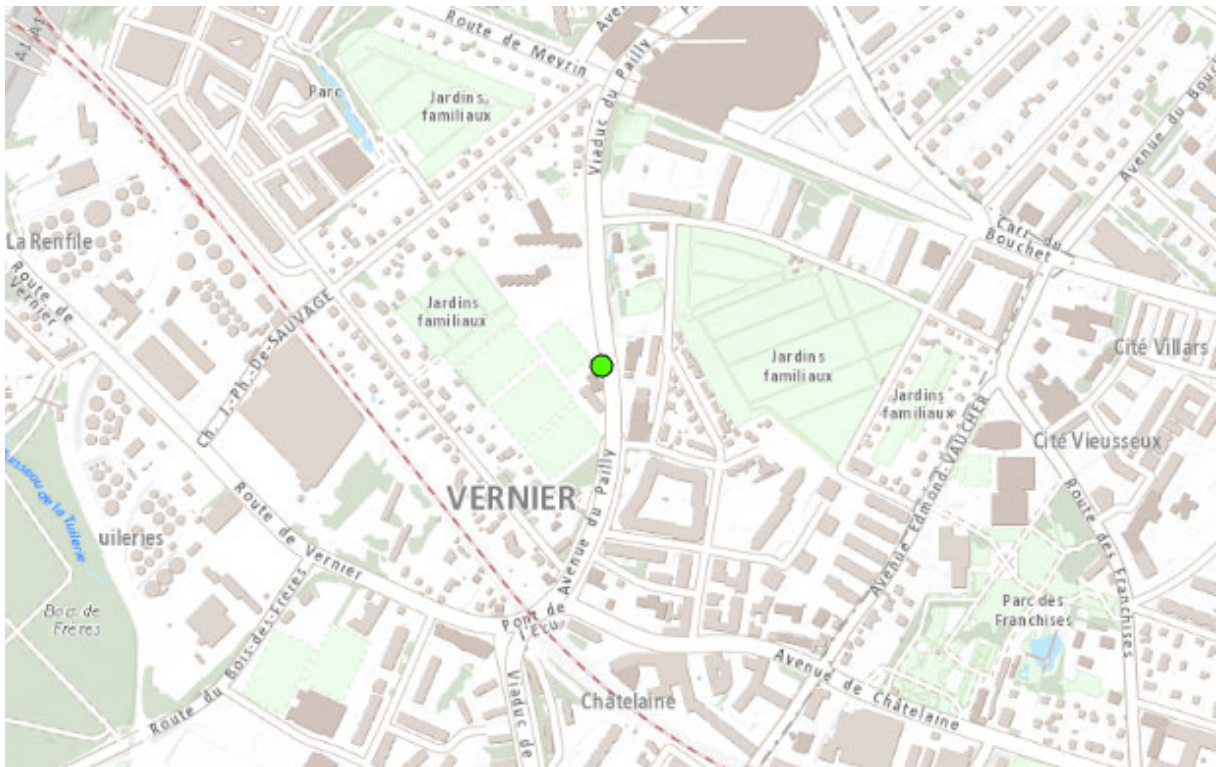




Campagne de mesure de la qualité de l'air

Évaluation de l'impact local du trafic des axes routiers – Pailly (juin 2023 - mai 2024)



Novembre 2024

Table des matières

1	But de la campagne de mesures.....	3
2	Moyens engagés et polluants mesurés.....	3
3	Période de mesure.....	4
4	Emplacement.....	4
5	Conditions météorologiques.....	5
6	Comptage du trafic.....	5
7	Analyse des résultats.....	6
7.1	<i>Moyennes annuelles</i>	6
7.2	<i>Comparaisons des mesures de la station mobile avec celles des stations fixes</i>	6
7.2.1	<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	6
7.2.2	<i>Particules fines (PM₁₀, PM_{2.5})</i>	10
7.2.3	<i>Ozone (O₃)</i>	13
8	Conclusion.....	16

1 But de la campagne de mesures

En complément du suivi quotidien de la qualité de l'air effectué au moyen des stations fixes et afin d'améliorer en permanence les connaissances, notamment sur la dispersion locale des polluants et leurs impacts pour notre canton, l'Etat de Genève effectue des campagnes de mesure ponctuelles au moyen de stations mobiles. Ces campagnes de mesure sont réalisées avec la collaboration et le support des communes notamment.

L'objectif de cette campagne de mesure déployée à l'avenue du Pailly durant une année, est de documenter la qualité de l'air sur un site à proximité directe avec un axe routier à fort trafic. Ces données peuvent ainsi contribuer à accroître la précision des représentations territoriales de la pollution de l'air pour notre canton. Il s'agit de la 4^{ème} campagne de mesure poursuivant cet objectif après l'avenue d'Aire (2021), la route du Val d'Arve (2021-2022) et la route de Saint-Julien (2022-2023).

2 Moyens engagés et polluants mesurés

Les mesures ont été effectuées au moyen d'une station mobile équipée d'analyseurs de polluants atmosphériques. Celle-ci a été conçue et est exploitée selon les recommandations techniques édictées par la Confédération afin de garantir la qualité des mesures.

Les concentrations semi-horaires des polluants suivants sont ainsi mesurées 24h / 7j :

- Dioxyde d'azote (NO_2) par chimiluminescence.
- Particules fines (PM_{10}) par méthode gravimétrique.
- Particules fines (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) par méthode optique.
- Ozone (O_3) par absorption UV.

Certains paramètres météorologiques, comme la force et la direction du vent, sont aussi mesurés, dans le but d'aider à l'objectivation des mesures de polluants.

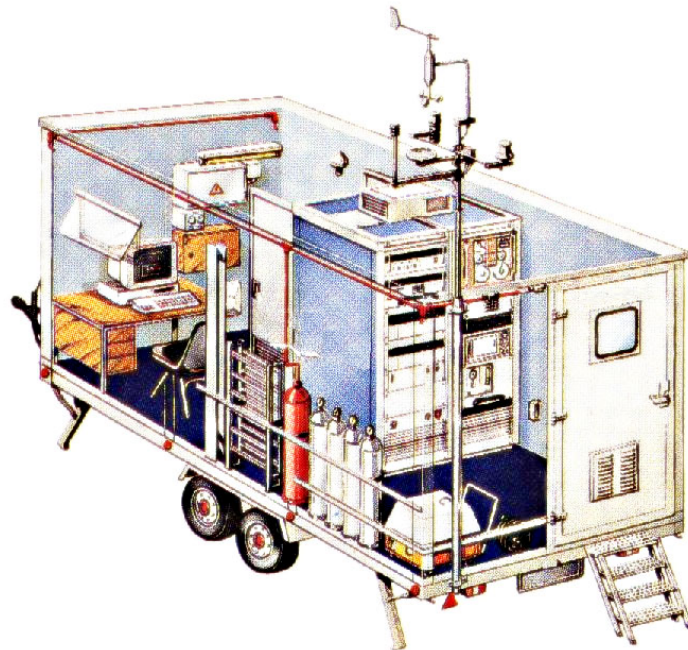


Figure 1. Schéma en transparence d'une station mobile.

