

SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES AÉROPORTS FRANCILIENS



Station de surveillance de la qualité de l'air



PARIS-ORLY
PARIS-CHARLES DE GAULLE
BILAN DE LA SURVEILLANCE 2021

SOMMAIRE

1. Contexte de la surveillance de la qualité de l'air sur les plateformes aéroportuaires	4
2. Origines et effets des polluants réglementés	4
2.1. Oxydes d'azote (NO _x , NO ₂ , NO)	4
2.2. Particules fines (PM ₁₀ , PM _{2,5})	4
3. Mesures et surveillance de polluants non réglementés	4
4. Stratégie de surveillance de la qualité de l'air ambiant	6
4.1. Méthodologie	6
4.1. Stations de surveillance	7
4.2. Matériels	8
4.3. Valeurs limites du Code de l'Environnement	9
4.4. Interprétation des données de surveillance air ambiant	11
5. Bilan des mesures de qualité de l'air réalisées en 2021	12
5.1. Couverture temporelle des données	12
5.2. Rose des vents	12
5.3. Oxydes d'azote (NO, NO ₂ , NO _x)	15
5.4. Particules (PM ₁₀ , PM _{2,5})	19
5.5. Particules ultrafines (PUF)	25
6. Origine des polluants réglementés (NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5})	27
7. Focus sur les particules ultrafines	30
7.1. Concentrations totales en particules ultrafines	30
7.2. Etude exploratoire sur la taille des particules ultrafines.	33
7.3. Conclusions et perspectives sur la surveillance des particules ultrafines	36
8. Annexes	39
8.1. Evolutions temporelles NO ₂ , NO et NO _x	39
8.2. Evolution temporelle des particules ultrafines	42



1. Contexte de la surveillance de la qualité de l'air sur les plateformes aéroportuaires

Conformément aux prescriptions des articles 26 et 49 du Décret n° 2005-828 du 20 juillet 2005 relatif à la société Aéroports de Paris, la section Air du Laboratoire Groupe ADP assure la réalisation des mesures relatives aux polluants atmosphériques au niveau des plates-formes aéroportuaires franciliennes. Le Groupe ADP met à la disposition du public ces informations environnementales et publie trimestriellement et annuellement les résultats des mesures sur le [site internet "Entre voisins"](#).

En termes de reconnaissance qualité, le système de management de la qualité du Laboratoire est certifié ISO 9001 depuis 1997 et l'activité de mesure des concentrations d'oxydes d'azote est accréditée par le COFRAC. Par ailleurs le Laboratoire participe activement aux certifications environnementales ISO 14001 des plates-formes de Paris-Orly et de Paris-Charles de Gaulle.

2. Origines et effets des polluants réglementés

2.1. Oxydes d'azote (NO_x, NO₂, NO)

Les principales sources d'oxydes d'azote NO_x (comprenant le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂) sont les moteurs thermiques, les chaudières et les turbines, dont le comburant est l'air. Les oxydes d'azote sont considérés comme un bon indicateur de pollution liée aux transports, et en tout premier lieu le trafic routier. Alors que le NO₂ est un polluant nocif pour la santé (irritant pour les bronches, augmentant la fréquence et la gravité des crises d'asthme, favorisant les infections pulmonaires chez l'enfant), le NO n'est pas réglementé car aucun effet de ce polluant sur la santé n'est reconnu aux concentrations présentes dans l'atmosphère. Ainsi, seules les mesures de NO₂ sont réglementées.

Parmi les NO_x, le NO est le principal composé émis à la sortie d'une source de combustion (émission primaire). Le dioxyde d'azote NO₂ est aussi directement émis par les sources de combustion (émission primaire), mais il est également produit dans l'atmosphère par réaction à partir du monoxyde d'azote NO. On parle alors de polluant "secondaire".

2.2. Particules fines (PM₁₀, PM_{2,5})

Les particules sont des composés hétérogènes. Elles peuvent être d'origine naturelle (vents de poussières, érosion des sols, pollens, bactéries, aérosols marins, cendres volcaniques, etc.) ou anthropiques (liées à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont en grande partie issues de la combustion (industries, chauffages industriels et domestiques, transport automobile etc.), de procédés industriels, mais aussi de l'usure des matériaux (revêtement des routes, pneus, frein, etc.).

