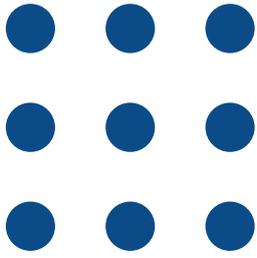


Qualité de l'air 2024



MAI 2025

**ETAT DE GENÈVE - DT - OCEV - SERVICE DE L'AIR, DU
BRUIT ET DES RAYONNEMENTS NON IONISANTS**

Avenue de Sainte-Clotilde 23
1205 Genève
T : +41 22 388 80 40

SOMMAIRE

L'ESSENTIEL EN BREF	4
1 LA MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR À GENÈVE	5
1.1 INTRODUCTION	5
1.2 PRÉSENTATION DES STATIONS DU ROPAG	6
2 VUE D'ENSEMBLE DE LA QUALITÉ DE L'AIR	7
2.1 TABLEAU RÉSUMÉ DES MESURES EN 2024	7
2.2 INDICES DE POLLUTION DE L'AIR À COURT TERME	8
2.3 INDICE DE POLLUTION À LONG TERME	9
3 EVOLUTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR	10
3.1 DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	10
3.2 OZONE (O ₃)	12
3.3 POUSSIÈRES FINES (PM10 ET PM2.5)	13
3.4 DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	16
3.5 MONOXYDE DE CARBONE (CO)	17
3.6 RETOMBÉES DE POUSSIÈRES	17
4 CAPTEURS PASSIFS : MESURE DE NO₂	18
4.1 INTRODUCTION	18
4.2 EMBLEMES – VALEURS	18
4.3 CARTOGRAPHIE	20
ANNEXES	22
ANNEXE 1 RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES MESURES PAR STATION	23
ANNEXE 2 STATIONS MOBILES	35
ANNEXE 3 RÉSEAU DE MESURE DE L'AÉROPORT DE GENÈVE	38
ANNEXE 4 MÉTÉOROLOGIE ET QUALITÉ DE L'AIR	42
ANNEXE 5 STATIONS FIXES ET PARAMÈTRES MESURÉS	47
ANNEXE 6 MESURE DES IMMISSIONS	52
ANNEXE 7 GÉNÉRALITÉS SUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS	54
ANNEXE 8 INFORMATIONS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR	57
ANNEXE 9 GLOSSAIRE	59



L'ESSENTIEL EN BREF

Le rapport «Qualité de l'air 2024» fournit une synthèse des mesures effectuées dans le canton de Genève en 2024 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 2024 s'inscrit dans la tendance favorable notée ces dernières années. Pour la première fois, l'ozone est le seul polluant qui ne satisfait pas les exigences légales.

DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

En 2024, 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 2024, les valeurs les moins élevées ayant été enregistrées en milieu urbain. Les dépassements de la VLI OPair horaire ont été mesurés entre avril et septembre. Le nombre de dépassements mesuré en 2024 est significativement plus faible que ceux enregistrés en 2022 et 2023 en raison de conditions météorologiques défavorables à la formation de ce polluant observées notamment au printemps.

POUSSIÈRES FINES (PM₁₀ ET PM_{2.5})

En 2024, 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, un important épisode de sable du Sahara a été constaté à la fin du mois de mars et a entraîné deux dépassements de la VLI OPair journalière sur l'ensemble du territoire. De ce fait, le maximum légal de trois dépassements par an et par station est respecté.

Les VLI des concentrations annuelles de PM_{2.5} sont respectées 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 plus de 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 d'émissions et d'immissions.

¹ Voir définition dans l'Annexe 6.

² Plan de mesures OPair : <https://www.ge.ch/document/plan-mesures-opair>

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.

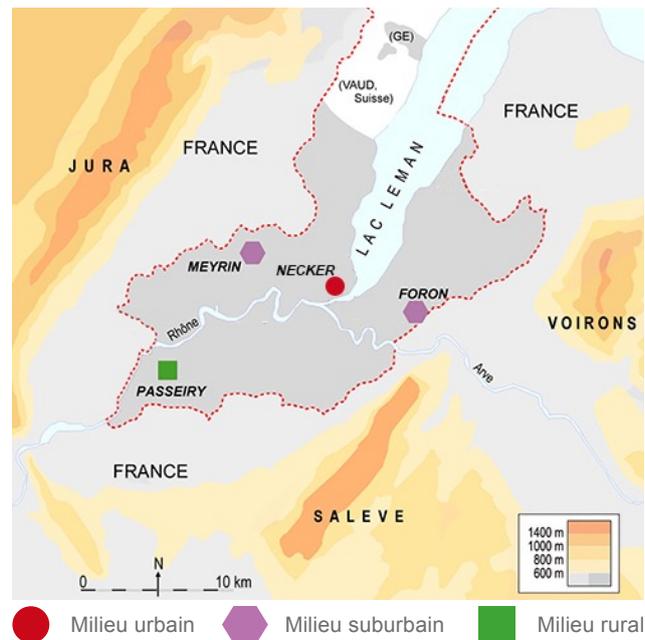


Figure 1. Emplacement des stations fixes du ROPAG

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 moins de 40 mètres.

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

Milieu rural - campagne

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 2024

Substance	Paramètre	Unité	Stations de mesure				Valeur Limite d'Immission OPair	
			Urbaine	Suburbaines		Rurale		
			Necker	Foron	Meyrin	Passeiry		
NO ₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	26.4	13.6	11.1	7.5	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	54.2	36.7	31.2	21.7	100 µg/m ³	
	Nb ^j >80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	0	0	0	80 µg/m ³	
O ₃	Moyenne annuelle	µg/m ³	43.1	49.2	50.1	51.0	-	
	Janv.	µg/m ³	71	81	77	80	100 µg/m ³	
	Fév.	µg/m ³	79	83	81	83		
	Mar.	µg/m ³	85	94	89	94		
	Avr.	µg/m ³	93	102	101	101		
	Mai	µg/m ³	97	108	107	107		
	Perc. 98	µg/m ³	98	104	104	105		
	Juin	µg/m ³	98	104	104	105		
	Juil.	µg/m ³	112	126	126	127		
	Août	µg/m ³	115	137	137	133		
	Sept.	µg/m ³	96	104	105	110		
	Oct.	µg/m ³	66	73	72	75		
Nov.	µg/m ³	67	72	74	78			
Déc.	µg/m ³	68	76	76	80			
	Nb ^h >120 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	21	62	78	76	120 µg/m ³	
PM10	Total	Moyenne annuelle	µg/m ³	13.9	12.7	11.7	11.0	20 µg/m ³
		Nb ^j >50 µg/m ³ (3 Dép/an)	nb	2	2	2	2	50 µg/m ³
	Pb	Moyenne annuelle	ng/m ³	2.1	1.3	1.8	1.1	500 ng/m ³
	Cd	Moyenne annuelle	ng/m ³	0.02	0.10	0.04	0.14	1.5 ng/m ³
PM2.5	Moyenne annuelle	µg/m ³	8.7	7.8	7.2	6.6	10 µg/m ³	
SO ₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	1.3	-	-	-	30 µg/m ³	
	Perc. 95	µg/m ³	2.8	-	-	-	100 µg/m ³	
	Nb ^j >100 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	100 µg/m ³	
CO	Moyenne annuelle	mg/m ³	0.3	-	-	-	-	
	Nb ^j >8 mg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	-	-	-	8 mg/m ³	
Pouss.	Total	Moyenne annuelle	mg/(m ² ·j)	34	32	-	21	200 mg/(m ² ·d)
	Pb	Moyenne annuelle	µg/(m ² ·j)	5	1	-	1	100 µg/(m ² ·d)
	Cd	Moyenne annuelle	µg/(m ² ·j)	0.03	0.04	-	0.02	2 µg/(m ² ·d)
	Zn	Moyenne annuelle	µg/(m ² ·j)	45	16	-	12	400 µg/(m ² ·d)
	Tl	Moyenne annuelle	µg/(m ² ·j)	0.012	0.009	-	0.007	2 µg/(m ² ·d)
NO ₂ , PM10, O ₃	IPL		3	2	2	2		

Tableau 1. Résultats des mesures réalisées en 2024

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.

Nb^j : Nombre de moyennes journalières.

j : Jour.

Pouss. : Retombées de poussières.

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

- : Pas de mesure / VLI.

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

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 2024 selon le milieu considéré.

L'année 2024 présente 337 jours (soit 92%) avec une charge polluante « faible » à « modérée » et 29 jours « significative » à « élevée », dont un avec une charge polluante « élevée » observé à l'occasion d'un épisode de poussières provenant du Sahara.

Figure 2. Indice de pollution de l'air



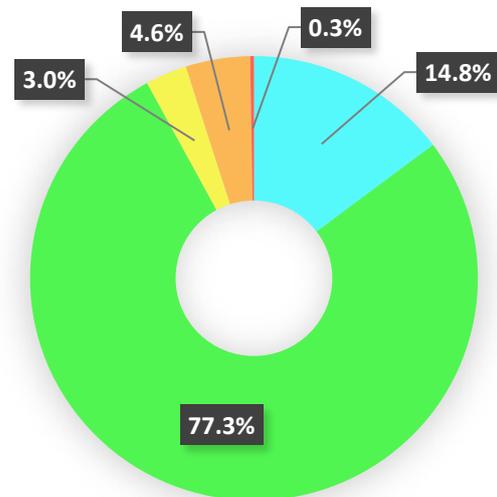
Figure 3. Variations journalières de l'IPC par milieu en 2024

⁵ La méthode de calcul de cet indice est tirée de la recommandation 27a de Cercl'Air (<https://cerclair.ch/fr/empfehlungen>).

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

La figure ci-contre résume les résultats de la figure précédente en montrant les occurrences des indices sur l'année.

Figure 4. Proportion des IPC⁷ en 2024



2.3 | INDICE DE POLLUTION À LONG TERME

L'indice de pollution de l'air à long terme (IPL)⁸ 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.

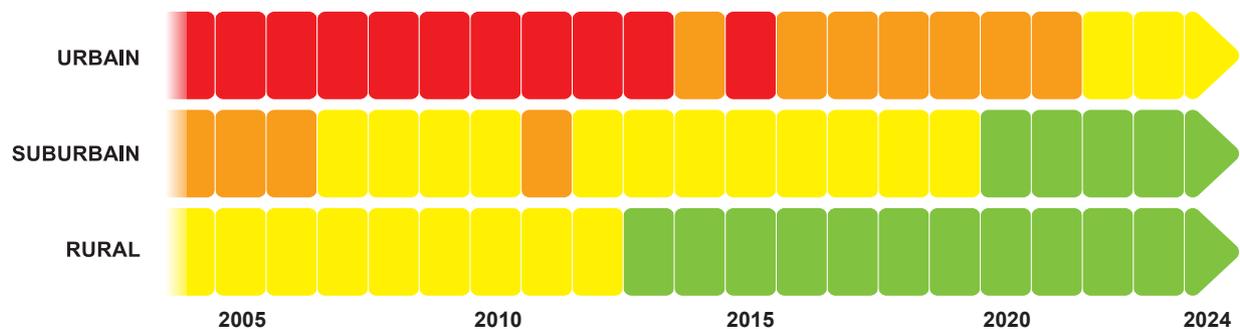


Figure 5. Variations annuelles de l'IPL par milieu depuis 2004

Comme le montre la figure ci-dessus, la qualité de l'air s'est notablement améliorée au cours des deux dernières décennies. L'amélioration globale de la qualité de l'air se poursuit dans tous les milieux.

⁷ La valeur de l'IPC pris en compte pour chaque journée est le maximum des trois milieux (urbain, suburbain et rural).

⁸ La méthode de calcul de cet indice est tirée de la recommandation 27b de Cercl'Air (<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. Les annexes permettent de compléter ces informations, notamment le glossaire qui définit différents termes.

3.1 | DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

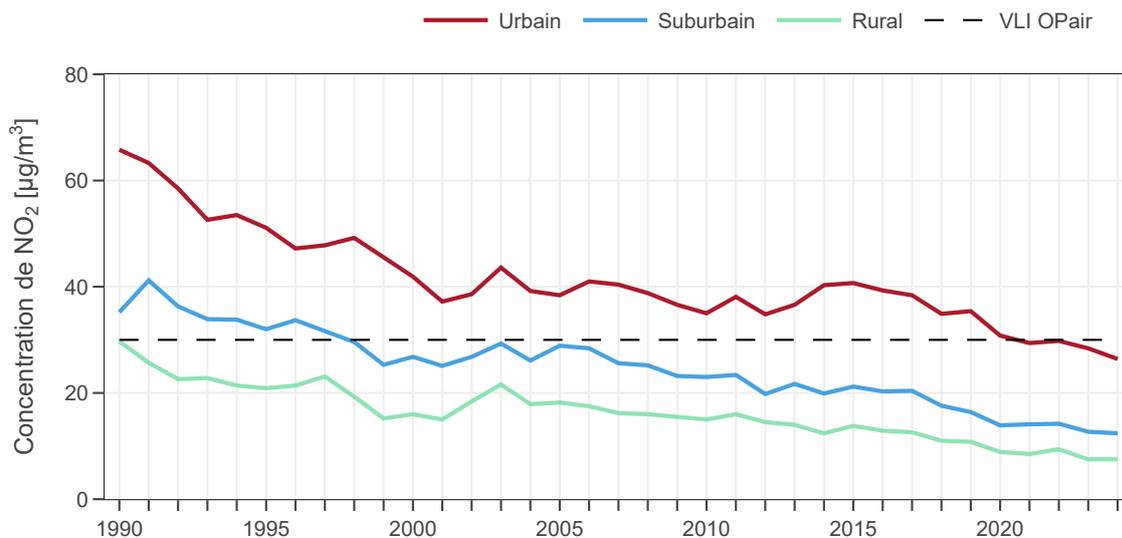


Figure 6. Concentration moyenne annuelle de NO₂

En 2024, la VLI OPair pour la moyenne annuelle (30 µg/m³) est respectée à toutes les stations. La moyenne annuelle se situe en dessous de la VLI en milieu urbain pour la quatrième année consécutive ; en milieux suburbain et rural, cette limite est respectée depuis plus de deux décennies. La concentration de NO₂ a régulièrement diminué depuis le début des mesures pour connaître une baisse sensible en 2020, en lien avec les restrictions sanitaires liées à la pandémie de COVID. Après une relative stagnation des concentrations, expliquée par la reprise progressive des activités, on observe à nouveau une tendance à la baisse.

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

Entre les mois de février et septembre 2024, des travaux ont eu lieu à proximité directe de la station de Foron. Ceux-ci ont entraînés une augmentation des immissions de NO₂ par rapport aux années précédentes durant les heures de travail, 7h-17h, des jours ouvrables. Leur impact sur la moyenne annuelle demeure néanmoins modeste, estimé entre 1 et 2 µg/m³. Ces travaux ont eu un impact largement plus faible sur les immissions des autres polluants.

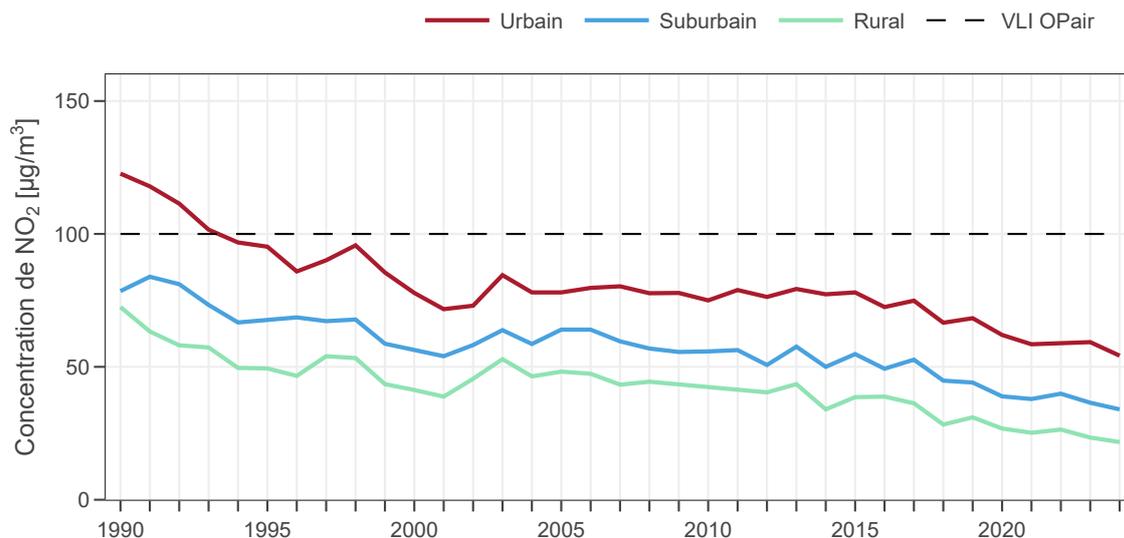


Figure 7. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

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.