3 Période de mesure

La campagne de mesure a eu lieu durant 12 mois, du 1^{er} juin 2023 au 31 mai 2024.

4 Emplacement

Pour répondre aux besoins de cette campagne, les mesures ont été effectuées à un endroit très exposé à la circulation routière à proximité directe de l'avenue du Pailly à Vernier.



Figure 2. Localisation de l'emplacement (point vert)



Figure 3. Photo in situ de la station mobile

Conformément aux "*Recommandations pour le mesurage des immissions de polluants atmosphériques*" de l'office fédéral de l'environnement (OFEV)¹, l'emplacement choisi pour cette campagne est catégorisé comme : banlieue avec trafic intense.

À titre de comparaison, les stations fixes du *réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève* (ROPAG) sont catégorisées comme suit :

- Necker : urbaine en pollution de fond.
- Foron : banlieue avec trafic faible.
- Meyrin : banlieue en pollution de fond.
- Passeiry : rurale en pollution de fond.

5 Conditions météorologiques

Les concentrations en polluants dans l'air ambiant sont fortement liées à certains paramètres météorologiques (dont le vent, l'ensoleillement, les précipitations). Ainsi, il est important de prendre en compte les conditions météorologiques sur la période d'intérêt afin d'objectiver les mesures de la pollution atmosphérique.

La période estivale, de juin à août 2023, a connu des vagues de chaleur importantes. Cette situation s'est prolongée durant les mois de septembre et octobre, exceptionnellement chauds et ensoleillés. La fin de l'année 2023 a été pluvieuse, et l'hiver puis le printemps particulièrement doux. À la fin du mois de mars 2024, un important épisode de poussières d'origine saharienne a atteint la région genevoise.

6 Comptage du trafic

Le plan de charge du trafic routier (MMT 2019², figure 4 ci-après) fait état d'un *trafic journalier ouvrable moyen* (TJOM) de près de 32'000 véhicules sur l'axe principal.

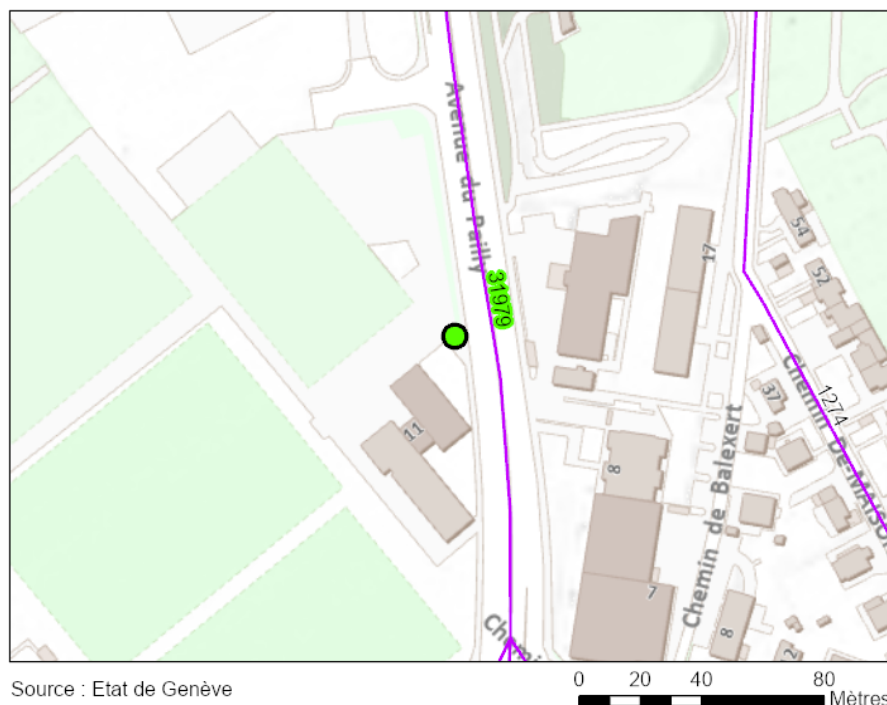


Figure 4. Plan de charge du trafic routier 2019 – valeurs TJOM (source : SITG)

¹ Immissions de polluants atmosphériques (OFEV, 2021)
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/publications-etudes/publications/immissions-de-polluants-atmospheriques.html>

² Modèle Multimodal Transfrontalier (2019), Office cantonal des transports, État de Genève

7 Analyse des résultats

7.1 Moyennes annuelles

Parmi les quatre polluants – NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ – devant faire l'objet d'une surveillance par les autorités au sens de l'annexe 7 de l'OPair, trois ont une valeur limite d'immission (VLI) annuelle (NO₂, PM10 et PM2.5).

Les moyennes annuelles en NO₂, PM10 et PM2.5 à la station mobile Pailly ont été calculées sur la période allant du 1^{er} juin 2023 au 31 mai 2024. On obtient :

Polluant	Moyenne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	VLI [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO ₂	19.7	30
PM10	13.7	20
PM2.5	8.0	10

Ainsi, toutes ces valeurs annuelles respectent les VLI.

7.2 Comparaisons des mesures de la station mobile avec celles des stations fixes

Pour mettre en perspective les données récoltées, les mesures effectuées à la station mobile localisée à l'avenue de Pailly (couleur pourpre dans les figures ci-après), sont comparées avec celles effectuées aux stations fixes du ROPAG. La barre noire horizontale représente la VLI de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) relative au polluant mesuré (les VLI des différents polluants surveillés se trouvent à l'annexe 7 de l'OPair).

7.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les oxydes d'azote et plus particulièrement les NO_x, somme du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO₂), sont issus principalement des processus de combustion. Les NO_x interviennent également dans la formation de l'O₃ troposphérique, en combinaison avec les composés organiques volatils et sous l'action du rayonnement solaire.

Indicateur de proximité routière : Ratio [NO] / [NO₂]

Le trafic routier est la plus grande source de NO, composé qui se transforme rapidement en NO₂. Le NO est avant tout un indicateur de la proximité du trafic routier. De plus, dans les concentrations relevées dans l'atmosphère genevoise, c'est un gaz non nocif pour la santé qui ne fait pas l'objet de limites légales, contrairement au NO₂ qui est un gaz toxique et dont les concentrations sont régies par la loi.

