en 2023, les valeurs les moins élevées ayant été enregistrées en milieu urbain. Les dépassements de la VLI OPair horaire ont été mesurés entre mars et septembre. Bien que le nombre des dépassements en 2023 soit légèrement inférieur à celui de 2022, il demeure notablement supérieur à celui observé au cours des années précédentes. Des conditions météorologiques fréquemment caniculaires de juin à septembre ont favorisé la formation de ce polluant.

Poussières fines (PM₁₀ et PM_{2.5})

En 2023, les concentrations en PM₁₀ sont les plus faibles observées depuis le début des mesures en 1998. La VLI OPair annuelle est respectée dans tous les milieux. Cependant, des conditions météorologiques, marquées par des épisodes significatifs d'inversion de température entre février et mars, ont entraîné des dépassements de la VLI OPair journalière. De ce fait, le maximum légal de trois dépassements par an et par station n'a pas été respecté.

Enfin, les VLI des concentrations annuelles de PM_{2.5} sont respectées, pour la première fois, à toutes les stations de mesure du canton.

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

Les concentrations de SO₂, de CO, du total des retombées de poussières, ainsi que des métaux lourds dans les retombées de poussières (plomb, cadmium, zinc et thallium) et dans les PM₁₀ (plomb et cadmium) respectent leurs VLI OPair sur tous les sites de mesure 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 immissions¹ 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 version actuelle 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 cinq décennies, a pour mission d'analyser la qualité de l'air, d'en suivre l'évolution et d'informer la population.

Ces mesurages permettent de connaître la situation actuelle de la qualité de l'air et son évolution sur le territoire genevois, ainsi que de déterminer si les VLI OPair sont respectées. En cas de dépassement, les autorités cantonales doivent mettre en place un plan de mesures d'assainissement de l'air², selon les articles 31 à 34 de l'OPair et avec pour objectif de respecter les valeurs légales.

¹ Voir définition dans l'Annexe 6.

² 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

Quatre stations de mesure fixes^{3,4} sont utilisées pour la surveillance de la qualité de l'air.

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.

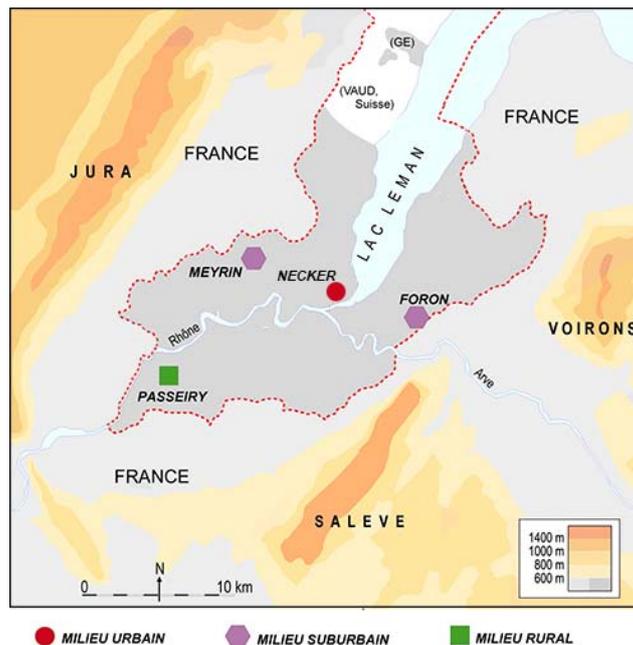


Figure 1. Emplacement des stations fixes du ROPAG

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 se trouve à 40 mètres.

2. Milieu suburbain - périphérie

La station de **Meyrin** se trouve à proximité de la zone industrielle (ZIMEYSAVER) 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.

³ A noter que ce réseau de stations de mesure fixes est complété par deux stations de mesure mobiles mises en service en 2021 pour réaliser des campagnes de mesure localisées sur des durées limitées (allant jusqu'à une année) – ces dernières sont décrites dans l'Annexe 2.

⁴ Des informations complémentaires à celles fournies ci-dessous sont données dans l'annexe 5.

2. Vue d'ensemble de la qualité de l'air

2.1 Tableau résumé des mesures en 2023

Substance	Paramètre	Unité	Stations de mesure				Valeur Limite d'Immission OPair	
			Urbaine	Suburbaines		Rurale		
			Necker	Foron	Meyrin	Passeiry		
NO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	28.4	13.3	12.0	7.5	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	59.3	39.2	22.9	23.4	100 µg/m ³	
	Nb ⁱ >80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	0	0	0	80 µg/m ³	
O ₃	Moy. ann.	µg/m ³	48.1	56.8	56.3	58.0	100 µg/m ³	
	Perc. 98	Janv.	µg/m ³	67	76	76		79
		Fév.	µg/m ³	69	77	79		80
		Mar.	µg/m ³	86	97	96		101
		Avr.	µg/m ³	94	102	99		99
		Mai	µg/m ³	109	125	125		120
		Juin	µg/m ³	129	143	139		142
		Juil.	µg/m ³	114	127	118		124
		Août	µg/m ³	114	134	128		138
		Sept.	µg/m ³	128	142	141		135
		Oct.	µg/m ³	78	89	86		93
		Nov.	µg/m ³	67	76	71		79
Déc.	µg/m ³	65	72	72	78			
Nb ^h >120 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	93	347	278	307	120 µg/m ³		
PM 10	Total	Moy. ann.	µg/m ³	15.2	13.4	13.1	12.4	20 µg/m ³
		Nb ⁱ >50 µg/m ³ (3 Dép/an)	nb	6	5	4	4	50 µg/m ³
	Pb	Moy. ann.	ng/ m ³	2.9	2.0	1.7	1.5	500 ng/m ³
	Cd	Moy. ann.	ng/ m ³	0.06	0.06	0.05	0.05	1.5 ng/m ³
BaP	Moy. ann.	ng/ m ³	0.13	0.18	0.13	0.10		
PM 2.5	Moy. ann.	µg/ m ³	9.8	8.9	8.5	8	10 µg/m ³	
SO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	1.2	-	-	-	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	2.7	-	-	-	100 µg/m ³	
	Nb ⁱ >100 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	100 µg/m ³	
CO	Moy. ann.	mg/m ³	0.3	-	-	-		
	Nb ⁱ >8 mg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	8 mg/m ³	
Pouss.	Total	Moy. ann.	mg/(m ² *j)	39	48	-	30	200 mg/(m ² *d)
	Pb	Moy. ann.	µg/(m ² *j)	14	2	-	2	100 µg/(m ² *d)
	Cd	Moy. ann.	µg/(m ² *j)	0.07	0.03	-	0.04	2 µg/(m ² *d)
	Zn	Moy. ann.	µg/(m ² *j)	74	16	-	8	400 µg/(m ² *d)
	Tl	Moy. ann.	µg/(m ² *j)	0.01	0.009	-	0.01	2 µg/(m ² *d)

NO ₂ , PM10, O ₃	IPL		3	2	2	2
--	-----	--	---	---	---	---

Tableau 1. Résultats des mesures réalisées en 2023

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^h : Nombre de moyennes horaires.

Nbⁱ : Nombre de moyennes journalières.

j : Jour.

Pouss. : Retombées de poussières.

IPL : Indice de Pollution à Long terme (cf. glossaire à l'Annexe 9).

2.2 Indices de pollution de l'air à court terme

L'indice de pollution de l'air à court terme (IPC)⁵ est l'indicateur journalier de référence en Suisse déterminé à partir des concentrations de trois polluants : O₃, PM10 et NO₂. Il permet d'objectiver la pollution de l'air au moyen d'une seule valeur agrégée allant de 1 à 6. Un indice supérieur ou égal à 3 indique le dépassement d'au moins une des VLI OPair.

Indice	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

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 2023 et selon le milieu considéré. L'année 2023 présente 300 jours de pollution de l'air avec une charge polluante "faible" à "modérée" et 65 jours "significative" à "élevée"⁶. Deux jours ont atteint une charge polluante "élevée" cette année à l'occasion de pics d'ozone estivaux.

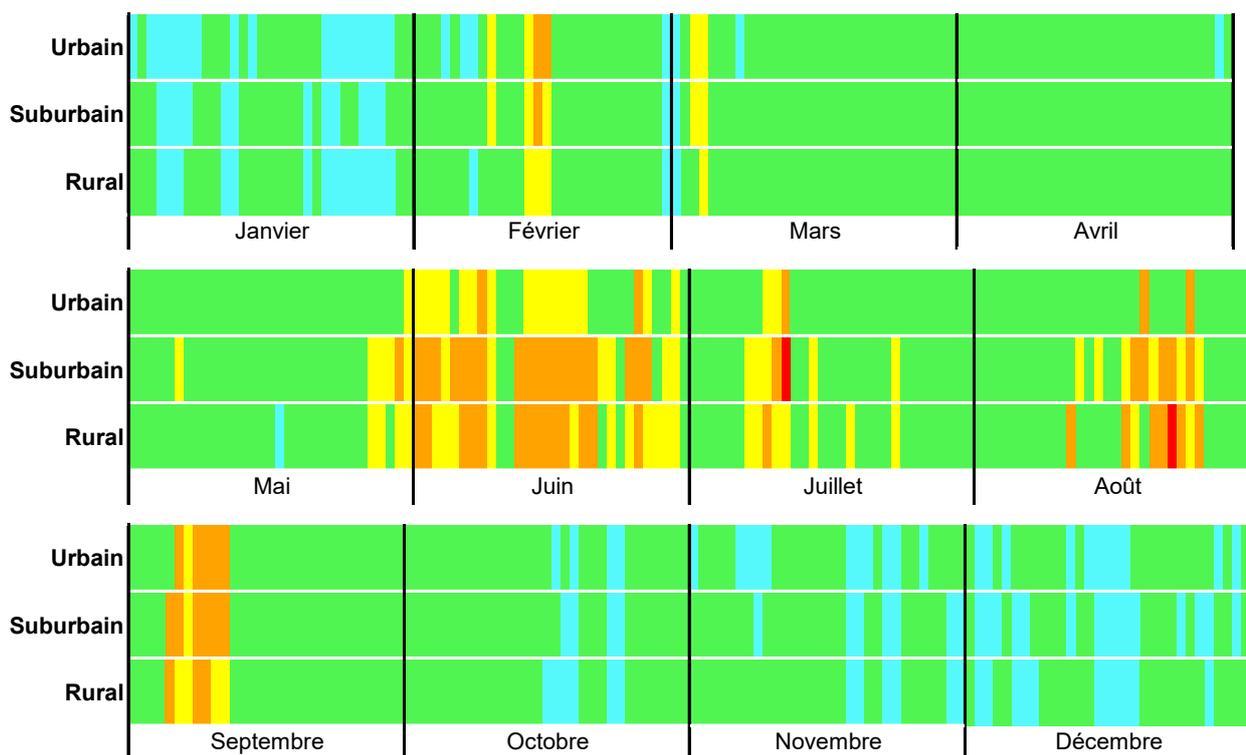


Figure 3. Variations journalières de l'IPC par milieu en 2023

⁵ 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>.

⁶ Pour chaque jour, l'indice le plus élevé des trois milieux est pris en compte.

La figure ci-dessous résume les résultats de la figure précédente en montrant comment les indices se répartissent sur l'année.

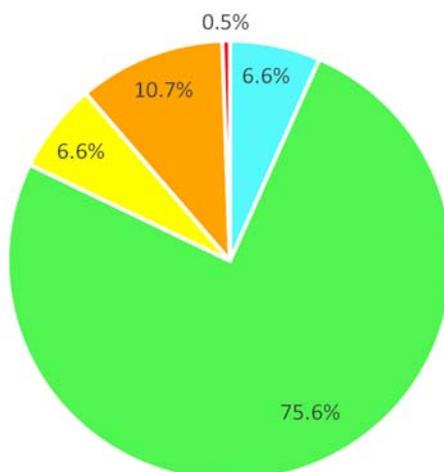


Figure 4. Proportion des IPC maximaux en 2003

2.3 Indice de pollution à long terme

L'indice de pollution de l'air à long terme (IPL)⁷ est l'indicateur annuel de référence en Suisse déterminé à partir des concentrations de trois polluants : O₃, PM₁₀ et NO₂. Il permet d'objectiver la pollution de l'air au moyen d'une seule valeur agrégée allant de 1 à 6.

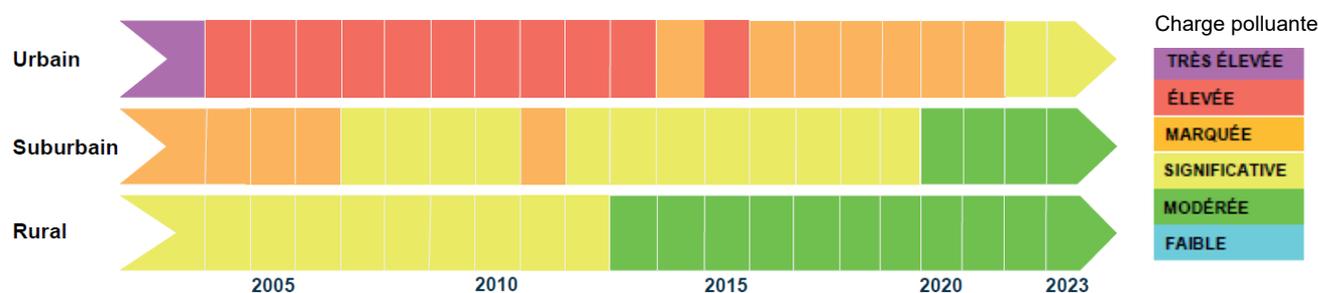


Figure 5. Variations annuelles de l'IPL par milieu depuis 2003

Comme le montre cette figure, la qualité de l'air s'est notablement améliorée au cours des deux dernières décennies.

⁷ La méthode de calcul de cet indice est définie dans la recommandation 27b de Cercl'Air sur son site Internet : <https://cerclair.ch/fr/empfehlungen>.

3. Evolution de la qualité de l'air

Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations des polluants atmosphériques mesurées par le ROPAG aux stations fixes durant les dernières décennies. Par ailleurs, les annexes permettent de compléter ces informations, notamment le glossaire qui définit les termes techniques.

3.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

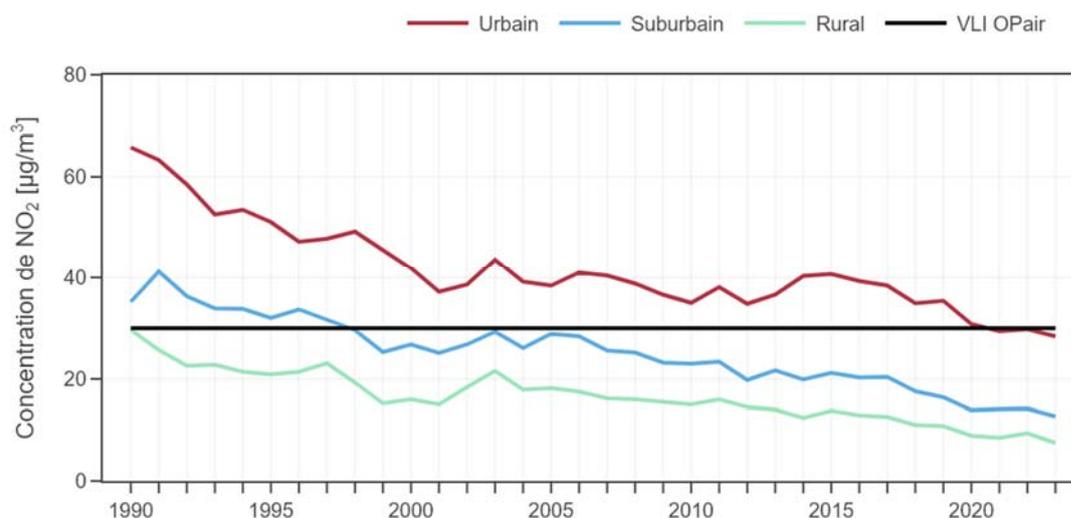


Figure 6. Concentration moyenne annuelle de NO₂

En 2023, la VLI OPair pour la moyenne annuelle (30 µg/m³) est respectée à toutes les stations. La moyenne annuelle se situe juste en dessous de la VLI en milieu urbain pour la troisième année consécutive ; en milieux suburbain et rural, cette limite est respectée depuis plus de deux décennies. La concentration de dioxyde d'azote a régulièrement diminué pour connaître une baisse sensible en 2020, en lien avec les restrictions liées à la pandémie. Après une relative stagnation des concentrations, expliquée par la reprise progressive des activités, on observe le retour à une tendance à la baisse.

Les mesures effectuées au moyen de capteurs passifs confirment cette observation (voir la cartographie du chapitre 4).

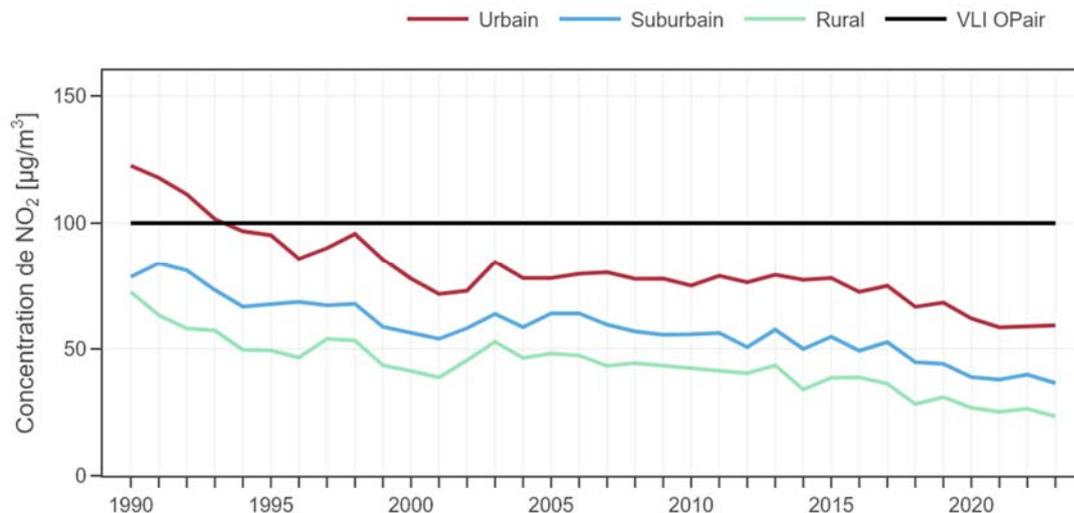


Figure 7. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

Les percentiles 95 (P95) se situent tous en dessous de la VLI OPair annuelle (100 µg/m³) depuis de très nombreuses années sur tout le canton.

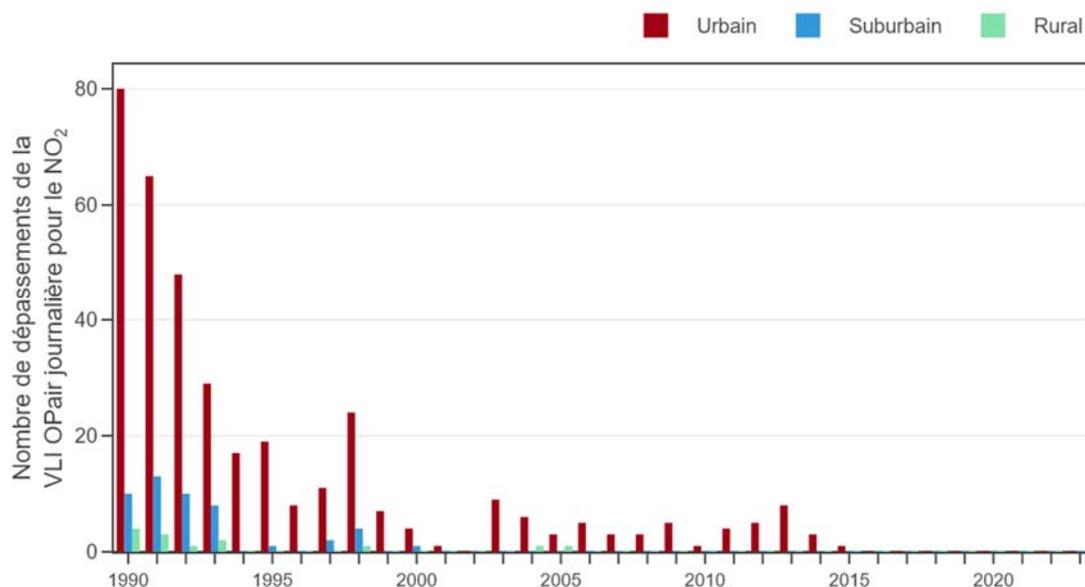


Figure 8. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO₂

En 2023, la moyenne journalière la plus élevée a atteint 71 µg/m³ à la station de Necker le 17 février 2023. Dès lors la VLI OPair journalière pour le NO₂ (80 µg/m³) a été respectée toute l'année à toutes les stations et le maximum légal d'un seul dépassement par an est donc satisfait depuis une dizaine d'années.