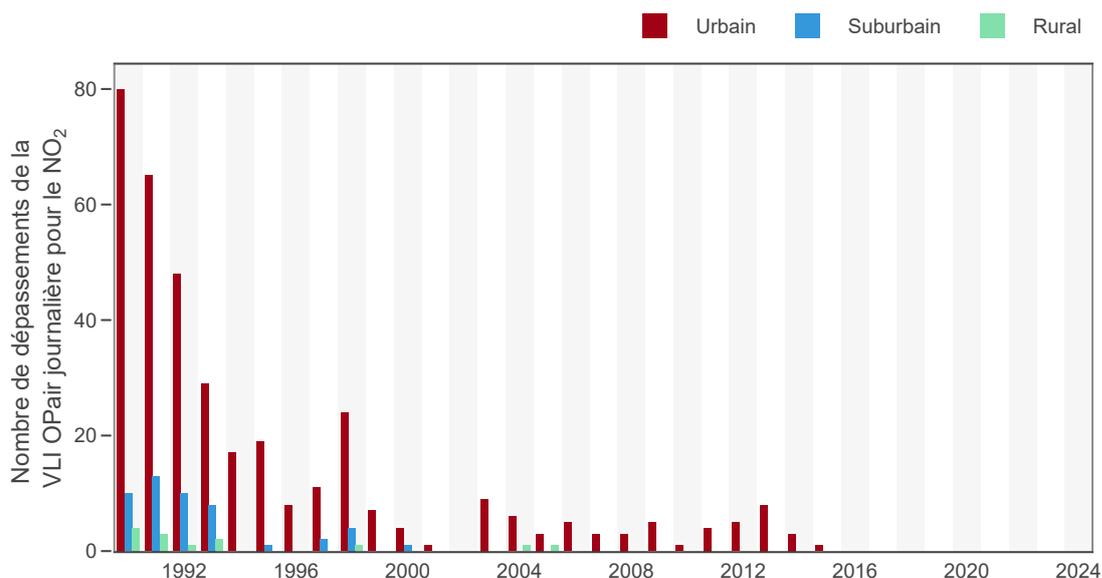


Figure 8. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO₂

En 2024, la moyenne journalière la plus élevée a atteint 58 µg/m³ à la station de Necker le 14 février 2024. 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)

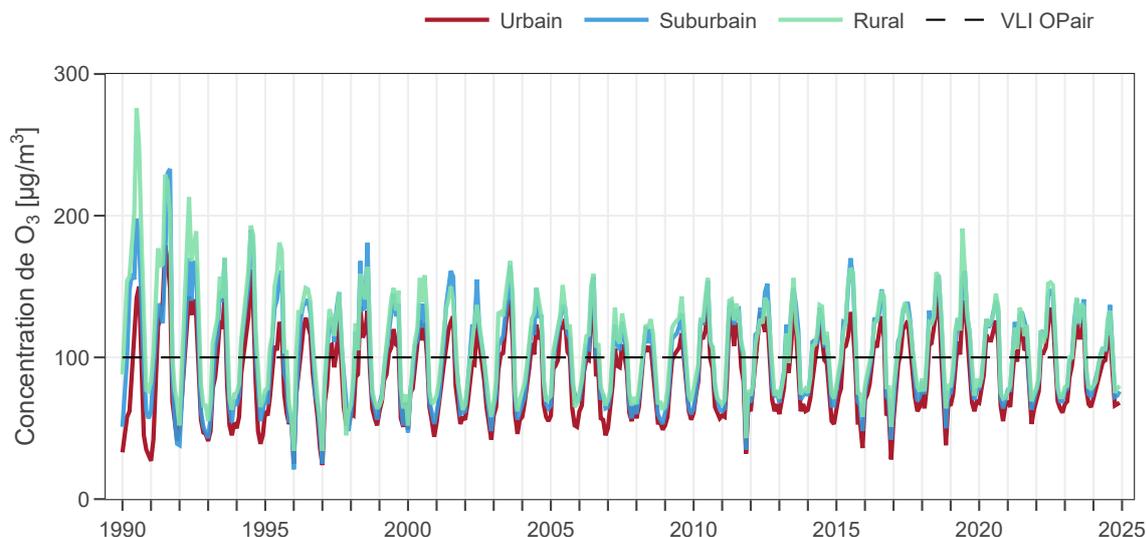


Figure 9. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

En 2024, les percentiles 98 (P98) ont dépassé la VLI OPair mensuelle (100 µg/m³) entre les mois d'avril et septembre. Pendant cette période, la concentration d'O₃ a augmenté lentement pour atteindre un P98 maximum de 137 µg/m³ au mois d'août aux stations de Foron et Meyrin.

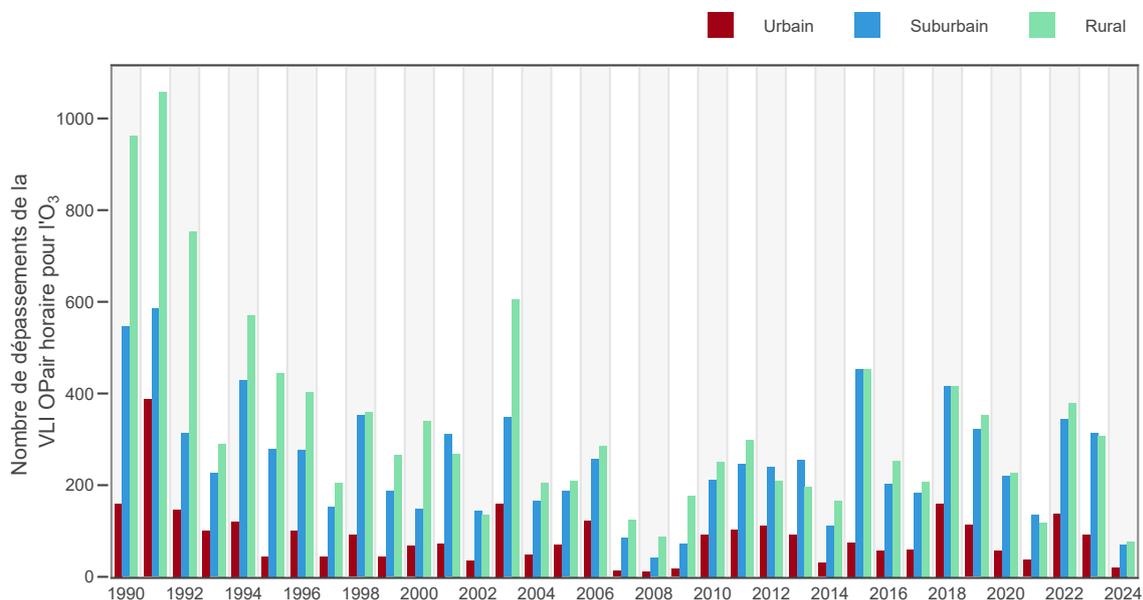


Figure 10. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

En 2024, les premiers dépassements de la VLI OPair horaire (120 µg/m³) ont été enregistrés dès le mois d'avril à la station de Passeiry puis dès juin dans les autres stations et ceux-ci se sont poursuivis jusqu'au mois de septembre dans tous les milieux.

Ces dépassements se sont concentrés dans leur quasi-totalité aux mois de juillet et août à l'occasion de périodes ensoleillées.

Les dépassements observés ont été nettement moins nombreux que les précédentes années. Ils se situent dans la moyenne basse des deux dernières décennies. Les conditions météorologiques particulières observées au printemps (faible ensoleillement) ont réduit significativement la formation de ce polluant. Le nombre de journées tropicales⁹ a été notablement moins élevé que les deux dernières années et elles se sont concentrées au mois d'août.

La concentration horaire maximale de 172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été enregistrée le 19 juillet 2024 à la station de Necker.

3.3 | POUSSIÈRES FINES (PM10 ET PM2.5)

PM10

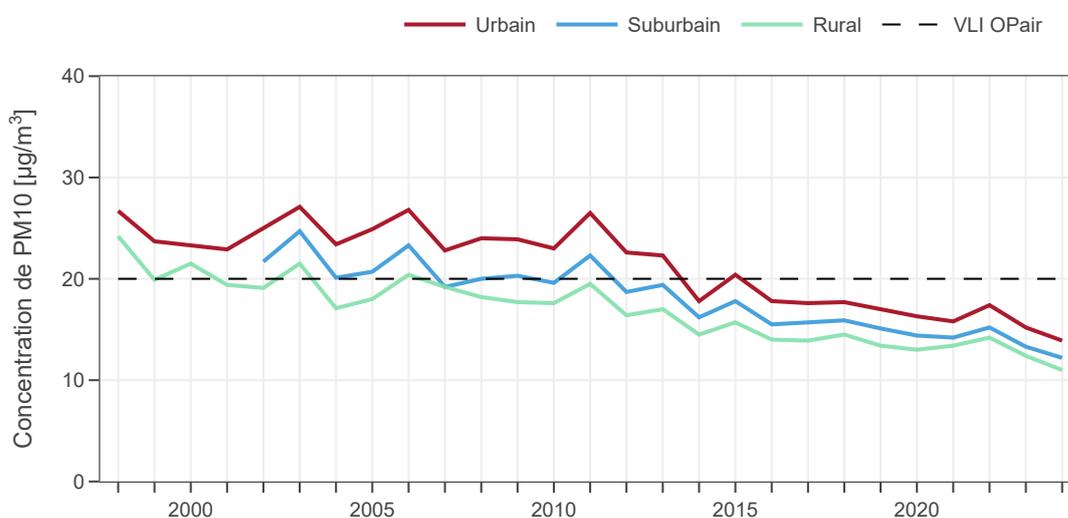


Figure 11. Concentration moyenne annuelle de PM10

Les concentrations sont à nouveau en baisse en 2024. Les moyennes annuelles de PM10 sont inférieures à la VLI OPair annuelle (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) depuis près d'une dizaine d'années dans tous les milieux et les plus faibles observées depuis le début des mesures, en 1998.

Le début d'année a connu des concentrations significativement plus faibles que les années précédentes. Ceci peut être attribué notamment aux précipitations abondantes observées au printemps.

⁹ Journée dont la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C.

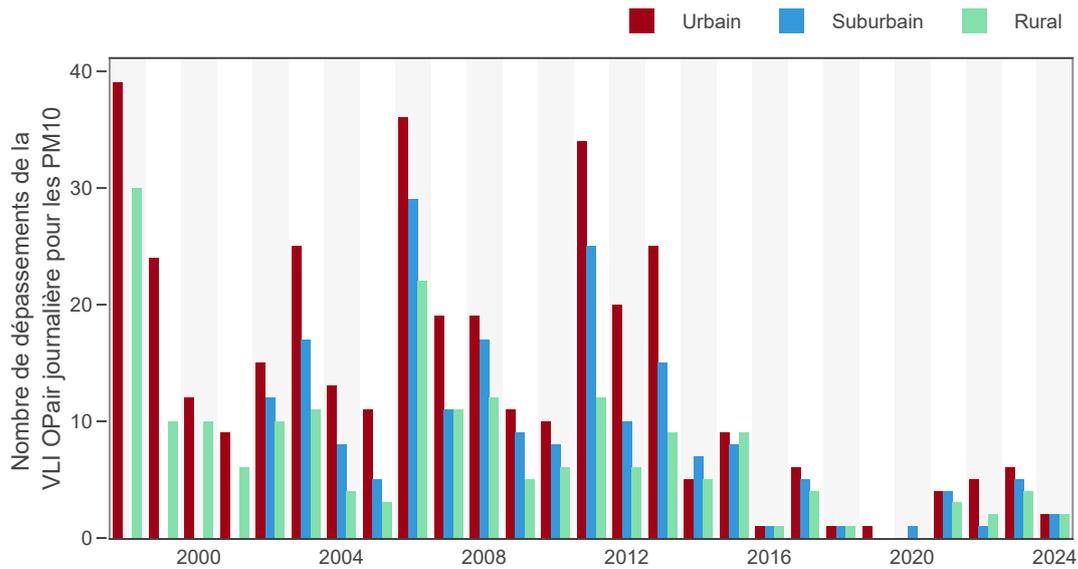


Figure 12. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

En 2024, la VLI OPair journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée à deux reprises dans l'ensemble des stations. Le maximum prévu par l'OPair de trois dépassements tolérés par an est ainsi respecté.

Les dépassements se sont produits à la fin du mois de mars à l'occasion d'un épisode de poussières de sables sahariens. D'autres passages de nuages de sable du Sahara ont conduit à des augmentations temporaires de la concentration en poussières fines sans qu'ils conduisent à des dépassements de la VLI journalière (voir Annexe 4).

La valeur moyenne journalière la plus élevée a été mesurée à la station de Necker avec $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 30 mars 2024.

Métaux lourds dans les PM10

En 2024 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 ($500 \text{ ng}/\text{m}^3$ dans le cas du plomb et $1.5 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le cadmium).

PM2.5

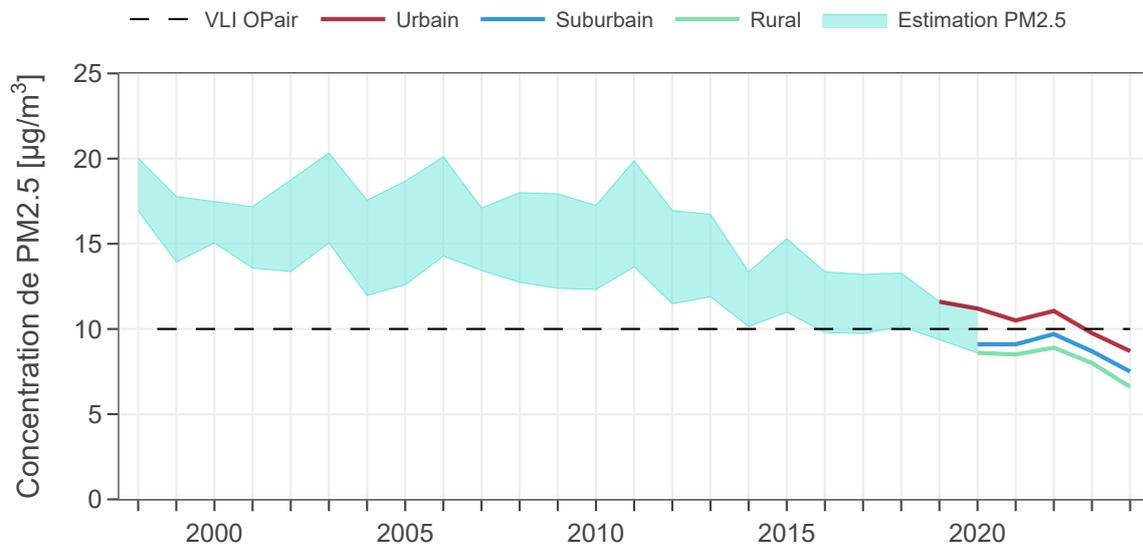


Figure 13. Concentration moyenne annuelle de PM2.5¹⁰

En 2024, les concentrations de PM2.5 sont en baisse et la VLI OPair annuelle (10 µg/m³) est respectée dans tous les milieux. La baisse suit la même tendance que celle observée pour les PM10.

¹⁰N'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).

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).

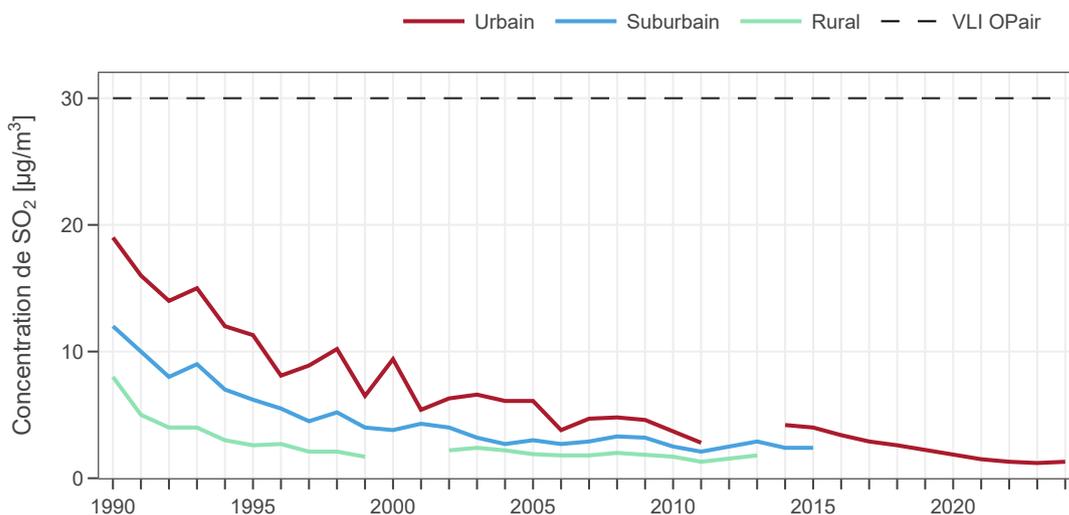


Figure 14. Concentration moyenne annuelle de SO₂

Comme c'est le cas depuis plus de trente ans, les concentrations de SO₂ mesurées en 2024 restent à un niveau très inférieur à la VLI OPair annuelle (30 µg/m³).

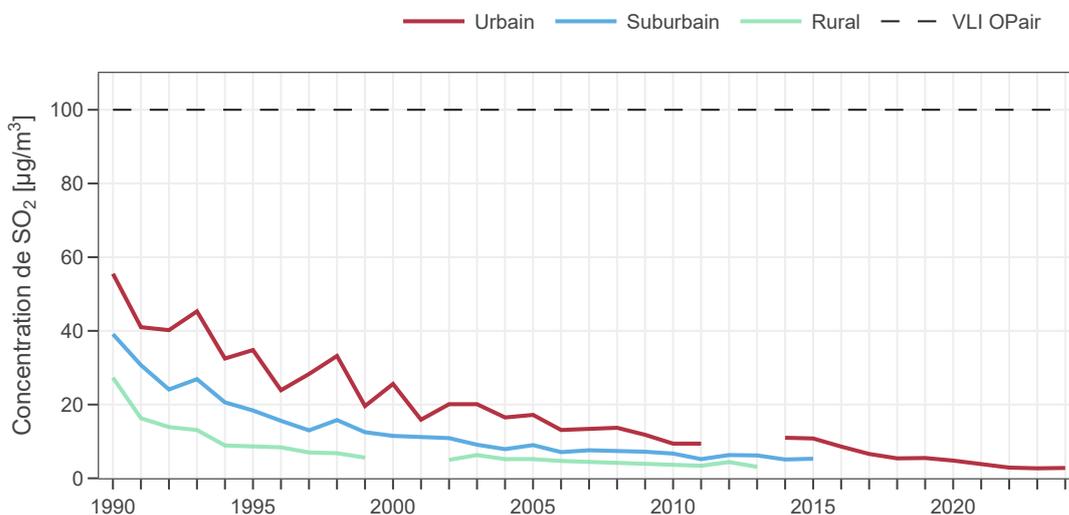


Figure 15. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

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 2024, comme c'est le cas depuis de nombreuses années. La moyenne journalière la plus élevée a été de 5 µg/m³.