Un ratio des concentrations [NO] / [NO₂] élevé, traduit la proximité d'un trafic significatif, car du NO est directement produit par la combustion des moteurs thermiques. À relever que cet indicateur a diminué en même temps que les NO_x au cours des années, en conséquence de l'évolution du parc automobile qui a bénéficié d'améliorations technologiques.

Le ratio [NO] / [NO₂] a été calculé pour le site de Pailly ainsi que pour les stations fixes. Un ratio de 0.5 pour la station mobile confirme l'influence significative du trafic routier. Celui-ci est plus élevé que pour les stations fixes, qui mesurent la pollution de fond, avec des valeurs proches de 0.3.

Moyennes journalières

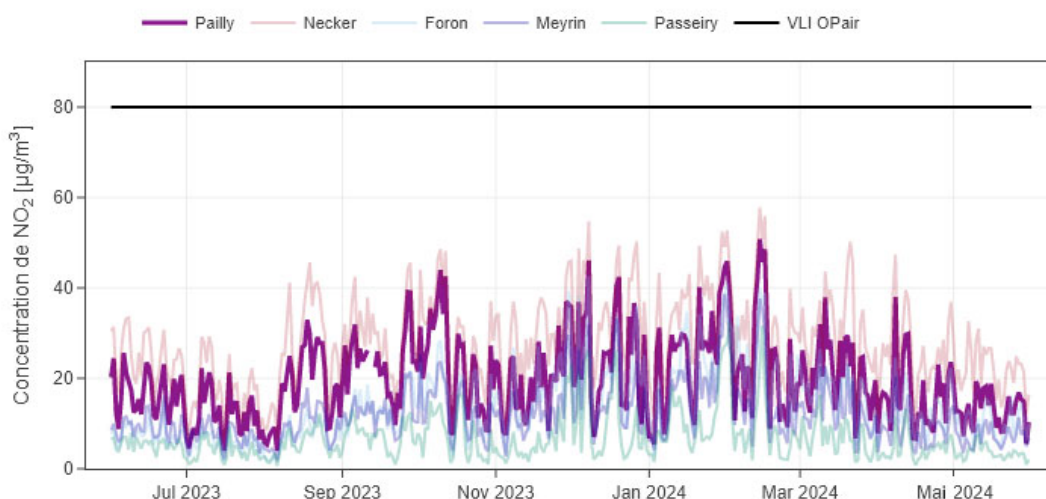


Figure 5. Évolution de la moyenne journalière en NO₂

Les moyennes journalières de NO₂ dépassent les stations suburbaines, mais se situent en-dessous de la station urbaine de Necker. Aucune station n'a approché la VLI journalière durant la période de mesure.

Moyennes en fonction des jours de la semaine

	Pailly	Necker	Meyrin	Foron	Passeiry
	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂
Période complète	19.7	27.9	11.7	14.1	6.7
Lundi à vendredi	20.9	29.8	12.7	15.2	7.1
Weekend (samedi- dimanche)	16.5	23.3	9.3	11.2	5.7
Différence semaine - weekend	+4.4	+6.5	+3.4	+4.0	+1.4

Tableau 1. Comparaison de moyennes (période complète, lundi-vendredi, weekend) de NO₂ (en µg/m³)

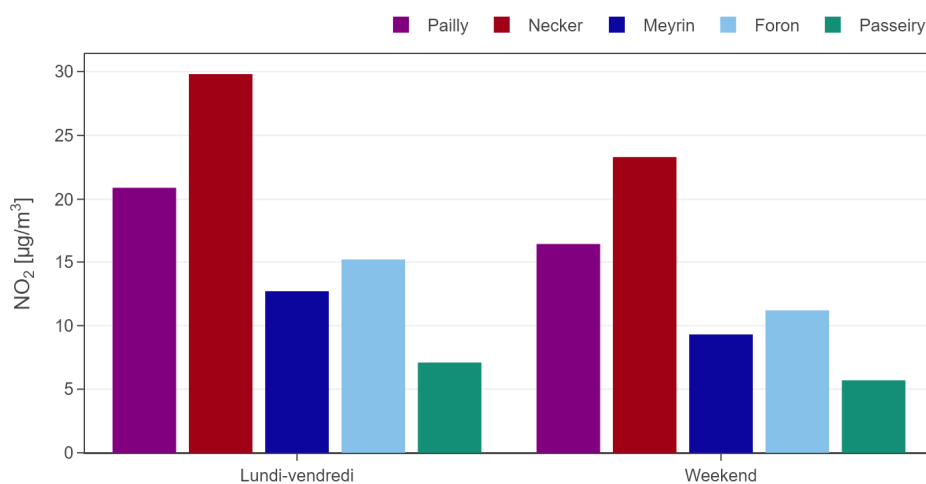


Figure 6. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour le NO₂ (en µg/m³)

Les valeurs de NO₂ mesurées à l'avenue du Pailly, sont supérieures à celles mesurées dans les stations fixes des milieux suburbain et rural, mais significativement plus faibles qu'à la station urbaine de Necker.

La baisse des concentrations de ce polluant entre la semaine (lundi-vendredi) et le weekend est d'un peu plus de 20 %, soit dans le même ordre de grandeur que celle relevée aux quatre stations fixes.

Journées moyennes

Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution des concentrations pendant une journée moyenne (moyenne de tous les profils journaliers, heure par heure, sur la période considérée).

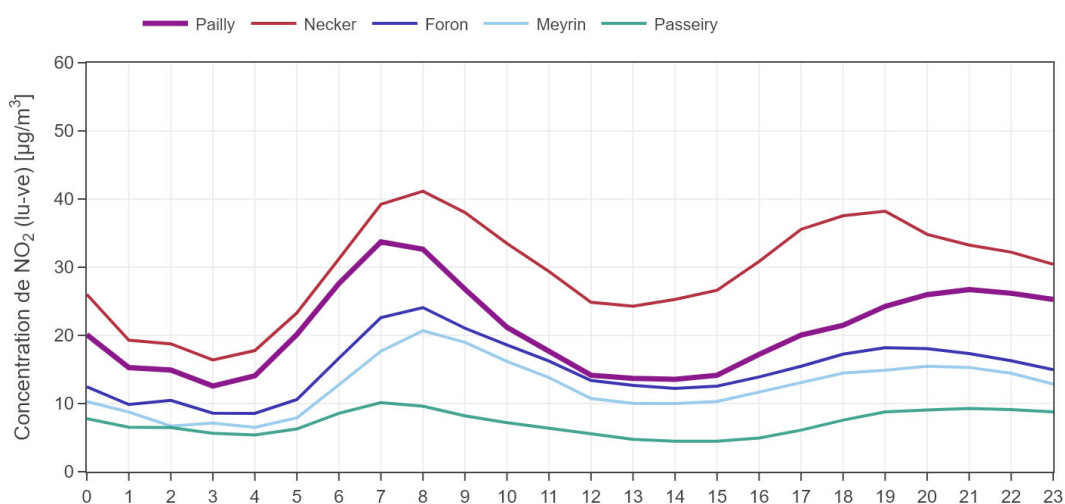


Figure 7. Concentrations horaires en NO₂ pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