3.2 Ozone (O₃)

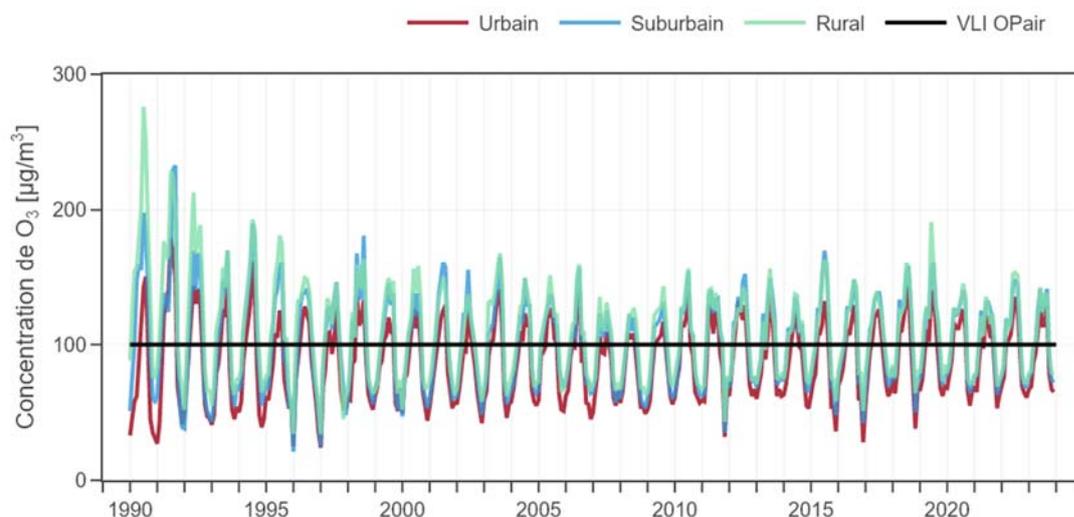


Figure 9. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

En 2023, les percentiles 98 (P98) ont dépassé la VLI OPair mensuelle (100 µg/m³) entre les mois de mars et septembre. Pendant cette période, la concentration d'ozone a augmenté progressivement pour atteindre un P98 maximum de 143 µg/m³ au mois de juin à la station de Foron.

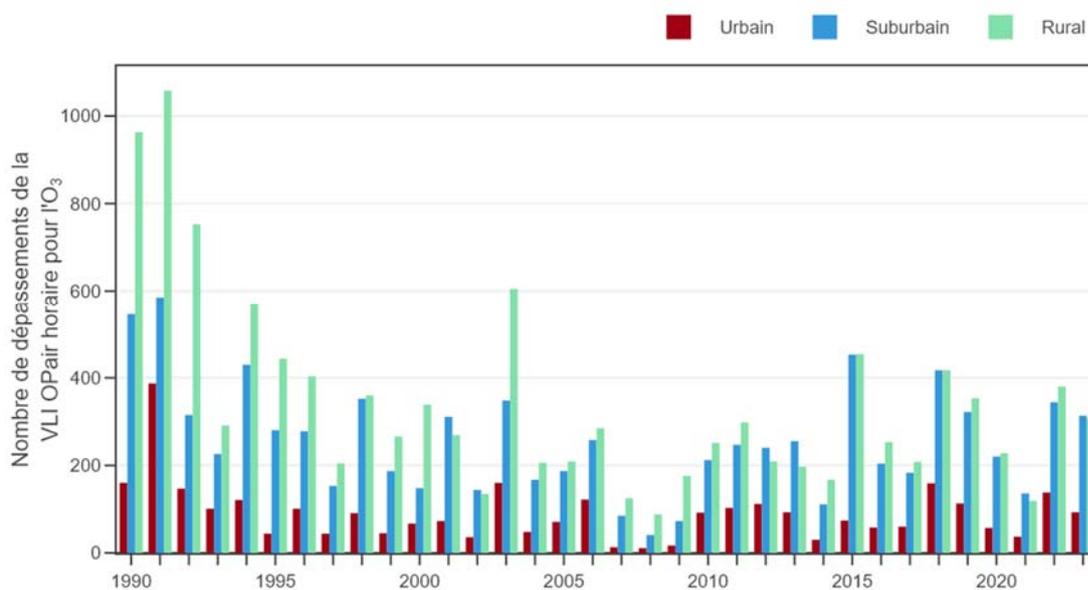


Figure 10. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

En 2023, les premiers dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m³) ont été enregistrés dès le mois de mai et ceux-ci se sont poursuivis jusqu'au mois de septembre dans tous les milieux.

Plus de la moitié de ces dépassements se sont produits au mois de juin, celui-ci ayant connu un ensoleillement exceptionnel. Les valeurs les plus élevées ont néanmoins été mesurées aux mois de juillet et d'août lors de périodes particulièrement chaudes et ensoleillées.

Enfin, septembre a connu des conditions quasi-estivales avec des températures et un ensoleillement record pour la saison. Cette situation a généré un nombre important de dépassements pour cette période de l'année, ce qui n'avait plus été observée depuis 2016.

Les dépassements observés ont été un peu moins nombreux qu'en 2022 mais plus fréquents qu'au cours des deux années précédentes. Ils se situent dans la moyenne haute des deux dernières décennies. Les conditions météorologiques particulières de l'été 2023 ont favorisé la formation de ce polluant, avec un nombre important de journées tropicales⁸ dès juin et jusqu'en septembre. Il s'agit du troisième été le plus chaud à Genève depuis le début des mesures de MétéoSuisse (voir Annexe 4).

La concentration horaire maximale de $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été enregistrée le 11 juillet 2023 à la station du Foron à l'occasion d'une journée caniculaire.

3.3 Poussières fines (PM10 et PM 2.5)

PM10

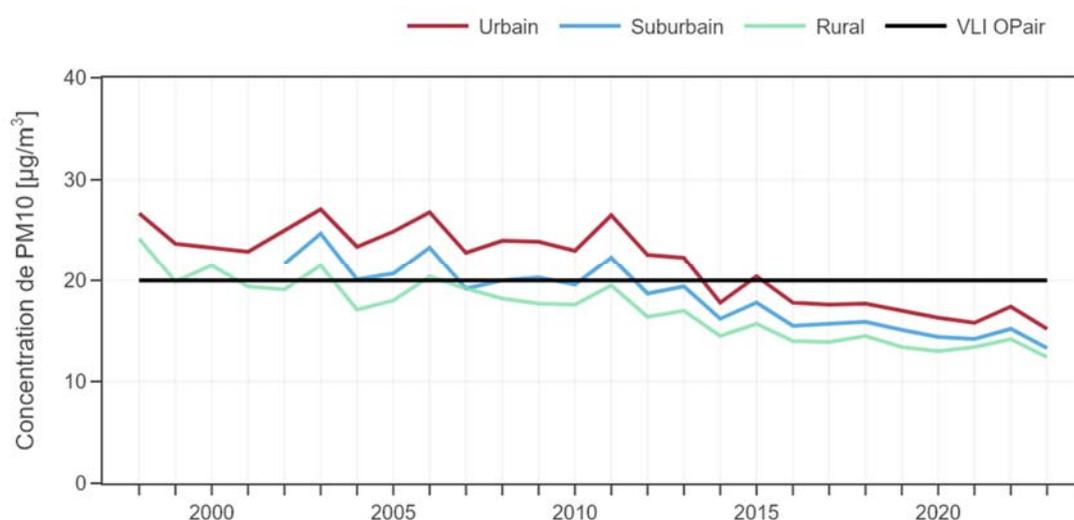


Figure 11. Concentration moyenne annuelle de PM10

En 2023, les moyennes annuelles de PM10 sont inférieures à la VLI OPair annuelle ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) depuis une dizaine d'années dans tous les milieux et les plus faibles observées depuis le début des mesures en 1998.

⁸ Journée dont la température maximale est supérieure ou égale à 30°C .

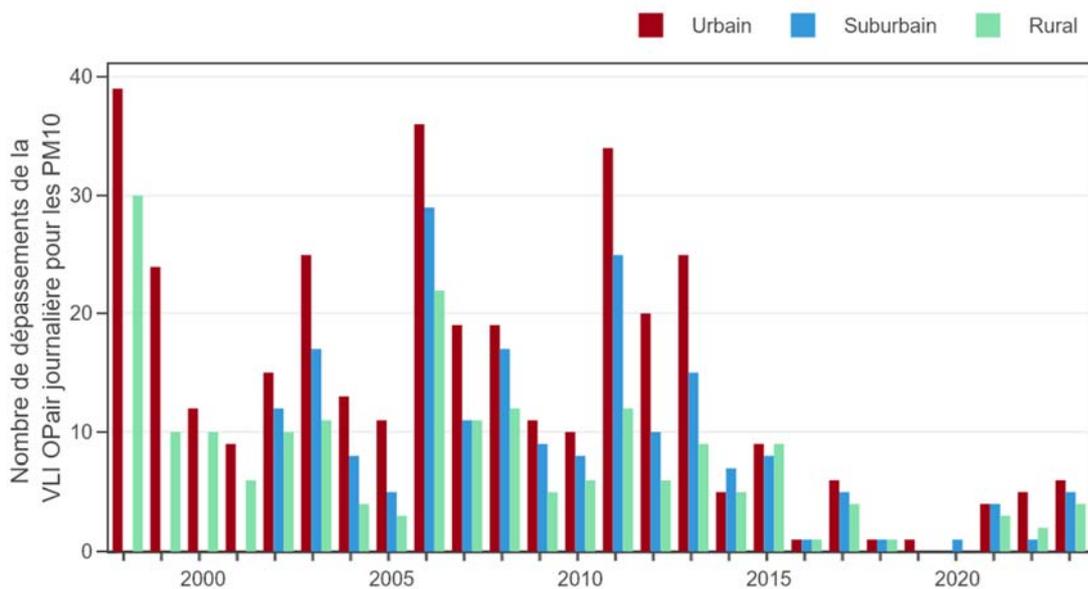


Figure 12. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

En 2023, la VLI OPair journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée à six reprises en milieu urbain, cinq fois en milieu suburbain et quatre fois en milieu rural. Le maximum prévu par l'OPair de trois dépassements tolérés par an n'est ainsi pas respecté.

Les dépassements se sont produits entre février et début mars à l'occasion de plusieurs épisodes d'inversion de température, conditions propices à l'accumulation de polluants. Le passage de nuages de sable du Sahara ont conduit à des augmentations temporaires de la concentration en particules sans toutefois conduire à des dépassements de la VLI journalière (voir Annexe 4). Quelques augmentations modérées et de courtes durées liées aux fumées d'incendies de forêt survenus au Canada ont été observées lorsque celles-ci ont survolé le pays, principalement en été.

La valeur la plus élevée a été mesurée à la station de Necker avec $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 15 février 2023.

Métaux lourds dans les PM10

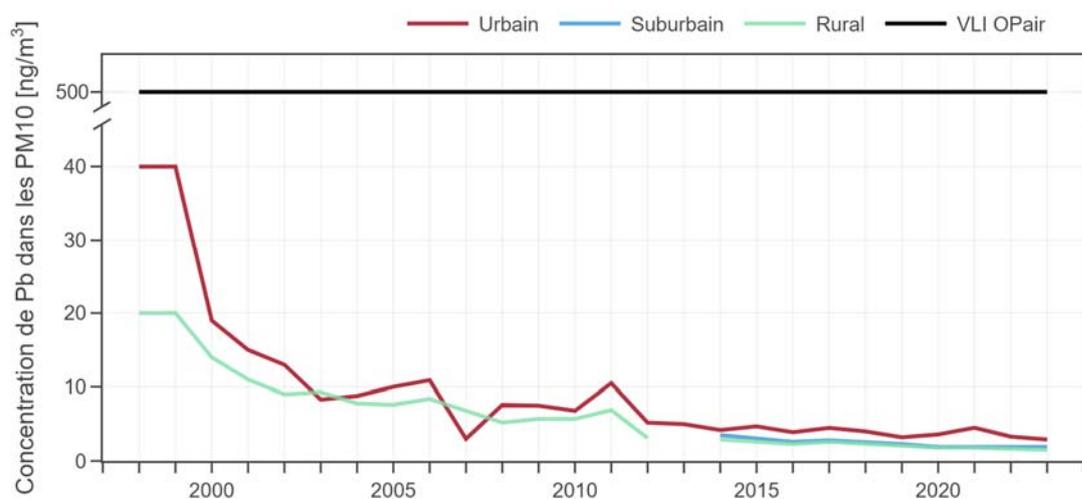


Figure 13. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

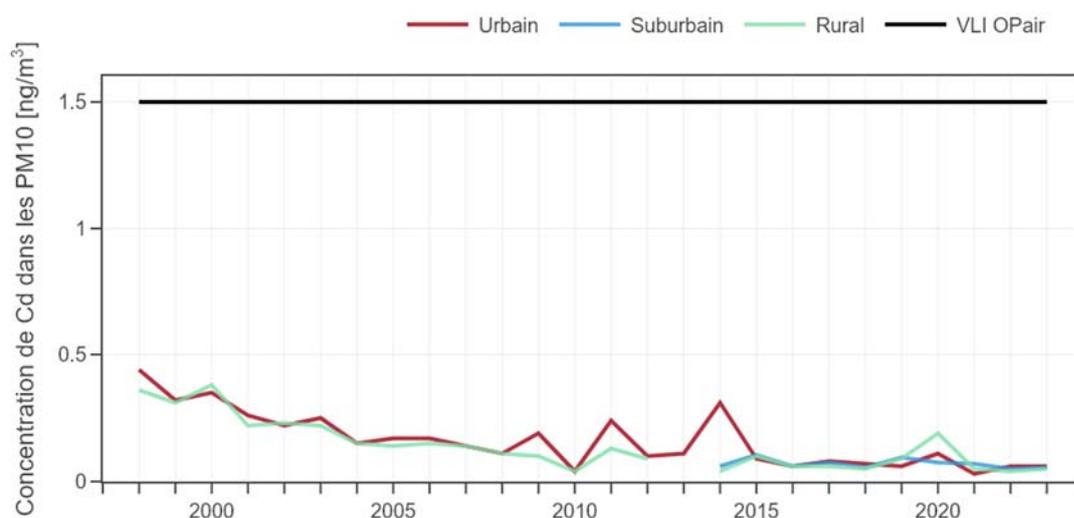


Figure 14. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

En 2023 et comme c'est le cas depuis le début des mesures, les moyennes annuelles mesurées pour le plomb et le cadmium dans les PM10 ont été très inférieures aux VLI OPair annuelles (500 ng/m³ dans le cas du plomb et 1.5 ng/m³ pour le cadmium).

Benzo[a]pyrène dans les PM10

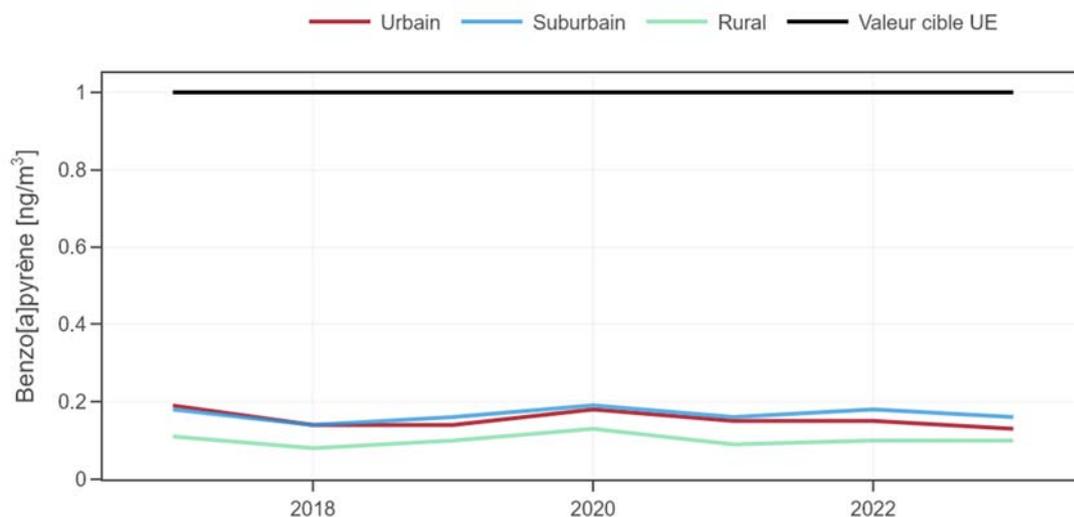


Figure 15. Concentration moyenne annuelle en benzo[a]pyrène dans les PM10

Les concentrations de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les PM10 et en particulier de benzo[a]pyrène – composé cancérigène – ont été mesurées. Ce polluant n'ayant pas de VLI OPair, les résultats ont été comparés à la valeur cible de 1 ng/m³ en moyenne annuelle fixée dans la directive européenne 2004/107/CE. En 2023, les concentrations annuelles sont similaires aux années précédentes et la valeur cible est largement respectée sur tous les sites de mesure.

PM2.5

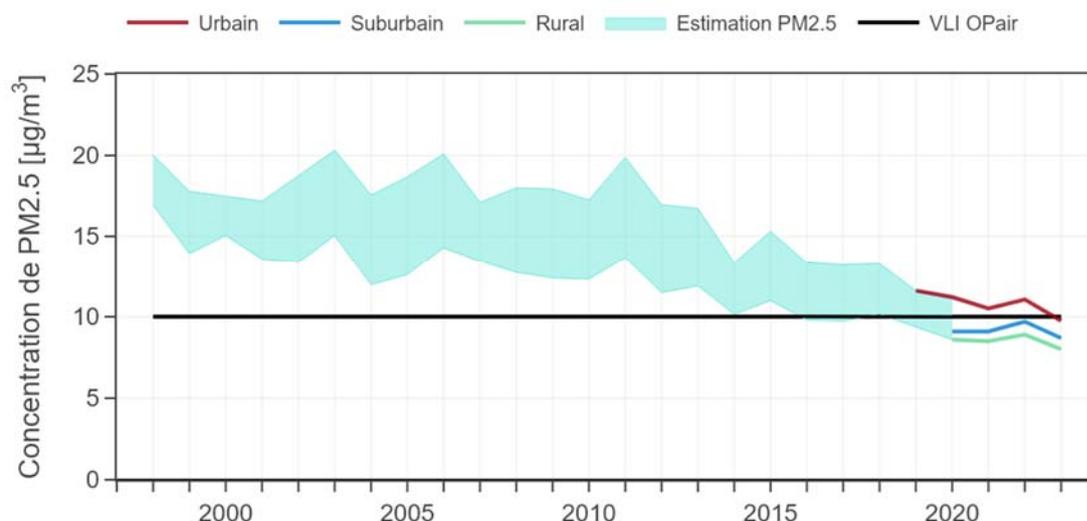


Figure 16. Concentration moyenne annuelle de PM2.5⁹

En 2023, les concentrations de PM2.5 sont en baisse. Pour la première fois, la VLI OPair annuelle (10 µg/m³) est respectée dans tous les milieux.

3.4 Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ n'est plus considéré comme un polluant problématique dans l'atmosphère genevoise du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous des VLI OPair. Pour cette raison, depuis 2016, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker (le milieu urbain étant le plus exposé à ce polluant).

⁹ N'ayant pas de mesures avant 2019 pour la station urbaine et avant 2020 pour les stations suburbaines et rurale, 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 les valeurs de PM10 mesurées au 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).

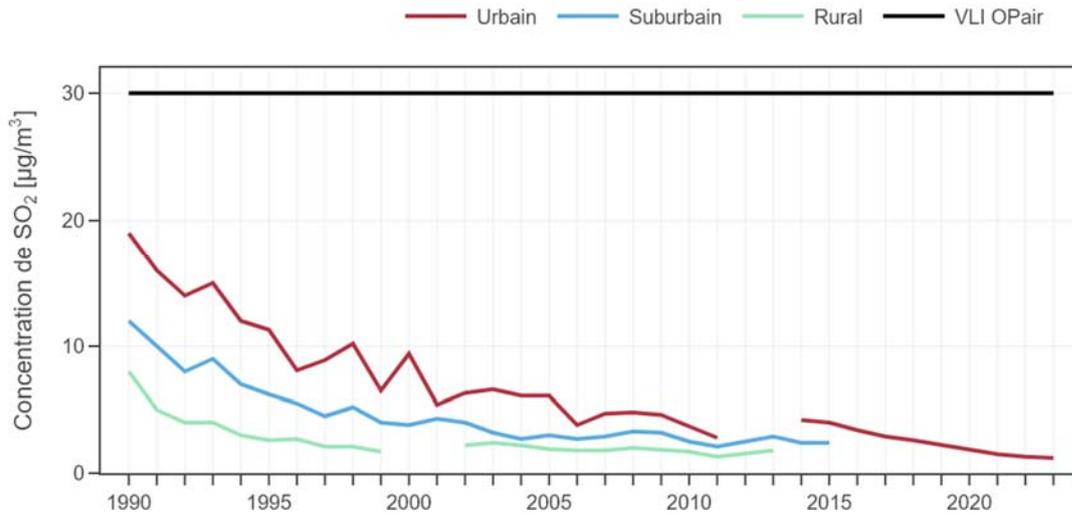


Figure 17. Concentration moyenne annuelle de SO₂

Comme c'est le cas depuis plus de trente ans, les concentrations de SO₂ mesurées en 2023 restent à un niveau très inférieur à la VLI OPair annuelle (30 µg/m³).

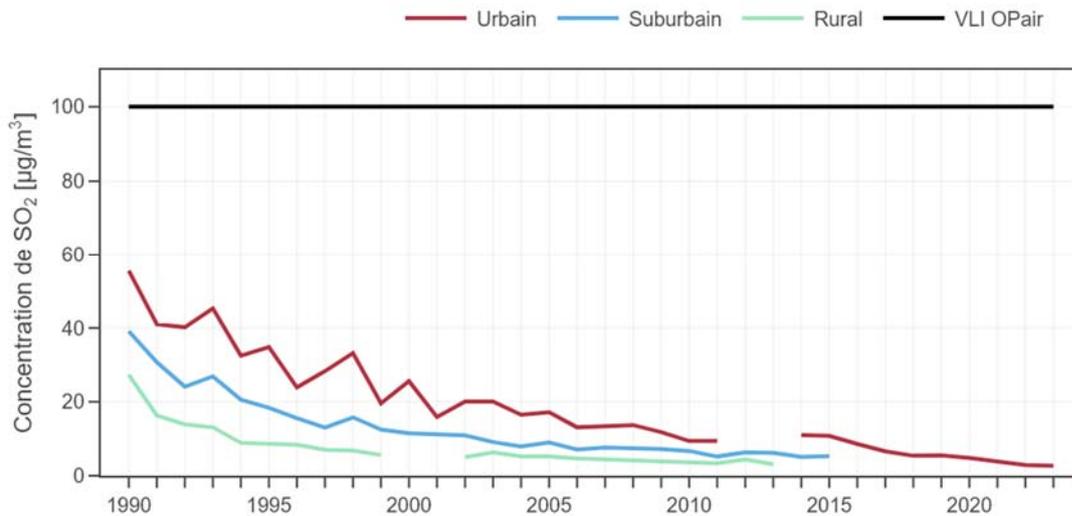


Figure 18. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Les percentiles 95 (P95) se situent largement en dessous de la VLI OPair annuelle (100 µg/m³) depuis de nombreuses années.