3.5 | MONOXYDE DE CARBONE (CO)

Tout comme le SO_2 , le CO n'est plus considéré comme un polluant problématique du fait de sa très faible concentration actuelle, bien en dessous de la VLI OPair 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/m^3 . Dès lors, la VLI OPair journalière (8 mg/m^3), valeur à ne pas dépasser plus d'une fois par année, est largement respectée en 2024, comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

3.6 | RETOMBÉES DE POUSSIÈRES

Retombées de poussières

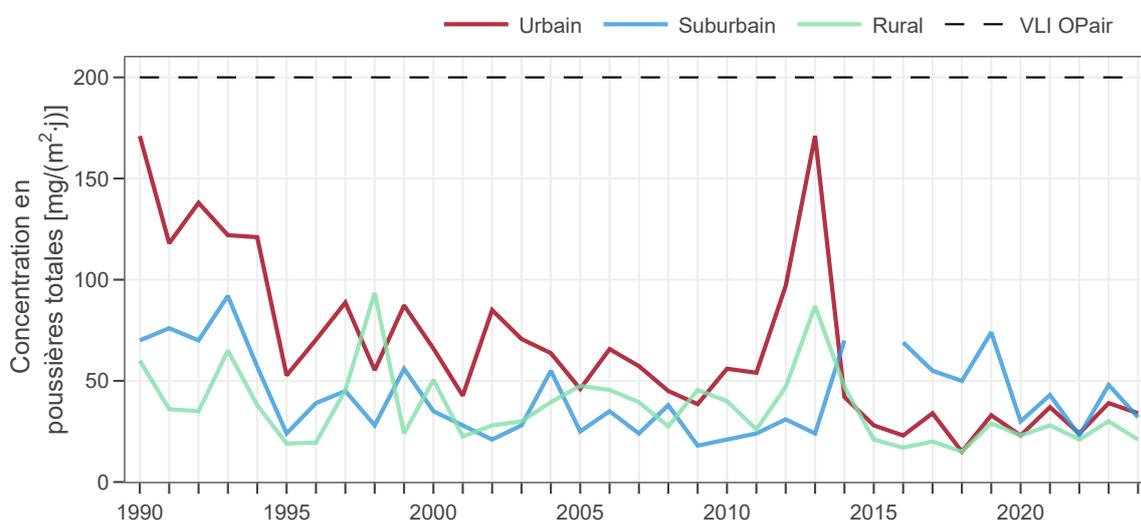


Figure 16. Concentration moyenne annuelle des retombées de poussières

En 2024, la concentration des retombées de poussières respecte largement la VLI OPair annuelle de $200 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ sur tous les sites de mesure, comme c'est le cas depuis de nombreuses années.

Métaux lourds dans les retombées de poussières

En 2024, les différentes VLI OPair annuelles pour certains métaux lourds dans les retombées de poussières – $100 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ pour le plomb, $2 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ pour le cadmium, $400 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ pour le zinc et $2 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ 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 2024, ce réseau compte 73 points de mesure répartis selon un maillage kilométrique.

4.2 | EMBLEMES – VALEURS

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 2024. On constate qu'aucun capteur ne dépasse la VLI OPair annuelle de 30 µg/m³.

En plus, 16 emplacements distincts du réseau du canton sont déployés par l'aéroport de Genève (voir Annexe 3).

En 2024, aucune de ces mesures ne dépasse la VLI annuelle et cela depuis 2020.

Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³] 2024	Emplacements	Coordonnées suisses		C (NO ₂) [µg/m ³] 2024
	E	N			E	N	
Quai de l'Île	2500120	1117910	20	Débarcadère CGN	2501513	1118301	16
Dépôt TPG	2498667	1117460	14	Ch. de Plonjon	2502118	1118370	13
Rue de la Synagogue	2499619	1117621	20	Rue Ernest-Block	2501601	1117679	19
Rue de Neuchâtel	2500312	1118713	19	Avenue St-Paul	2502514	1117518	15
Place de Châteaubriand	2500604	1119010	20	Ch. de Grange-Falquet	2503537	1117370	16
CICR	2499639	1120465	13	Ch. des Falquets	2503690	1118427	9
Ch. Palud	2499533	1121453	12	Ch. de la Fraidieu	2503575	1119495	11
Ch. des Cornillons	2500360	1121816	12	Ch. de Bellefontaine	2502706	1119023	13
Ch. de l'Impératrice	2500280	1120510	12	Ch. du Nant d'Argent	2503526	1120561	15
Square de Mesmes	2499572	1119482	17	Ecole de Mon-Idée	2505673	1118107	12
Rue Isabelle-Eberhardt	2499566	1118593	19	Parc du Martin-Pêcheur	2505779	1117232	10
Ch. des Crêts	2498687	1119823	17	Ch. du Foron	2505254	1116758	13
Voie des Traz	2498460	1122160	20	Av. Adrien-Jeandin	2504434	1116087	18
Ch. de la Colombelle	2498418	1121303	18	Ch. Rojoux	2502609	1115475	14
Ch. du Pommier	2498546	1120564	20	Av. Eugène-Pittard	2501446	1116397	19
Ch. Riant- Bosquet	2497356	1120549	25	Promenade de Saint-Antoine	2500592	1117323	20
Les Avanchets	2497464	1119556	19	Rue Alcide-Jentzer	2500374	1116362	17
Rue de Bourgogne	2498407	1118497	18	Rue Daniel-Gevril	2500324	1115543	17
Ch. du Croissant	2497543	1118367	15	Place de Sardaigne	2499633	1115533	21
Ch. de Gilly	2497509	1115488	12	Plateau de Pinchat	2500595	1114545	14
Av. des Morgines	2497505	1116313	18	Stade de Vessy	2501477	1115313	13
Av. des Grandes-Communes	2496623	1116383	15	Ch. de Place-Verte	2501384	1114587	17
Ch. de Cressy	2496293	1115460	14	Rte de Pierre-Grand	2500507	1112641	12
Ch. des Blanchards (ferme)	2495519	1117561	12	Ch. de la Cantonnière	2501320	1112441	16
Ch. des Mouilles/Rte de Loex	2495434	1116499	13	Ch. des Rasses	2502625	1113507	15
Ch. de Gambay	2495495	1115519	12	Ch. des Marais	2501463	1113334	11
Rte de Vernier	2496006	1119499	21	Ch. de Grange-Collomb	2499554	1114581	15
Ch. du Progrès	2494847	1118566	16	Rte de Bardonnex	2497502	1113486	15
Ch. Deley	2494991	1119512	18	Rte de Base	2496355	1113540	16
Ch. du Marais Long	2496066	1121357	10	Ch. des Bis	2495345	1113245	10
Ch. des Ceps	2494123	1121452	7	Ch. de la Vieille-Fontaine	2494301	1114709	12
Ch. de l'Épinglier	2493677	1120060	13	Ch. Pontverre	2495223	1114468	11
Ch. Nicolas-Bogueret	2496434	1117484	13	Ch. du Nant-Boret	2497479	1114577	12
Ch. de Surville	2498567	1116452	15	Ch. des Pontets	2498453	1114509	17
Boulevard d'Yvoy	2499163	1117215	20	Av. Eugène-Lance	2498395	1115407	18
Avenue de Vaudagne	2494734	1120871	12	Rte des Acacias	2499445	1116463	21
Quai Wilson	2500654	1119121	24				

Tableau 2. Emplacements et concentrations correspondantes des capteurs passifs NO₂ pour l'année 2024

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 2024 sur le territoire cantonal. Cette cartographie a été réalisée en partenariat avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes¹¹ 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)¹².

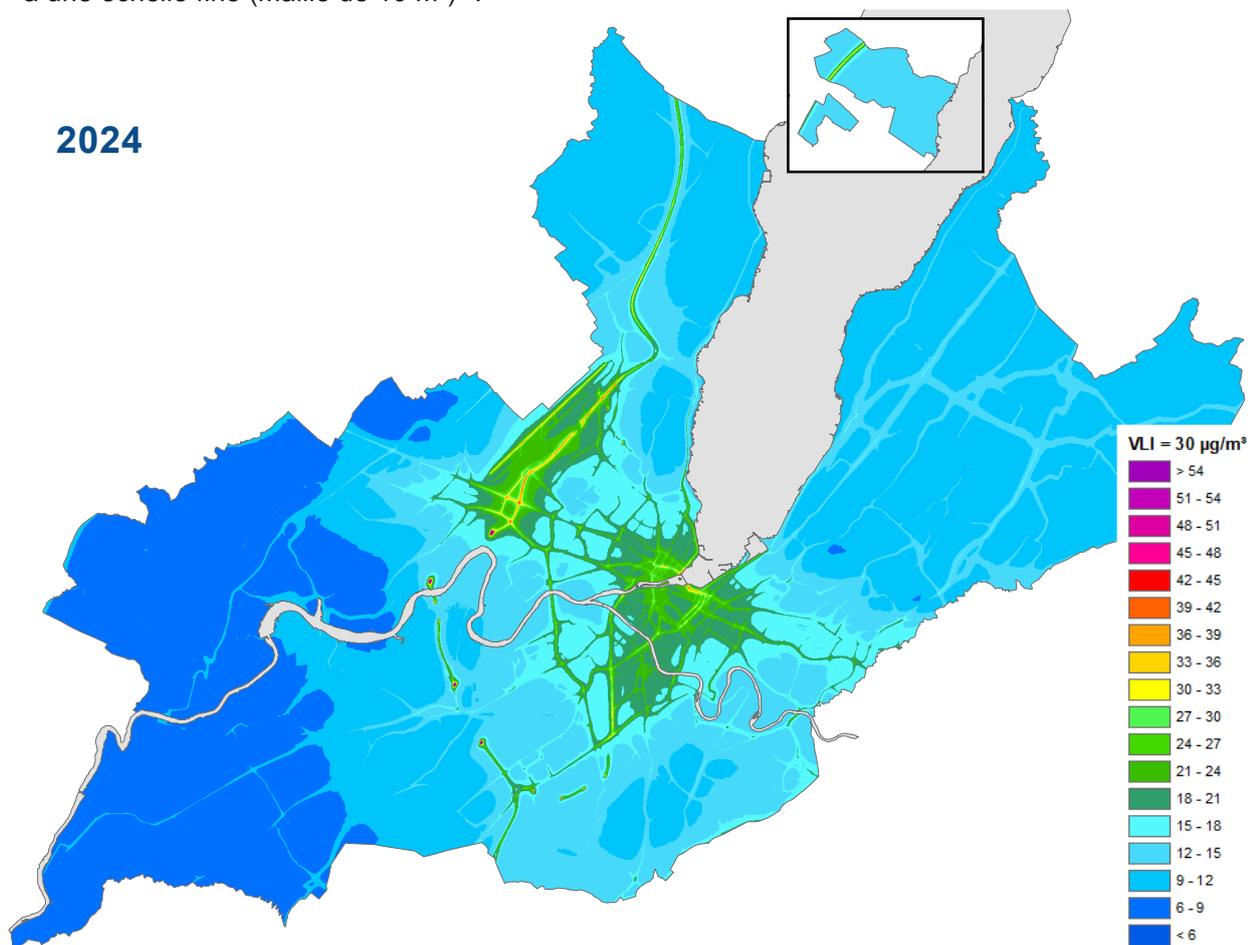


Figure 17. Carte des immissions moyennes de NO₂ sur le canton de Genève pour l'année 2024

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.

¹¹ Convention transfrontalière PACT'Air: <https://www.grand-geneve.org/qualite-de-lair/>.

¹² 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 2024 a été marquée par des immissions de NO₂ en légère diminution par rapport à celles observées en 2023 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 2014¹³. Les cartes ci-dessous illustrent bien la diminution des immissions polluantes des dernières années.

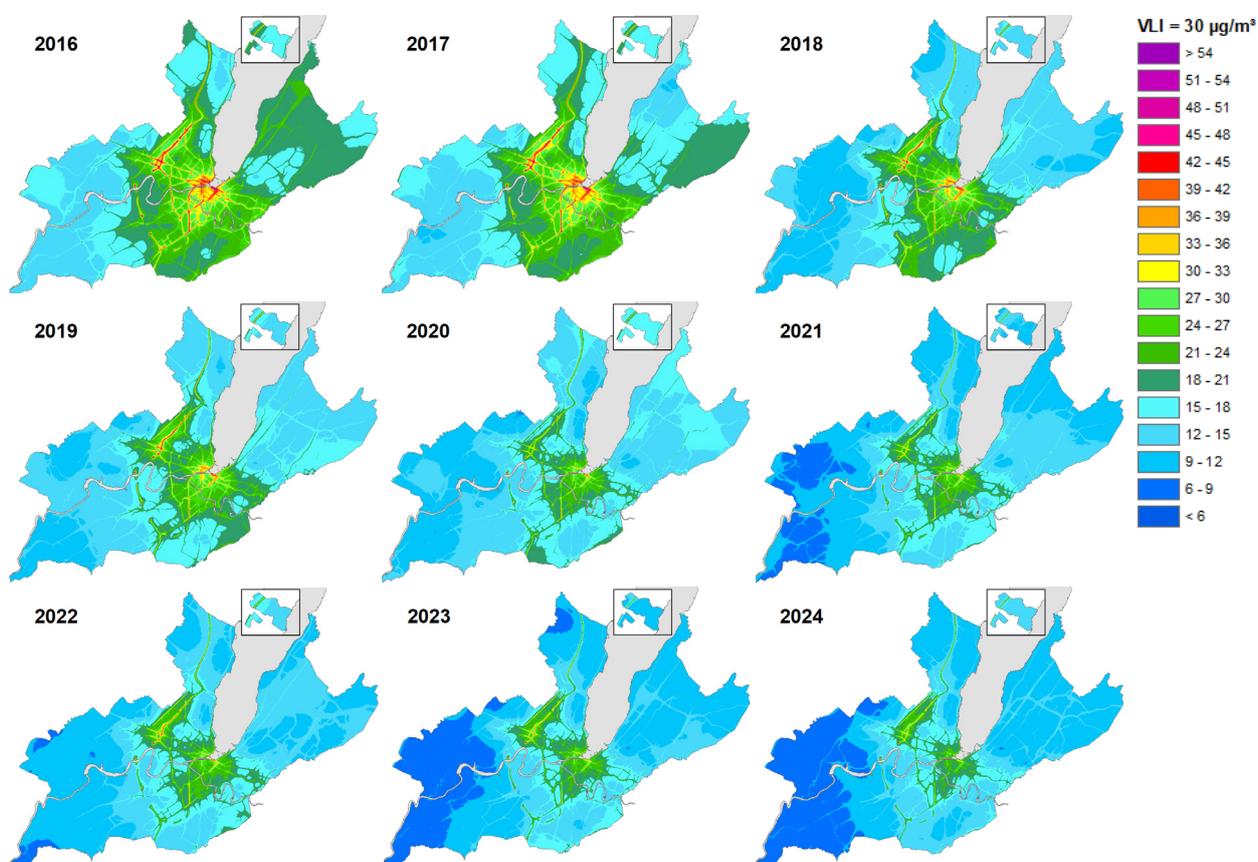
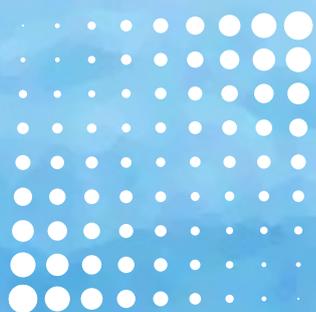


Figure 18. Historique des cartes des immissions moyennes de NO₂ des 9 dernières années

¹³ 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 & rayonnement non ionisant.



