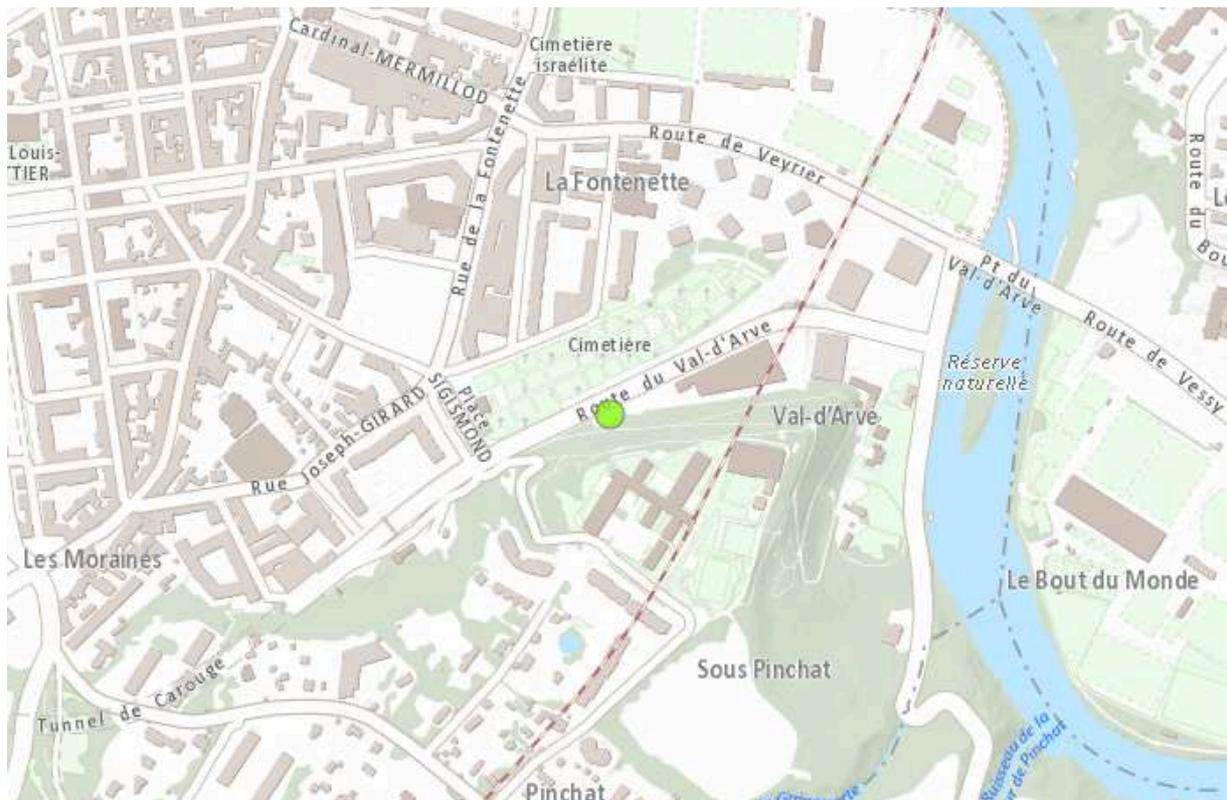




Campagne de mesure de la qualité de l'air

Evaluation de l'impact local du trafic des axes routiers - Val-d'Arve (septembre 2021- mars 2022)



Janvier 2023

Table des matières

1	But des mesures.....	3
2	Moyens engagés / polluants mesurés.....	3
3	Période de mesure	3
4	Emplacement	4
5	Conditions météorologiques	5
6	Comptage du trafic	5
7	Analyse des résultats.....	6
7.1	<i>Comparaisons des mesures de la station mobile avec celles des stations fixes</i>	<i>6</i>
7.1.1	<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	<i>6</i>
7.1.2	<i>Particules fines (PM10, PM2.5)</i>	<i>9</i>
7.1.3	<i>Ozone (O₃).....</i>	<i>13</i>
7.2	<i>Estimation des moyennes annuelles en NO₂, PM10 et PM2.5 à la station mobile de Val-d'Arve.....</i>	<i>15</i>
8	Conclusion.....	16

1 But des 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 et d'autres entités qui les accueillent temporairement.

L'objectif de campagne de mesure déployée à la route du Val-d'Arve durant 7 mois est de documenter la qualité de l'air sur un site à proximité directe avec un axe routier à fort trafic, sur la commune de Carouge. Ces données peuvent ainsi contribuer à accroître la précision des représentations territoriales de pollution de l'air pour notre canton.

2 Moyens engagés / polluants mesurés

Les mesures ont été effectuées au moyen d'une station mobile équipée d'analyseurs de polluants atmosphériques. Celle-ci est conçue et 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 (NO₂) par chimiluminescence.
- Particules fines (PM10, PM2.5) par méthode optique.
- Ozone (O₃) 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 pendant près de 7 mois, du 15 septembre 2021 au 31 mars 2022.

4 Emplacement

Pour répondre aux besoins de cette campagne les mesures ont été effectuées à un endroit très exposé à la circulation routière.

Comme montrent les figures 2 et 3 ci-dessous, la station de mesure mobile a été placée à la route du Val-d'Arve.