Les particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10 µm (PM₁₀) sont retenues par les voies respiratoires supérieures. Les particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) pénètrent plus profondément dans l'arbre respiratoire où elles peuvent notamment provoquer des inflammations et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.

3. Mesures et surveillance de polluants non réglementés

Le Laboratoire du Groupe ADP a débuté en 2020 la surveillance des particules ultrafines (PUF), en phase avec les préconisations de l'ANSES. Le suivi de ces polluants n'est pas réglementé à ce jour. Le Laboratoire du Groupe ADP a choisi de surveiller ce polluant afin d'établir une base de connaissance et de caractériser l'empreinte particulaire de l'activité aéroportuaire. Ces particules, d'une taille inférieure aux PM₁₀ et PM_{2,5}, sont suspectées d'être plus nocives que les particules de taille supérieures car elles pénètrent plus profondément dans l'organisme. Leur

diamètre aérodynamique moyen s'étend de 7 nm à 100 nm. Compte tenu de leurs dimensions très variables (jusqu'à la taille d'une molécule d'ADN), et de leur masse extrêmement faible, la technologie utilisée pour mesurer ces particules s'appuie sur leur comptage.

4. Stratégie de surveillance de la qualité de l'air ambiant

4.1. Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre pour la surveillance des polluants dont les concentrations sont présentées dans ce bilan s'appuie sur différents textes réglementaires, normatifs et scientifiques :

- L'Arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant et transposant les Directives européennes 2015/1480, 2004/107/CE et 2008/50/CE ;
- La norme NF EN 14211 (2012), Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence ;
- La norme NF EN 16450 (2017), Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2,5) ;
- La spécification technique XP CEN/TS 16976 (2016), Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique ;
- Guide technique d'accréditation COFRAC LAB GTA 96, Essais d'évaluation de la qualité de l'air ambiant ;
- Rapport sur la gestion de la qualité de l'air en milieu aéroportuaire (ACNUSA, 2020) ;
- Guides méthodologiques publiés par le LCSQA (Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air).

4.1. Stations de surveillance

Le réseau de mesure de la qualité de l'air sur les plateformes de Paris - Charles de Gaulle et Paris - Orly comprennent quatre stations permanentes (deux par plateforme, cf. Figure 1 et Figure 2).