ANNEXES

ANNEXE 1 | RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES MESURES PAR STATION

Les graphiques du chapitre 3 montrent certains résultats agrégés selon les milieux urbain, suburbain et rural et 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 (NO₂)

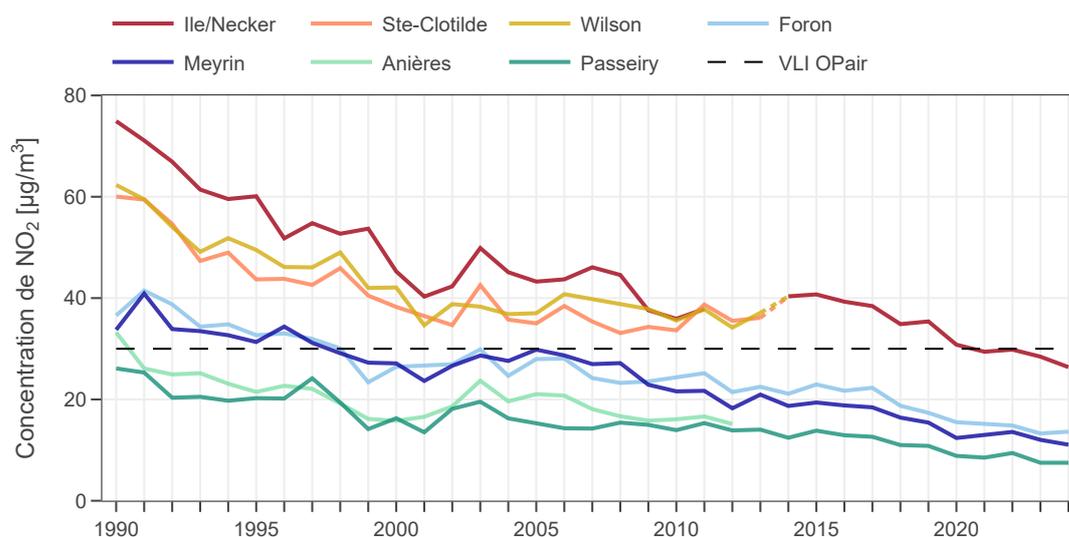


Figure 19. Concentration moyenne annuelle de NO₂

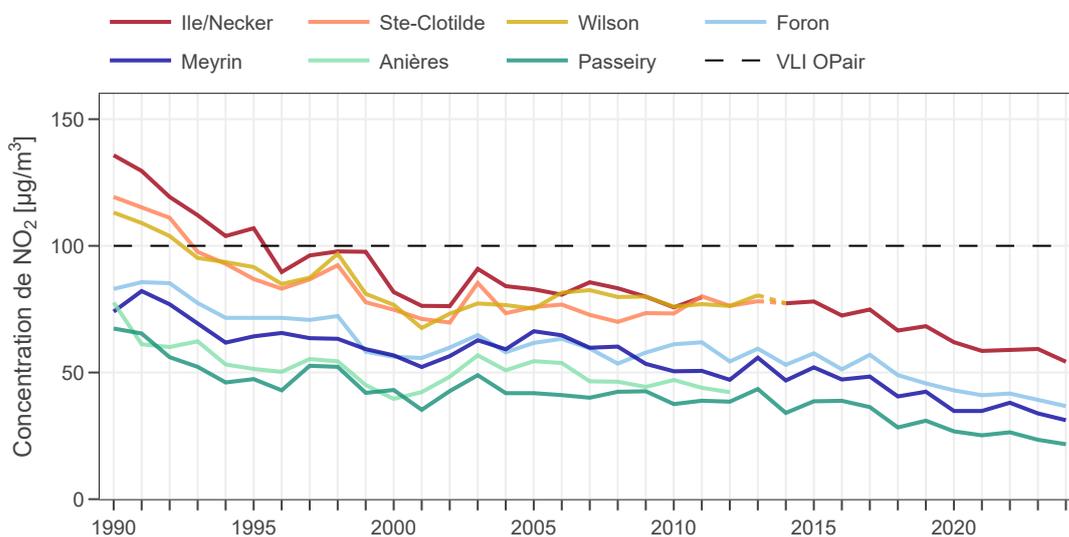


Figure 20. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de NO₂

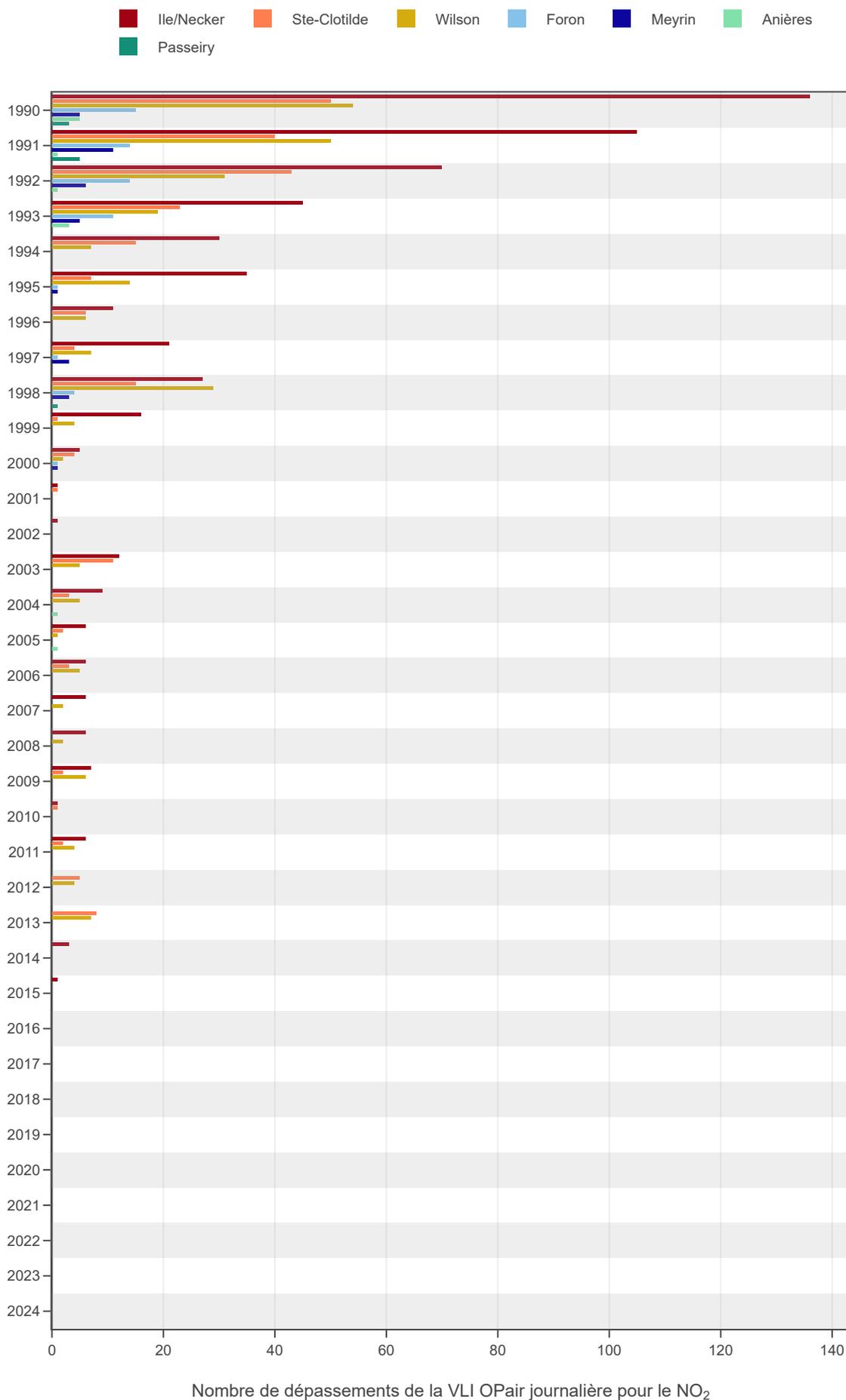


Figure 21. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour le NO₂

Ozone (O₃)

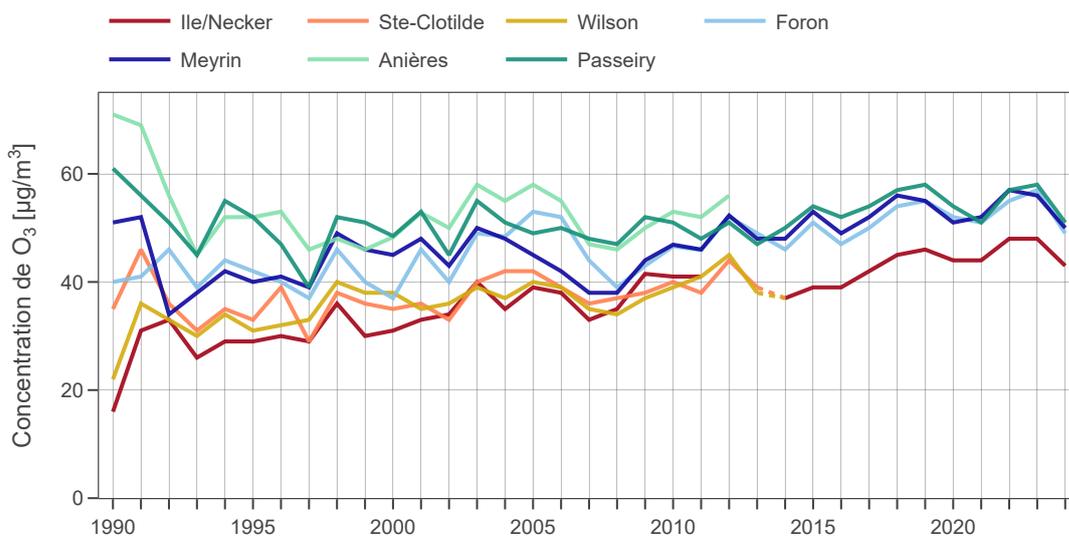


Figure 22. Concentration moyenne annuelle¹⁴ d'O₃

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

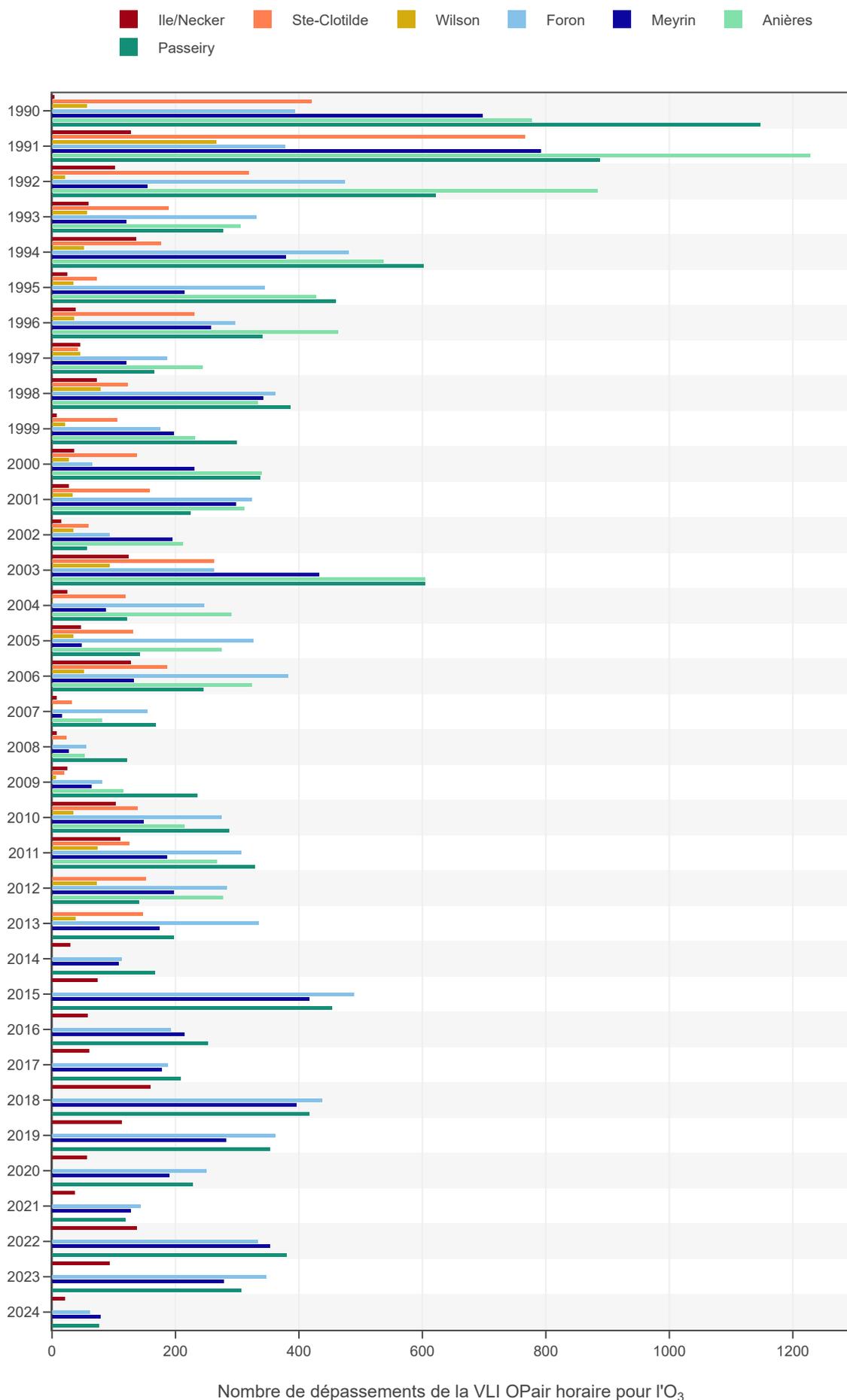


Figure 23. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire pour l'O₃

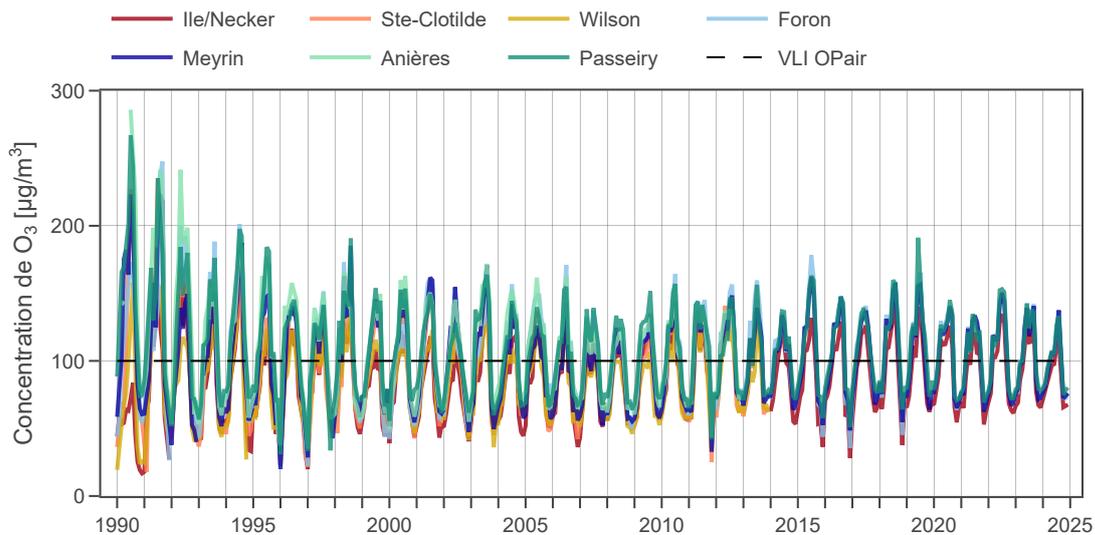


Figure 24. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

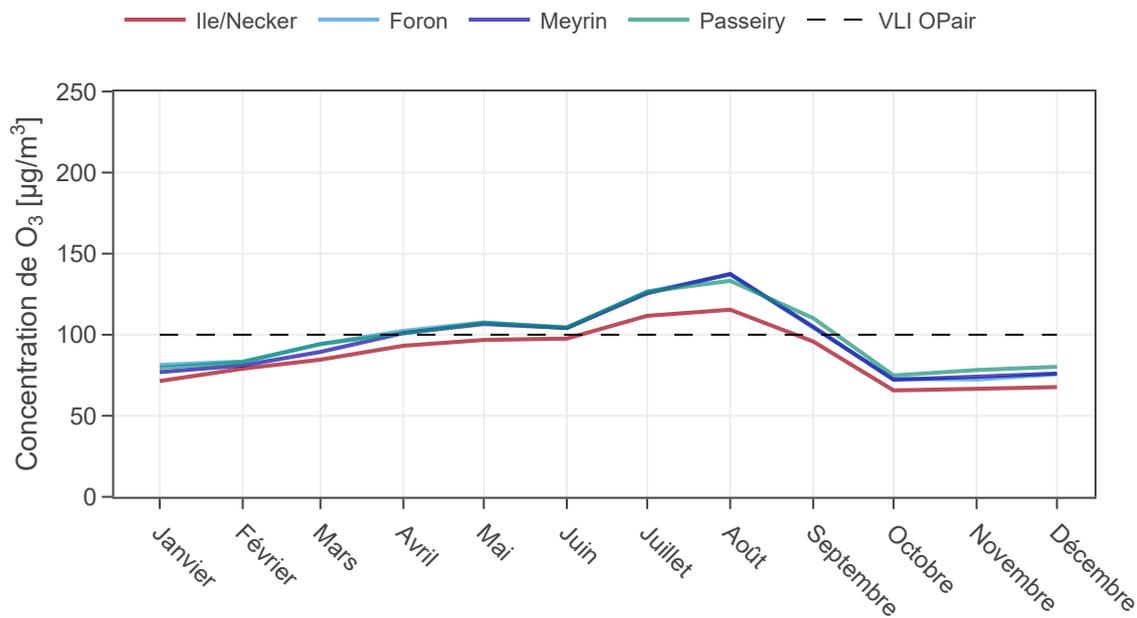


Figure 25. Percentiles 98 des moyennes semi-horaires mensuelles pour l'O₃ en 2024