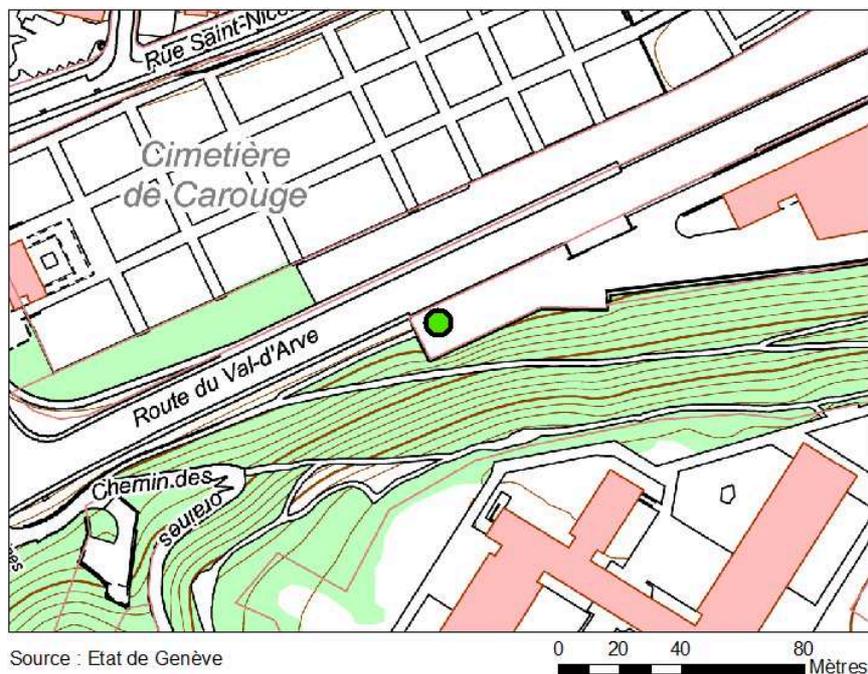


Figure 2. Localisation de l'emplacement (point vert)



Figure 3. Photo in situ de la remorque mobile

En accord avec la nouvelle classification issue de la mise à jour de 2021 des "recommandations pour le mesurage des immissions de polluants atmosphériques" de l'office fédéral de l'environnement (OFEV)¹, le positionnement choisi pour cette campagne provisoire classe cette station dans la catégorie : banlieue avec trafic intense.

A titre de comparaison, les stations fixes du réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) sont classées 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. 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 de septembre 2021 à mars 2022 a été marquée par un automne et un hiver assez ensoleillés et doux. En mars 2022 des poussières d'origine saharienne ont atteint la Suisse à plusieurs reprises.

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 24'000 véhicules sur l'axe principal.

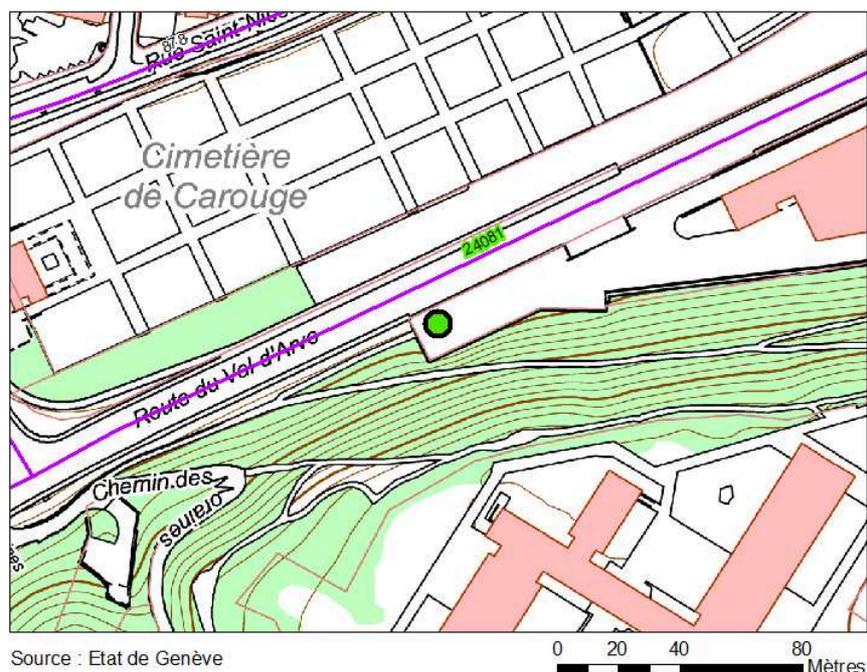


Figure 4. Plan de charge du trafic routier 2019 – valeurs TJOM (source : SITG)

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, Etat de Genève

7 Analyse des résultats

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

Les figures ci-après comparent les mesures effectuées à la station mobile localisée à la route du Val-d'Arve (en pourpre) avec celles effectuées aux autres stations fixes du ROPAG. La barre noire représente la valeur limite d'immission (VLI) de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) relative au polluant mesuré. Pour information, les VLI des différents polluants surveillés se trouvent à l'annexe 7 de l'OPair.

7.1.1 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. 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 dont les concentrations sont régies par la loi. Par ailleurs, en combinaison avec les composés organiques volatils et sous l'action de l'ensoleillement, les NO_x interviennent également dans la formation de l'O₃ troposphérique.

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

La proportion entre le NO et le NO₂ dans l'air ambiant dépend notamment d'équilibres chimiques entre les substances NO, NO₂, O₂ (oxygène) et O₃ (ozone). Un ratio des concentrations [NO] / [NO₂] élevé traduit la proximité d'un trafic significatif car du NO est produit par la combustion des moteurs thermiques. Cet indicateur a globalement diminué au cours des années en conséquence de l'évolution du parc automobile et de l'amélioration des technologies.

Le ratio [NO] / [NO₂] a été calculé pour le site de Val-d'Arve ainsi que pour les stations fixes. Un ratio de 0.8 pour la station mobile confirme l'influence significative du trafic routier. Celui-ci est bien plus marqué que pour les stations fixes, dont l'objectif consiste à mesurer la pollution de fond, avec des valeurs allant de 0.4 (Necker) à 0.2 (Passeiry).