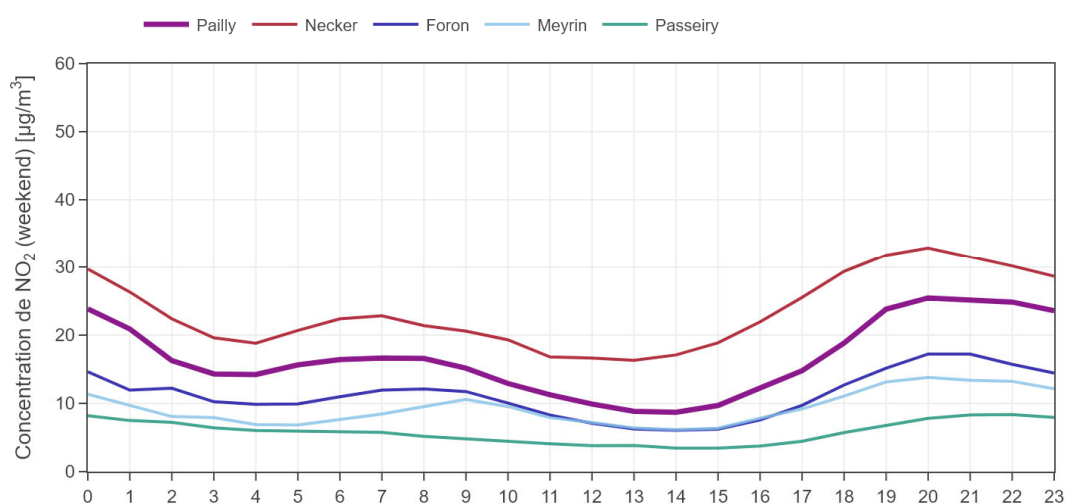


Figure 8. Concentrations horaires en NO₂ pendant une journée moyenne du weekend

D'une manière générale, on constate que la concentration en NO₂ à la station de Pailly, est supérieure aux autres emplacements des stations fixes suburbaines et rurale, mais nettement plus basse qu'à celle Necker.

Les jours de semaine (lundi-vendredi), comme dans les stations fixes, les concentrations de NO₂ montrent un pic matinal notable vers 6h-9h.

Le weekend, le pic matinal disparaît presque complètement à Pailly, comme dans les stations fixes, et les concentrations sont globalement plus faibles tout au long de la journée.

Que ce soit le weekend ou les autres jours de semaine, les concentrations remontent en soirée.

Mesures sur d'autres axes importants de Vernier

Afin de mettre en perspective les mesures effectuées à la station de Pailly, trois emplacements situés à proximité de trois autres axes routiers importants de la commune de Vernier, ont été retenus pour effectuer des mesures au moyen de capteurs passifs NO₂.

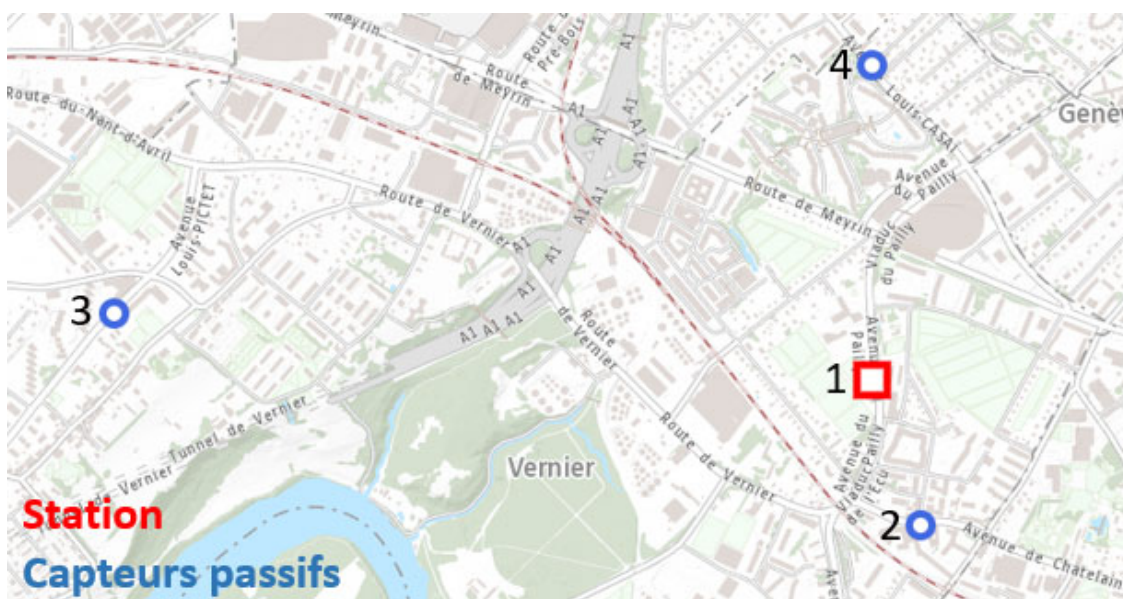


Figure 9. Emplacements de la station (en rouge) et des capteurs passifs (en bleu)

Ces mesures à long terme à proximité d'axes au trafic important (voir TJOM ci-dessous), ont donné les moyennes sur 12 mois de NO₂ ci-dessous.

Emplacement	TJOM (2019)	Charge de trafic	NO ₂ [µg/m ³]
Avenue du Pailly (1)	32'000	Intense	19.7
Avenue de Châtelaïne (2)	20'000	Intense	36.3
Route de Peney (3)	15'000	Moyenne	21.8
Avenue Louis-Casaï (4)	22'000	Intense	19.5

Tableau 2. Concentrations de NO₂ moyenne sur les 12 mois d'exposition

Deux des axes ont montré des concentrations similaires à celles mesurées sur Pailly et respectent la VLI annuelle pour le NO₂, alors que celui de Châtelaïne dépasse celle-ci. La configuration de cette rue, perpendiculaire aux vents dominants, et aussi la présence de hauts bâtiments, a probablement limité la dispersion des polluants et contribué à l'accumulation du NO₂.