Poussières fines

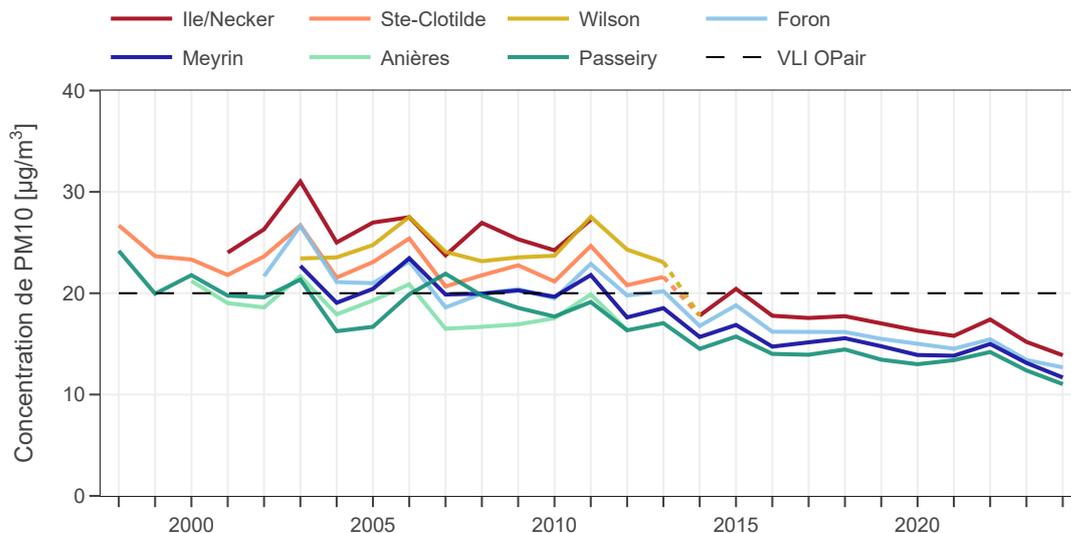


Figure 26. Concentration moyenne annuelle de PM10

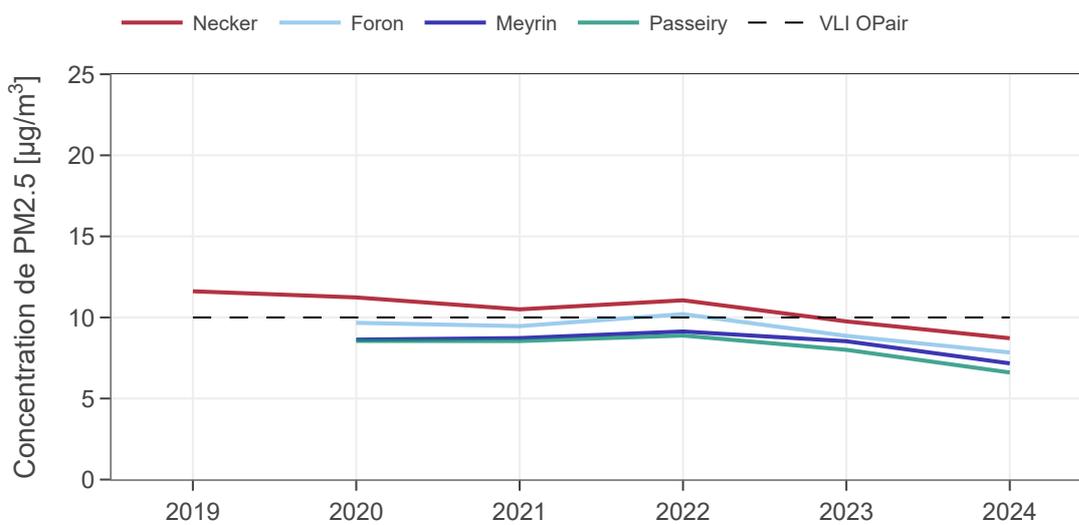
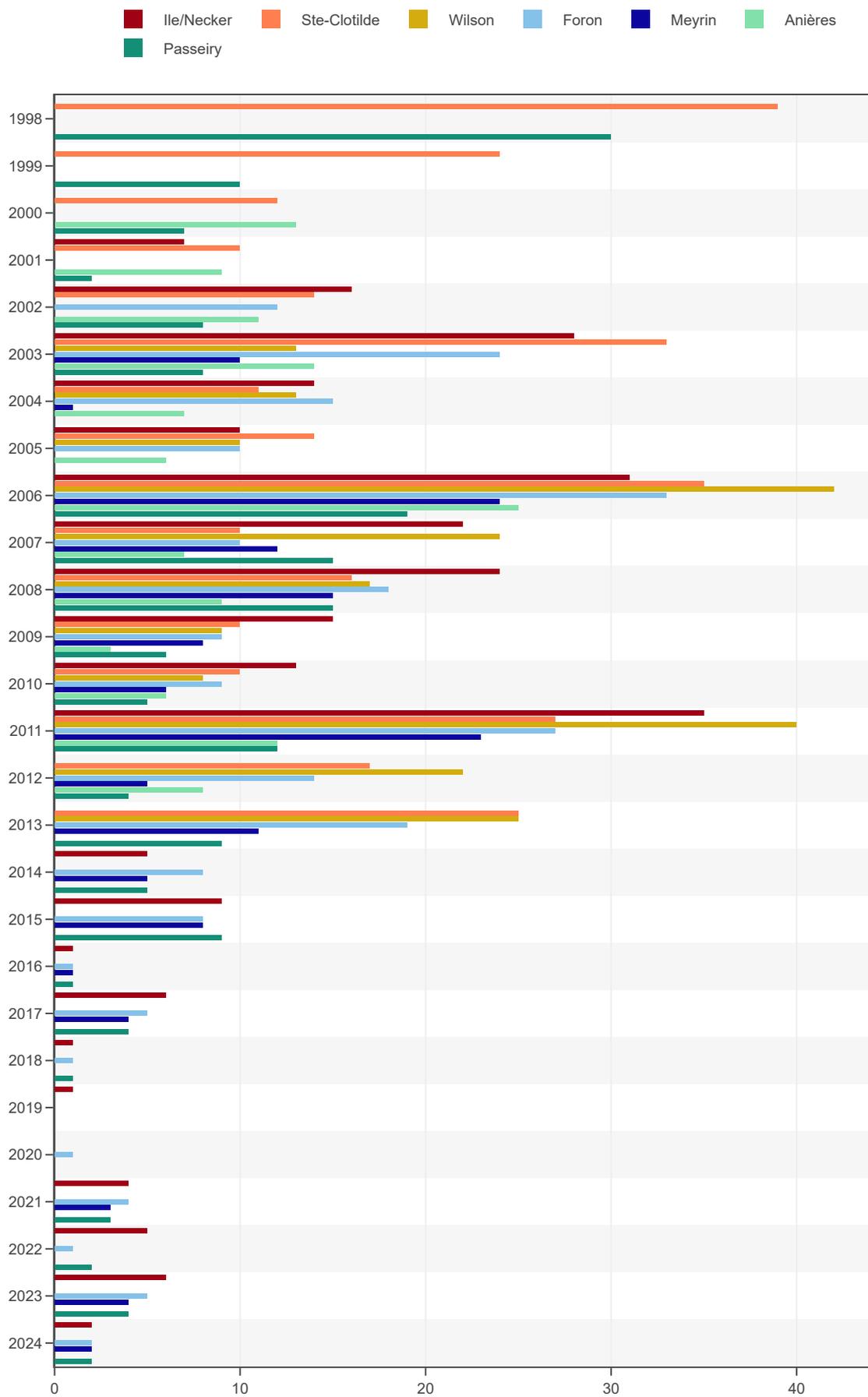


Figure 27. Concentration moyenne annuelle de PM2.5



Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

Figure 28. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM10

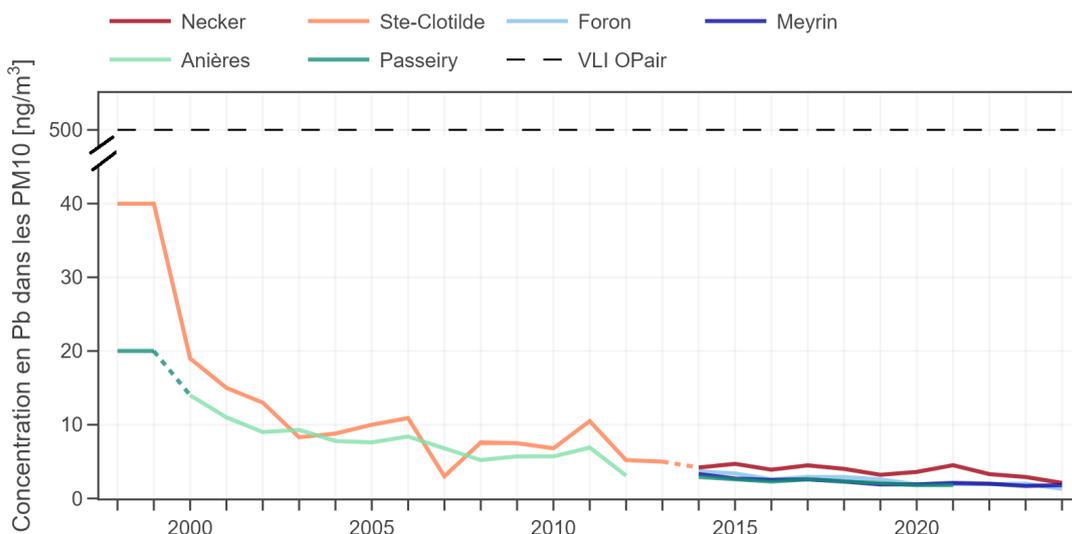


Figure 29. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les PM10

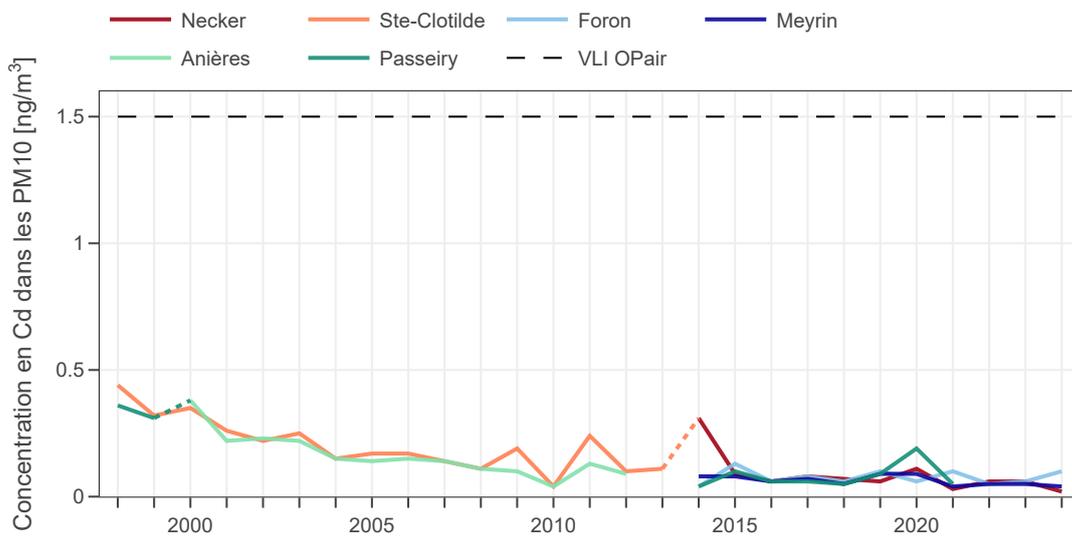


Figure 30. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les PM10

Dioxyde de soufre (SO₂)

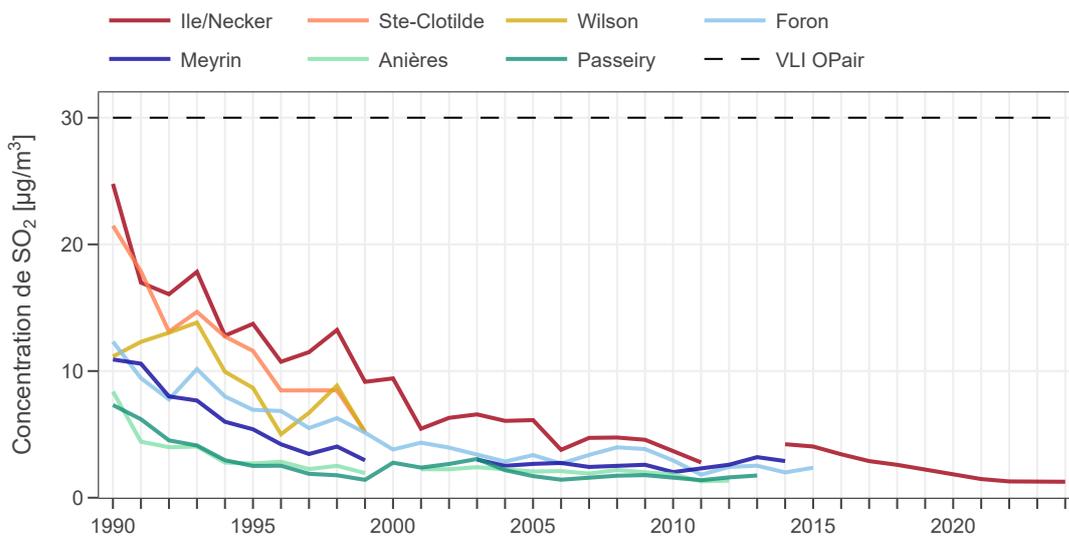


Figure 31. Concentration moyenne annuelle de SO₂

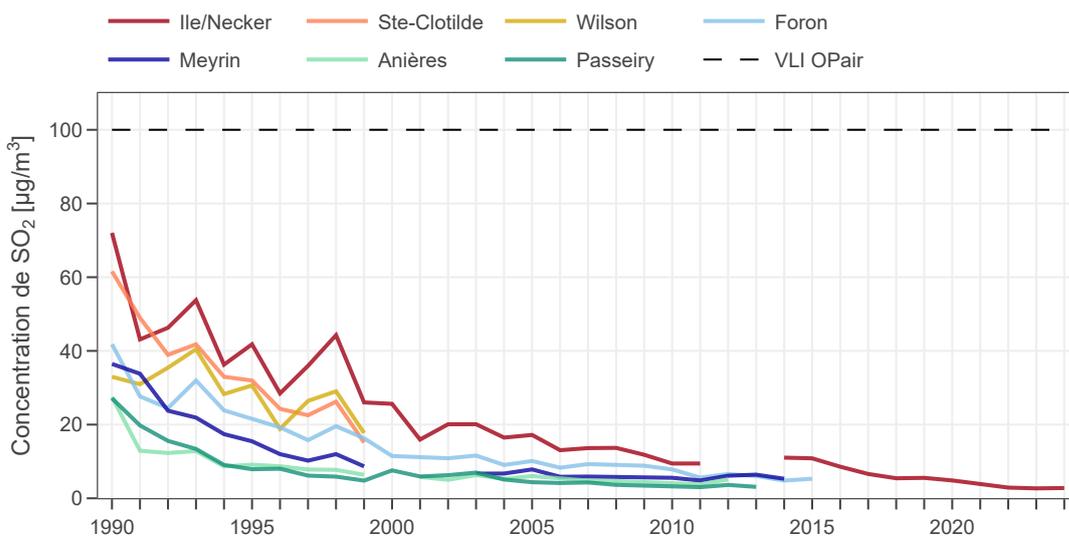


Figure 32. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles de SO₂

Monoxyde de carbone (CO)