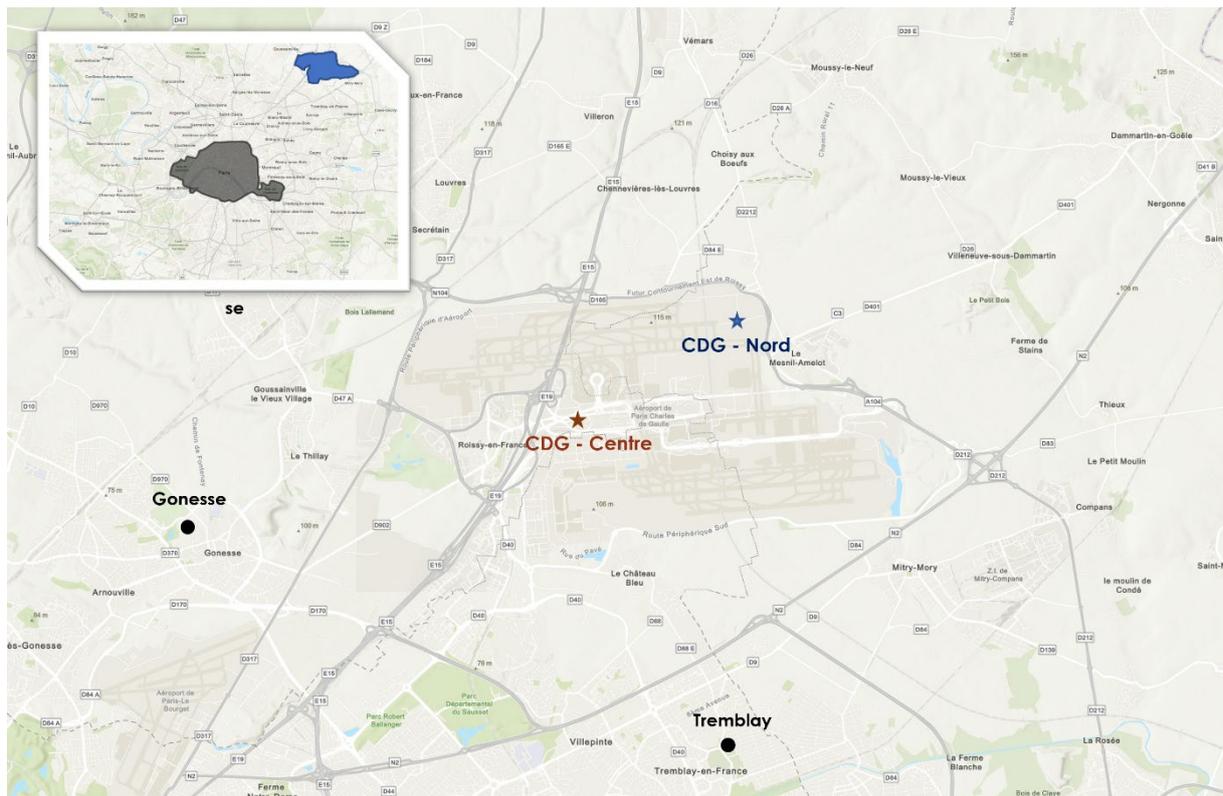


Figure 1 : Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris-Charles de Gaulle