7.2.2 Particules fines (PM10, PM2.5)

Les particules fines sont des particules en suspension dans l'atmosphère terrestre. Celles-ci peuvent être classées selon leur diamètre : les PM10 regroupent les particules ayant un diamètre inférieur à 10 μm et les PM2.5 celles ayant un diamètre inférieur à 2.5 μm . Ces poussières sont par exemple émises dans l'atmosphère par le biais de procédés industriels, de combustion et d'abrasion (notamment via le chauffage et le trafic routier ou aérien), mais aussi de processus naturels ou liés à l'agriculture.

Moyennes journalières

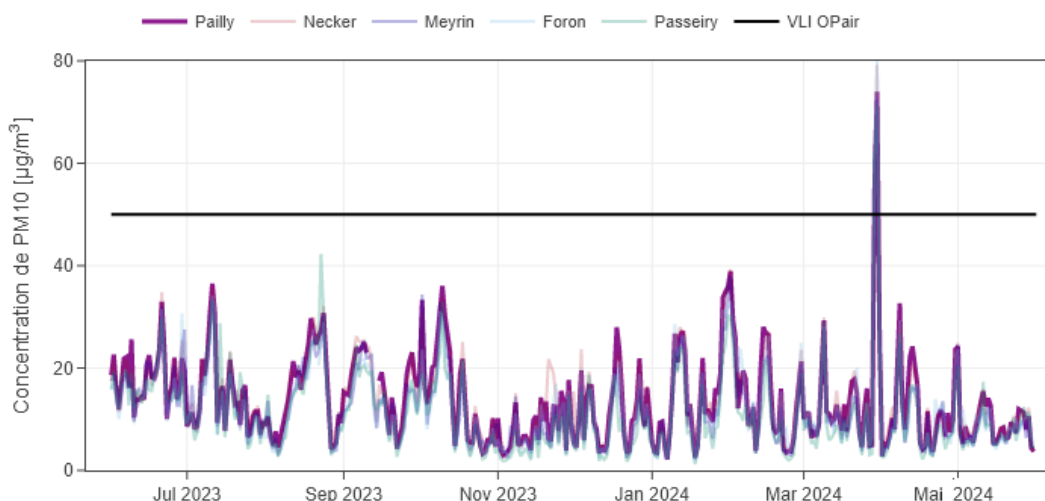


Figure 10. Évolution de la moyenne journalière en PM10

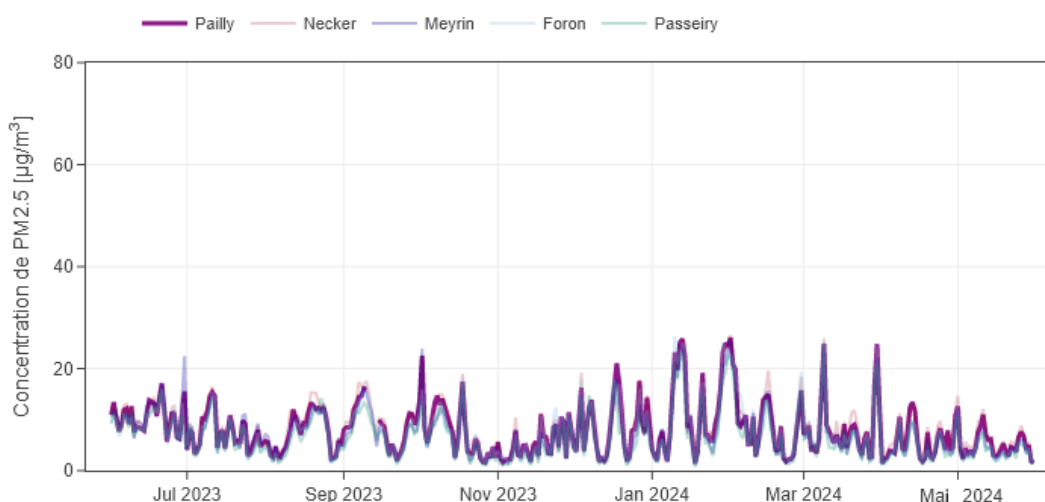


Figure 11. Évolution de la moyenne journalière en PM2.5

Les moyennes journalières de PM10 et de PM2.5 mesurées aux stations fixes réparties sur le canton sont homogènes et le site de Pailly s'inscrit dans ce constat.

Deux journées ont dépassé la VLI journalière de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 à toutes les stations fixes et également à Pailly, à l'occasion d'un épisode de poussières de sables sahariens à la fin du mois de mars.

Moyennes en fonction des jours de la semaine

	Pailly		Necker		Meyrin		Foron		Passeiry	
	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
Période complète	8.0	13.7	8.5	14.0	7.4	12.3	7.6	12.3	6.6	11.2
Lundi à vendredi	7.8	13.9	8.3	14.3	7.3	12.6	7.4	12.5	6.5	11.3
Weekend (samedi-dimanche)	8.6	13.3	8.6	13.1	7.6	11.7	8.0	11.8	6.8	11.1
Différence semaine - weekend	-0.8	+0.6	-0.3	+0.8	-0.3	+0.9	-0.6	+0.7	-0.3	+0.2

Tableau 3. Comparaison de moyennes (période complète, lundi-vendredi, weekend) pour les PM10 et PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

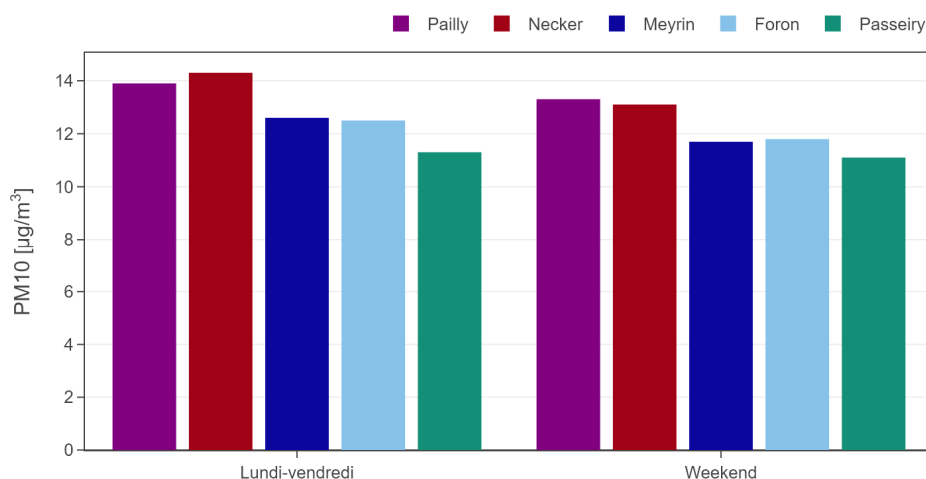


Figure 12. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour les PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