La VLI OPair journalière (100 µg/m³), à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée en 2023, comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière la plus élevée a été de 4 µg/m³.

3.5 Monoxyde de carbone (CO)

Tout comme le SO₂, 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. Pour cette raison, il n'est plus mesuré qu'à la station urbaine de Necker.

La moyenne journalière maximale mesurée a été de 0.6 mg/m³. Dès lors, la VLI OPair journalière (8 mg/m³), valeur à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée en 2023, comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

3.6 Retombées de poussières

Retombées de poussières

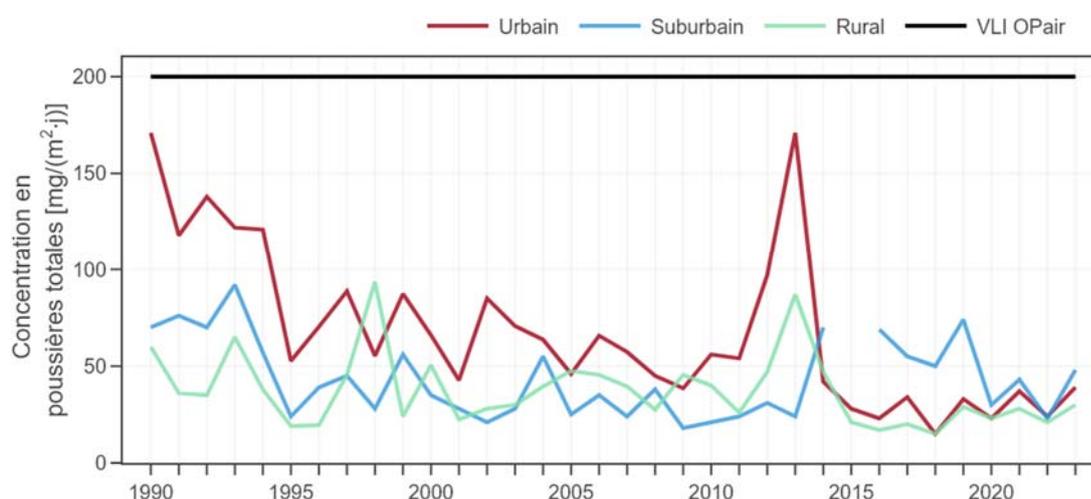


Figure 19. Concentration moyenne annuelle des retombées de poussières

En 2023, la concentration des retombées de poussières respecte largement la VLI OPair annuelle de 200 mg/(m²·jour) sur tous les sites de mesure, comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

Métaux lourds dans les retombées de poussières

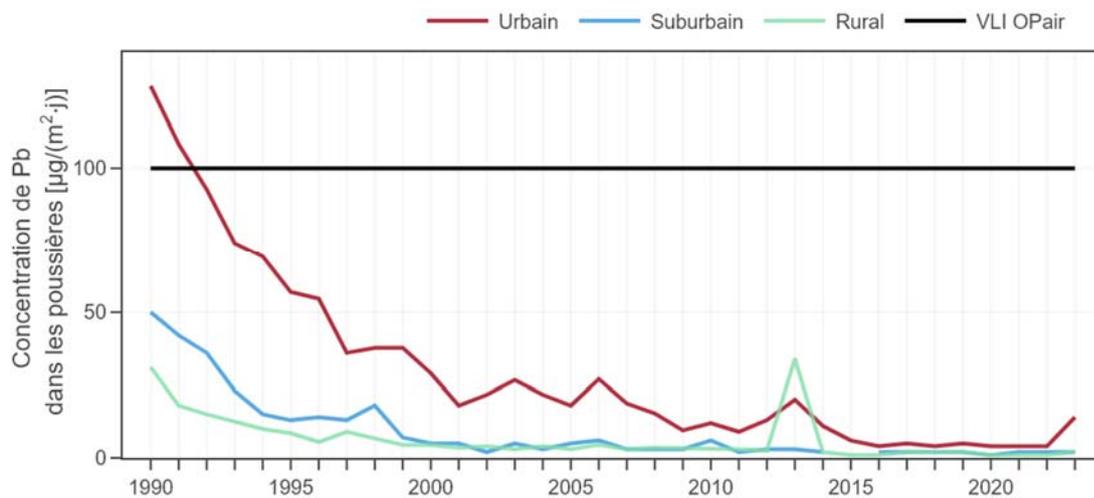


Figure 20. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

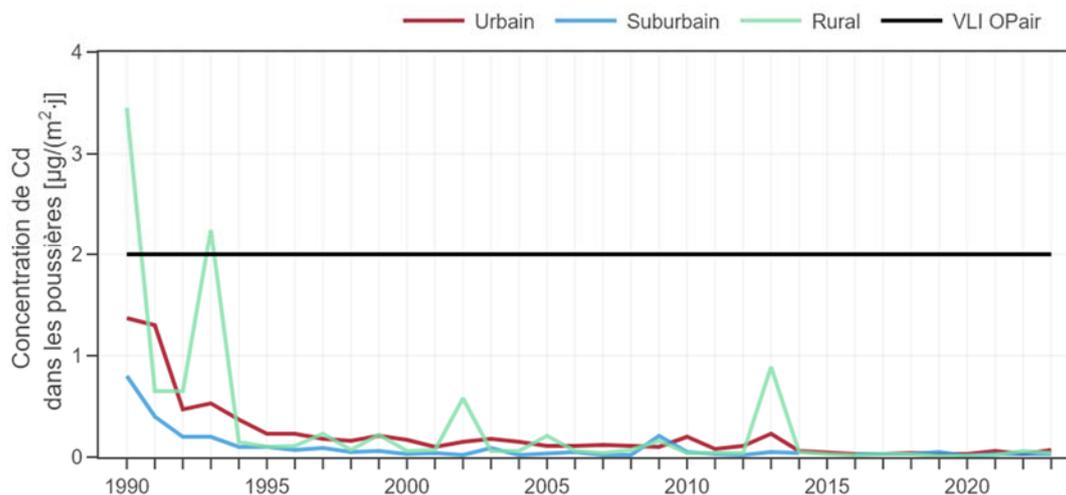


Figure 21. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières

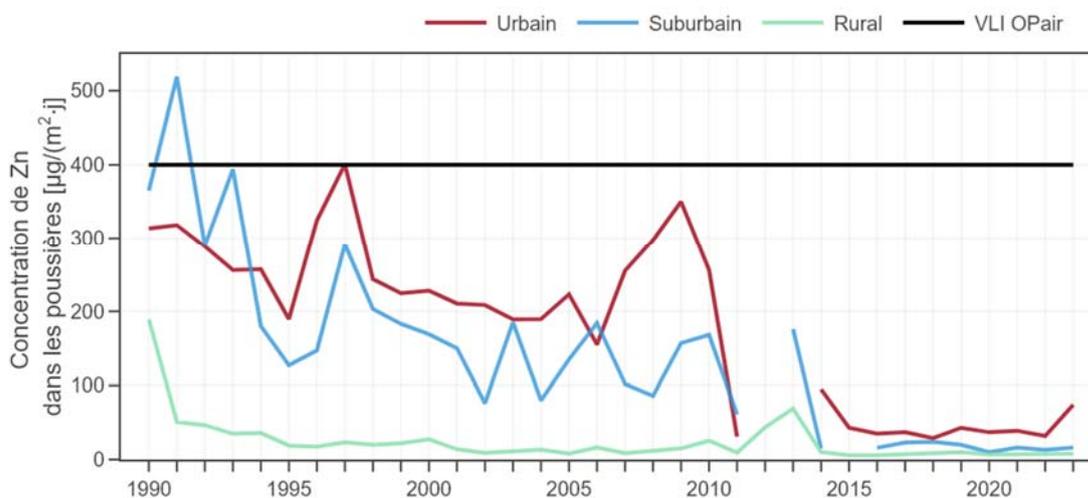


Figure 22. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

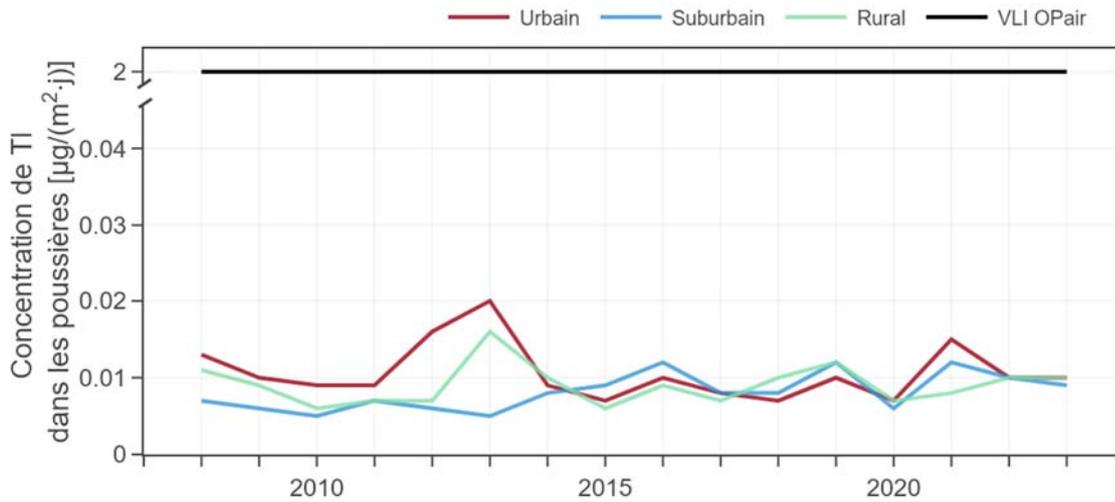


Figure 23. Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

En 2023, 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 largement respectées sur tous les sites de mesure depuis de nombreuses années.

4. Capteurs passifs : Mesure de NO₂

4.1 Introduction

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

Depuis 1995, le réseau de capteurs passifs du ROPAG mesure les concentrations de NO₂ dans l'agglomération genevoise. En 2023, ce réseau compte 73 points de mesure répartis selon un maillage kilométrique.

4.2 Emplacements – Valeurs 2023

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

Le tableau ci-après présente les 73 emplacements où sont effectuées les mesures de NO₂ par capteurs passifs, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2023. On constate, comme l'an dernier, qu'aucun capteur ne dépasse la VLI OPair annuelle de 30 µg/m³.

En plus, 16 capteurs passifs distincts sont déployés par l'aéroport de Genève (voir Annexe 3). En 2023, aucune de ces mesures ne dépasse la VLI annuelle et cela depuis 2020.

Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³]	Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³]
	E	N	2023		E	N	2023
Quai de l'Ile	2500120	1117910	22	Débarcadère CGN	2501513	1118301	18
Dépôt TPG	2498667	1117460	15	Ch. de Plonjon	2502118	1118370	15
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	22	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	22
Rue de Neuchâtel	2500312	1118713	20	Avenue St-Paul	2502514	1117518	16
Place de Châteaubriand	2500604	1119010	21	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	16
CICR	2499639	1120465	13	Ch. des Falquets	2503690	1118427	10
Ch. Palud	2499533	1121453	13	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	11
Ch. des Cornillons	2500360	1121816	13	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	13
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	13	Ch. du Nant d'Argent	2503526	1120561	15
Square de Mesmes	2499572	1119482	18	Ecole de Mon-Idée	2505673	1118107	12
Rue Isabelle-Eberhardt	2499566	1118593	20	Parc du Martin-Pêcheur	2505779	1117232	11
Ch. des Crêts	2498687	1119823	17	Ch. du Foron	2505254	1116758	14
Voie des Traz	2498460	1122160	22	Av. Adrien-Jeandin	2504434	1116087	19
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	18	Ch. Rojoux	2502672	1115457	14
Ch. du Pommier	2498546	1120564	21	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	19
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	27	Promenade de Saint-Antoine	2500592	1117323	21
Les Avanchets	2497464	1119556	21	Rue Alcide-Jentzer	2500374	1116362	17
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	20	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	18
Ch. du Croissant	2497543	1118367	17	Place de Sardaigne	2499633	1115533	22
Ch. de Gilly	2497509	1115488	13	Plateau de Pinchat	2500595	1114545	15
Av. des Morgines	2497505	1116313	18	Stade de Vessy	2501477	1115313	14
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	16	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	18
Ch. de Cressy	2496293	1115460	14	Rte de Pierre-Grand	2500509	1112646	13
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	13	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	17
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495434	1116499	14	Ch. des Rasses	2502625	1113507	16
Ch. de Gambay	2495495	1115519	13	Ch. des Marais	2501463	1113334	13
Rte de Vernier	2496006	1119499	25	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	16
Ch. du Progrès	2494847	1118566	17	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	16
Ch. Deley	2494991	1119512	20	Rte de Base	2496355	1113540	17
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	11	Ch. des Bis	2495345	1113245	10
Ch. des Ceps	2494123	1121452	8	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	12
Ch. de l'Épinglier	2493677	1120060	15	Ch. Pontverre	2495223	1114468	11
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117484	13	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	13
Ch. de Surville	2498567	1116452	16	Ch. des Pontets	2498453	1114509	18
Boulevard d'Yvoy	2499163	1117215	22	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	18
Avenue de Vaudagne	2494734	1120871	12	Rte des Acacias	2499472	1116469	21
Quai Wilson	2500654	1119121	26				

Tableau 2. Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO₂ pour l'année 2023

Légendes et abréviations :

C (NO₂) Concentration moyenne annuelle NO₂.

4.3 Cartographie

La carte ci-dessous présente les concentrations moyennes annuelles de NO₂ pour l'année 2023 sur le territoire cantonal. Cette cartographie a été réalisée en partenariat avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes¹⁰ et utilise :

- Le cadastre des émissions romand (CADERO) et le cadastre des émissions français ;
- Les résultats obtenus aux différents points de mesure des stations fixes ainsi que sur le réseau de capteurs passifs du ROPAG et celui de Genève Aéroport ;
- Les données de trafic routier et aérien.

Toutes ces données servent à la création d'une modélisation permettant d'obtenir des concentrations à une échelle fine (maille de 10 m²)¹¹.

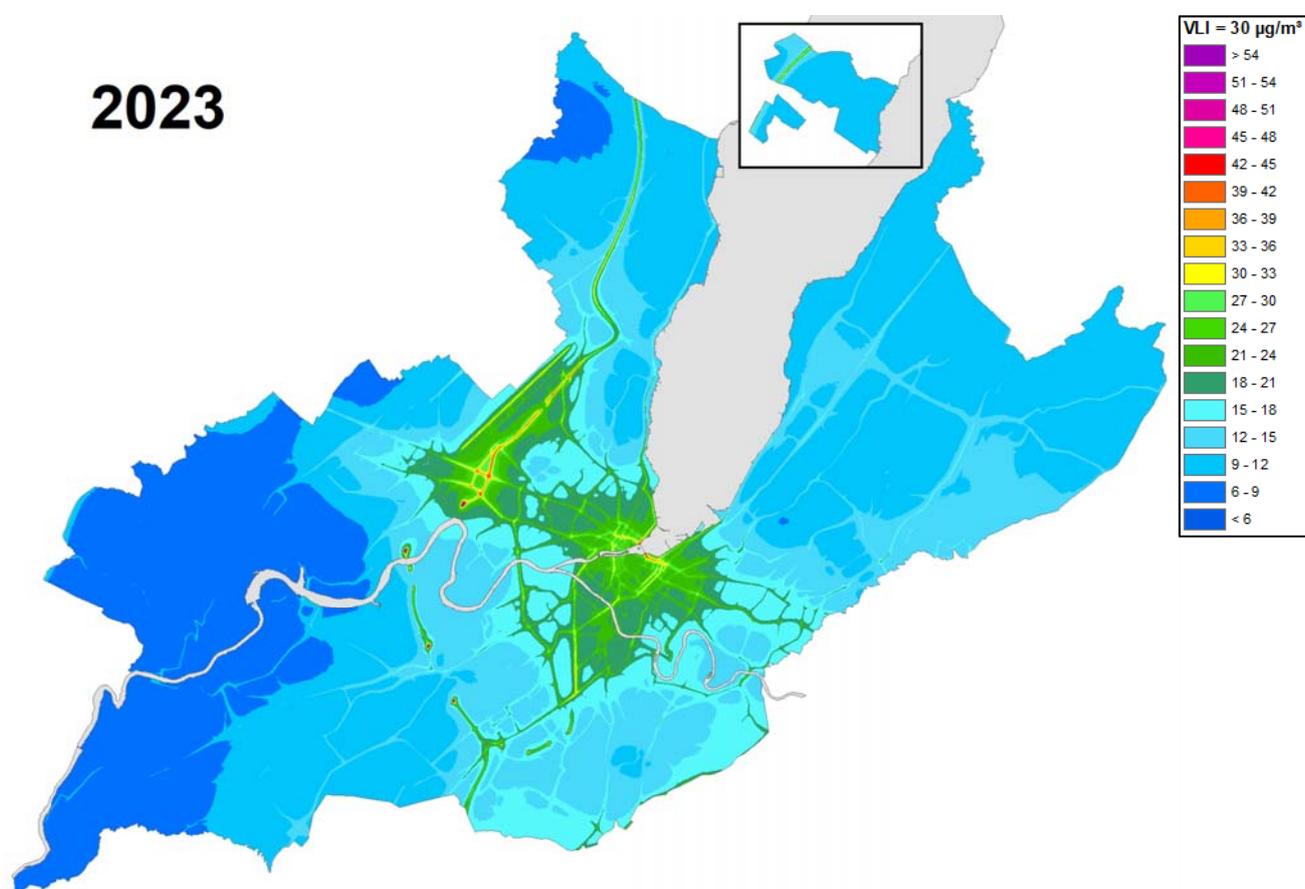


Figure 24. Carte des immissions moyennes de NO₂ sur le canton de Genève pour l'année 2023

On peut observer sur la carte ci-dessus les zones respectant la VLI OPair annuelle de 30 µg/m³ (représentées par des nuances de bleu et de vert) : on constate que celle-ci est largement respectée sur l'essentiel du territoire.

¹⁰ Convention transfrontalière PACT'Air: <https://www.grand-geneve.org/qualite-de-lair/>.

¹¹ Cette cartographie est réalisée au moyen d'une combinaison du modèle CHIMERE, calé sur les mesures via une interpolation (krigeage) à l'échelle régionale, ainsi que du modèle SIRANE pour la dispersion des polluants à l'échelle des rues (cf. glossaire à l'Annexe 9).

Les zones soumises à des immissions excessives de NO₂, sont quant à elles représentées par des nuances de jaune, de rouge et de violet. Elles se situent en bordure des grands axes routiers, notamment l'autoroute de contournement dans le secteur à proximité de l'aéroport.

Globalement, l'année 2023 a été marquée par des immissions de NO₂ en légère baisse par rapport à celles observées en 2022 et confirme la baisse observée depuis de nombreuses années.

Historique de la cartographie du NO₂

La même méthodologie de modélisation des immissions de NO₂ a été appliquée pour les années précédentes jusqu'à 2014¹². Les cartes ci-dessous illustrent bien la diminution des immissions polluantes des dernières années.

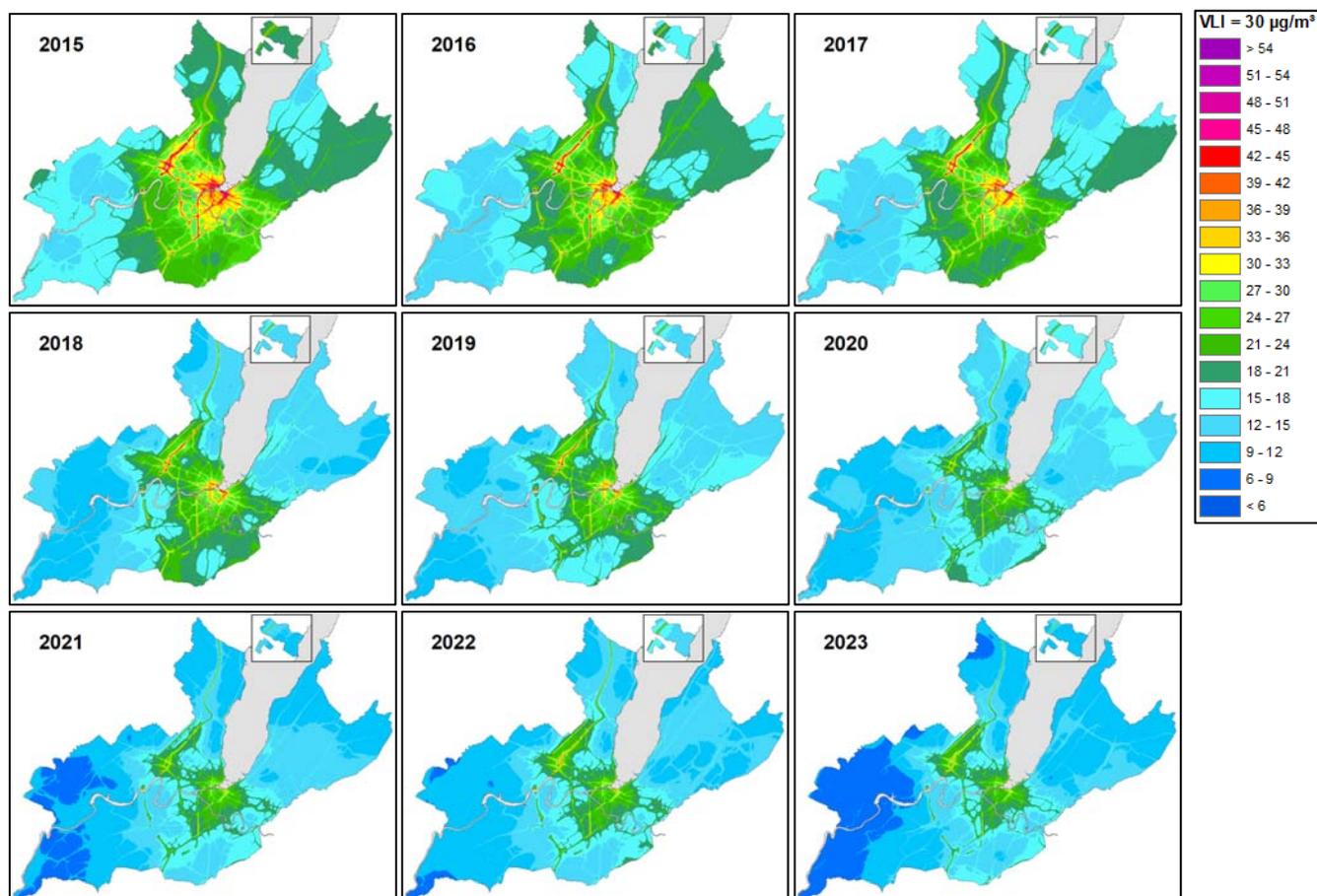


Figure 25. Historique des cartes des immissions moyennes de NO₂ des 9 dernières années

¹² Ces cartes sont disponibles via le site Internet de l'Etat (<https://www.ge.ch/connaitre-qualite-air-geneve/cartographie-du-dioxyde-azote-no2>) ou directement sur le SITG (<https://map.sitg.ch/>) dans la thématique *Environnement - Bruit & air & RNI*.