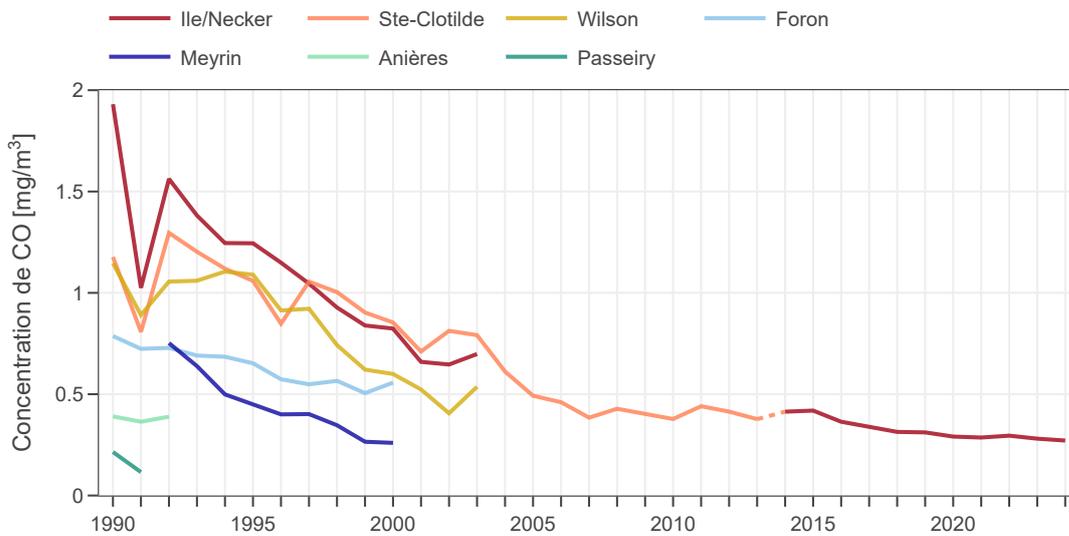


Figure 33. Concentration moyenne annuelle¹⁵ de CO

Retombées de poussières

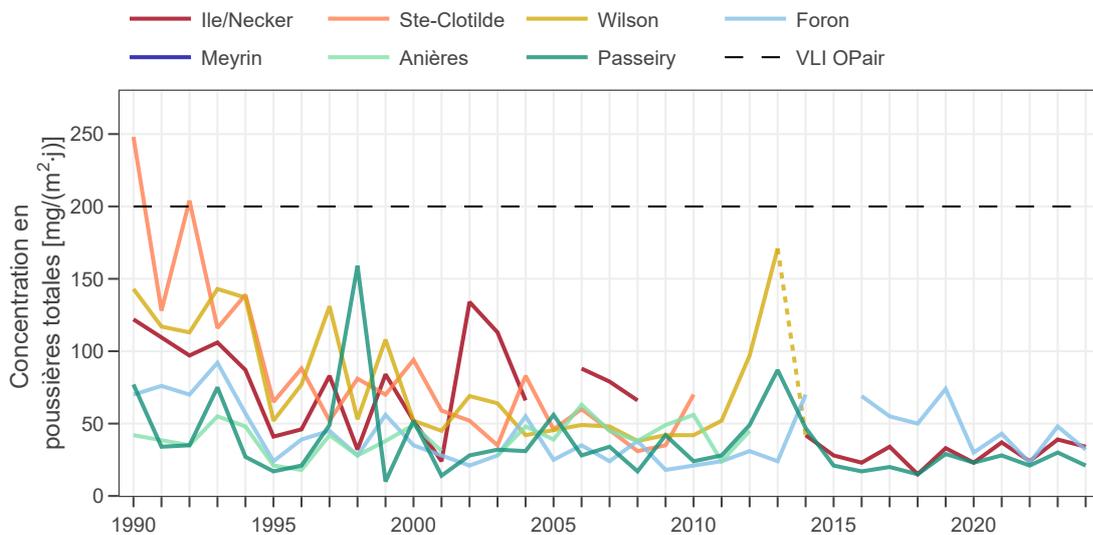


Figure 34. Concentration moyenne annuelle totale des retombées de poussières

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

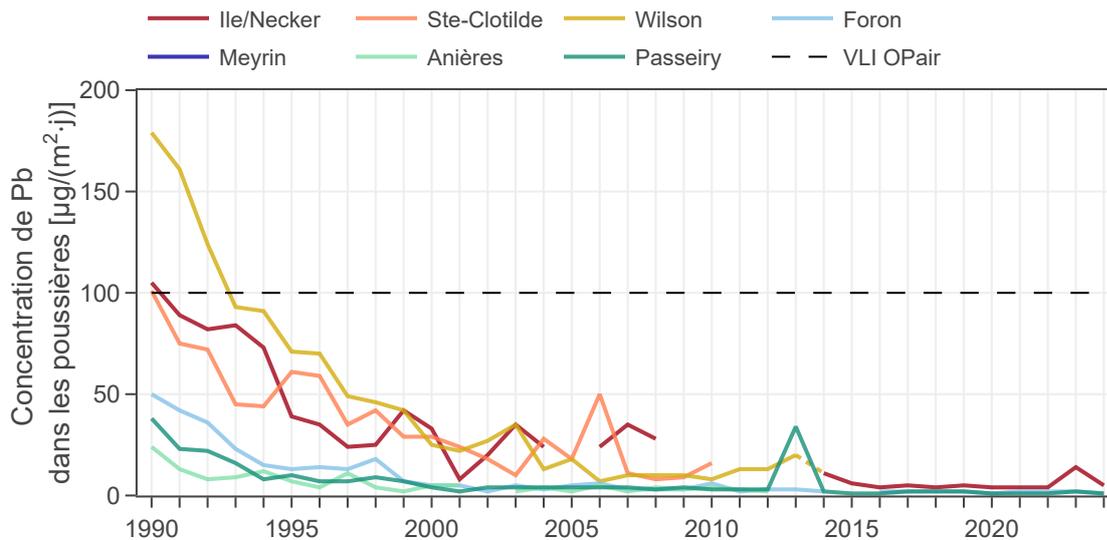


Figure 35. Concentration moyenne annuelle de plomb dans les retombées de poussières

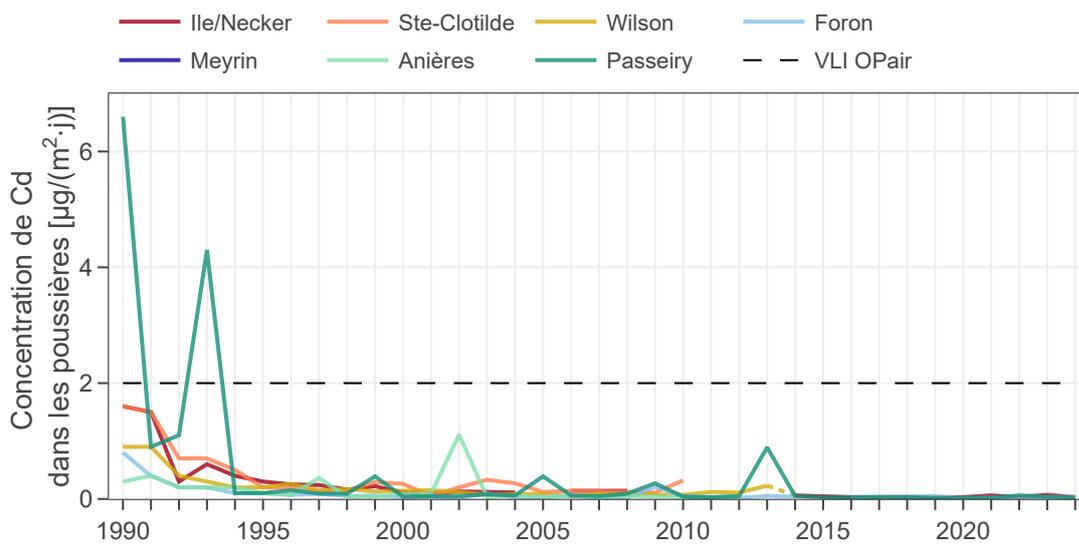


Figure 36. Concentration moyenne annuelle de cadmium dans les retombées de poussières



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

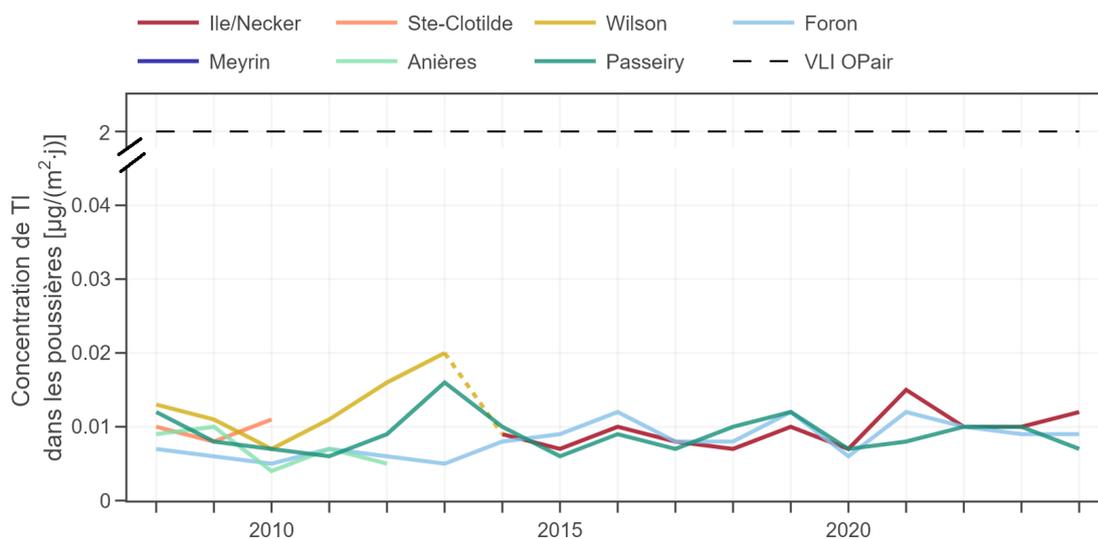


Figure 38. Concentration moyenne annuelle de thallium dans les retombées de poussières



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.

DESCRIPTION

Les stations mobiles sont munies d'instruments calibrés identiques à ceux utilisés dans les stations fixes. Elles ont été conçues et sont exploitées 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 39. 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. En 2024, deux campagnes ont été achevées : l'une à proximité d'un axe routier à fort trafic, à l'avenue du Pailly à Vernier, et l'autre sous la trajectoire des avions à Genthod.

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, neuf campagnes de mesures ont été organisées, dont deux sont 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	01.06.2023 – 31.05.2024	Trafic routier
Genthod	Chemin des Chênes	01.07.2023 – 30.06.2024	Trafic aérien
Genève	Bd Emile-Jaques-Dalcroze	Dès le 15.07.2024	Trafic routier
Meyrin	Route H.-C.-Forestier	Dès le 15.07.2024	Trafic aérien

Tableau 3. Récapitulatif des campagnes de mesure

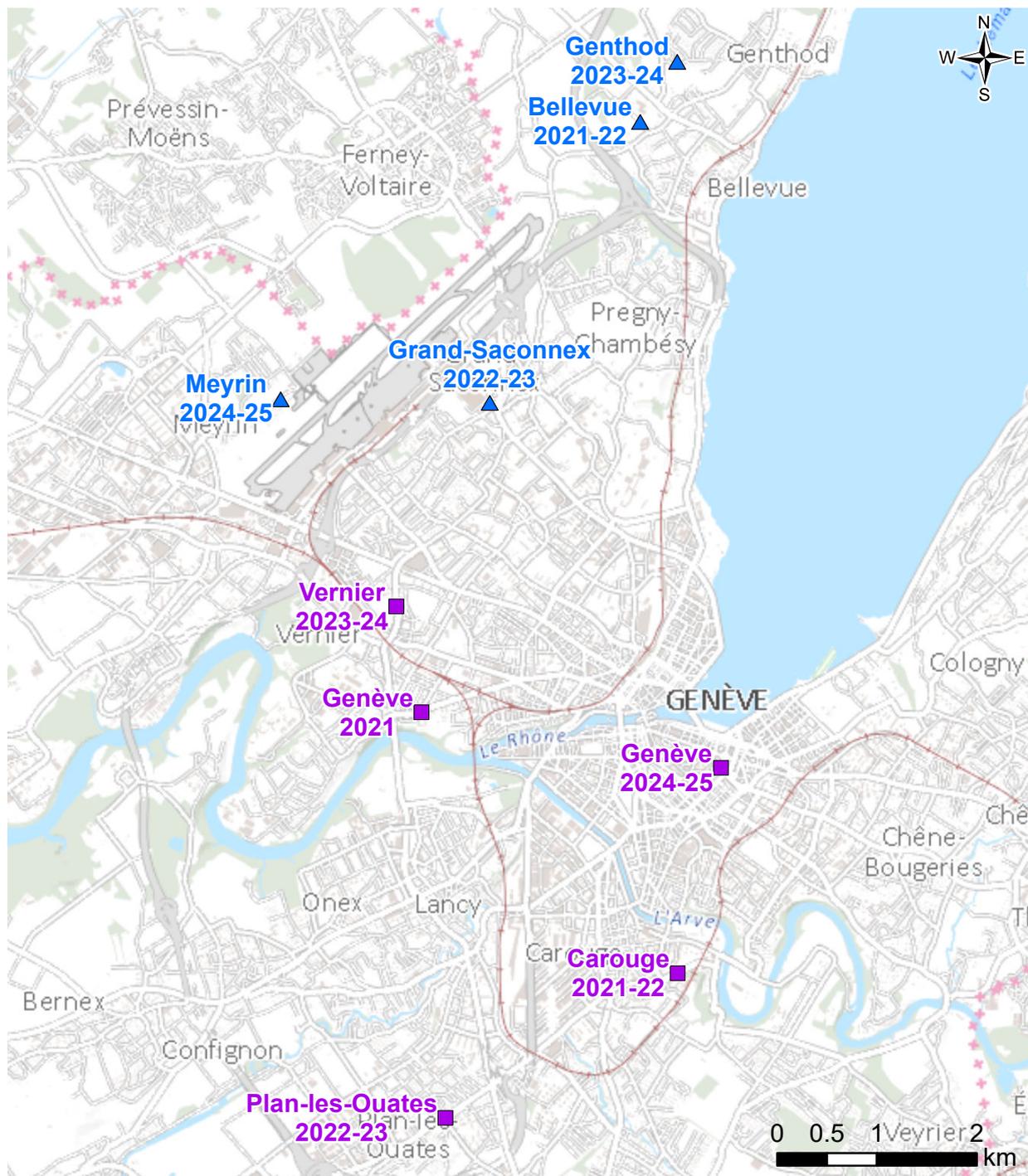


Figure 40. Emplacements des campagnes de mesure mobiles



ANNEXE 3 | RÉSEAU DE MESURE DE L'AÉROPORT DE GENÈVE

La station Eole 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 DOAS¹⁶ 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.



Le tableau récapitulatif ci-après donne un aperçu de la qualité de l'air à proximité de l'aéroport en 2024. 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 Définition disponible dans le glossaire.

Substance	Paramètre	Unité	Eole	Valeur Limite d'Immission OPair
NO₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	20.6	30 µg/m ³
	Perc. 95	µg/m ³	49.6	100 µg/m ³
	Nb ⁱ > 80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	80 µg/m ³
O₃	Moyenne annuelle	µg/m ³	47.0	-
	Janv.	µg/m ³	77	
	Fév.	µg/m ³	81	
	Mar.	µg/m ³	86	
	Avr.	µg/m ³	98	
	Mai	µg/m ³	99	
	Jun	µg/m ³	102	100 µg/m ³
	Juil.	µg/m ³	116	
	Août	µg/m ³	119	
	Sept.	µg/m ³	98	
	Oct.	µg/m ³	73	
	Nov.	µg/m ³	71	
	Déc.	µg/m ³	72	
	Nb ^h > 120 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	31	120 µg/m ³
PM10	Moyenne annuelle	µg/m ³	11.7	20 µg/m ³
	Nb ⁱ > 50 µg/m ³ (3 Dép/an)	nb	2	50 µg/m ³
PM2.5	Moyenne annuelle	µg/m ³	7.3	10 µg/m ³
SO₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	2.4	30 µg/m ³
	Perc. 95	µg/m ³	5.8	100 µg/m ³
	Nb ⁱ > 100 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	100 µg/m ³
NO ₂ , PM10, O ₃	IPL		2	

Tableau 4. Résultats des mesures réalisées à la station Eole en 2024

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.

Nb^j : Nombre de moyennes journalières.

j : Jour.

Pouss. : Retombées de poussières.

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

- : Pas de mesure / VLI.

Les concentrations en NO₂, O₃, PM10 et PM2.5 mesurées en 2024 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 mesure réparties sur le canton, ce qui n'est pas le cas pour le NO₂. En effet, le trafic aérien, principale source locale pour ce polluant, qui avait baissé suite aux restrictions liées à la pandémie de 2020, est revenu à un niveau proche des valeurs enregistrées avant (179'107 mouvements d'avions en 2024, 172'841 en 2023, 163'168 en 2022, 99'249 en 2021, 86'354 en 2020 contre 186'043 en 2019).