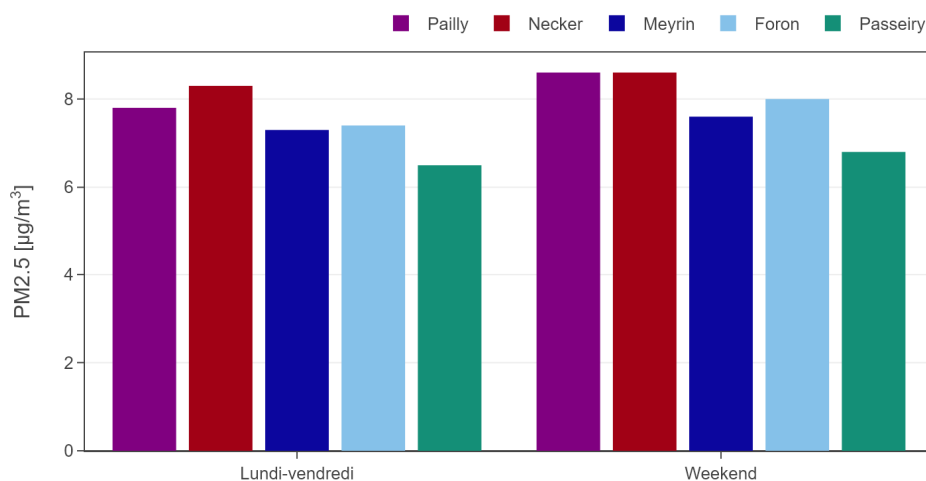


Figure 13. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour les PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les différentes moyennes de PM10 et PM2.5 mesurées à la station mobile, se situent entre les moyennes enregistrées dans la station urbaine et les stations suburbaines.

Journées moyennes

Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution des concentrations pendant une journée moyenne (moyenne de tous les profils journaliers, heure par heure, sur la période considérée)

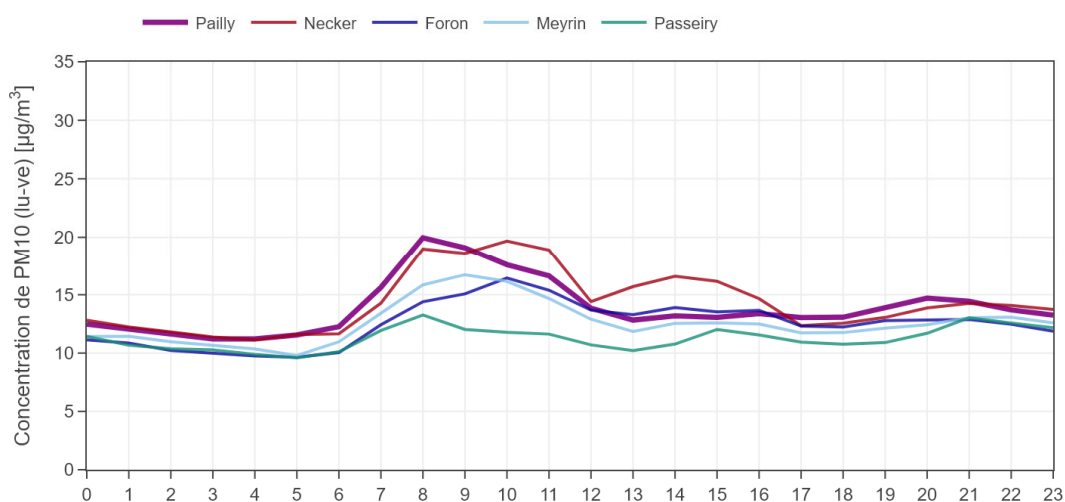


Figure 14. Concentrations horaires en PM10 pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

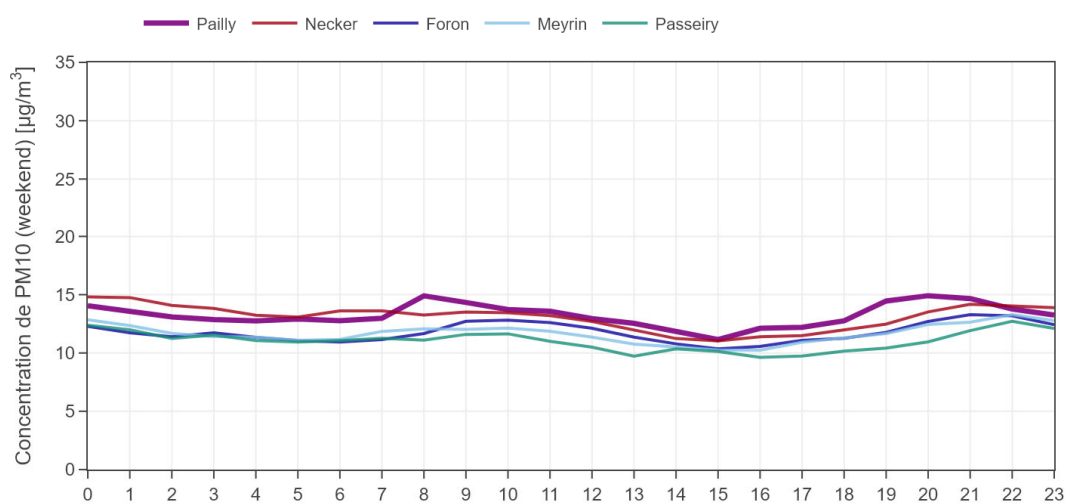


Figure 15. Concentrations horaires en PM10 pendant une journée moyenne du weekend

Entre le lundi et le vendredi, les concentrations en PM10 augmentent le matin entre 7h et 11h, et le reste de la journée, une variation modérée d'une amplitude de l'ordre de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est constatée entre les différentes stations de mesure avec une concentration plus importante en milieu urbain qu'en milieu rural.

Le weekend, on observe une faible variation de la concentration durant l'ensemble de la journée, probablement imputable à la diminution notable du trafic routier caractéristique des autres jours de la semaine.