5. Focus : 50 ans de mesures de l'air à Genève avec le ROPAG (1973-2023)

5.1 Introduction

Depuis 50 ans, l'Etat de Genève assure le suivi de la qualité de l'air par le biais du Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève (ROPAG¹³). Ce dernier sonde la qualité de l'air du canton afin de l'analyser, d'en suivre l'évolution, d'en informer la population et pour que des mesures d'urgence ou sur le long terme soient prises si nécessaire.

Si des mesures de la qualité de l'air avaient déjà été effectuées dès la fin des années 50, c'est l'année 1973, avec la création d'une première "station fixe" – station prototype située dans une pièce du bâtiment principal du site de Sainte-Clotilde – qui peut être considérée comme le point de départ du ROPAG.



5.2 Mission

La mission principale du ROPAG est de **suivre et d'évaluer la qualité de l'air 24h/24 et 7j/7** pour :

- **Informar la population** en tout temps sur la qualité de l'air qu'elle respire et qu'elle respirera (prévisions).
- **Informar les professionnels et les autorités.**
- **Objectiver l'évolution** sur le long terme et l'efficacité du Plan de mesures OPair.
- **Identifier les pics de pollution** pour assurer le déclenchement des mesures d'urgence selon le règlement RPics.

Cette mission repose sur les actions et exigences suivantes :

- **Surveillance en continu** de la qualité des mesures effectuées et de leur disponibilité sur les canaux dédiés, qu'elle soit faite de manière "programmée" ou via l'expertise humaine.
- **Capacité d'assurer la maintenance** des systèmes de mesure et intervention rapide en cas de dysfonctionnement.
- **Se conformer** aux "bonnes pratiques", notamment celles issues des recommandations relatives à la mesure des immissions de polluants atmosphériques de la Confédération, pour obtenir des résultats de mesurage fiables :
 - Utilisation d'appareils et de méthodes qualifiés et sous contrôle.
 - Etalonnage et maintenance régulière des appareils.
 - Utilisation d'un échantillon représentatif.

¹³ Le nom ROPAG a été donné par analogie au nom du réseau national NABEL (Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe).

- Validation des données.
- Enregistrement et sécurisation des données, en prenant soin de préserver leur intégrité et en garantissant leur disponibilité future.
- Participation régulière à des campagnes d'intercomparaison nationales ou internationales.

Les données issues du ROPAG servent à de multiples usages :

- Information à la population.
- Mise à disposition des autorités cantonales d'outils d'aide à la décision.
- Aide à la décision dans le cadre du dispositif d'urgence en cas de pics de pollution atmosphérique (RPics) ou du Plan de mesures OPair d'assainissement de l'air.
- Données d'entrée pour les prévisions ou la modélisation.
- Mise à disposition pour des projets de recherche dans le cadre cantonal, national ou international.
- Alimentation de bases de données, dont la base nationale "Air".
- Accompagnement de sociétés ou d'institutions développant de nouveaux appareils.
- Interventions dans les médias (journaux, radios, télévisions).
- Cours, expertises, suivi de diplômants, stagiaires.

5.3 Evolution

Le réseau s'est doté au fil des années de plusieurs stations de mesure fixes et mobiles, ainsi que de points de mesure où des prélèvements sont effectués en vue d'une analyse en laboratoire.

En 50 ans des évolutions ont forcément eu lieu, tant du point de vue des polluants à suivre (conformément à l'annexe 7 de l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair)) que des techniques de mesure à utiliser (selon les recommandations relatives à la mesure des immissions de polluants atmosphériques de la Confédération) ou encore des spécificités et demandes propres au canton (surveillance moins rapprochée de polluants dont les concentrations ne sont plus problématiques ou veille sur d'autres).

Le réseau s'est aussi temporairement adapté pour intégrer des campagnes de mesure tant cantonales (par exemple la surveillance du point de vue de la qualité de l'air de la construction du tram Cornavin-Onex-Bernex TCOB) que nationales (comme la participation à la campagne Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults - SAPALDIA).

Quelques exemples d'évolution au fil des années :



Figure 26. Ancienne station de Ste-Clotilde

● Analyse de l'air

A l'origine, les mesures étaient le plus souvent effectuées au moyen de prélèvements analysés par la suite en laboratoire. Cette manière de faire ne permettait d'avoir un monitoring que ponctuel ou moyenné sur une assez longue période.

A l'heure actuelle, grâce aux grands progrès technologiques dont ce domaine de la mesure a pu bénéficier, les appareils utilisent des techniques de mesure physico-chimiques qui permettent d'avoir des résultats fiables, précis et avec un pas de temps très court.

● Disponibilité des mesures

Auparavant, la mise à disposition des données ne pouvait se faire qu'après un relativement long délai (analyses en laboratoire, acquisition "manuelle" des données, validation des données moins facile, etc.).

Le développement de l'informatique, d'Internet et de la communication sans fil ont permis la mise en ligne des données "en live" sur Internet ou via des applications sur smartphone.

● Prévisions et modélisation

Après des premières tentatives à l'échelle cantonale et romande aux alentours des années 2010, un partenariat a été scellé avec le réseau français Atmo Auvergne – Rhône-Alpes (ATMO-AURA) dans le cadre de la coopération transfrontalière du projet Interreg PACT'Air.

Celle-ci a permis de disposer :

- De prévisions sur les polluants PM₁₀, O₃ et NO₂, qui servent notamment à l'information du public (site Internet, journal local) ou encore dans le cadre de la mise en œuvre du dispositif d'urgence en cas de pics de pollution atmosphérique (RPics).
- De modélisations permettant d'obtenir une cartographie des immissions pour le canton de Genève et à une échelle fine (10 m²).

● Veille technologique et scientifique

Une veille est opérée pour acquérir et valoriser les expériences sur un domaine d'intérêt, ou mettre à disposition de tiers les moyens de mesure du ROPAG pour favoriser les recherches dans ce domaine.

On peut citer, par exemple, la veille sur la mesure des particules fines via un procédé optique ou les tests sur des micro-capteurs.

Repères historiques

- Fin des années 50 : Mesures de la qualité de l'air dans le canton de Genève (analyses mises en place par Paul Desbaumes de l'Institut d'hygiène, au 22 Quai Ansermet).
- 1969 : Création d'une section de toxicologie industrielle et d'analyse de l'air à l'avenue de Ste-Clotilde (par Paul Desbaumes).
- 1972-1973 : Campagne de mesure par hélicoptère.

- **1973 : Première station fixe d'analyse de l'air genevoise à Ste-Clotilde** (en fonction jusqu'en 2014), station prototype pour le futur réseau (mis en place par François Cupelin, fondateur du ROPAG et par la suite directeur du service de protection de l'air et écotoxicologue adjoint).
- **1975** : Mise en œuvre d'une deuxième station fixe à Anières (déplacée en 2001 et en fonction jusqu'en 2013).
- **1985** : Mise en œuvre des stations fixes de Meyrin (toujours en fonction) et de Jussy (en fonction jusqu'en 2007).
- En **1985**, L'Ordonnance fédérale OPair donne notamment l'obligation aux cantons de mesurer la qualité de l'air sur leur territoire.
- **1986** : Mise en œuvre des stations fixes de l'Ile (en fonction jusqu'en 2009) et Wilson (en fonction jusqu'en 2014).
- **1987** : Mise en œuvre de la station fixe du Foron (toujours en fonction).
- **1989** : Mise en œuvre de la station fixe de Passeiry (toujours en fonction).
- Début **1989** : Episode de smog hivernal avec des valeurs élevées en NO₂ sur une longue période. Du fait de cet épisode, le règlement relatif à la restriction temporaire de la circulation motorisée en cas de pollution de l'air (circulation alternée) est adopté. Celui-ci est modifié pour y ajouter les cas de l'O₃ en 2003 et des PM10 en 2006. Il est abrogé en 2020 avec l'entrée en vigueur du règlement régissant le dispositif d'urgence en cas de pics de pollution atmosphérique (RPics).
- **1988** : Mise en œuvre de la station mobile "ville" (en activité jusqu'en 2020, activité incluant la prise de relais des mesures effectuées sur le site de Passeiry pour la période 2014-2020).
- **1993** : Mise en œuvre de la station mobile "Cheneviers" (en activité jusqu'en 2009, les mesures étant par la suite effectuées par les SIG au moyen d'une nouvelle station).
- **1996-1997** : Campagnes de mesure MetAir, au moyen d'un avion léger, et COST CITAIR avec des mesures effectuées par le camion LIDAR de l'EPFL.
- **1998** : L'OPair est modifiée et les poussières en suspension PM10 doivent être suivies à la place des poussières en suspension totales TSP.
- **2002** : Début de Transalp'Air : collaboration franco – italo – suisse visant à favoriser les échanges d'expérience entre réseaux et à mettre à disposition du public les données sur la qualité de l'air sur un large territoire. Quatre publications seront effectuées - 2002-2003, 2004, 2005 et 2006 – avant qu'un site Internet dédié ne soit ouvert en 2008.
- **2005** : Implémentation d'une nouvelle méthode d'interpolation des mesures de NO₂ (par capteurs passifs).
- **2006** : Modification fondamentale de l'infographie "air" dans la presse locale avec, à la place de fournir des données brutes, l'utilisation d'un "cerf-volant" basé sur l'indice de pollution de l'air suisse (IPair).
- **2010** : Passage à l'application nationale de gestion des données "air" Airmo. Développement d'un outil de gestion informatisé des moyens de mesurage du ROPAG.
- **2013** : Réorganisation en profondeur des moyens de mesurage du ROPAG (système d'acquisition des données, calibration automatique, etc.).
- **2014** : Mise en œuvre de la station Necker.
- **2018** : L'OPair est modifiée avec notamment l'introduction d'une VLI annuelle pour les PM2.5 qui doivent être mesurées.
- **2020** : Intégration des données prévisionnelles pour les PM10, l'O₃ et le NO₂ et mise en ligne de celles-ci sur le site Internet de l'Etat de Genève et dans la presse locale. Mise en place d'un système de préalerte et d'alerte pour le dispositif RPics. Mise en œuvre de deux stations mobiles. A partir de 2021, l'une sert à objectiver l'impact localisé sur la qualité de l'air d'un axe routier à fort trafic et l'autre celui du trafic aérien.
- **2020 - 2021** : Le ROPAG continue de mesurer pendant la pandémie. Des campagnes complémentaires sont même effectuées pour documenter cette période très particulière.
- **2023** : Mise en œuvre d'un système de pesée automatisée des filtres Digitel (mesure des poussières fines).
- **2024 – 2025** : Passage à l'application nationale de gestion des données de la qualité de l'air AirDB et renforcement de la sécurité informatique.

5.4 Composition actuelle du réseau

- **4 stations fixes** – Necker en milieu urbain, Meyrin et Foron en milieu suburbain et Passeiry en milieu rural (voir Annexe 1) – permettant de connaître la situation actuelle en temps réel de la qualité de l'air, ainsi que son évolution sur le territoire genevois, pour les polluants recensés à l'annexe 7 de l'OPair. Certains paramètres météorologiques (température, vent, etc.) y sont aussi mesurés et servent lors de l'objectivation des données.
- **2 stations mobiles** visant à documenter, via des campagnes de mesure ponctuelles, l'impact localisé sur la qualité de l'air d'un axe routier à fort trafic pour l'une et du trafic aérien pour l'autre (voir Annexe 2).
- Un réseau de **73 points de mesure du dioxyde d'azote (NO₂) par capteurs passifs** répartis selon un maillage kilométrique. Ces mesures, ainsi que d'autres données (cadastre romand des émissions CADERO et cadastre français, mesures aux stations fixes, mesures au réseau de capteurs passifs de Genève Aéroport, données de trafic routier et aérien), servent à la création d'une modélisation permettant d'obtenir des concentrations à une échelle fine (maille de 10 m²) sous la forme de cartes réalisées par ATMO-AURA.
- Un réseau **Bergerhoff de 3 points de mesure des retombées de poussières** (et de certains métaux lourds dans celles-ci).

Remerciements

Un grand merci à toutes celles et ceux qui ont participé ou/et qui participent encore, de près ou de loin, aux tâches multiples et variées du ROPAG depuis toutes ces années. Ces personnes ont été et sont essentielles dans le processus du suivi et de l'évaluation de la qualité de l'air de notre canton que ce soit dans le domaine de la recherche, de la stratégie, de la technique, de l'analyse, de l'intendance ou celui de l'administration.

Annexes

Annexe 1. 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 fixes, 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 indiquée sous le nom Ile dans les graphiques ci-dessous) qui mesurait la qualité de l'air au centre-ville.

Dioxyde d'azote

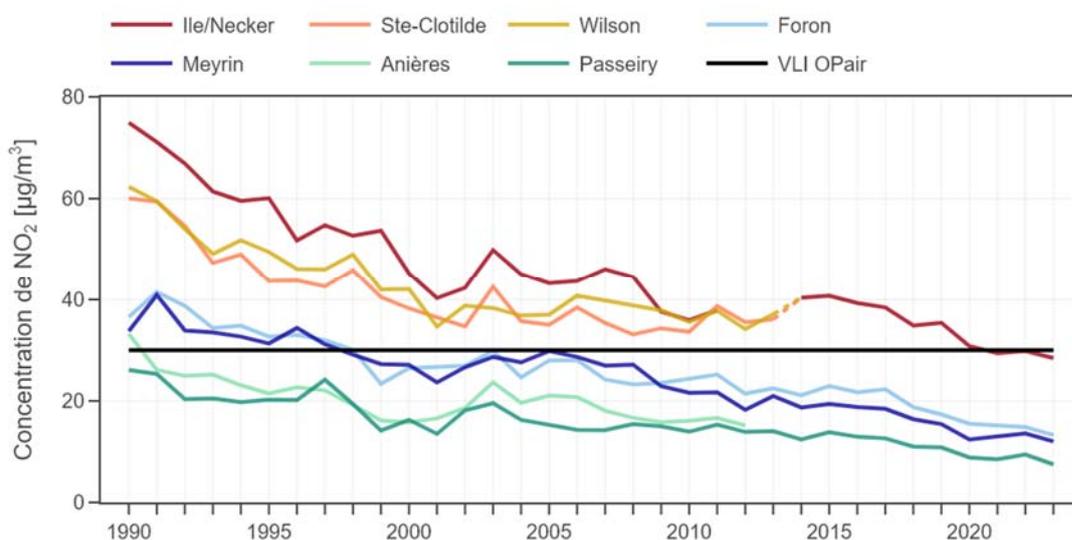


Figure 27. Concentration moyenne annuelle de NO₂

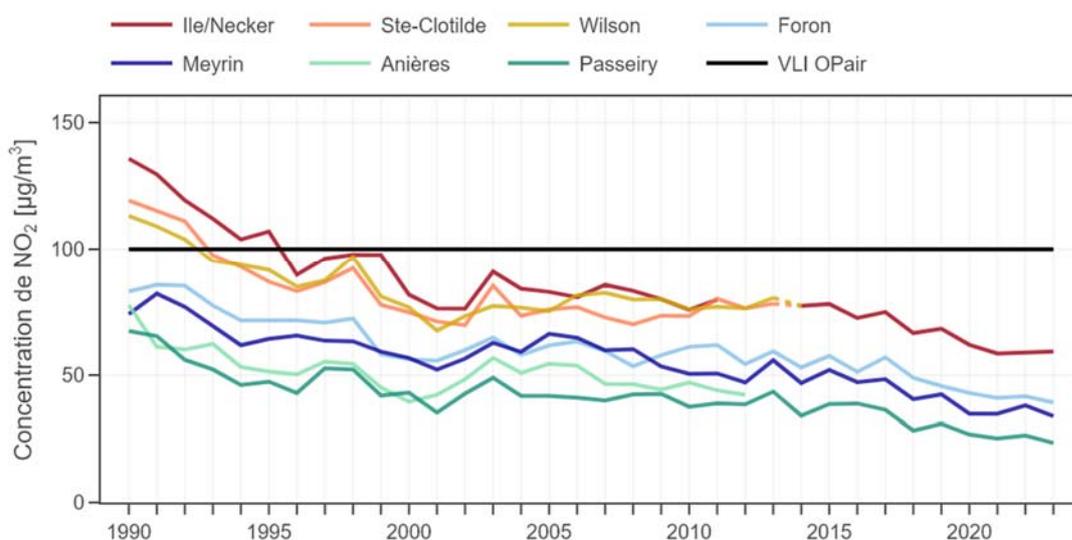


Figure 28. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

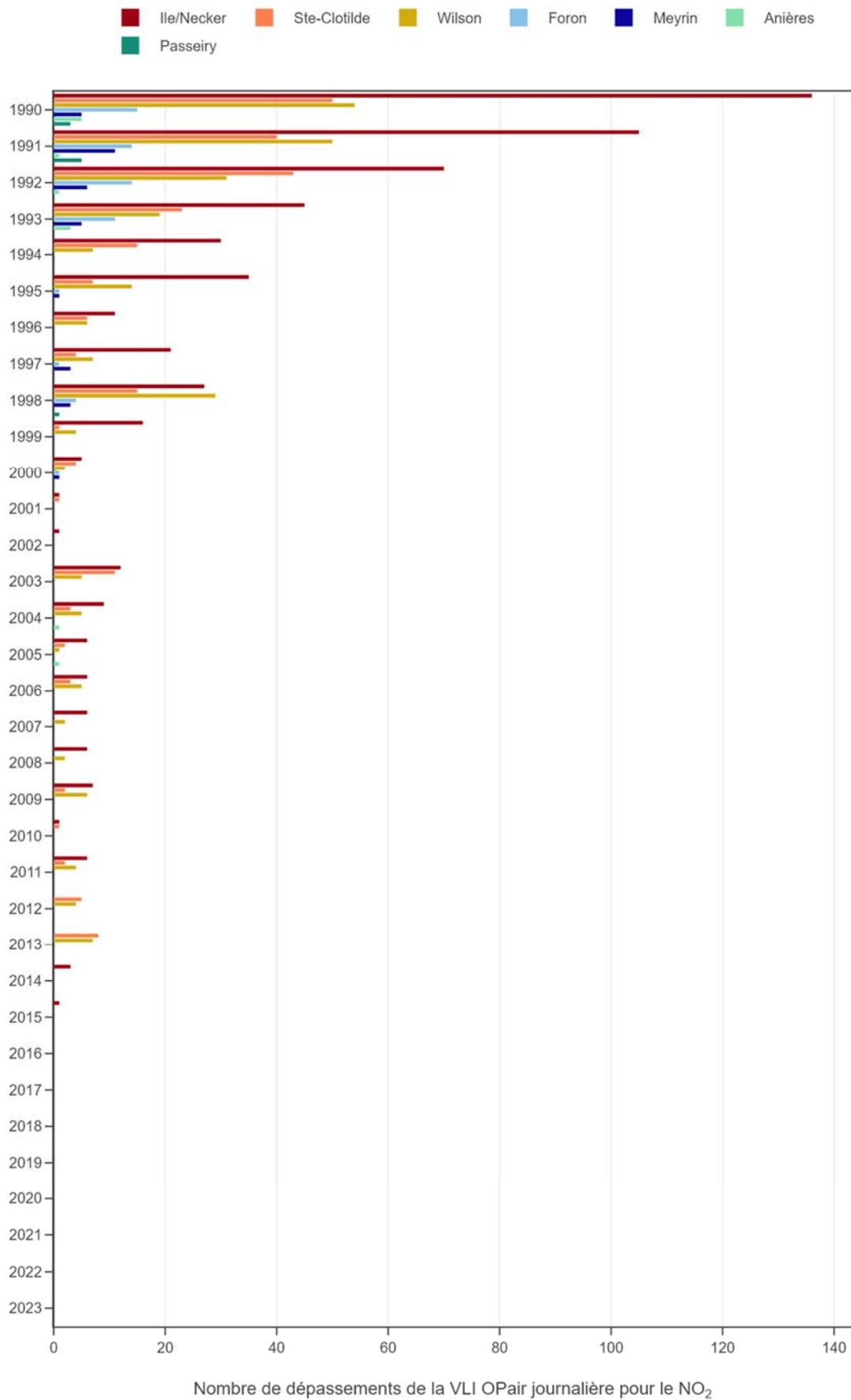


Figure 29. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO₂

Ozone

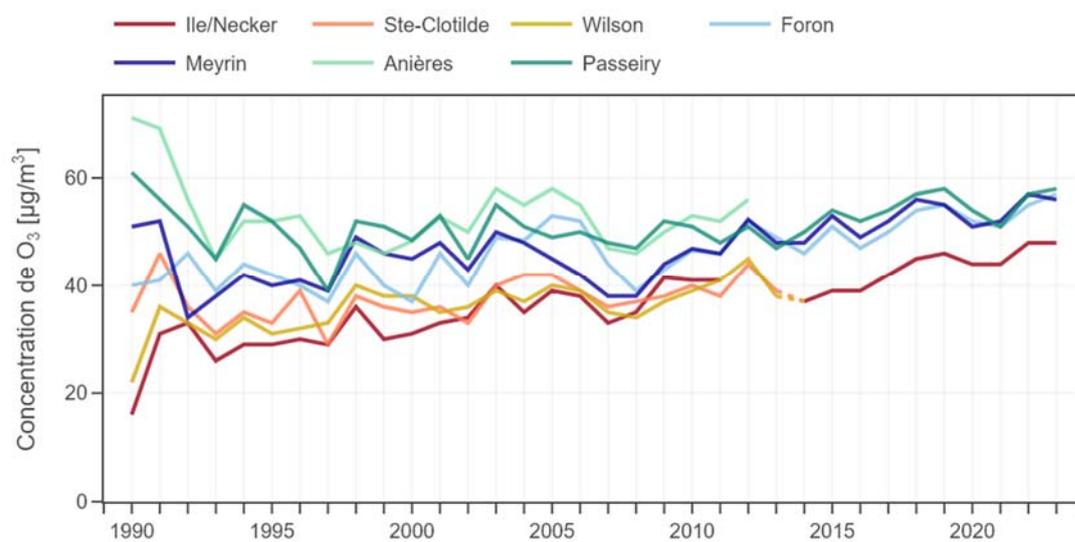


Figure 30. Concentration moyenne annuelle¹⁴ d'O₃

¹⁴ L'OPair ne fixe pas de VLI annuelle pour ce paramètre.