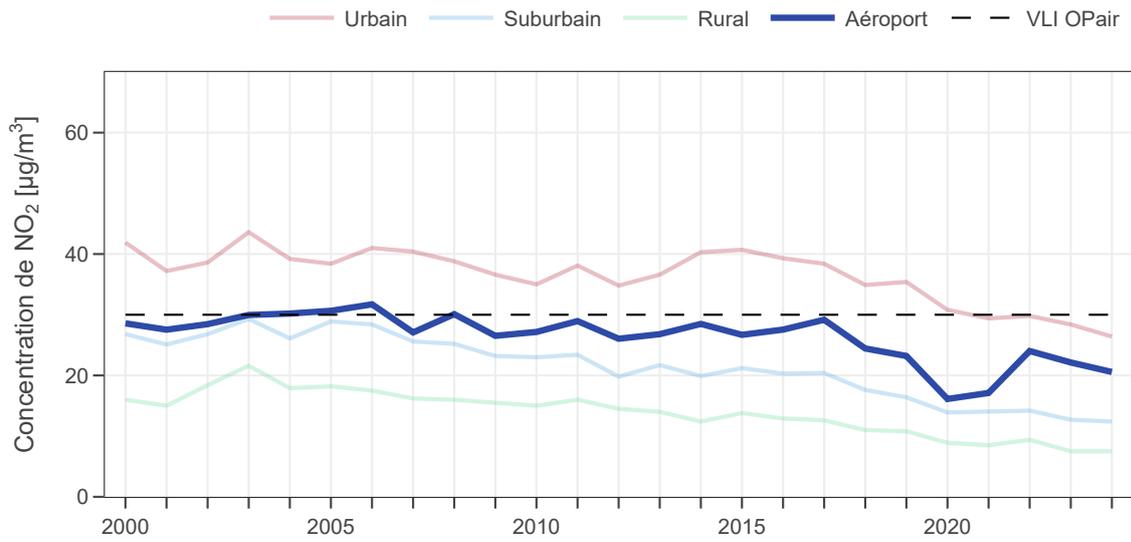


Figure 41. Concentration moyenne annuelle de NO₂

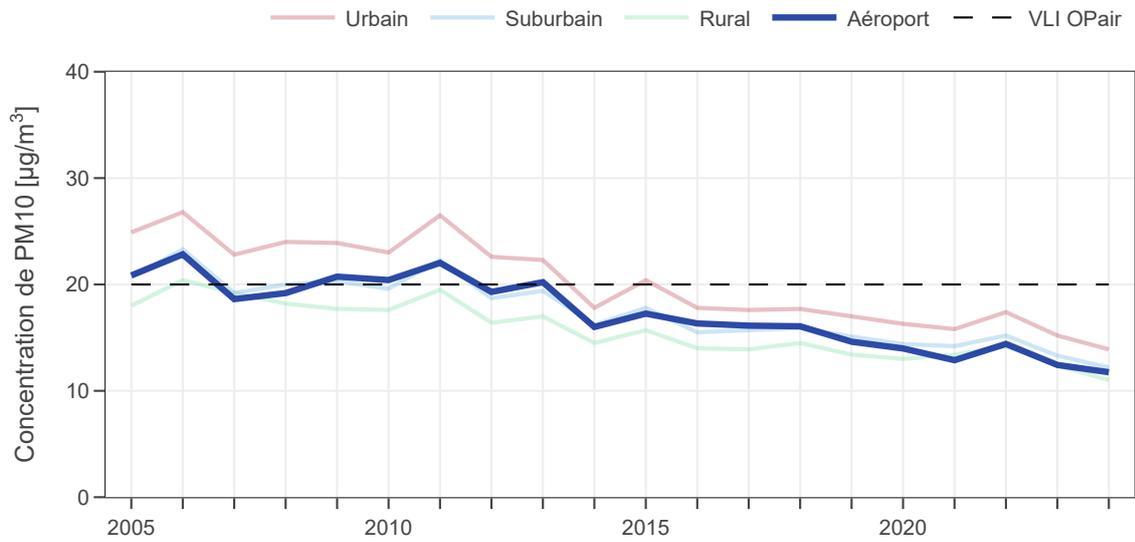


Figure 42. Concentration moyenne annuelle de PM10

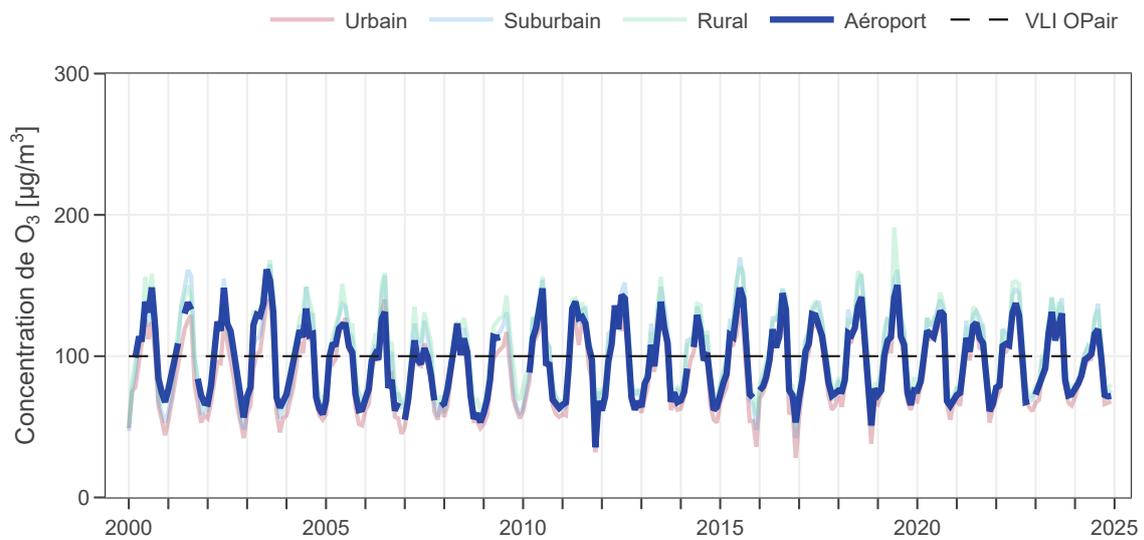


Figure 43. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles d'O₃

Genève Aéroport opère également un réseau de 16 emplacements de 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.

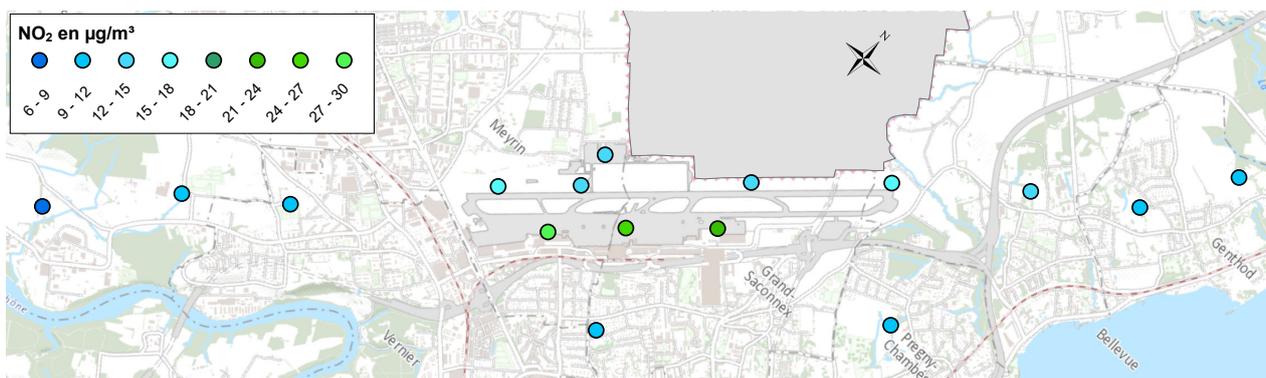


Figure 44. Capteurs passifs de NO₂ de Genève Aéroport en 2024



ANNEXE 4 | MÉTÉOROLOGIE ET QUALITÉ DE L'AIR

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'en augmenter ou diminuer les concentrations. 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 celles des 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' O_3 , 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°C à Genève et de $+4^\circ\text{C}$ à $+8^\circ\text{C}$ 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 et, à certaines occasions, 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 LIDAR) permettent aussi de détecter les SDE.

LA MÉTÉOROLOGIE DE L'ANNÉE 2024

Echelle annuelle

A Genève, comme en Suisse, l'année 2024 s'est placée au 3^{ème} rang des années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1864 avec +1.4°C par rapport à la norme (+1.1°C en Suisse), le 1^{er} rang étant occupé par l'année 2022.

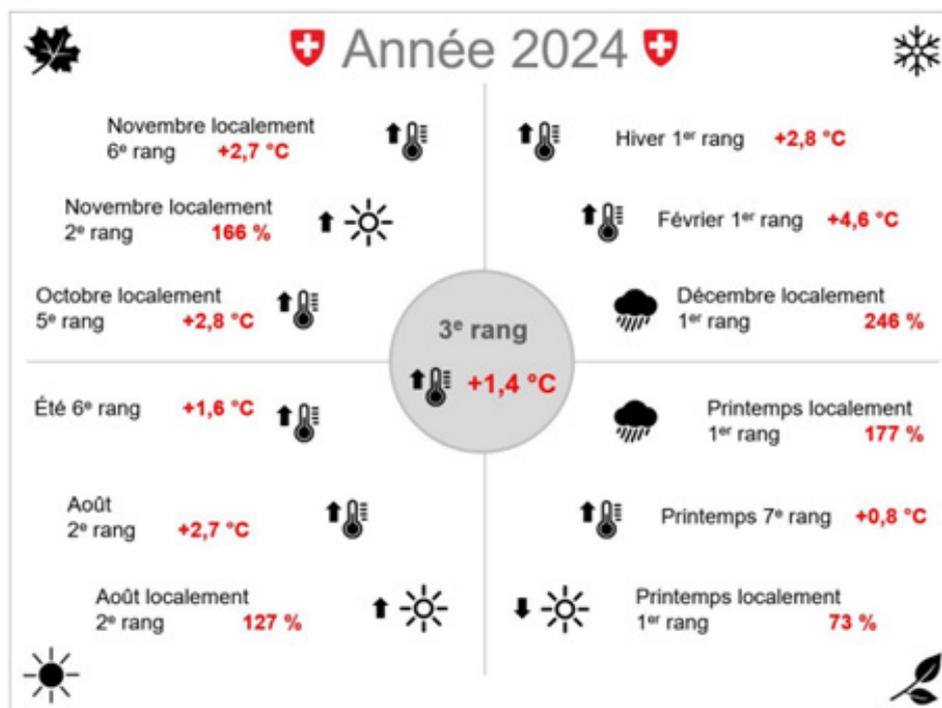


Figure 45. Evénements spéciaux pendant l'année 2024 en Suisse¹⁷. Les températures sont indiquées en tant qu'écart par rapport à la norme 1991-2020

Echelle mensuelle

L'**hiver** 2023-24 a été le plus doux depuis le début des mesures et a aussi été bien arrosé (130-160 % de la norme des précipitations). En février, à Genève, les températures étaient parmi les plus élevées enregistrées.

Le **printemps** a été doux, arrosé et modérément ensoleillé. A la fin mars, une situation de foehn a apporté des poussières sahariennes.

L'**été** à Genève a été plutôt chaud par rapport à la norme. Après un mois de juin gris et humide (précipitations à Genève, 164 % de la norme), juillet et août ont été chauds et secs, ponctués d'orages. Août a connu des conditions très ensoleillées et était le 2^{ème} mois d'août le plus chaud du pays.

L'**automne** fut plus chaud que la norme. Après un mois de septembre, estival au début, puis frais, des masses d'air douces et humides venant du sud-ouest ont apporté un temps gris et pluvieux en octobre. Le début de mois de novembre a été marqué par un temps stable et des stratus, suivi par l'arrivée d'une perturbation.

¹⁷ MétéoSuisse 2025 : Bulletin climatologique année 2024, Genève.



Figure 46. Evolution météorologique de l'année 2024 en comparaison avec la norme 1991–2020

EVÉNEMENTS PARTICULIERS EN 2024

Inversions de température

La quantité d'inversions pour les 5 mois généralement critiques (janvier, février, mars, novembre et décembre) est proche (40 jours) de celle des années précédentes : 2023 (45 jours), 2022 (42 jours), 2021 (47 jours) et 2020 (43 jours). Celles-ci sont demeurées modérées et n'ont pas entraîné de dépassements de la VLI journalière de PM10.

SDE

Des évènements de poussières du Sahara (SDE) d'intensités variables se sont produits tout au long de l'année 2024. Au cours des mois de mars, avril, juin, juillet et août des SDE assez intenses ont été détectés par les ceilomètres de MétéoSuisse. L'épisode ayant eu lieu du 28 au 31 mars a été particulièrement intense, impactant de manière significative les concentrations de particules fines.

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)¹⁸ 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 la hauteur de leur passage : lorsqu'ils restent en altitude, leur impact est plus modeste sur la concentration en particules fines (comme c'est le cas du 7 au 9 avril 2024).

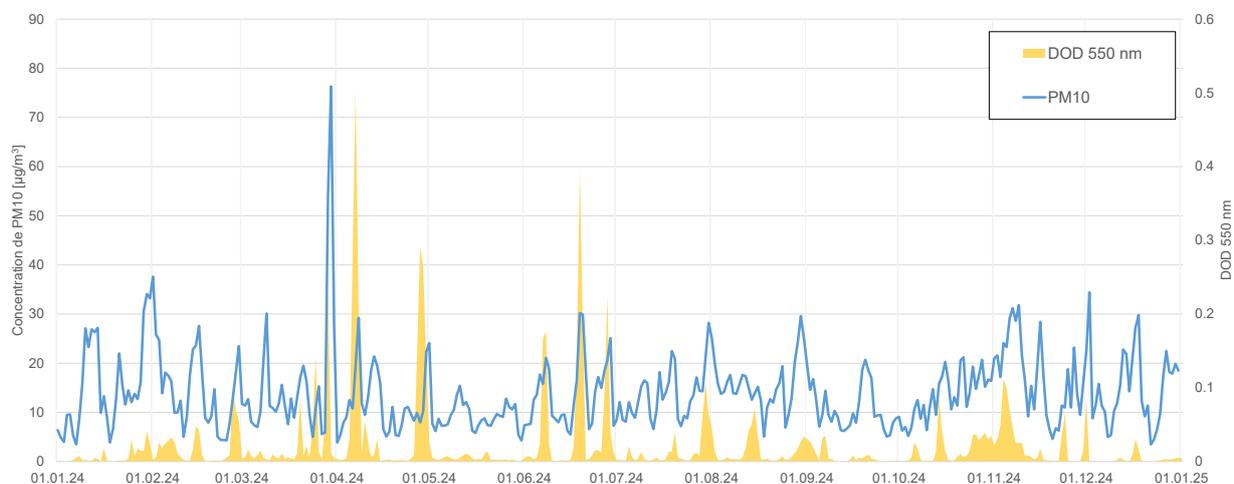


Figure 47. Comparaison entre les moyennes journalières de PM10 à Necker et les épaisseurs optiques des poussières, DOD (Dust Optical Depth)

¹⁸ 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

Si l'été 2024 a été plus chaud que la norme, il n'a pas connu les situations exceptionnelles observées en 2022 et 2023. Pour Genève, on a dénombré, pour la période allant de mai à septembre, un nombre de journées tropicales un peu plus élevé que la norme (18.6 jours) avec 23 journées (soit largement moins qu'en 2023 avec 40 journées et 2022 avec 41 journées).

En 2024, on compte 793 heures d'ensoleillement à Genève sur la période allant de juin à août, soit un nombre similaire à 2023 (791 heures) mais moins qu'en 2022 (928 heures). De plus, l'ensoleillement total sur l'année était plus faible que la norme. Ce manque d'ensoleillement a pu jouer un rôle modérateur sur la production d'O₃.



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

Tableau 5. Méthodes de mesure

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 ».

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

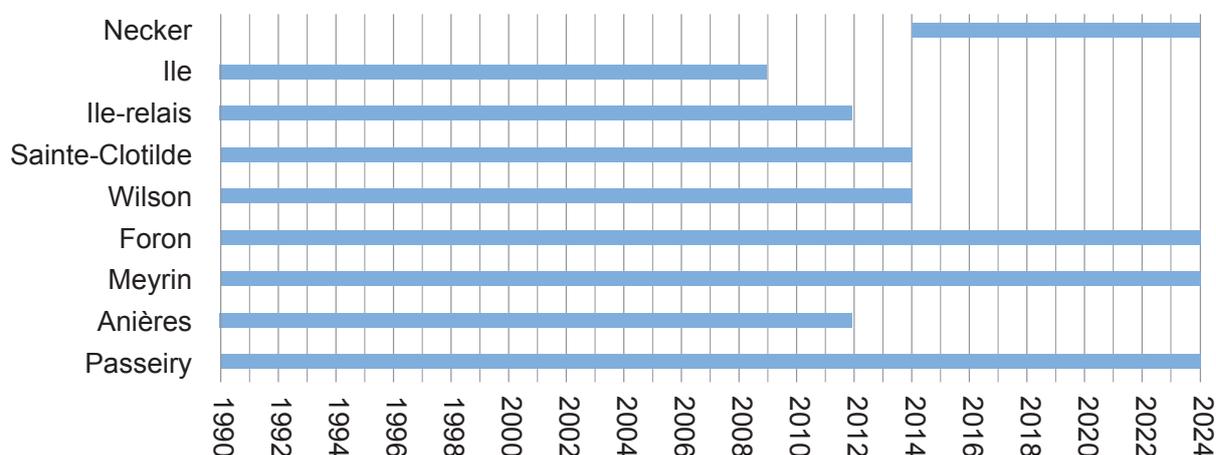
Méthode de mesure

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

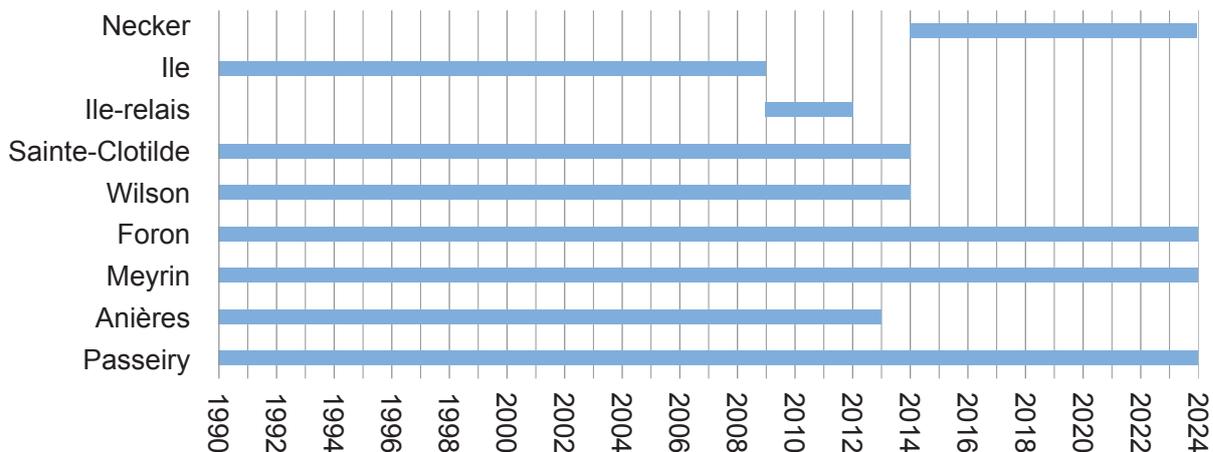
PÉRIODES DE MESURE PAR STATION ET PAR POLLUANT