Moyennes journalières

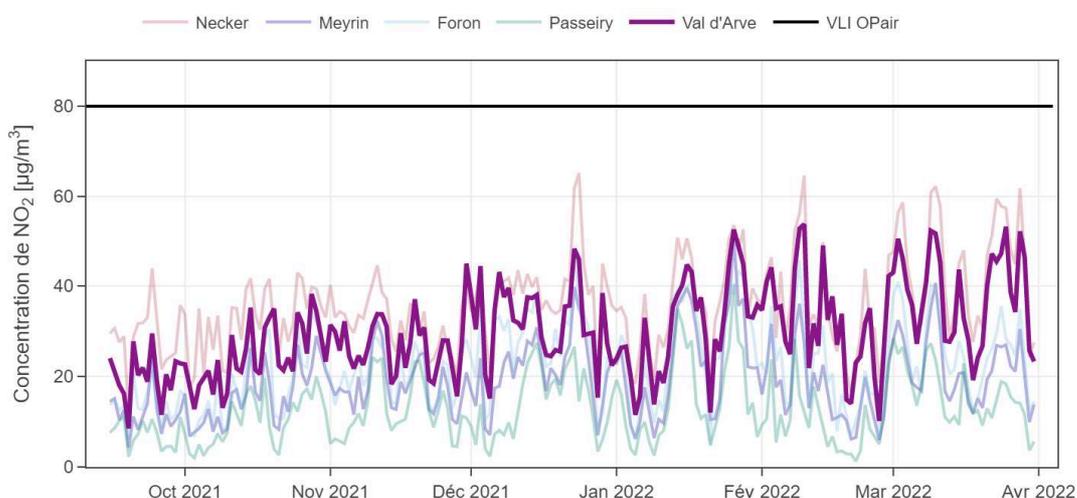


Figure 5. Évolution de la moyenne journalière en NO₂

Les concentrations de NO₂ sont proches de celles mesurées dans la station urbaine de Necker. Aucun dépassement de la VLI journalière n'a été enregistré durant la période de mesure.

Moyennes sur des périodes données

	Val-d'Arve NO ₂	Necker NO ₂	Meyrin NO ₂	Foron NO ₂	Passeiry NO ₂
Période entière	29.9	35.9	18.9	22.5	12.7
Jours de la semaine (de lundi à vendredi)	32.0	37.8	19.9	23.3	13.1
Weekend (samedi- dimanche)	24.5	31.3	16.5	20.4	11.6
Différence semaine-weekend	+7.5	+6.5	+3.4	+2.9	+1.5

Tableau 1. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend, période entière) de NO₂ (en µg/m³) du 15.09.2021 au 31.03.2022

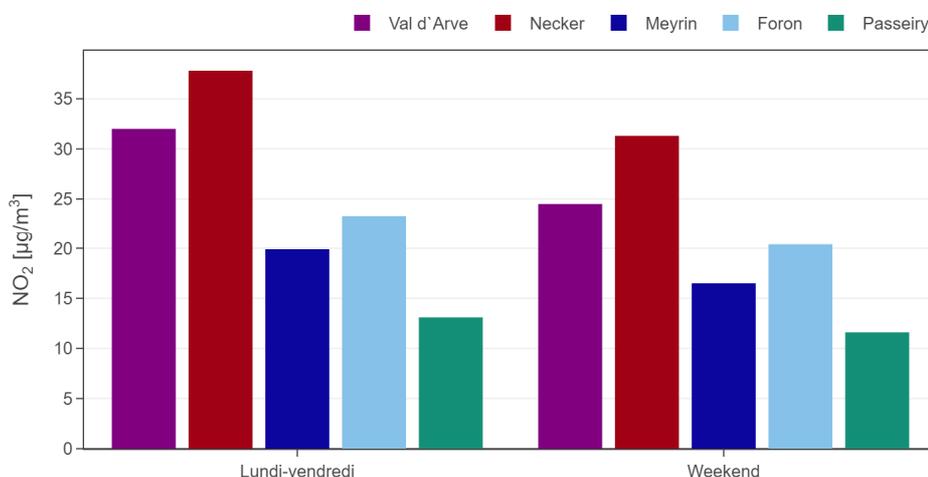


Figure 6. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour le NO₂ (en µg/m³)

Les valeurs de NO₂ mesurées à la route du Val-d'Arve se rapprochent, sans toutefois atteindre, celles de la station urbaine de Necker. Compte tenu de la situation de la station – à proximité directe de la route – et que le trafic routier est le principal émetteur de NO_x dans ce secteur, on remarque que la baisse des concentrations de ce polluant le weekend est plus importante à la route du Val-d'Arve, avec une différence de 7.5 µg/m³, pour le NO₂, que pour les autres stations fixes. Ceci est certainement dû à une partie non négligeable de trafic pendulaire présent sur cet axe.

Journées moyennes

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

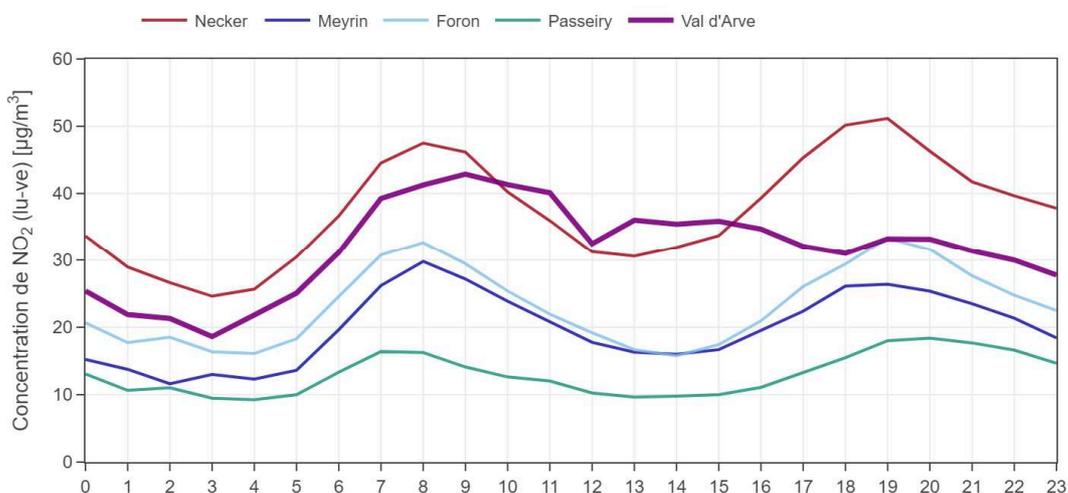


Figure 7. Concentrations horaires en NO_2 pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