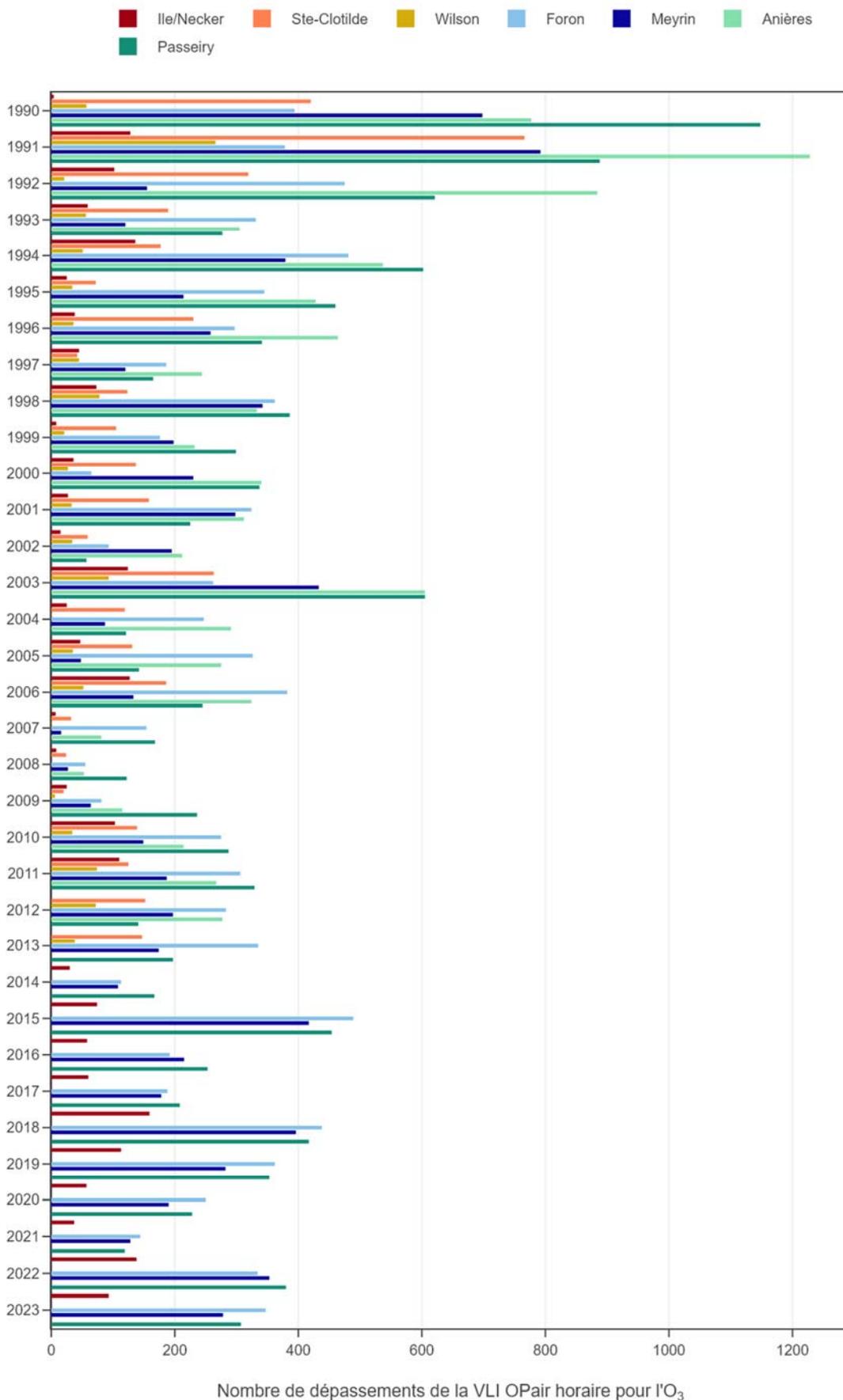


Figure 31. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

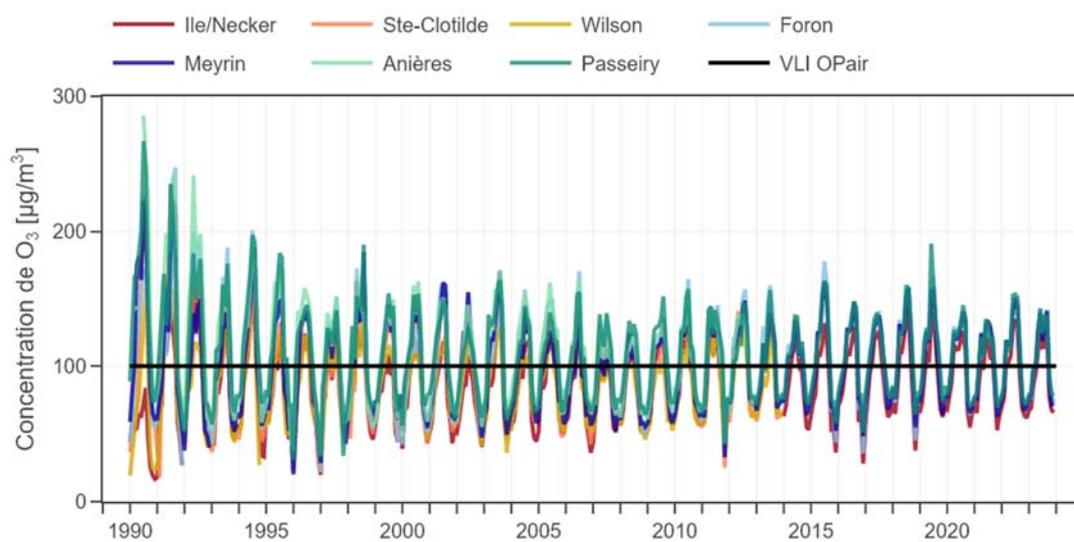


Figure 32. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

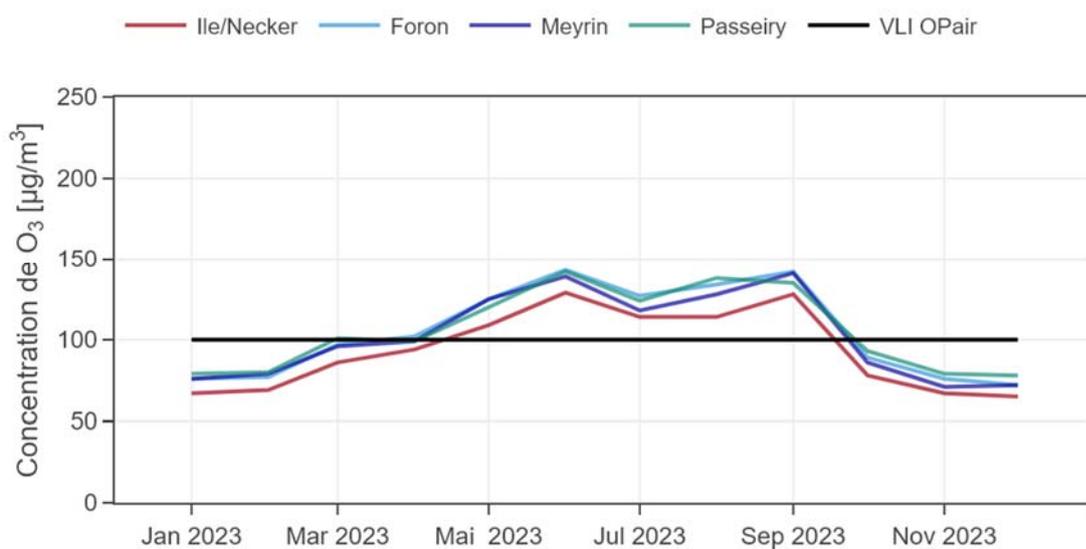


Figure 33. Percentiles 98 des moyennes semi-horaires mensuelles pour l'ozone en 2023