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

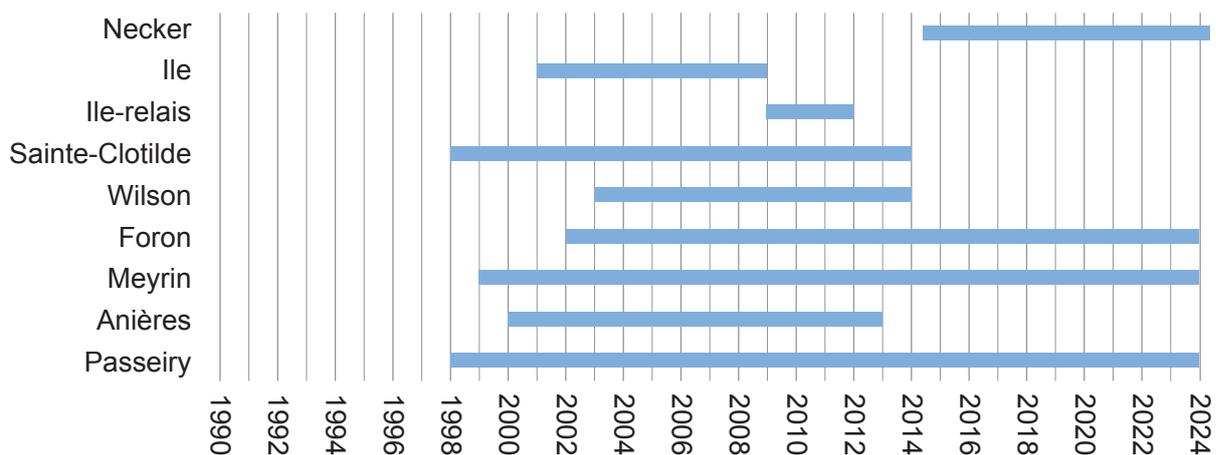
NO₂



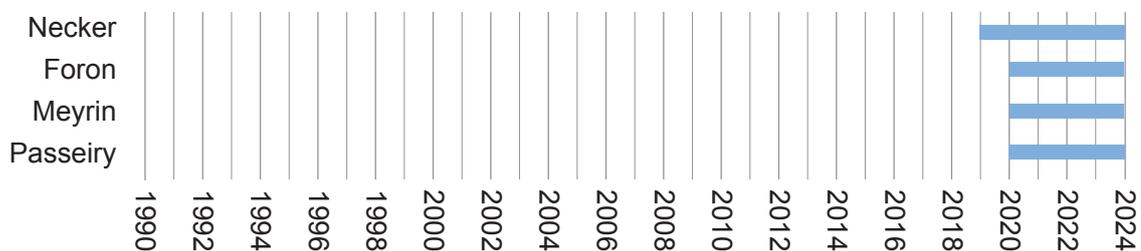
O₃



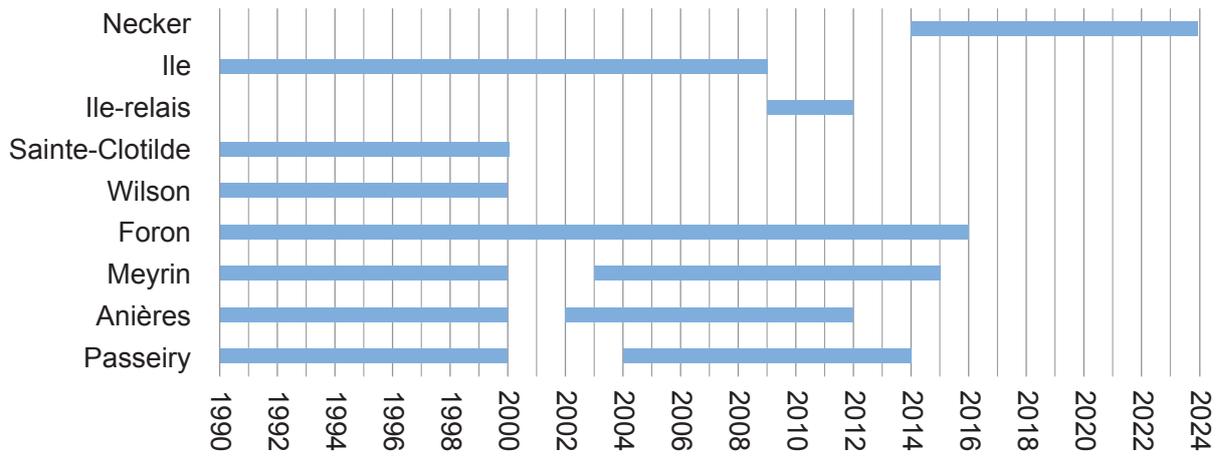
PM10



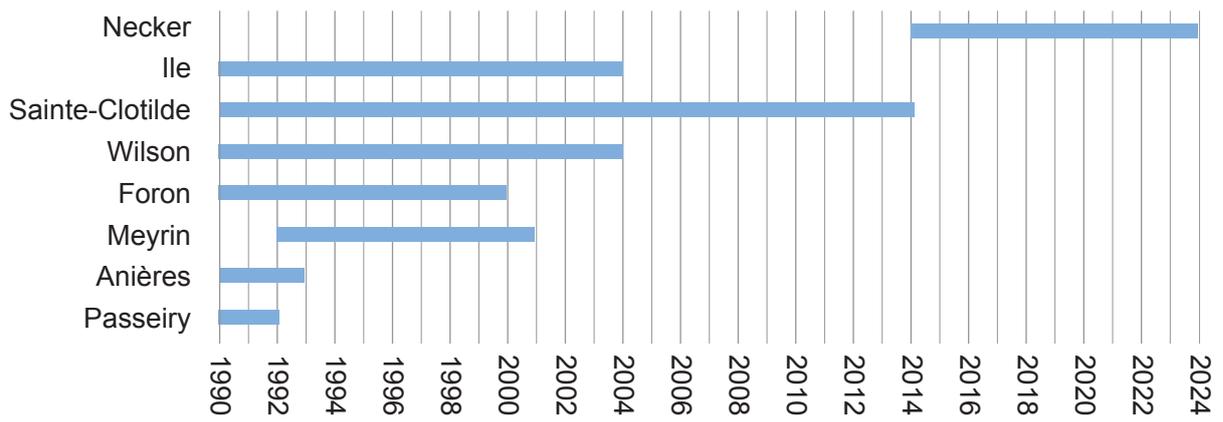
PM2.5



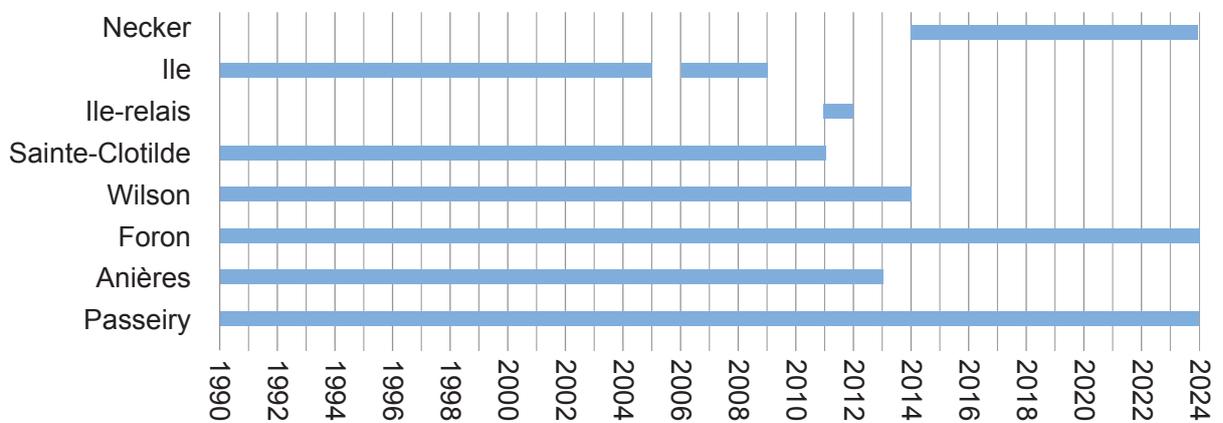
SO₂



CO



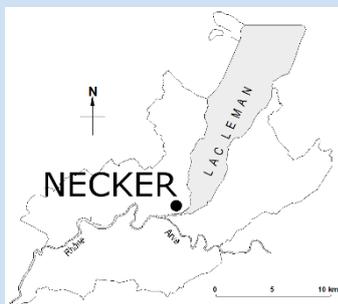
Retombées de poussières



DESCRIPTION DES STATIONS

Durant l'année 2024, les 4 stations fixes du ROPAG (Necker, Foron, Meyrin et Passeiry) ont analysé l'air genevois.

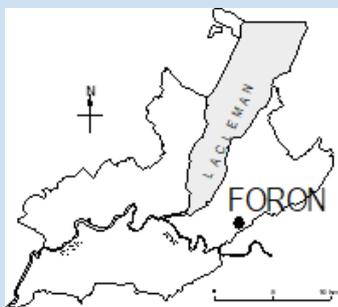
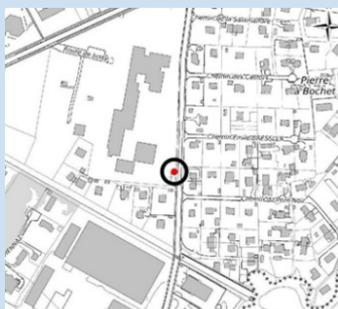
MILIEU URBAIN : NECKER



Coordonnées CH1903+: 2'499'864 / 1'118'200

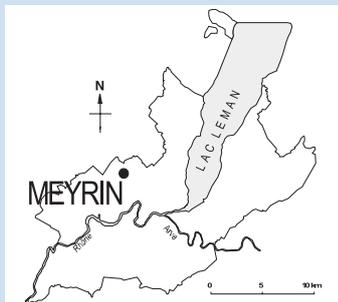
Classification OFEV : Urbaine / Pollution de fond

MILIEU SUBURBAIN : FORON



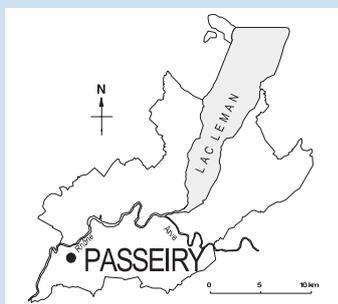
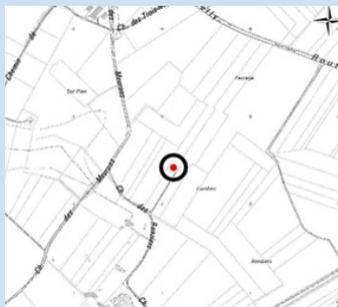
Coordonnées CH1903+: 2'505'254 / 1'116'758

Classification OFEV : Banlieue / Trafic faible

MILIEU SUBURBAIN : MEYRIN

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

Classification OFEV : Banlieue / Pollution de fond

MILIEU RURAL : 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.

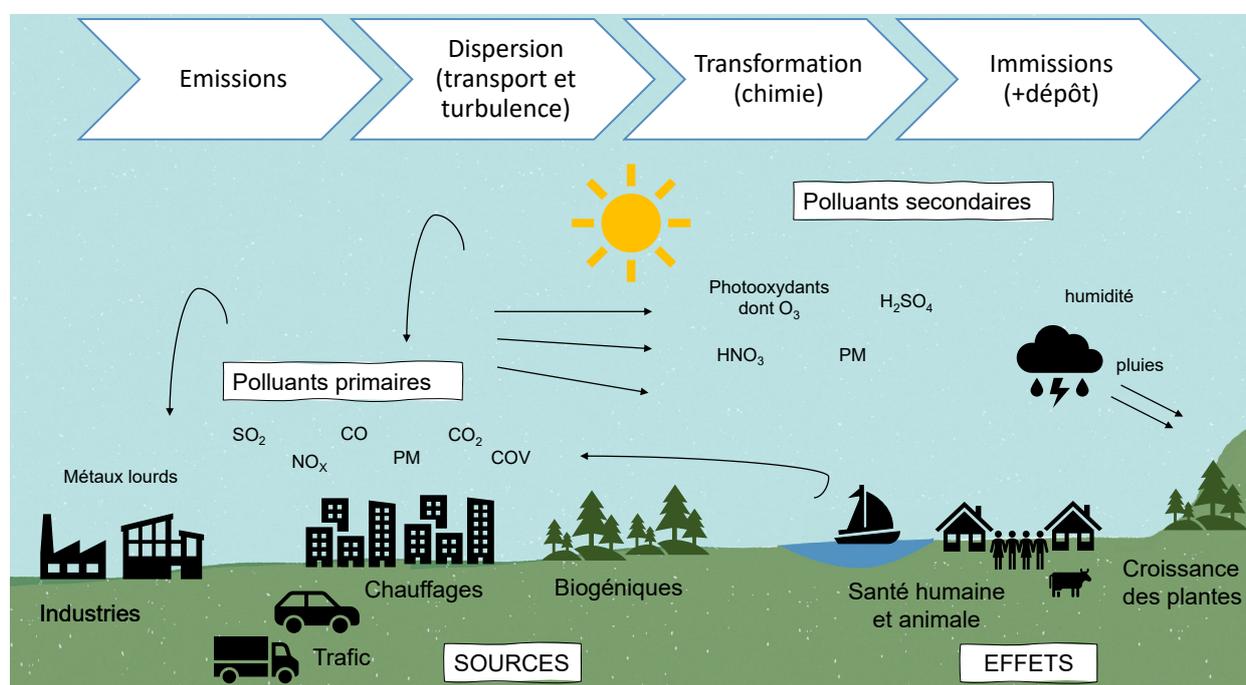


Figure 48. Ensemble des phénomènes mis en jeu pour la pollution de l'air

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

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

VALEURS LIMITES D'IMMISSION SELON LA LOI SUISSE

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

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les valeurs limites d'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 (NO₂)		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 (O₃)		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 (SO₂) (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 6. Valeurs limites d'immission de l'OPair



ANNEXE 7 | GÉNÉRALITÉS SUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS

DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

Les oxydes d'azote (NO_x), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), 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 NO₂. Cette baisse se poursuit mais de manière moins sensible depuis le début des années 2000.

Le NO₂ 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 NO₂ 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 (O₃)

L'O₃ 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'O₃ sous l'effet du soleil. En ce sens, l'O₃ 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'O₃ proche du sol nuit à la santé et à l'environnement. Ce « mauvais » O₃ doit être distingué de la couche de « bon » O₃ 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'O₃ 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'O₃.

L'O₃ 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'O₃ peut causer des irritations oculaires. De plus, il existe une relation significative entre les niveaux élevés d'O₃ et la surmortalité, ainsi que l'augmentation du nombre d'hospitalisations pour cause d'affections cardio-vasculaire et, surtout, respiratoire.

L'effet de l'O₃ 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'O₃ serait aussi à l'origine des modifications du peuplement floristique, défavorisant les espèces plus sensibles à cette pollution. L'O₃ 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'O₃ 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 (PM10 & PM2.5)

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). Les particules fines augmentent la sensibilité aux allergènes et plusieurs études les rendent responsables de l'augmentation du nombre des hospitalisations pour raison d'asthme ou de bronchite chronique, ainsi que de la mortalité par défaillance cardio-vasculaire.

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

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

DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

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 (CO)

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-vasculaires¹⁹.

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.

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



ANNEXE 8 | INFORMATIONS 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.

Pour tout renseignement complémentaire :

<https://www.ge.ch/ge-environnement-reponses-environnement-energie> - Le portail de l'environnement de l'Etat de Genève.

AUTRES SITES INTERNET

Informations 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.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).

https://www.cerclair.ch/fr	Cercl'Air – Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air.
https://feinstaub.ch/fr	Site Cercl'Air consacré aux poussières fines.
https://ozon-info.ch	Site Cercl'Air consacré à l'ozone.
http://www.transalpair.eu	Collaboration transfrontalière de surveillance de la qualité de l'air.

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

https://www.ne.ch/air	Neuchâtel – SENE (Service de l'énergie et de l'environnement).
https://www.vd.ch/air	Vaud – DGE (Direction générale de l'environnement).
https://www.vs.ch/air	Valais – SEN (Service de l'environnement).
https://www.fr.ch/energie-agriculture-et-environnement/air	Fribourg – SEN (Service de l'environnement).
https://www.jura.ch/air	Jura – ENV (Office de l'environnement).
https://www.be.ch/air	Berne – OEE (Office de l'environnement et de l'énergie).
https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr	Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.
https://www.atmo-bfc.org	Atmo Bourgogne-Franche-Comté.
http://www.atmo-grandest.eu	Atmo Grand Est.

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 réfléchi 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 O_3 (qui est rapide et complète en présence d'un excès d' O_3) une molécule de NO_2 excitée est formée. Cette molécule va se désexciter en émettant un rayonnement dans le proche infrarouge.

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

Si l'on veut mesurer une concentration en NO_2 , il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur, puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO_2 et le luminol).

Composés organiques volatils (COV)

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

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

Sources principales

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

Effets

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

Composition de l'atmosphère

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

Molécules

Azote (N_2) : 78.1 %

Oxygène (O_2) : 20.9 %

Argon (Ar) : 0.9 %

Dioxyde de carbone (CO_2) : 0.03 %

Vapeur d'eau (H_2O) : hautement variable

Ozone (O_3), Dioxyde d'azote (NO_2), Dioxyde de soufre (SO_2) : ppb, ...

Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

D

Dioxyde d'azote (NO_2)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Dioxyde de carbone (CO_2)

Il est émis lors de toute combustion.

Sources principales

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

Effets

Dans les concentrations actuelles, le CO_2 ne présente pas un danger pour la santé mais pour le climat, car étant l'un des principaux gaz à effet de serre.

Dioxyde de soufre (SO_2)

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.

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
	Mesures incomplètes

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 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.



OPair

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

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

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

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis sa création.

Oxydes d'azote (NO_x)

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

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

Le terme « Oxydes d'azote » (NO_x), recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) : NO_x = NO + 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (\pm 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1'000 km).

40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (\pm 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 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.