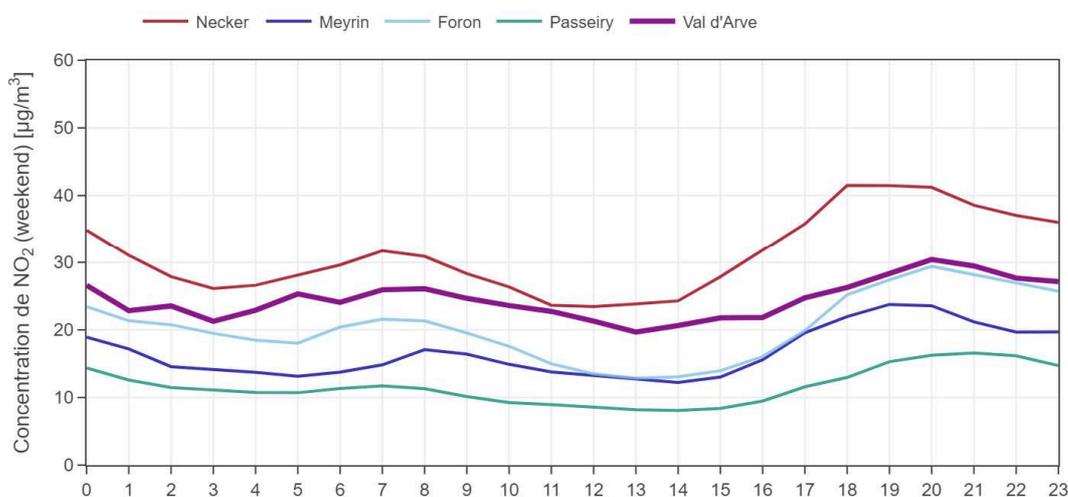


Figure 8. Concentrations horaires en NO_2 pendant une journée moyenne du weekend

Les jours de semaine (lundi-vendredi), les concentrations de NO_2 montrent un pic matinal vers 8-9h et ensuite une diminution lente et progressive avec toutefois un creux vers midi avant de remonter.

Le weekend, le pic matinal disparaît presque complètement, tandis que le comportement du soir reste le même qu'en semaine.

7.1.2 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 ou de combustion, mais aussi de processus naturels ou liés à l'agriculture.

Moyennes journalières

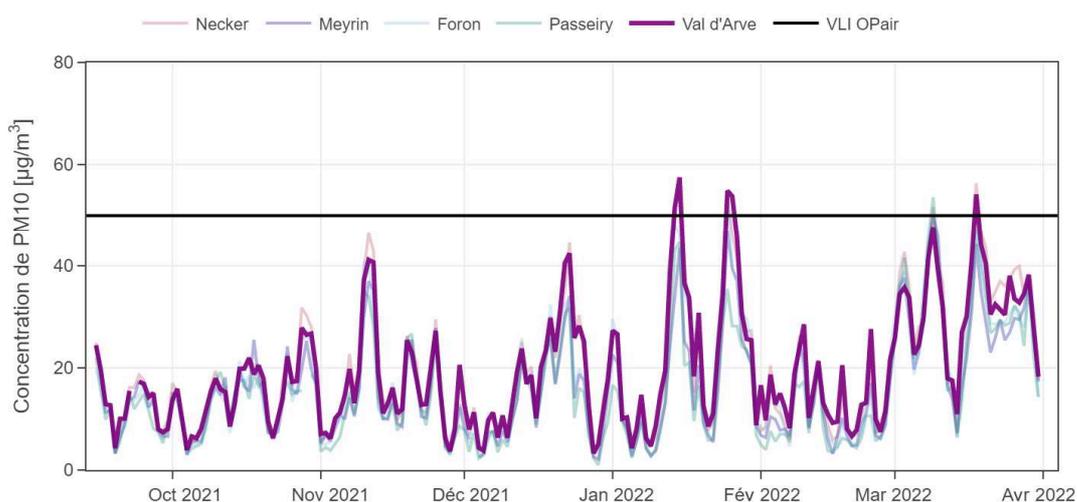


Figure 9. Évolution de la moyenne journalière en PM10

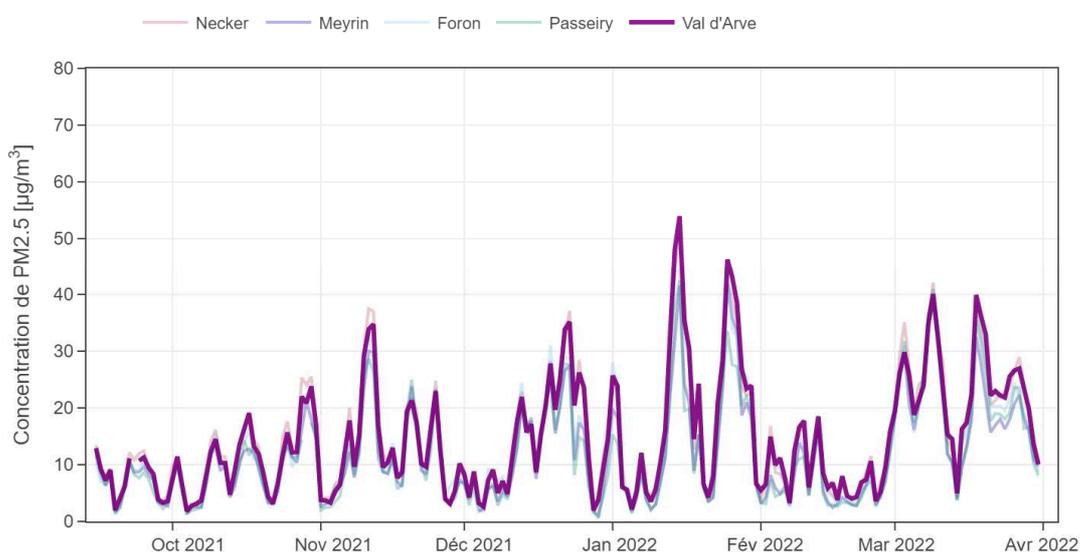


Figure 10. Évolution de la moyenne journalière en PM2.5

Les valeurs de PM10 et PM2.5 mesurées aux stations fixes réparties sur le canton sont homogènes et le site de Val-d'Arve s'inscrit dans cette tendance.