Poussières fines

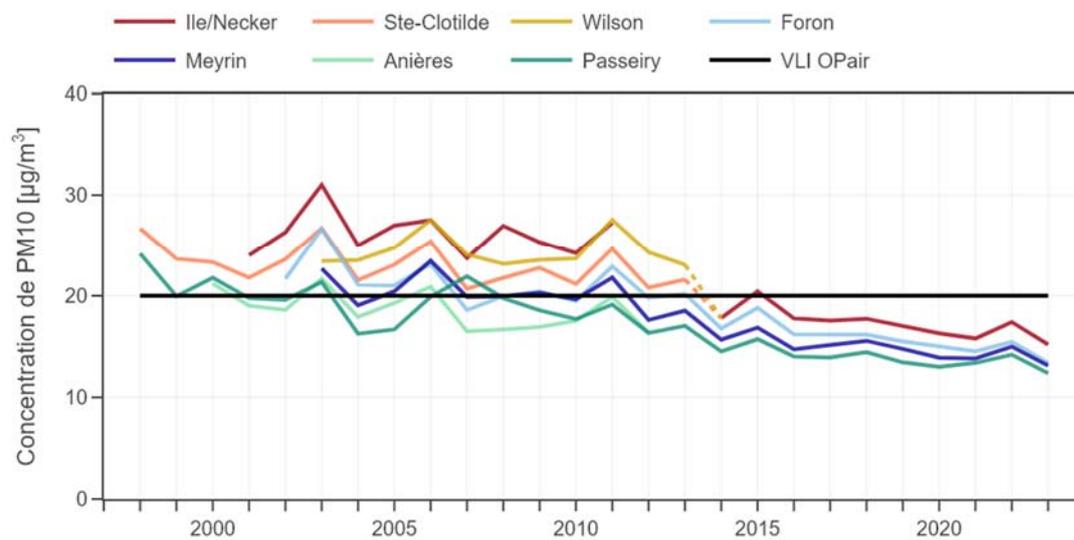


Figure 34. Concentration moyenne annuelle de PM10

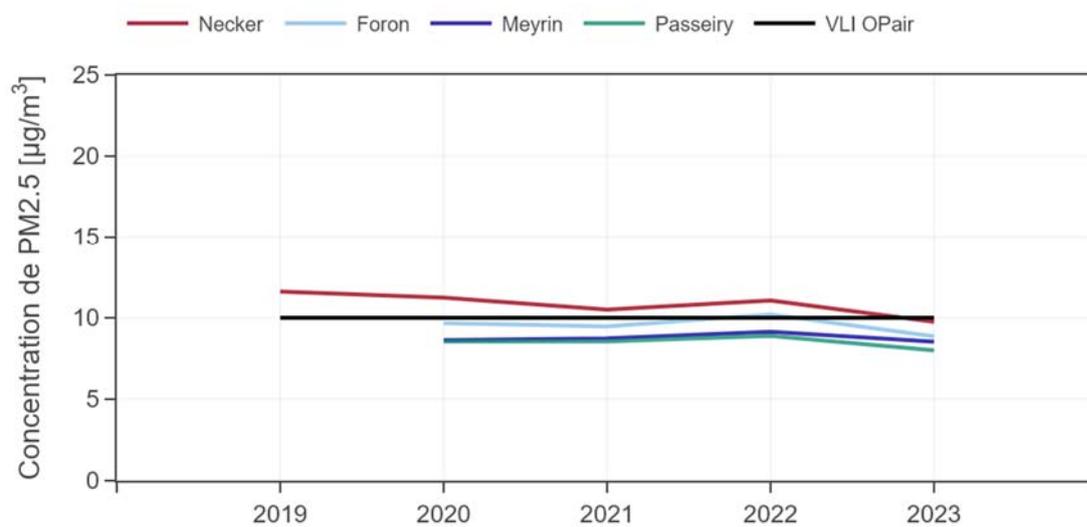


Figure 35. Concentration moyenne annuelle de PM2.5

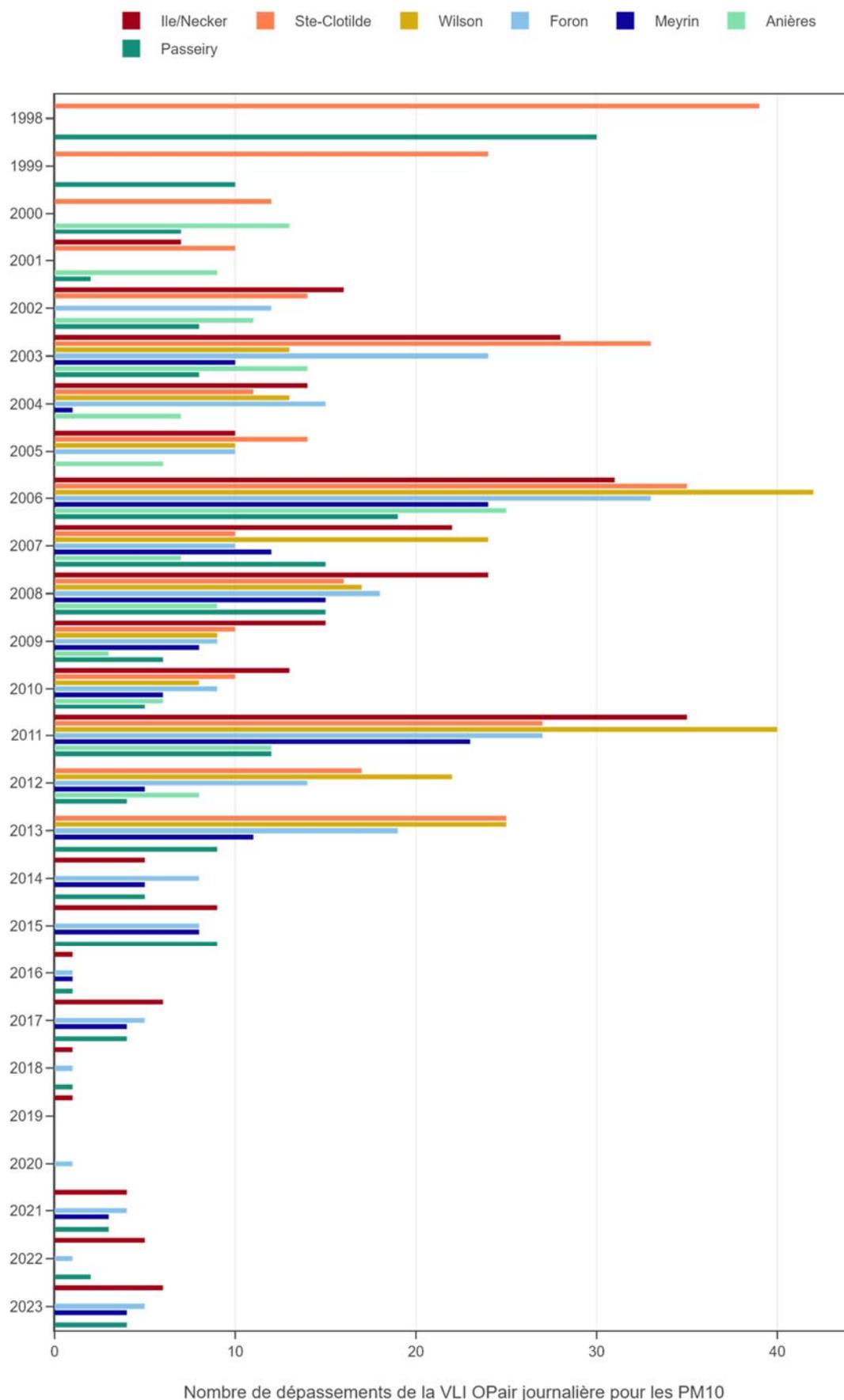


Figure 36. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

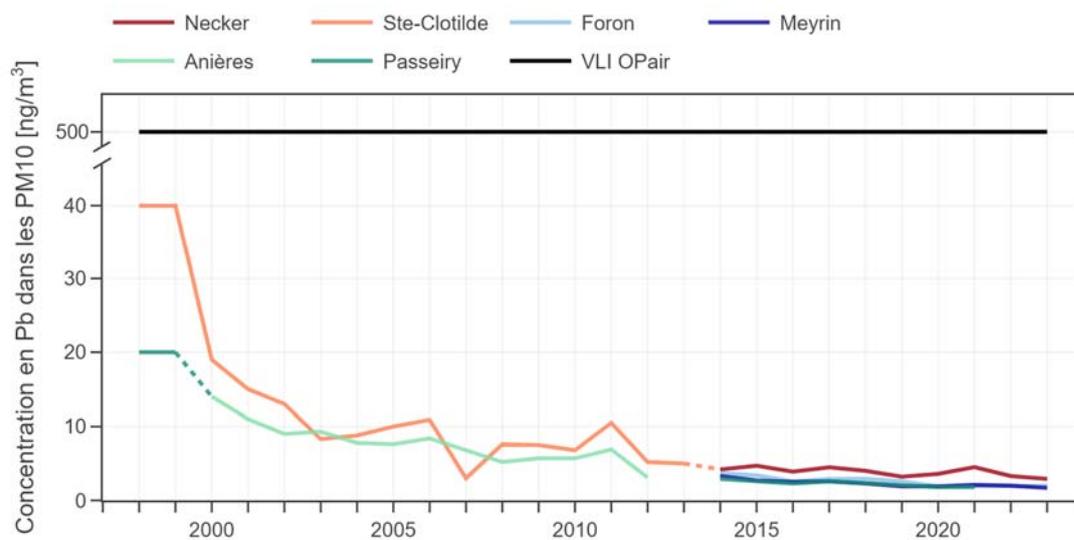


Figure 37. Concentration moyenne annuelle en plomb dans les PM10

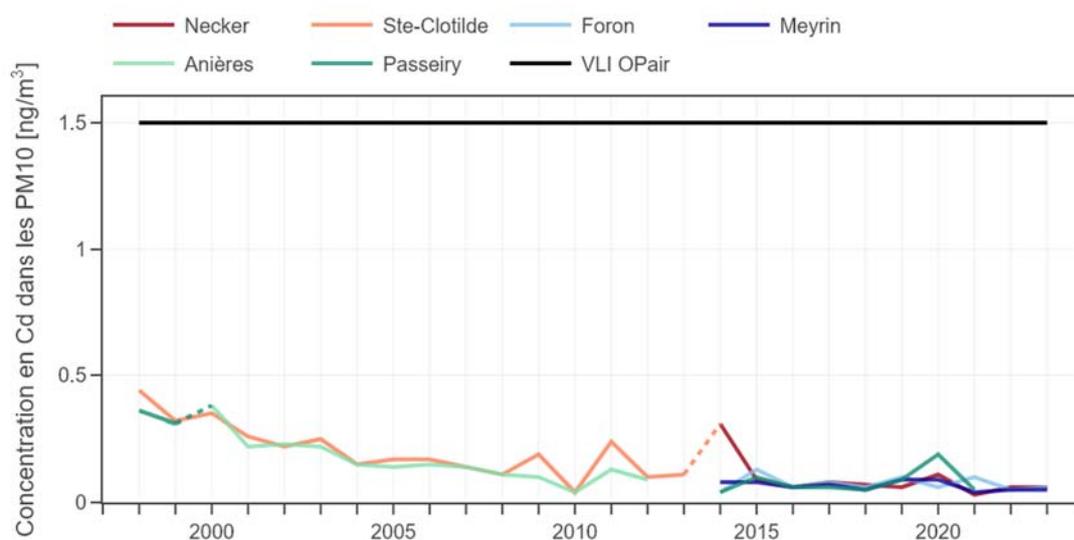


Figure 38. Concentration moyenne annuelle en cadmium dans les PM10

Dioxyde de soufre

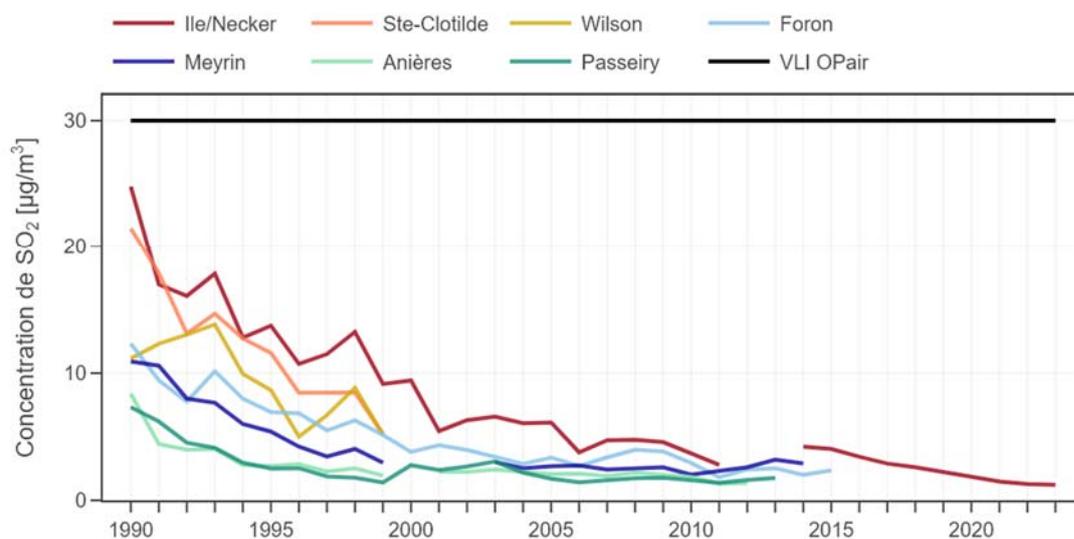


Figure 39. Concentration moyenne annuelle de SO₂

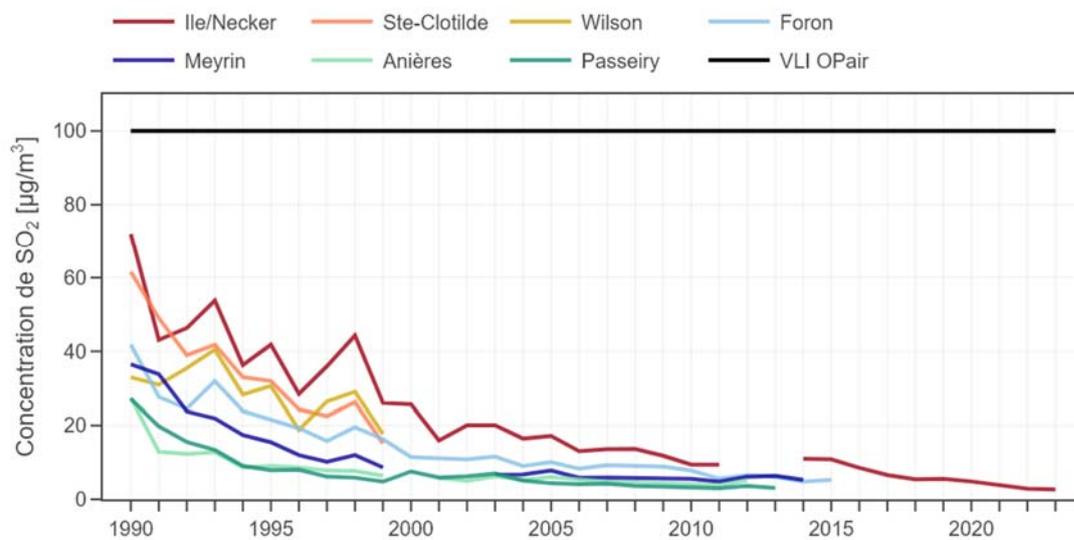


Figure 40. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Monoxyde de carbone

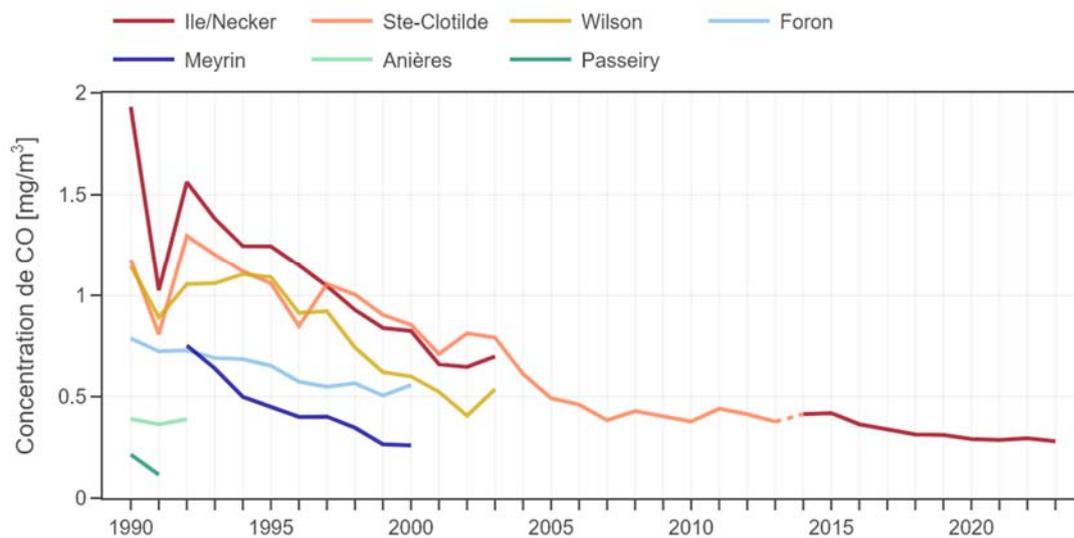


Figure 41. Concentration moyenne annuelle¹⁵ de CO

Retombées de poussières

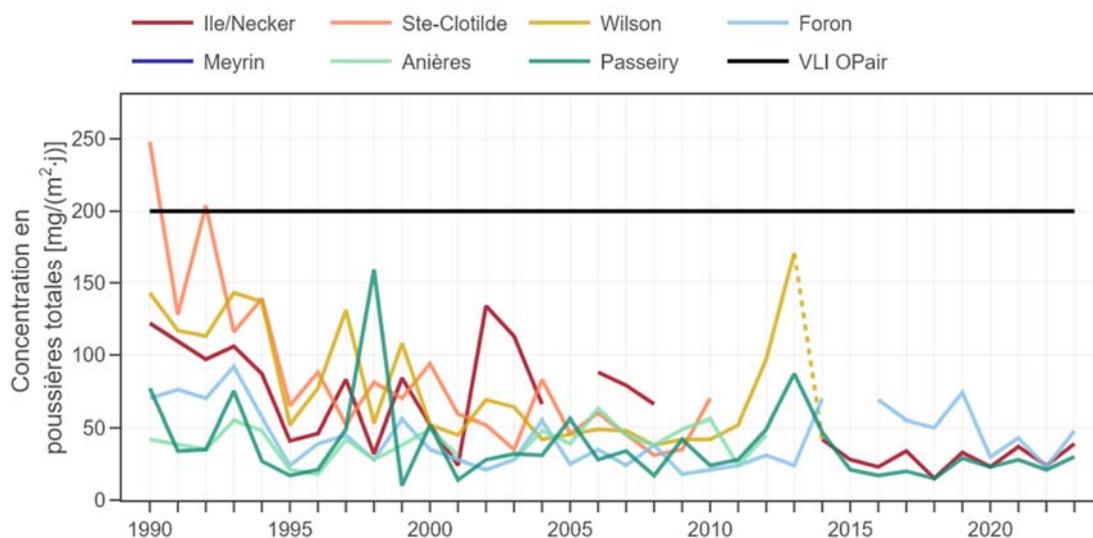


Figure 42. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

¹⁵ L'OPair ne fixe pas de VLI annuelle pour ce paramètre.

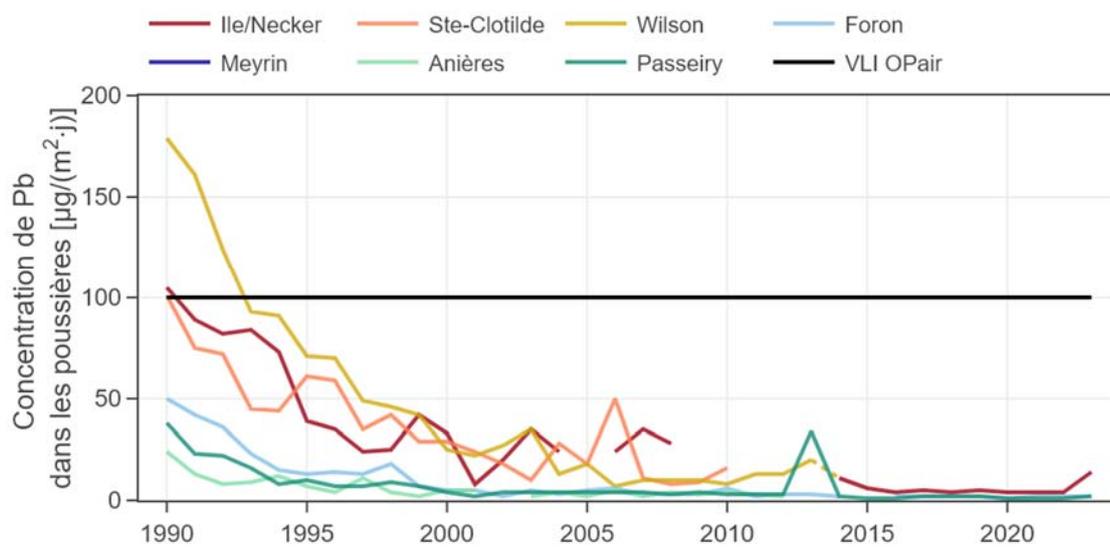


Figure 43. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

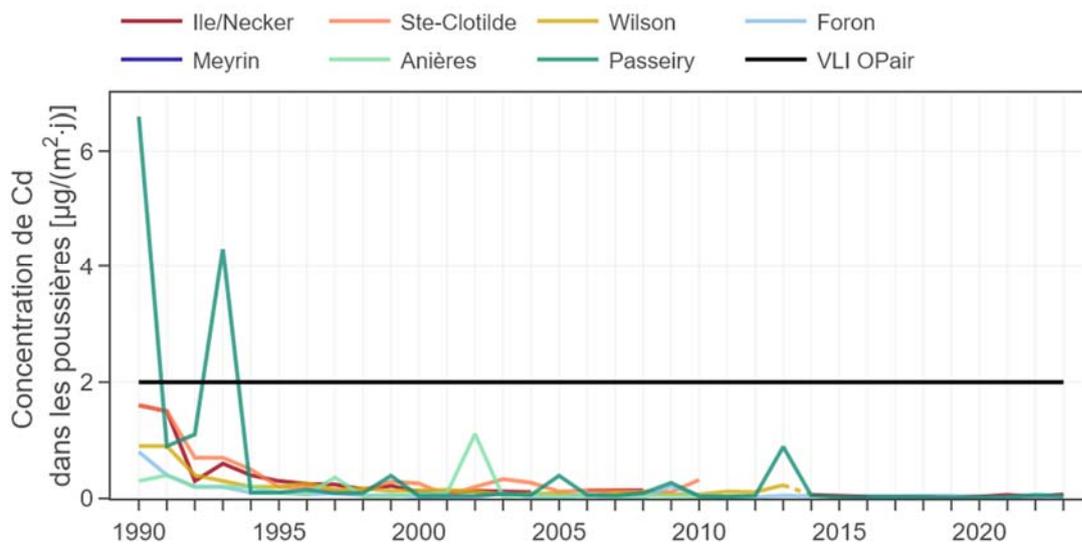


Figure 44. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières

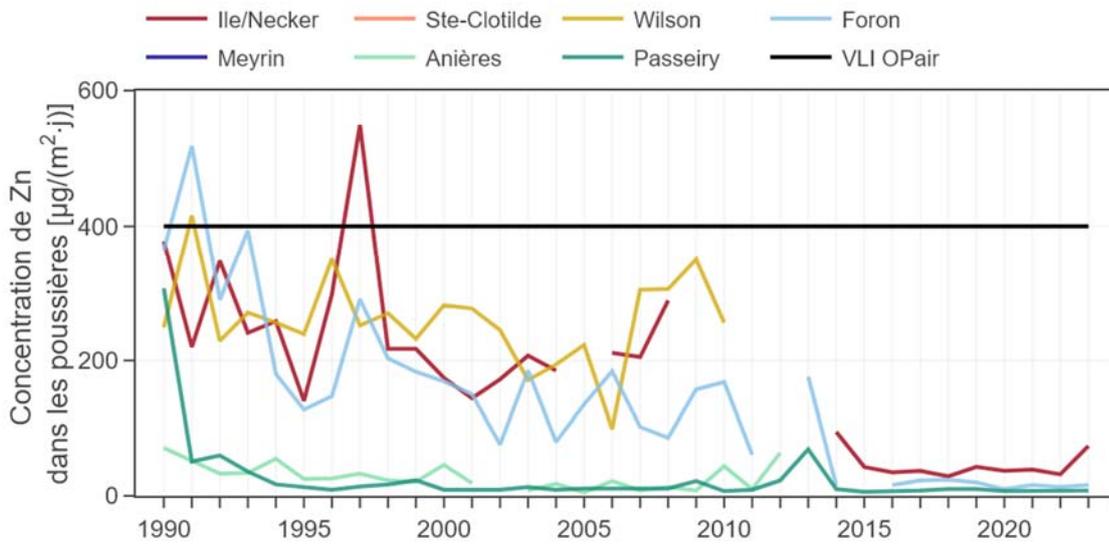


Figure 45. Concentration moyenne annuelle de zinc dans les retombées de poussières

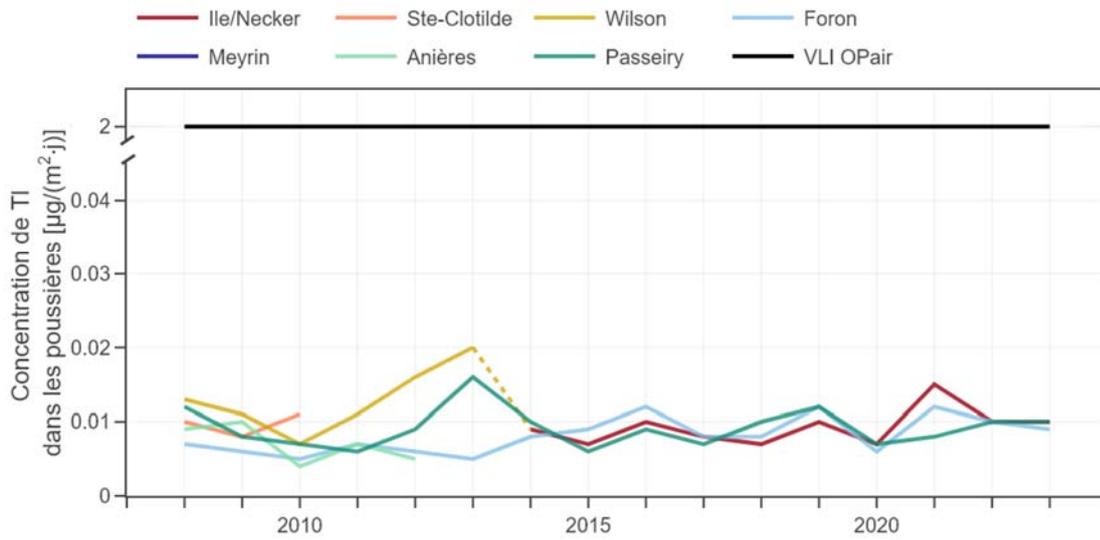


Figure 46. Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières

Annexe 2. 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. Annexe 5) garantissant la disponibilité des mesures sur le long terme, l'Etat de Genève effectue des campagnes de mesure ponctuelles au moyen de deux stations mobiles, exploitées avec la participation 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. Elles peuvent être aisément déplacées et ne nécessitent qu'un raccordement électrique pour permettre le fonctionnement en continu des différents appareils.



Figure 47. Stations mobiles du ROPAG

Accessibilité des données

Les données collectées sont accessibles et consultables en temps réel durant les périodes de mesure. De plus, au terme des campagnes et de l'analyse des mesures, des rapports détaillés sont rédigés. Notamment, en 2023, deux nouvelles campagnes ont été achevées : l'une à proximité d'un axe de trafic routier à la route de Saint-Julien à Plan-les-Ouates et l'autre proche de l'aéroport au Grand-Saconnex.

Toutes ces informations ainsi que des rapports sur les campagnes achevées sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.ge.ch/dossier/qualite-air/enjeux-qualite-air/campagnes-mesure-localisees>.

Emplacements des campagnes de mesures

Depuis le début de ce type de mesures, en 2021, sept campagnes de mesures ont été organisées, dont deux sont encore en cours sur une partie de l'année 2024. Le tableau ci-dessous détaille les périodes et les emplacements.

Commune	Adresse	Période	Source de pollution principale
Genève	Avenue d'Aïre	01.05.2021 – 30.06.2021	Trafic routier
Bellevue	Chemin William-Rappard	01.05.2021 – 30.04.2022	Trafic aérien
Carouge	Route du Val-d'Arve	15.09.2021 – 31.03.2022	Trafic routier
Plan-les-Ouates	Route de Saint-Julien	01.05.2022 – 30.04.2023	Trafic routier
Grand-Saconnex	Chemin Edouard-Sarasin	26.06.2022 – 25.06.2023	Trafic aérien
Vernier	Avenue de Pailly	Dès le 15.05.2023	Trafic routier
Genthod	Chemin des Chênes	Dès le 01.07.2023	Trafic aérien



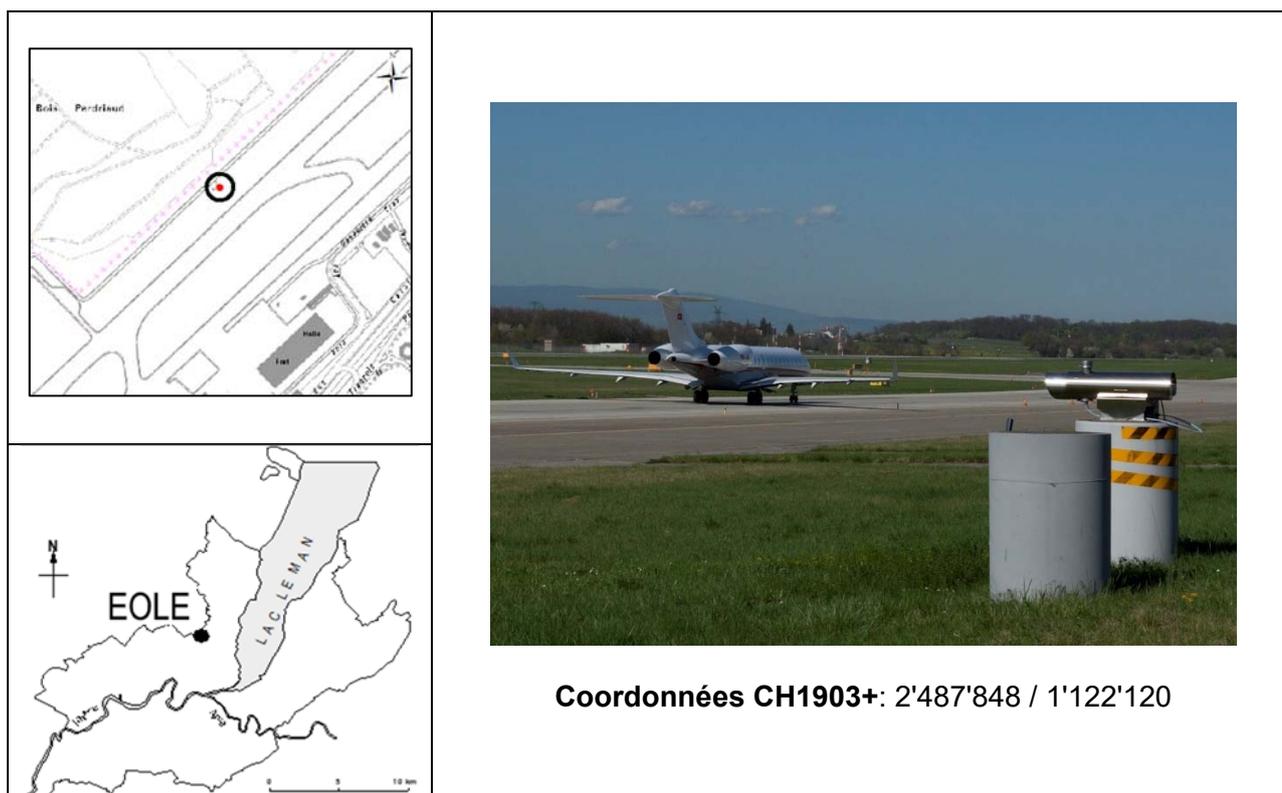
Figure 48. Emplacements des campagnes de mesures mobiles

Annexe 3. Réseau de mesure de l'aéroport de Genève

La station Eole¹⁶ 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 DOAS¹⁷ qui mesure les concentrations en SO₂, NO₂ et O₃, sur un trajet optique de 332 mètres en travers de la piste.
- Un appareil de type optique identique à ceux utilisés dans les stations du ROPAG, qui mesure les concentrations de particules fines PM10 et PM2.5.



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 2023. Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations des polluants principaux (NO₂, PM10, O₃) mesurées par la station Eole (en bleu foncé) en comparaison avec les stations fixes du ROPAG (en transparence).