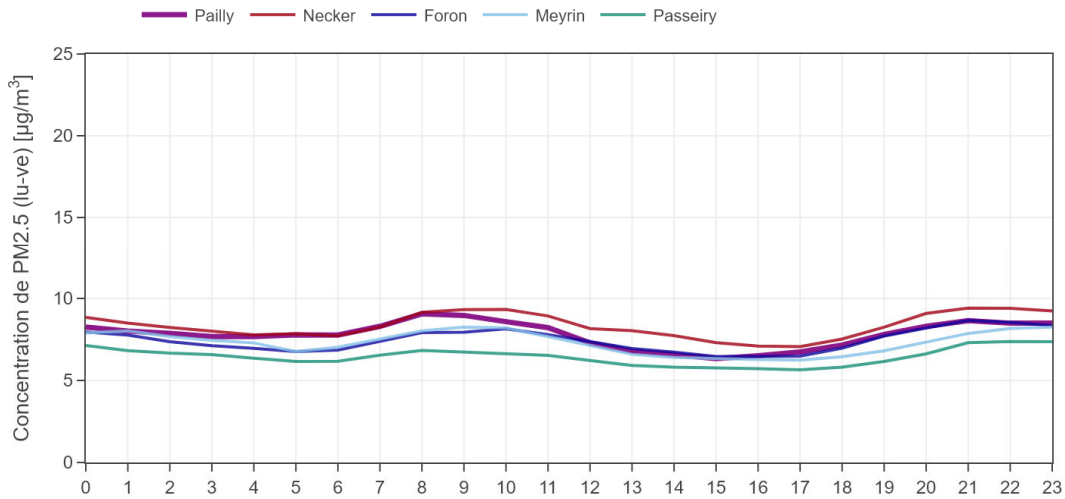


Figure 16. Concentrations horaires en PM2.5 pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

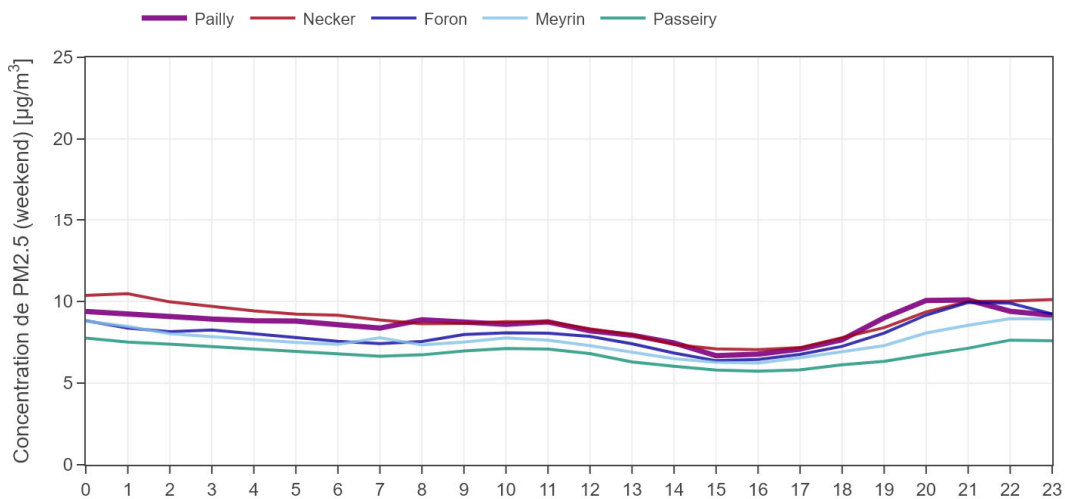


Figure 17. Concentrations horaires en PM2.5 pendant une journée moyenne du weekend

Que ce soit pendant la semaine (lundi-vendredi) ou le weekend, les concentrations de PM2.5 se situent entre celles du milieu urbain et celles des stations suburbaines. La différence entre les moyennes calculées pour le weekend et les autres jours de la semaine est nettement moins visible pour ce polluant.

7.2.3 Ozone (O₃)

L'O₃ est un polluant d'origine principalement secondaire qui se forme notamment à partir d'autres polluants précurseurs, tels que les oxydes d'azote et les composés organiques volatiles, sous l'effet du rayonnement solaire et favorisé par des températures élevées.

Moyennes horaires maximales journalières

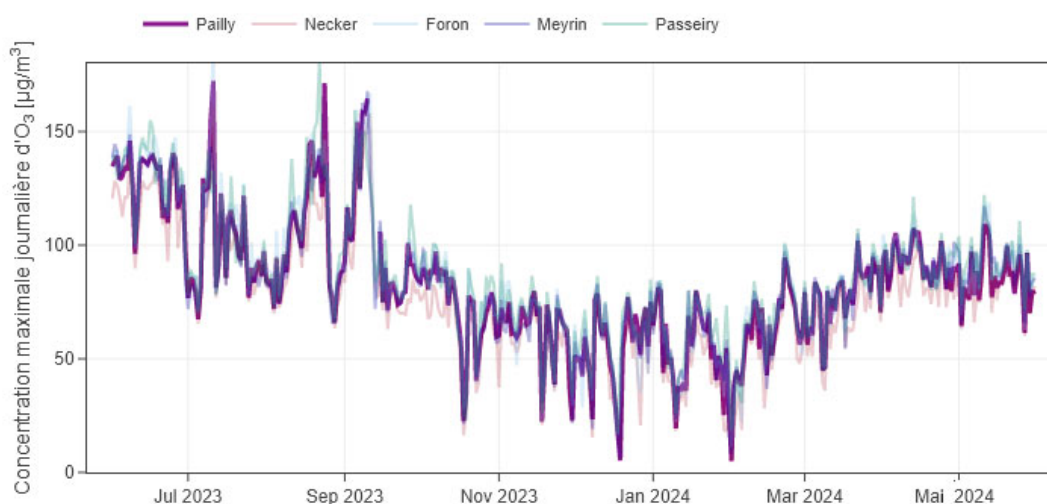


Figure 18. Évolution de la concentration horaire maximale journalière en O₃

Les moyennes horaires maximales journalières d'O₃ mesurées à la station mobile de Pailly, connaissent des fluctuations très proches de celles mesurées aux stations fixes du ROPAG.