Des moyennes journalières de PM10 mesurées à Val-d'Arve et dans toutes les stations fixes ont dépassé la VLI journalière de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notamment lors d'épisodes d'inversion de température en janvier et lors d'un épisode de poussières de sables sahariens en mars.

Remarque : l'OPair ne fixe aucune VLI journalière pour les PM2.5.

Moyennes sur des périodes données

	Val-d'Arve		Necker		Meyrin		Foron		Passeiry	
	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
Période entière	14.7	19.6	14.9	19.5	11.9	16.2	13.9	17.8	11.7	15.3
Jours de la semaine (de lundi à vendredi)	14.2	19.8	14.4	19.5	11.6	16.5	13.4	17.9	11.3	15.3
Weekend (samedi- dimanche)	16.0	18.9	16.1	19.4	12.7	15.3	15.1	17.7	12.7	15.3
Différence semaine-weekend	-1.8	+0.9	-1.7	+0.1	-1.1	+1.2	-1.7	+0.2	-1.4	0

Tableau 2. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend, période entière) pour les PM10 et PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) du 15.09.2021 au 31.03.2022

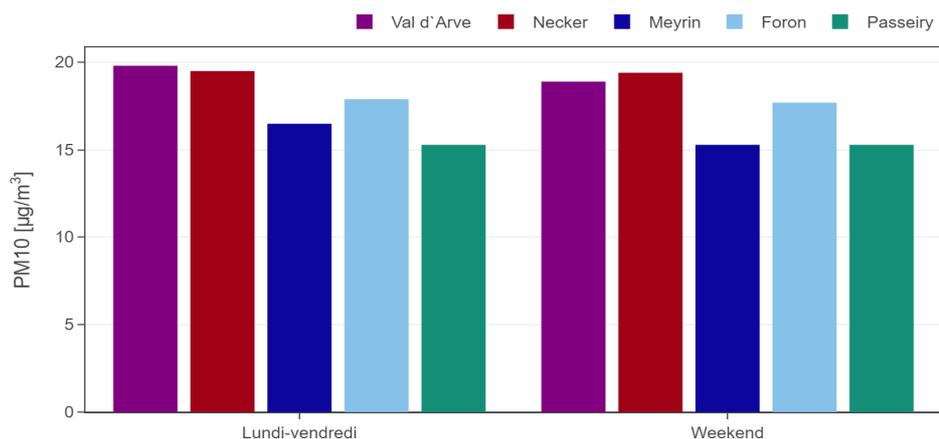


Figure 11. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour les PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

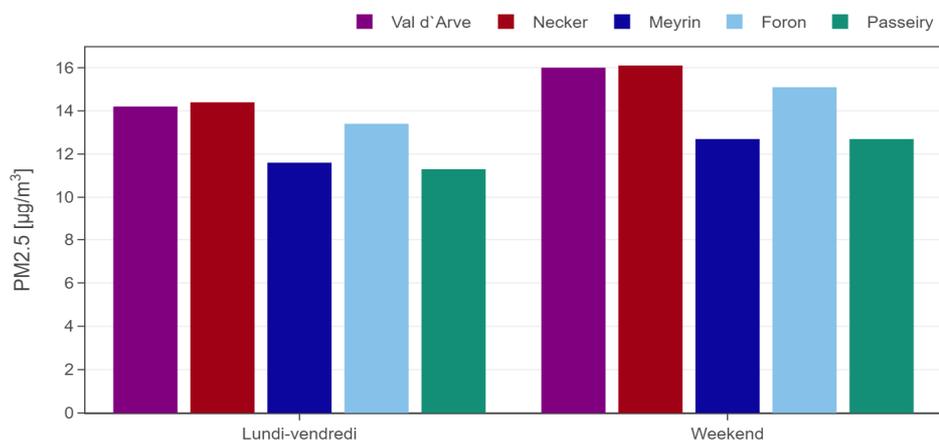


Figure 12. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour les PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les différentes moyennes de PM10 et PM2.5 à la station mobile de Val-d'Arve sont semblables aux moyennes enregistrées dans la station urbaine de Necker.

Journées moyennes

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

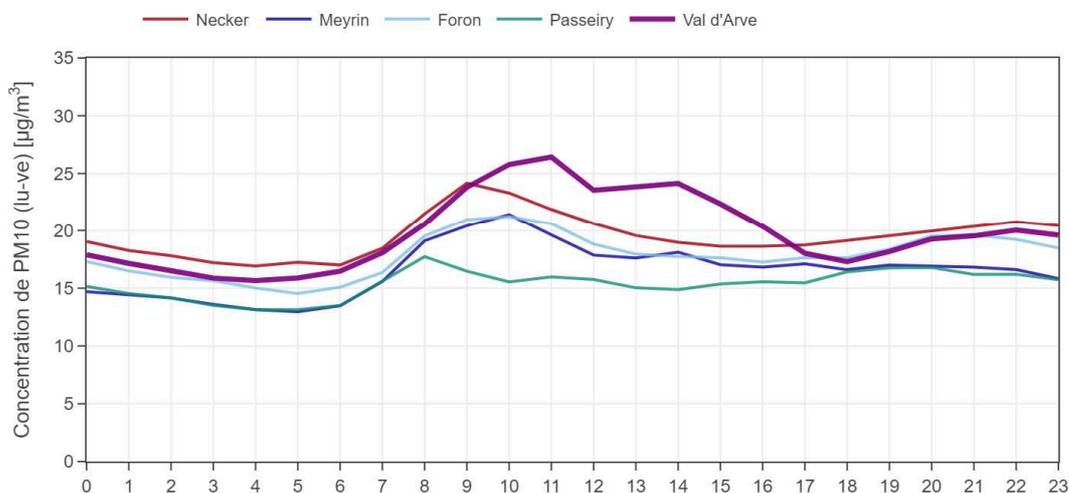


Figure 13. Concentrations horaires en PM10 pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