¹⁶ Des informations complémentaires sur la station Eole sont disponibles sur le site internet : <https://www.gva.ch/fr/Site/Geneve-Aeroport/Developpement-durable/impact-environnemental>

¹⁷ Définition disponible dans le glossaire.

Substance	Paramètre	Unité	Eole	Valeur Limite d'Immission OPair	
NO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	22.1	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	55.7	100 µg/m ³	
	Nb ^l >80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	80 µg/m ³	
O ₃	Moy. ann.	µg/m ³	52.9	100 µg/m ³	
	Perc. 98	Janv.	µg/m ³		73
		Fév.	µg/m ³		80
		Mar.	µg/m ³		87
		Avr.	µg/m ³		91
		Mai	µg/m ³		116
		Juin	µg/m ³		131
		Juil.	µg/m ³		111
		Août	µg/m ³		120
		Sept.	µg/m ³		130
		Oct.	µg/m ³		83
		Nov.	µg/m ³		72
		Déc.	µg/m ³		73
Nb ^h >120 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	163	120 µg/m ³		
PM 10	Moy. ann.	µg/m ³	12.4	20 µg/m ³	
	Nb ^l >50 µg/m ³ (3 Dép/an)	nb	1	50 µg/m ³	
PM 2.5	Moy. ann.	µg/m ³	8.2	10 µg/m ³	
SO ₂	Moy. ann.	µg/m ³	2.4	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	5.9	100 µg/m ³	
	Nb ^l >100 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	100 µg/m ³	
NO ₂ , PM10, O ₃		IPL	2		

Tableau 3. Résultats des mesures réalisées à la station Eole en 2023

Les concentrations en NO₂, O₃, PM10 et PM2.5 mesurées en 2023 sont en diminution par rapport à l'année précédente. Hormis pour l'O₃, toutes les VLI sont respectées. Les concentrations de PM10, de PM2.5 et d'O₃, suivent une tendance semblable à celles observées dans les autres stations de mesures réparties sur le canton, ce qui n'est pas le cas pour le NO₂. En effet, le trafic aérien, qui est la principale source locale pour ce polluant, a largement augmenté pour se rapprocher des valeurs enregistrées avant la pandémie (172'841 mouvements d'avions en 2023, 163'168 en 2022, 99'249 en 2021, 86'354 en 2020 contre 186'043 en 2019).

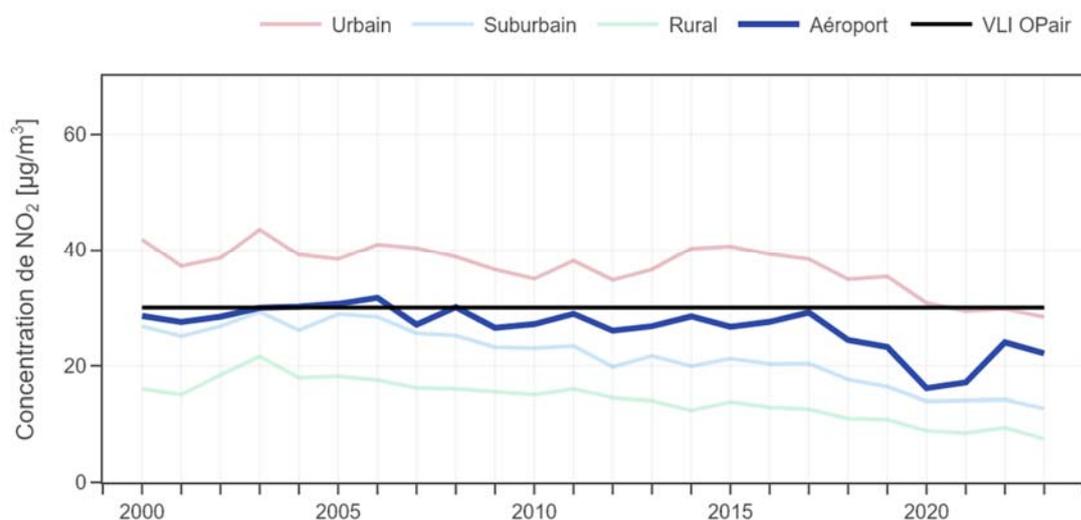


Figure 49. Concentration moyenne annuelle de NO₂

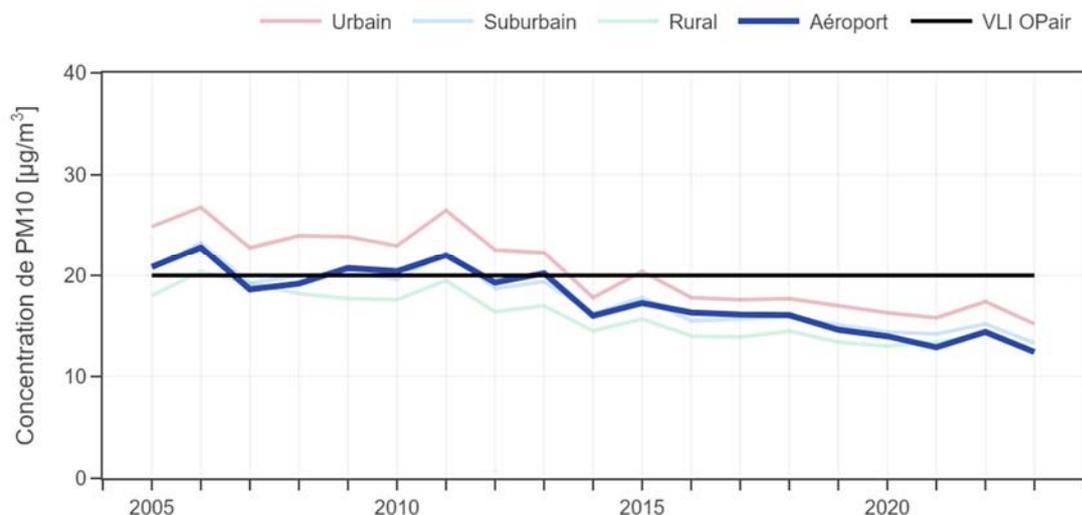


Figure 50. Concentration moyenne annuelle de PM10

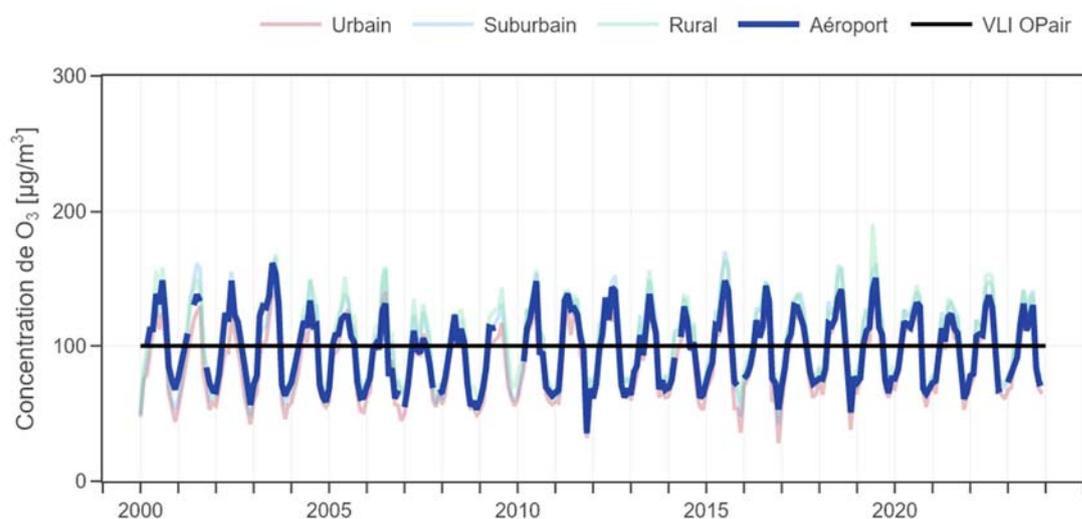


Figure 51. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelle d'O₃

Genève Aéroport opère également un réseau de 16 capteurs passifs de NO₂ 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 NO₂ présentée au chapitre 4. Aucune de ces mesures n'a dépassé la VLI annuelle de 30 µg/m³, comme c'est le cas pour les capteurs du ROPAG.

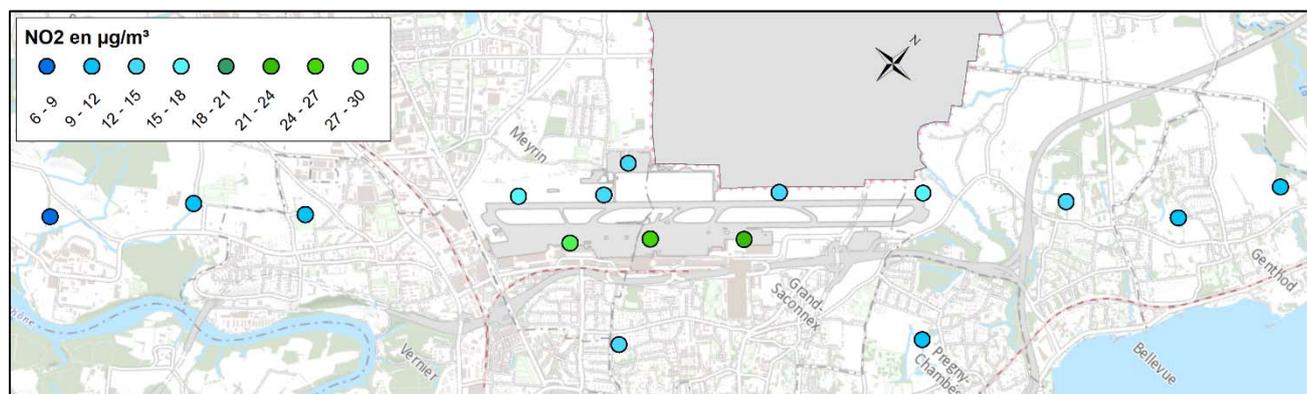


Figure 52. Capteurs passifs de NO₂ de Genève Aéroport

Annexe 4. Météorologie et qualité de l'air¹⁸

Relation météorologie – qualité de l'air

La qualité de l'air dépend de l'émission de polluants mais aussi 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, leur concentration tend à augmenter. En revanche, lorsque le vent est soutenu, les polluants peuvent se disperser. Toutefois, le vent peut aussi amener des masses d'air contenant des polluants provenant d'autres régions.

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 avec des polluants dits « précurseurs » (NO_x, COV, ...) et contribue notamment à la formation d'ozone, lequel disparaît en 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 consécutivement les émissions polluantes par l'utilisation accrue de certaines installations de chauffage.
- 3) Air stable ou instable : selon que la température augmente avec l'altitude ou diminue avec l'altitude, l'atmosphère sera respectivement stable ou instable.
 - a. 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 près du sol. En hiver, en situation de haute-pression, la température peut afficher 0° à Genève et de +4° à +8° sur les sommets du Jura.
 - b. 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.

Sand Dust Event (SDE) : Un épisode de sable (SDE) est un phénomène naturel de transport de poussières désertiques qui induit un apport de particules essentiellement minérales. Par exemple, 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 poussières ne font que transiter au-dessus de nos régions. Des mesures en altitude (notamment à la station de la Jungfrau) et des ceilomètres de MétéoSuisse (technique LIDAR¹⁹) permettent aussi de détecter les SDE.

¹⁸ Cette annexe a été réalisée en collaboration avec MétéoSuisse.

¹⁹ Light Detection And Ranging (détection de lumière résolue en distance).

La météorologie de l'année 2023

Echelle annuelle

A Genève, comme en Suisse, l'année 2023 s'est placée au 2^{ème} rang des années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1864 avec +1.7°C par rapport à la norme (+1.4°C en Suisse), le 1^{er} rang étant occupé par l'année 2022.

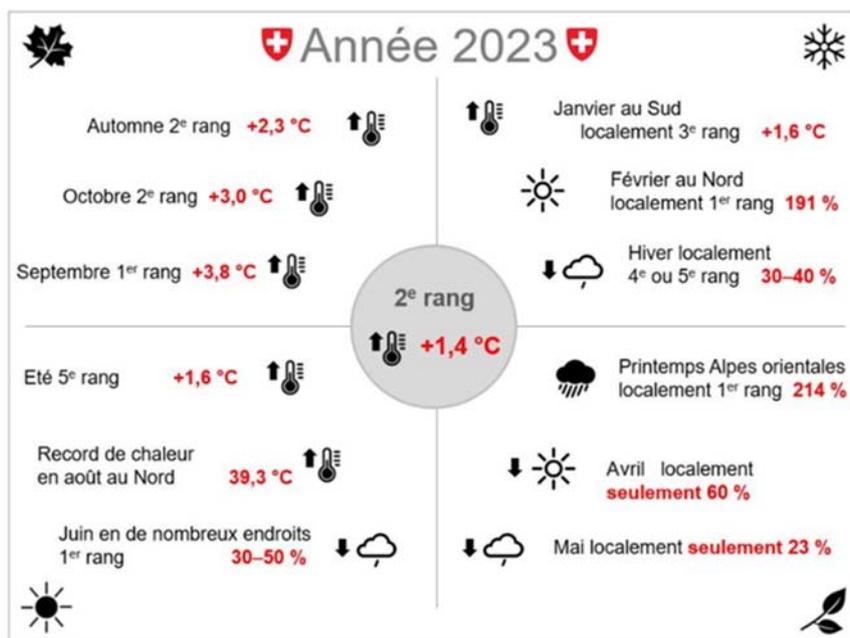


Figure 53. Evénements spéciaux pendant l'année 2023 en Suisse²⁰. Les températures sont indiquées en tant qu'écart par rapport à la norme 1991-2020

Echelle mensuelle

L'**hiver** a été doux et ensoleillé avec des précipitations déficitaires. En février, une période notable d'inversion de température s'est produite.

Le **printemps** a connu des précipitations localement record dans les Alpes, mais relativement déficitaires à Genève.

L'**été** à Genève a été le 3^{ème} plus chaud et le 5^{ème} au niveau de la Suisse depuis le début des mesures avec jusqu'à 40 journées tropicales (température maximale $\geq 30^{\circ}\text{C}$). Il a débuté régionalement avec le mois de juin le moins pluvieux depuis le début des mesures ; Genève a été relativement épargné. Juillet et août ont été marqués par des vagues de chaleur ; celle d'août a été longue, intense et tardive. Les précipitations sont restées discrètes à Genève.

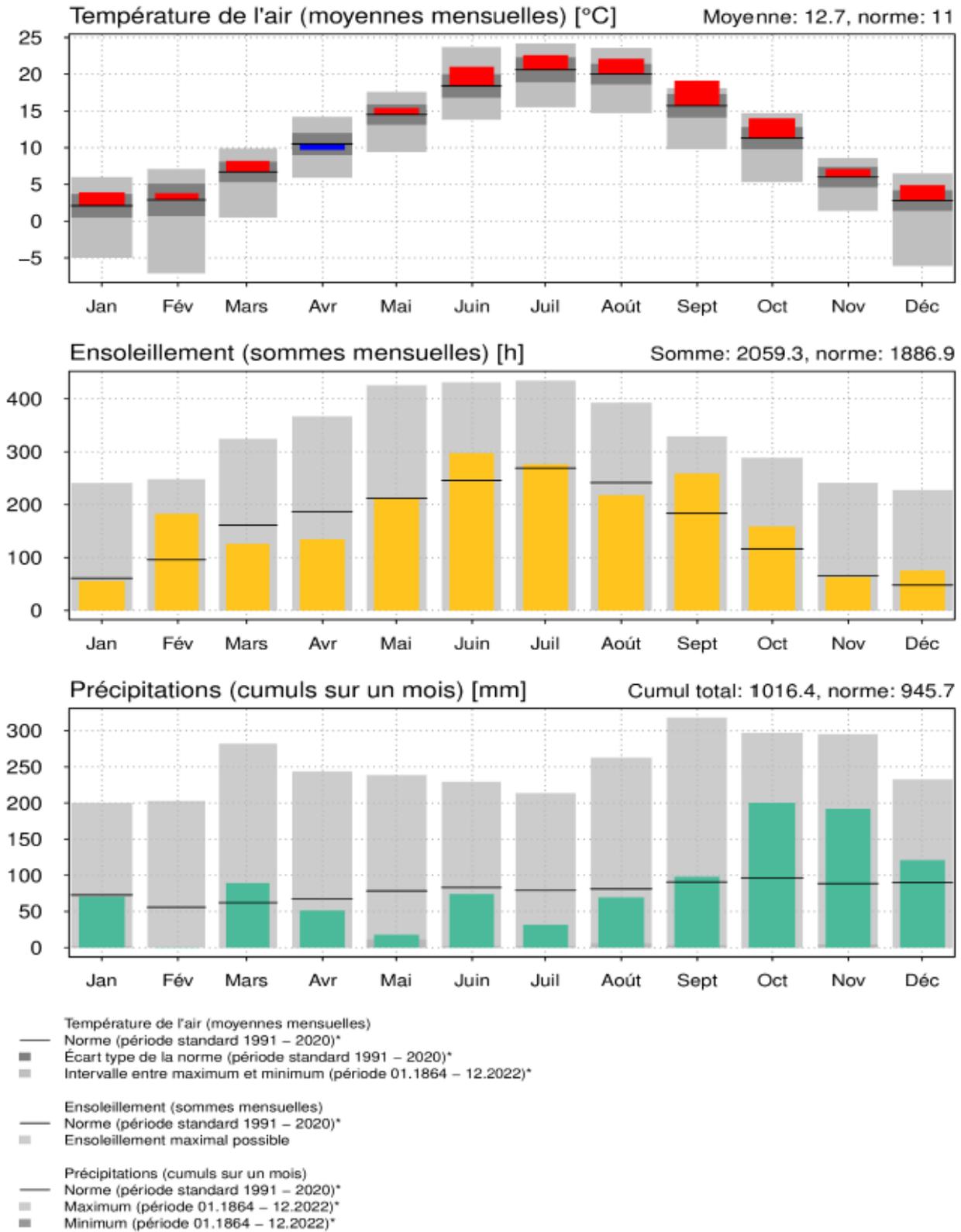
L'**automne** a été exceptionnel dans tout le pays ; Genève a connu sa période automnale la plus chaude et la plus ensoleillée depuis le début des mesures (1^{er} rang) ainsi que la 2^{ème} plus arrosée. Septembre et octobre ont été marqués par des records de chaleur, ainsi qu'un excédent d'ensoleillement. Ces deux mois ont également été caractérisés par d'abondantes précipitations. Au Nord des Alpes, le mois de novembre a été particulièrement pluvieux notamment à Genève, de même que pendant les deux premières semaines de décembre.

²⁰ MétéoSuisse 2023 - Bulletin climatologique année 2023, Genève.

Genève / Cointrin

Jan 2023 – Déc 2023

411 m
46.25 N, 6.13 E



* Base de données: observations homogénéisées sur la période spécifiée

Figure 54. Evolution météorologique de l'année 2023 en comparaison avec la norme 1991–2020

Evénements particuliers en 2023

Inversions de température

La quantité d'inversions pour les 5 mois généralement critiques (janvier, février, mars, novembre et décembre) est proche (45 jours) de celle des années précédentes, 2022 (42 jours), 2021 (47 jours) et 2020 (43 jours).

A noter une longue période de haute-pression, du 5 au 16 février avec 7 jours d'inversions modérées à fortes, laquelle a entraîné des dépassements des VLI journalières de PM10.

SDE et incendies de forêt

Des évènements de poussières du Sahara (SDE) d'intensités variables se sont produits tout au long de l'année 2023. Pendant l'été, quelques évènements ont également engendré une augmentation des particules fines, bien que celle-ci n'ait pas été aussi prononcée, compte tenu de la période peu propice à l'accumulation de ce polluant.

La figure ci-dessous montre les moyennes journalières de PM10 pour la station fixe de Necker et les SDE, représentés par l'épaisseur optique des poussières (DOD)²¹ estimée à partir des observations satellitaires dans le visible (550 nm). Ce paramètre est un indicateur de l'atténuation par des aérosols de type poussières intégré sur une colonne verticale de l'atmosphère ; il varie surtout avec la densité et la taille des aérosols. Il faut noter que l'impact des nuages de sable sur les concentrations de PM10, ainsi que leur visibilité dépend fortement de leur altitude : ils peuvent descendre à des altitudes plus basses ou rester en altitude et, dans ce dernier cas, ne pas affecter le taux de particules fines.

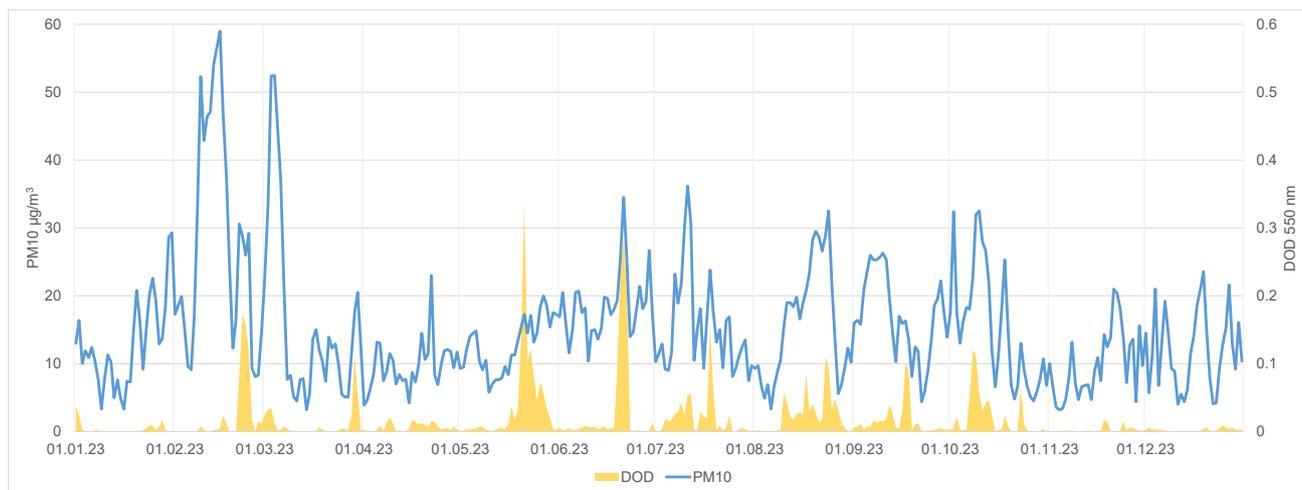


Figure 55. Comparaison entre les moyennes journalières de PM10 à Necker et les épaisseurs optiques des poussières, DOD (Dust Optical Depth)

Pour les mois de juin, juillet, août et septembre de nombreux aérosols ont aussi été détectés par les ceilomètres de MétéoSuisse. Une partie de ces détections ne semble pas être liée à des SDE mais aux passages de particules attribuables aux énormes incendies de forêts canadiens.