Moyennes en fonction des jours de la semaine

	Pailly	Necker	Meyrin	Foron	Passeiry
	O ₃	O ₃	O ₃	O ₃	O ₃
Période complète	51.8	47.3	54.9	56.0	57.6
Lundi à vendredi	50.9	46.1	54.2	55.4	57.4
Weekend (samedi-dimanche)	53.9	50.5	56.6	57.4	58.2
Différence semaine - weekend	-3.0	-4.4	-2.4	-2.0	-0.8

Tableau 4. Comparaison de moyennes (période complète, lundi-vendredi, weekend) d'O₃ (en µg/m³)

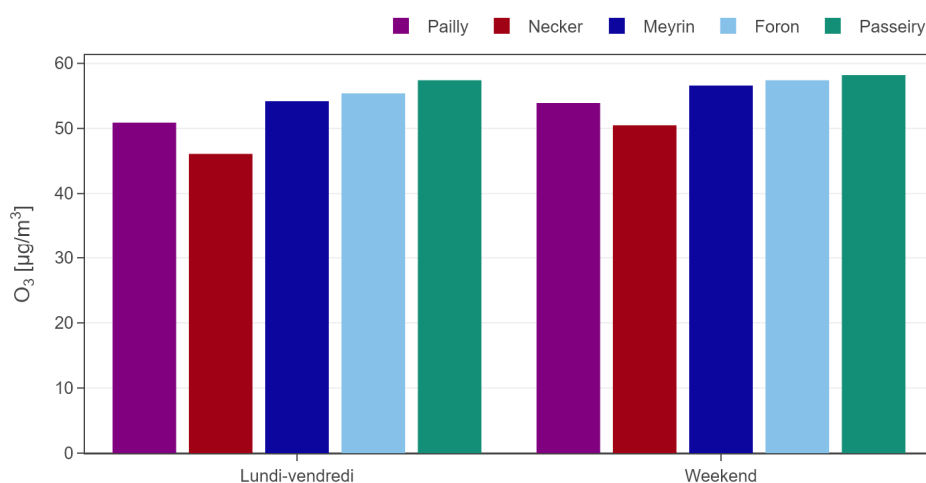


Figure 19. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour l'O₃ (en µg/m³)

Que ce soit pendant les jours de semaine (lundi-vendredi) ou le weekend, les concentrations moyennes mesurées à la station de Pailly, se situent entre celles relevées à la station urbaine et aux stations suburbaines et rurale.

Les concentrations en O₃ sont dans l'ensemble plus élevées durant le weekend, en raison de la baisse de la circulation automobile et d'autres activités anthropiques. La différence entre les jours de la semaine et le weekend est plus accentuée aux stations de Pailly et de Necker.

Journée moyenne

Le graphique ci-dessous montre l'évolution des concentrations pendant une journée moyenne (moyenne de tous les profils journaliers, heure par heure, sur la période considérée).

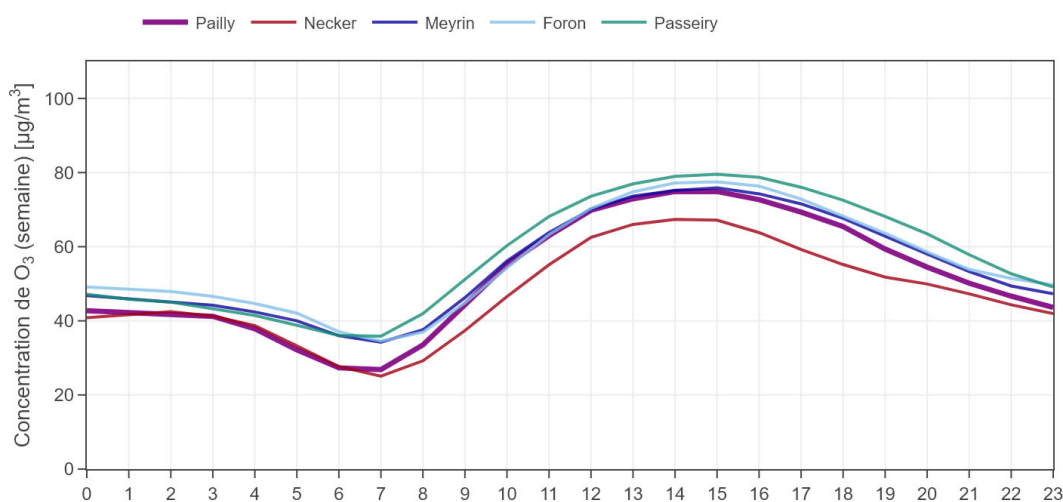


Figure 20. Concentrations horaires en O₃ pendant une journée moyenne de la semaine entière

Le profil journalier de la concentration d'O₃ à la station de Pailly est similaire à celui de la station Necker en matinée, puis rejoint celles des stations suburbaines le reste de la journée.

La figure ci-dessus confirme que le rayonnement solaire participe à la formation d'O₃ (production accrue en milieu d'après-midi, peu après le pic de rayonnement solaire). La baisse de la concentration en O₃ lors de l'augmentation matinale de la circulation (vers 6h - 8h), permet aussi de voir la destruction de l'O₃ entraînée par la présence accrue d'autres polluants, notamment les NO_x.

8 Conclusion

Globalement, les concentrations en polluants mesurées à cet emplacement proche de l'avenue du Pailly, sont comparables à celles des stations fixes suburbaines et urbaine.

La différence la plus notable concerne le NO₂ dont la concentration est plus élevée qu'en milieu suburbain, sans toutefois atteindre celle de la station urbaine de Necker. Avec une moyenne annuelle de 19.7 µg/m³, la concentration pour ce polluant reste néanmoins modérée durant la période de mesure.

En résumé, cette campagne de mesure ne met pas en évidence, pour cet emplacement et pour les polluants mesurés, un effet additionnel significatif sur la qualité de l'air d'une localisation à proximité directe du trafic routier. Ce constat rejoint ainsi les conclusions des trois campagnes de mesures temporaires déjà mises en œuvre à proximité d'axes routiers importants à Genève.

Dioxydes d'azote (NO₂)

- La VLI journalière est respectée sur toute la période de mesure.
- La concentration annuelle montre que celle-ci respecte largement la VLI annuelle de l'OPair.
- Sur les trois autres emplacements, situés proches de trois autres axes routiers importants de la commune de Vernier et retenus pour effectuer des mesures complémentaires au moyen de capteurs passifs NO₂, un seul dépasse la VLI annuelle (probablement lié à la configuration particulière du site).
- La différence de concentration entre les jours de semaine (lundi-vendredi) et le weekend est plus importante à la station mobile que dans les stations fixes, notamment à cause de variation du trafic routier.

Particules fines (PM10, PM2.5)

- Comme sur les quatre autres stations de mesure à Genève, la VLI journalière des PM10 a été dépassée à l'occasion d'un épisode de sable désertique.
- Les concentrations annuelles respectent les VLI annuelles de l'OPair pour les PM2.5 et, largement, pour les PM10.

Ozone (O₃)

- Les concentrations mesurées dans la matinée à la station mobile sont similaires à celles de la station urbaine de Necker puis rejoignent les concentrations mesurées dans les autres stations.
- Les concentrations sont un peu plus importantes durant le weekend que durant les autres jours de semaine, comme c'est généralement le cas dans les stations urbaines ou proches du trafic.