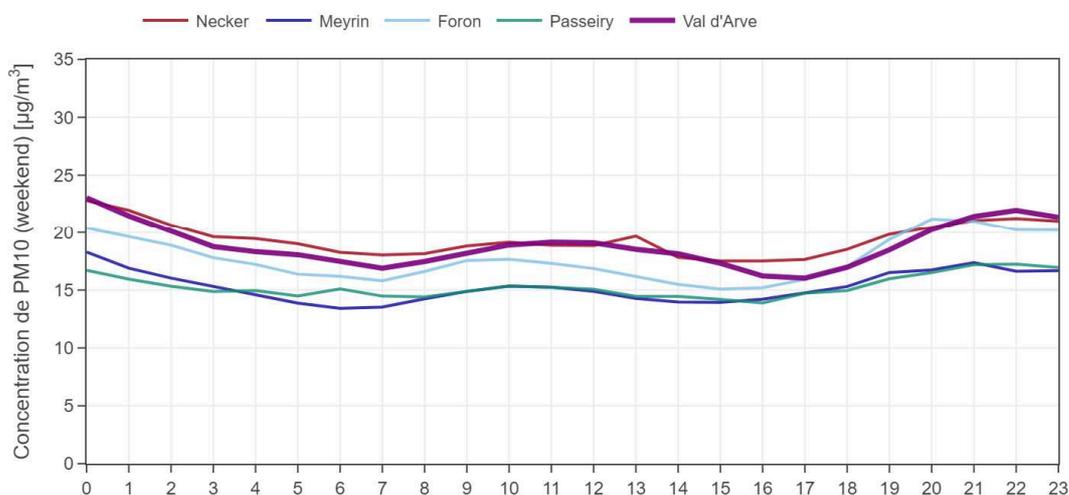


Figure 14. Concentrations horaires en PM10 pendant une journée moyenne du weekend

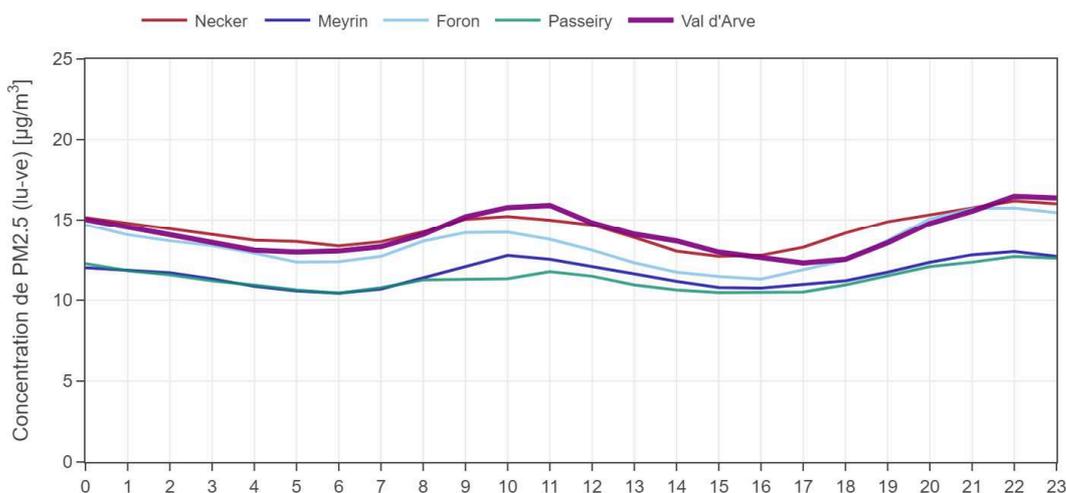


Figure 15. Concentrations horaires en PM2.5 pendant une journée moyenne de la semaine (lundi-vendredi)

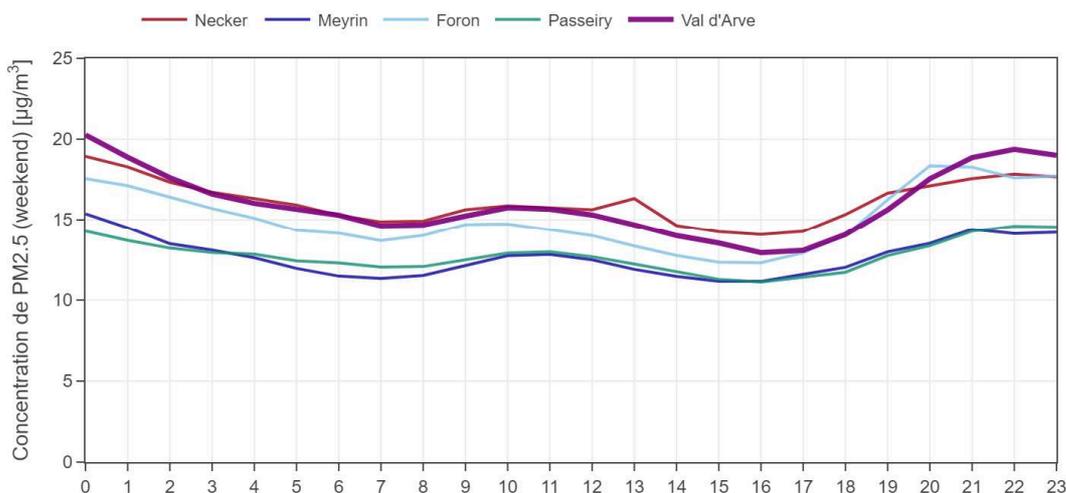


Figure 16. Concentrations horaires en PM2.5 pendant une journée moyenne du weekend

Les concentrations en PM10 et PM2.5 enregistrées à Val-d'Arve sont similaires à celles mesurées dans la station urbaine de Necker.

Toutefois, à Val-d'Arve, les concentrations en PM10 pour les jours de la semaine (lundi-vendredi) montrent une augmentation le matin qui se poursuit l'après-midi, phénomène qui pourrait s'expliquer par une distribution horaire de charge de trafic différent. Le weekend ce phénomène n'est pas présent et la forme de la courbe se rapproche de celles des autres stations.