²¹ Les DOD ont été modélisées 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.

Situations caniculaires

L'été 2023 a été exceptionnel en Suisse, se classant comme le 5^{ème} plus chaud, et même le 3^{ème} plus chaud à Genève depuis le début des mesures en 1864. Pour Genève, on a dénombré, pour la période allant de mai à septembre, un nombre de journées tropicales plus de 2 fois supérieur à la norme, avec 40 journées (seules deux années en ont compté plus, 2022 avec 41 journées et en 2003 avec 51 journées). Dans ce contexte, Genève a connu en juillet 13 journées tropicales et trois courtes périodes caniculaires. En août, 16 journées tropicales ont été enregistrées, notamment lors d'une importante vague de chaleur tardive (du 12 au 25 août), longue et intense. Cette canicule a fait l'objet d'alertes de niveau 3 (pendant 4 jours) puis de niveau 4 (durant 6 jours), laquelle se place à bien des égards juste derrière la canicule de 2003.

Si 2023 est comparable à 2022 et 2003 du point de vue des températures, la période allant de juin à août n'a engrangé que 791 heures d'ensoleillement à Genève (soit un peu plus que la norme de 757h), contre 915 h en 2022 et 929 h en 2003. Ce déficit d'ensoleillement de 138 à 126 heures par rapport à ces deux années peut avoir joué un rôle modérateur sur la production d'ozone.

Annexe 5. Stations fixes et paramètres mesurés

Programme et méthodes de mesure

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

MESURE STATION	SO ₂	NO ₂	NO	O ₃	CO	PM10	PM2.5	Pouss.	T	HR	VENT	RS
Necker	FUV*	CL*	CL*	AUV**	IR*	G / Opt.	G / Opt.	Berg.	-	-	AN-US	-
Foron	-	CL*	CL*	AUV**	-	G / 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

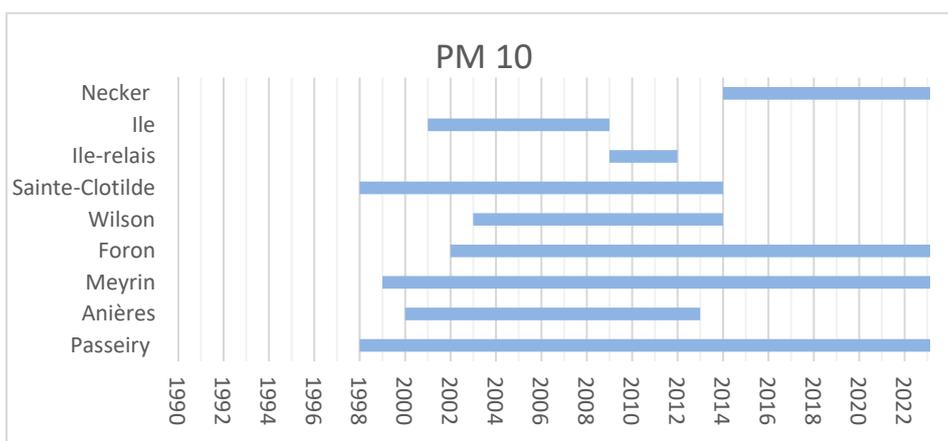
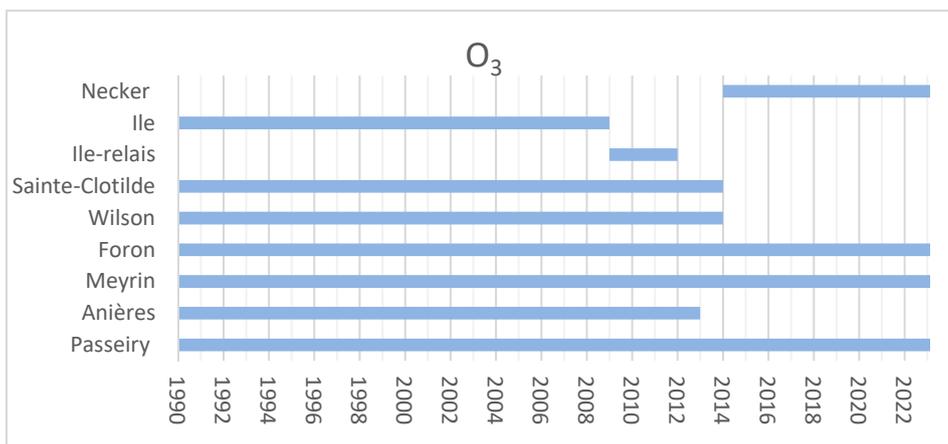
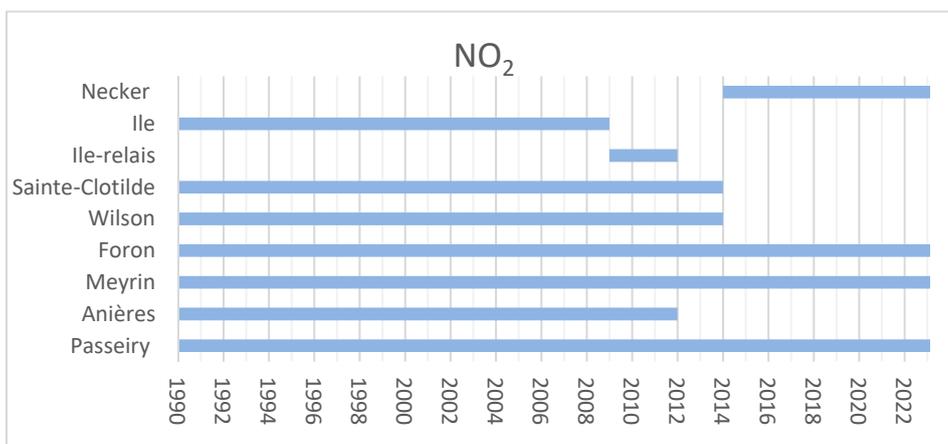
SO ₂	dioxyde de soufre
NO ₂	dioxyde d'azote
NO	monoxyde d'azote
O ₃	ozone
CO	monoxyde de carbone
PM10	particules fines (< 10 µm)
PM2.5	particules fines (< 2.5 µm)
Pouss.	retombées de poussières
T	température
HR	humidité relative
VENT	vitesse et direction du vent
RS	rayonnement solaire

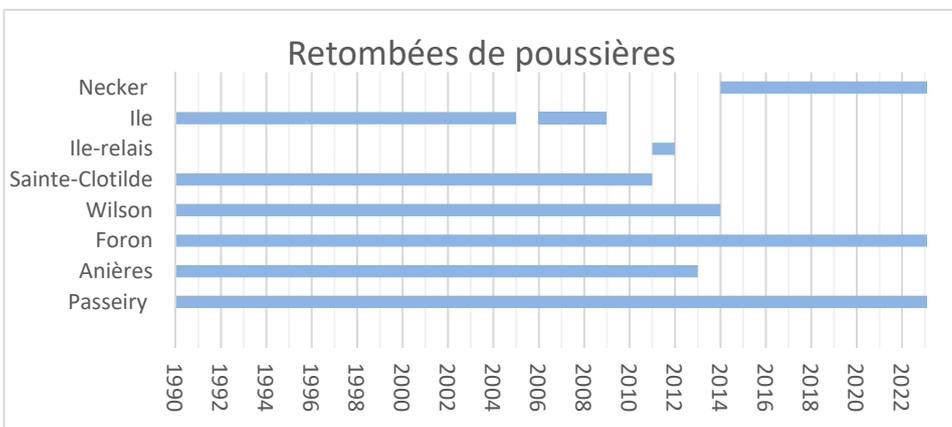
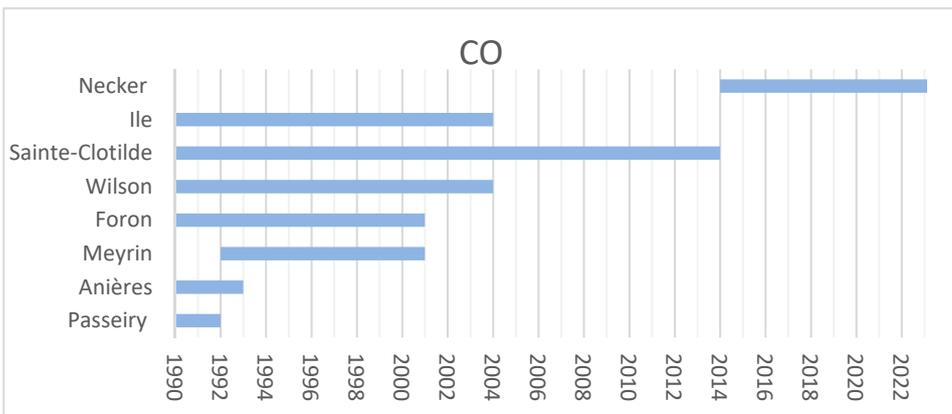
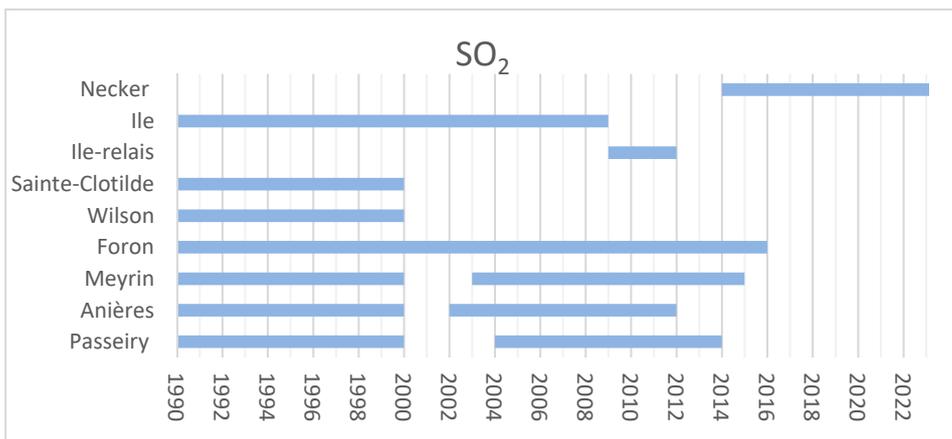
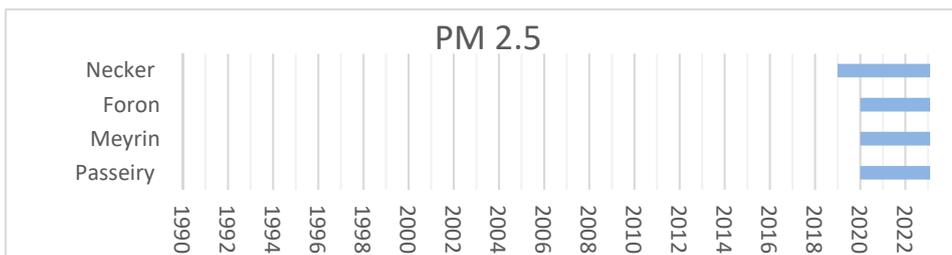
Méthode de mesure

Py	pyranomètre
H	hygromètre électronique
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

Périodes de mesure 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).

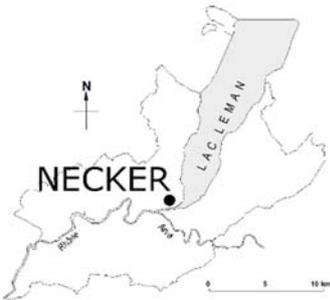




Description des stations

Durant l'année 2023, les 4 stations fixes du ROPAG (Necker, Foron, Meyrin et Passeiry) ont analysé l'air genevois.

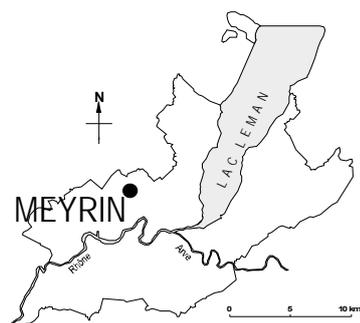
Milieu urbain : **NECKER**

	
 <p>NECKER</p>	<p>Coordonnées CH1903+: 2'499'864 / 1'118'200</p> <p>Classification OFEV : Urbaine / Pollution de fond</p>

Milieu suburbain : **FORON**

	
 <p>FORON</p>	<p>Coordonnées CH1903+: 2'505'254 / 1'116'758</p> <p>Classification OFEV : Banlieue / Trafic faible</p>

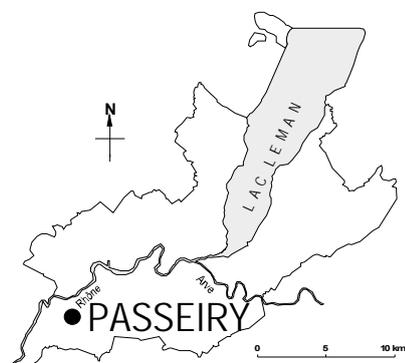
Milieu suburbain : **MEYRIN**



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

Classification OFEV : Banlieue / Pollution de fond

Milieu suburbain : **PASSEIRY**



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

Classification OFEV : Rurale / Pollution de fond

Annexe 6. 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.

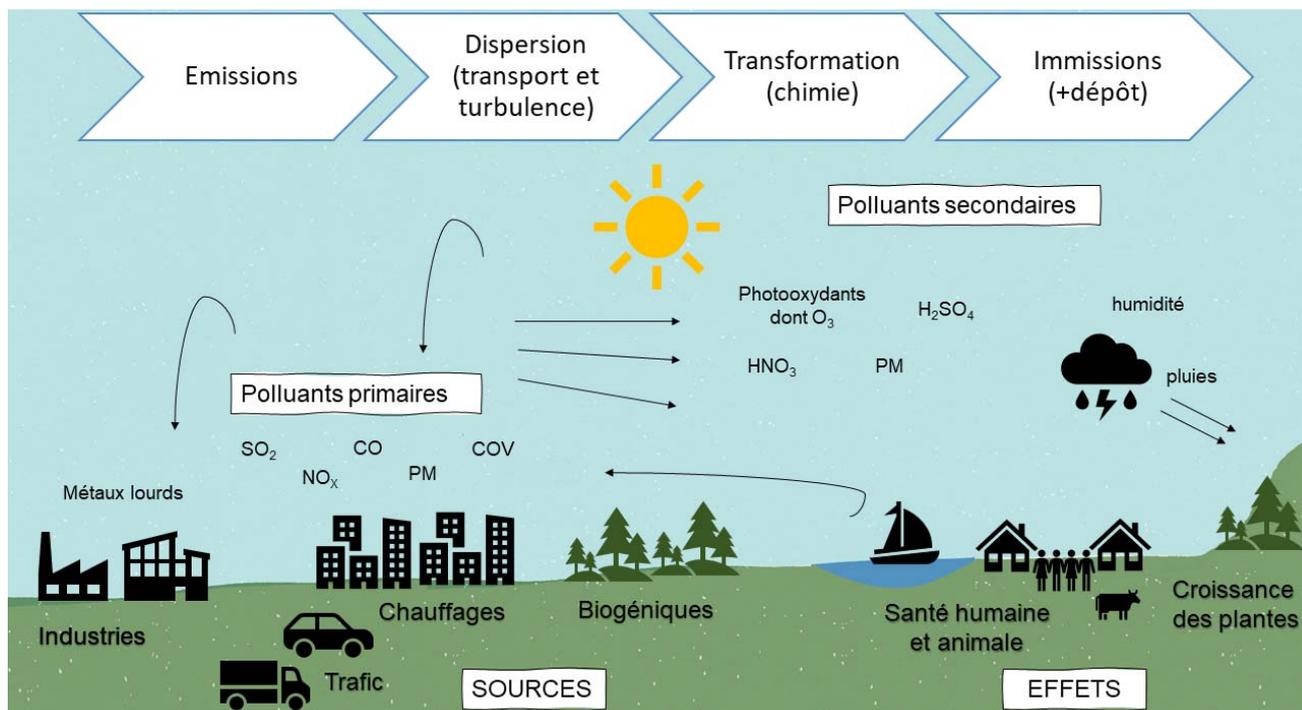


Figure 56. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air

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'immission (VLI) OPair pour un certain nombre de composés tels que le NO₂, l'O₃, les PM10, les PM2.5, le SO₂, le CO et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes VLI.

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

Tableau 4. Valeurs limites d'immission de l'OPair

Annexe 7. Généralités sur les différents polluants

Dioxyde d'azote

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

L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs et l'évolution des normes Euro, ainsi que les efforts de dépollution de différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO_2 . Cette baisse se poursuit mais de manière moins sensible depuis le début des années 2000.

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

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

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

Ozone

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

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

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

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

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

Poussières fines

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

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

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

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

Benzo[a]pyrène

Le benzo[a]pyrène est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP)²² classé comme cancérigène certain par le centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Cette molécule, une fois émise dans l'atmosphère lors de procédés de combustion incomplète, se fixe sur les poussières fines.

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

²² Voir glossaire dans l'annexe 9.

Dioxyde de soufre

Le SO₂ provient principalement de procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles soufrés (fiouls industriels et domestiques, diesel, charbon). D'autres procédés industriels tels que le raffinage des hydrocarbures, la fabrication de la pâte à papier, de l'acide sulfurique, de matériaux réfractaires, de tuiles, de briques, sont des émetteurs de SO₂.

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

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

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

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

Monoxyde de carbone

Le CO - qui se forme lors de procédés 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-vasculaires²³.

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.

²³ 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 :

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

Air2G²



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_x.

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

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

Si l'on veut mesurer une concentration en NO₂, il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur, puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO₂ et le luminol).

Composés organiques volatils (COV)

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

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

Sources principales

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

Effets

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

Composition de l'atmosphère

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

Molécules

Azote (N₂) : 78.1 %

Oxygène (O₂) : 20.9 %

Argon (Ar) : 0.9 %

Dioxyde de carbone (CO₂) : 0.03 %

Et

Vapeur d'eau (H₂O) : hautement variable

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

Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

D

Dioxyde d'azote (NO₂)

Cf. *Oxydes d'azote (NO_x)*.

Dioxyde de carbone (CO₂)

Il est émis lors de toute combustion.

Sources principales

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

Effets

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

Dioxyde de soufre (SO₂)

Synonyme : Anhydride sulfureux.

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

Sources principales

Chauffages industriels et domestiques.

Effets

- Maladies respiratoires.
- Dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles.
- Corrosion des métaux et altération des matériaux de construction.
- Important précurseur 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 SO₂) peuvent céder ce supplément d'énergie par fluorescence.

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

G

Gravimétrie

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

Pesée

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

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

Cette méthode de référence répond à la norme EN 12341.

Microbalance

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

H

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

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

Sources principales

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

Effets

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

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

Humidité relative

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

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

Hygromètre

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

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

I

Immissions

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

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

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

IPC et IPL

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

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

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

Ces deux indices comportent six niveaux :

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

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

M

Métaux lourds

Se dit des éléments chimiques dont la masse spécifique est supérieure à 5'000 kg/m³. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 %, c.à.d. 1'000 ppm : on parle de « trace ».

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

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

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

Plomb

Sources principales

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

Effets

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

Cadmium

Sources principales

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

Effets

- 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_x).

Monoxyde de carbone (CO)

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

Sources principales

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

Effets

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

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

Moyennes

Moyenne semi-horaire

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

Moyenne horaire maximale

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

Moyenne journalière

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

Moyenne annuelle

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une année. Pour calculer la moyenne annuelle, il faut au moins 15'768 moyennes semi-horaires valides.

Moyenne annuelle glissante

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires effectuées durant les 365 jours précédents. Elle est recalculée quotidiennement. Pour calculer la moyenne annuelle glissante, il faut au moins 15'768 moyennes semi-horaires valides.

Percentile 95

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

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

Percentile 98

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

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

O

OPair

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

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

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

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis sa création.

Oxydes d'azote (NO_x)

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

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

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



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

Sources principales

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

- Installations de combustion.

Effets

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

Oxydes de carbone

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

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

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

Ozone (O₃)

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

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

D'après des mesures effectuées au début du siècle dernier, époque à laquelle on peut supposer que les émissions anthropiques étaient faibles, on estime que la

concentration naturelle en ozone était de 10 à 15 ppb au niveau du sol.

A cela s'ajoute l'ozone résultant de l'activité humaine.

Pour illustrer ceci, voici un exemple tiré d'un rapport de l'OFEV du 3 février 1995.

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

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

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

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

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

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

Sources principales

- Trafic.
- Industrie et artisanat.

Effets

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

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

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

P

Percentile 95, Percentile 98

Cf. Moyenne.

Plomb

Cf. Métaux lourds.

Poussières - PM 10 - PM 2.5

Les poussières parviennent dans l'atmosphère par le biais des procédés industriels ou d'une 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 2π 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 (μg) est 1'000 fois plus petit que le milligramme (mg).

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

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

Les résultats peuvent aussi être exprimés en :

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

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

V

Valeurs limites d'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

Office cantonal de l'environnement Service de 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

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