Les concentrations en PM2.5 mesurées à la station du Val-d'Arve se comportent de manière similaire à celles des autres stations fixes avec des valeurs proches de celles de la station urbaine de Necker.

7.1.3 Ozone (O₃)

L'O₃ est un polluant d'origine principalement secondaire car il n'est, en général, pas directement émis dans l'atmosphère, mais se forme notamment à partir d'autres polluants précurseurs tels que les NO_x et les composés organiques volatiles (COV), sous l'effet conjoint du rayonnement solaire et des températures élevées.

Moyennes horaires maximales journalières

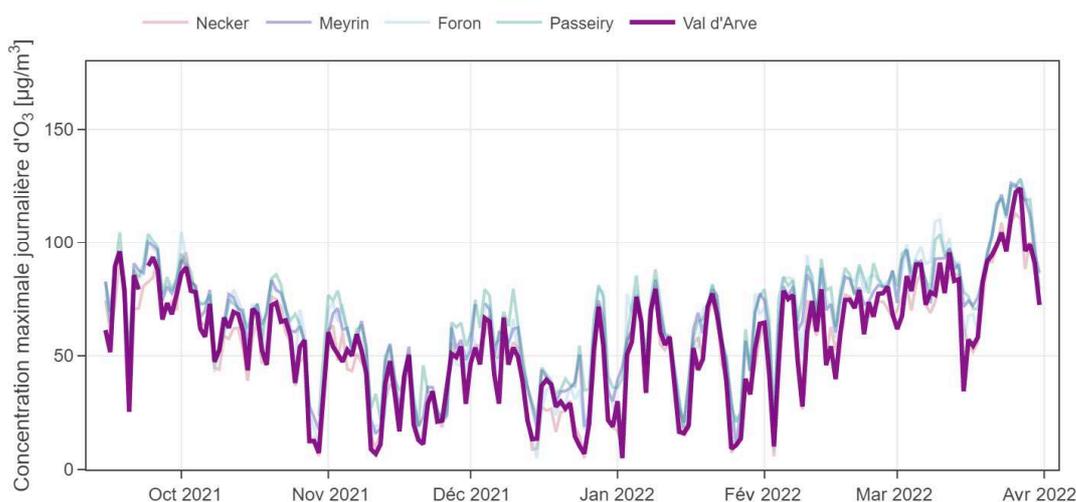


Figure 17. Évolution de la concentration horaire maximale journalière en O₃

Les valeurs horaires maximales journalières d'O₃ mesurées à la station mobile de Val-d'Arve sont proches de celles des stations fixes. On constate toutefois des taux d'O₃ légèrement plus bas et similaires à la station urbaine de Necker car le NO, qui a la propriété de détruire l'O₃, est plus fortement présent. En effet, les stations de mesure situées en milieu urbain et de surcroît en proximité routière, stations qui enregistrent les concentrations d'O₃ les plus faibles, sont aussi celles qui recensent les taux les plus élevés de NO.

Moyennes sur des périodes données

	Val-d'Arve	Necker	Meyrin	Foron	Passeiry
Période entière	29.0	29.8	39.4	35.8	42.5
Jours de la semaine (de lundi à vendredi)	27.7	28.5	38.8	35.5	42.2
Weekend (samedi- dimanche)	32.1	32.9	41.0	36.6	43.2
Différence semaine-weekend	-4.4	-4.4	-2.2	-1.1	-1

Tableau 3. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend, semaine entière) d'O₃ (en µg/m³) du 15.09.2021 au 31.03.2022

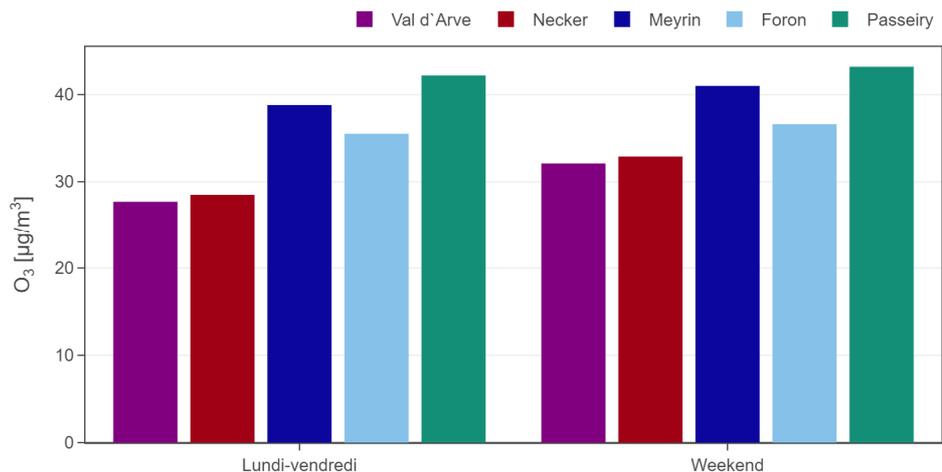


Figure 18. Comparaison de moyennes (lundi-vendredi, weekend) pour l'O₃ (en µg/m³)

Les concentrations moyennes mesurées à Necker et Val-d'Arve sont similaires et significativement plus faibles que dans les autres stations.

Les concentrations en O₃ sont globalement 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 notamment plus accentuée aux stations urbaines du Val-d'Arve et de Necker. En effet, durant le weekend, caractérisé par une circulation routière réduite, les émissions de NO_x provenant du trafic diminuent ce qui favorise une augmentation d'O₃. Cette augmentation est plus marquée en milieu urbain et à proximité d'axes de trafic importants.

Journée moyenne

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

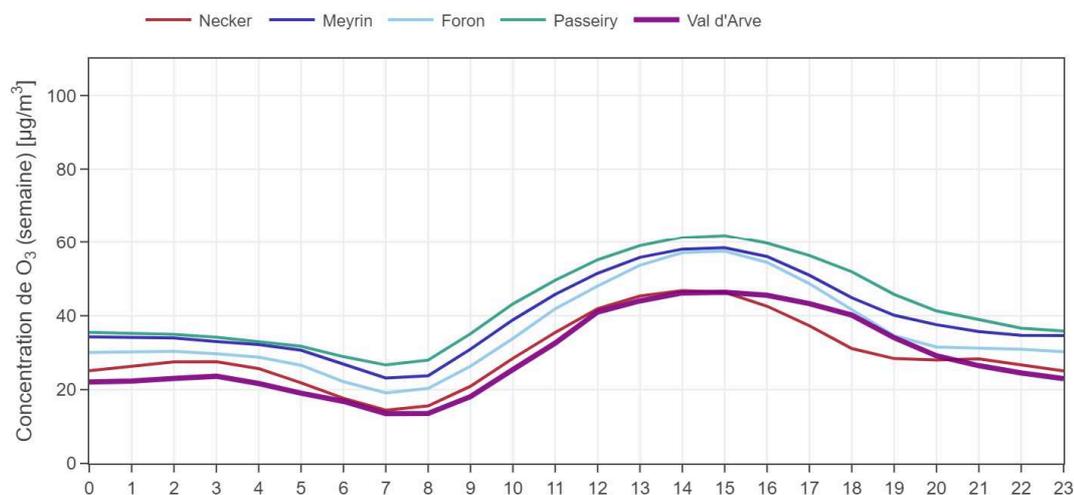


Figure 19. Concentrations horaires en O₃ pendant une journée moyenne de la semaine (tous les jours)

On constate bien que le rayonnement favorise la formation d'O₃ (production accrue en milieu d'après-midi, lorsque le rayonnement solaire est à son plus haut niveau). De plus, la baisse de la concentration en O₃ lors de l'augmentation matinale de la circulation (vers 6h - 7h), permet aussi de voir que d'autres polluants, notamment les NO_x, entraîne la destruction de l'O₃.

La concentration moyenne à la station de Val-d'Arve est similaire à celle de Necker et plus faible que celles mesurées aux stations suburbaines et rurale tout au long de la journée.

7.2 Estimation des moyennes annuelles en NO₂, PM10 et PM2.5 à la station mobile de Val-d'Arve

Le paragraphe 7.1 analyse les résultats, pour quatre polluants - NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ devant être surveillés au sens de l'annexe 7 de l'OPair.

Parmi ceux-ci, trois ont une VLI annuelle (NO₂, PM10 et PM2.5).

Néanmoins, la période allant du 15 septembre 2021 au 31 mars 2022 ne s'étendant que sur une partie d'une année, elle ne permet pas de calculer des moyennes annuelles et de les comparer avec les VLI annuelles (problème de représentativité des mesures).

Afin de pouvoir comparer ces données aux VLI annuelles, une estimation a été faite³.

On obtient les résultats suivants :

- NO₂ : 25.1 ± 4.8 µg/m³
- PM10 : 16.8 ± 1.9 µg/m³
- PM2.5 : 11.4 ± 1.0 µg/m³

Ainsi, selon cette estimation, il est vraisemblable que les VLI annuelles de NO₂ (30 µg/m³) et de PM10 (20 µg/m³) soient respectées et que celle pour les PM2.5 (10 µg/m³) ne le soit pas.

³ L'estimation se base sur un modèle de régression linéaire entre les mesures journalières issues de la station fixe urbaine de Necker pour la période manquante en 2021 et les mesures effectuées sur la période "15 septembre 2021 – 31 mars 2022".

8 Conclusion

Globalement, les concentrations en PM10 et PM2.5 mesurées à Val-d'Arve sont comparables à celles des stations fixes du ROPAG.

La différence principale concerne les NO₂, et dans une moindre mesure l'O₃, dont les concentrations se rapprochent de celles de la station urbaine de Necker, sans toutefois les atteindre. Les concentrations de ces polluants restent modérées durant la période de mesure.

Malgré le fait que cette station soit exposée à un trafic routier intense (comme le montre l'indicateur de proximité routière), les concentrations mesurées ne diffèrent pas significativement de celles observées à la station fixe urbaine.

L'essentiel en bref:

Dioxydes d'azote (NO₂)

- La VLI journalière est respectée sur la période de mesure.
- L'estimation de la concentration annuelle en NO₂, montre que celle-ci respecterait la VLI annuelle de l'OPair.
- La différence de concentration de NO₂ entre les jours de semaine (lundi-vendredi) et le weekend est plus importante à la station mobile de Val-d'Arve que dans les autres stations. Cette constatation confirme l'influence du trafic pendulaire.

Particules fines (PM10, PM2.5)

- La VLI journalière en PM10 n'a pas toujours été respectée sur la période de mesure. Elle a été dépassée à l'occasion d'inversions de température en janvier, période propice à l'accumulation de particules fines à basse altitude. Quant au seul dépassement observé au mois de mars, il était notamment lié à un épisode marqué de sable de provenance désertique, à l'origine des dépassements observés aussi dans les stations fixes du canton, indiquant que le contexte local n'a pas joué de rôle déterminant.
- L'estimation de la concentration annuelle montre que celle-ci respecterait la VLI annuelle de l'OPair pour les PM10.
- L'estimation de la concentration annuelle montre que celle-ci ne respecterait pas la VLI annuelle de l'OPair pour les PM2.5.
- En moyenne, la différence de concentration de PM10 et PM2.5 entre les jours de semaine et le weekend est proche dans toutes les stations. Néanmoins, on constate pour les PM10 une augmentation en matinée qui se prolonge jusque dans l'après-midi pour les jours de semaine et ceci n'apparaît pas durant le weekend.

Ozone (O₃)

- Les concentrations d'O₃ sont plus basses dans les stations urbaines de Val-d'Arve et de Necker que dans les autres stations. Ceci est dû au fait que ce polluant est fortement influencé, en plus de l'ensoleillement, par la présence des NO_x.
- L'O₃ tend à s'accumuler davantage pendant le weekend à Val-d'Arve que durant les jours de semaine comme c'est généralement le cas dans les stations urbaines ou proches du trafic.