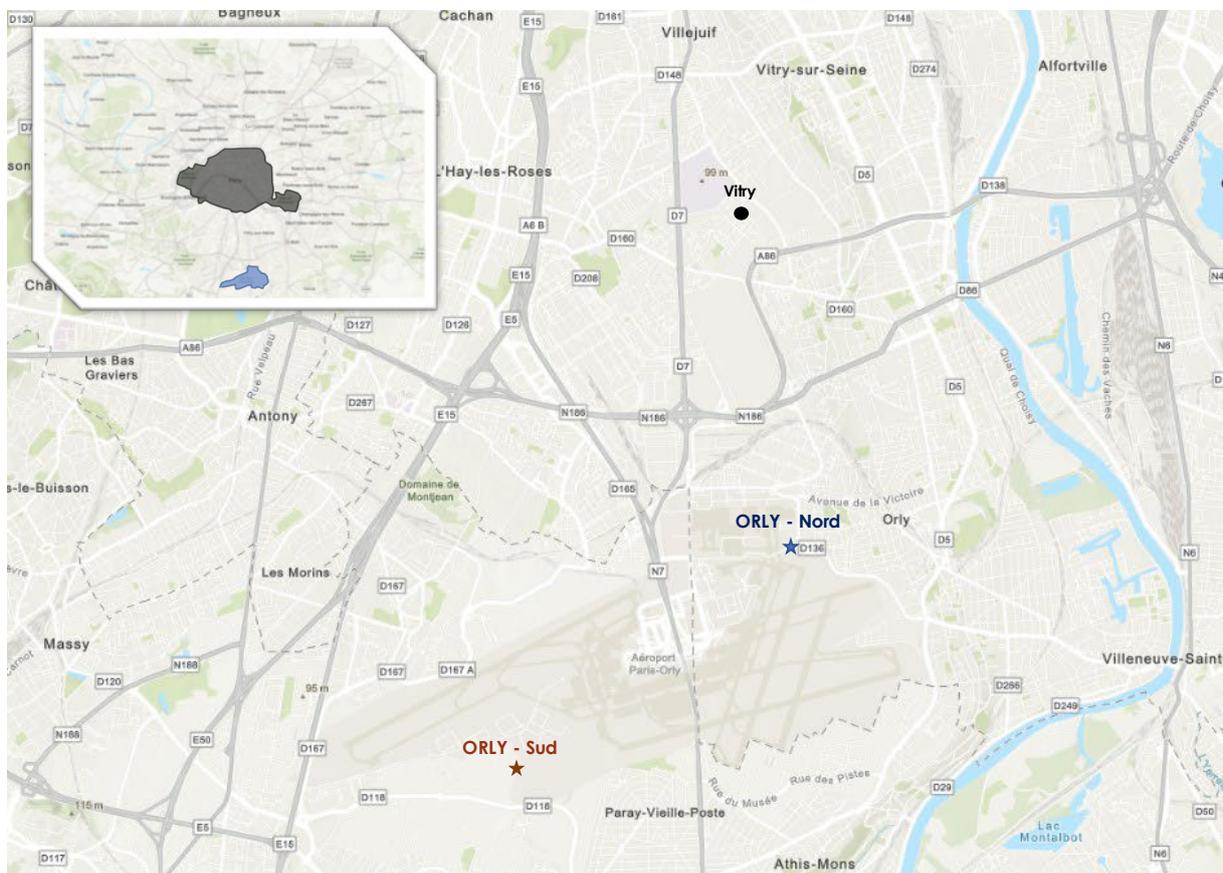


Figure 2: Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris-Orly

Stations du Groupe ADP	Localisation	Polluants mesurés
Paris-Charles de Gaulle Nord	Située dans l'axe de la Piste 1, en zone de sûreté à accès réglementée, au nord-ouest du Mesnil Amelot	NO _x , PM ₁₀ et PM _{2,5} , PUF
Paris-Charles de Gaulle Centre	Située au cœur de la plateforme aéroportuaire, en zone de sûreté à accès réglementée, au sud du Terminal 1	NO _x , PM ₁₀ et PM _{2,5} , PUF*
Paris-Orly Nord	Située dans l'axe des VCA desservant la piste 2, en zone de sûreté à accès réglementée, à l'est d'Orly.	NO _x , PM ₁₀ et PM _{2,5} , PUF
Paris-Orly Sud	Située dans l'axe de la piste 3, en zone de sûreté à accès réglementée, au nord de Morangis.	NO _x , PM ₁₀ et PM _{2,5}

* À partir du 9 juin 2021

La station de Paris-Orly Sud sera instrumentée pour la surveillance des particules ultrafines à l'horizon 2023.

4.2. Matériels

Conformément aux exigences des Directives et Normes Européennes, les analyseurs utilisés pour la surveillance des polluants réglementés sur les plateformes aéroportuaires sont tous certifiés et approuvés par type. Les certificats d'approbation de type sont disponibles sur le site : www.qal1.de.

Les analyseurs mis en œuvre par le Groupe ADP sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Polluants	Fabricant	Modèle
NO _x , NO ₂ , NO	HORIBA Europe GmbH	APNA 370
NO _x , NO ₂ , NO	Teledyne API	T200P
PM	PALAS	FIDAS 200
PM	HORIBA Europe GmbH	APDA 372
PUF	PALAS	ENVI-CPC 200



4.3. Valeurs limites du Code de l'Environnement

L'ensemble des mesures réalisées par le Groupe ADP est évalué vis-à-vis de valeurs limites réglementaires. Ces valeurs présentées ci-dessous définissent l'état de la qualité de l'air qui doit être respecté afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble, conformément à l'article R. 221-1 du code de l'environnement.

- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Seuil d'information et de recommandation** : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- **Seuil d'alerte** : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Les valeurs limites fixées par le Code de l'Environnement et recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les polluants surveillés par le Groupe ADP sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Les particules ultrafines sont considérées comme un polluant émergent dont les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de définir de valeurs de gestion. A ce titre, elles ne sont pas considérées comme un polluant réglementé dans le code de l'environnement et ne disposent donc pas de valeurs limites réglementaires.

Polluants	Limites	Valeurs
NO ₂	Valeur limite horaire	200 µg.m ⁻³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
	Valeur guide horaire OMS	200 µg.m ⁻³
	Valeur limite annuelle	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Seuil d'information et de recommandation	200 µg.m ⁻³ en moyenne horaire
	Seuil d'alerte	400 µg.m ⁻³ en moyenne horaire dépassé pendant 3h consécutives
PM ₁₀	Valeur limite journalière	50 µg.m ⁻³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile
	Valeur guide journalière OMS	50 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur limite annuelle	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS	20 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Seuil d'information et de recommandation	50 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Seuil d'alerte	80 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
PM _{2,5}	Valeur guide journalière OMS	25 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur limite annuelle	25 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur cible annuelle	20 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS	10 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle

4.4. Interprétation des données de surveillance air ambiant

4.4.1. Périodes d'agrégation

Les analyseurs de gaz et particules produisent des données en continu sur un pas de temps très court (quelques secondes). Afin d'être exploitables et interprétables ces données sont agrégées sur les mêmes pas de temps que les valeurs limites du Code de l'Environnement. Ainsi selon les polluants et l'objectif à évaluer, le temps d'agrégation pourra être différent.

4.4.2. Concept de couverture des données

L'Agence Européenne pour l'Environnement fait usage du concept de couverture des données pour valider des statistiques réalisées à partir des mesures air ambiant. Les calculs de moyennes horaires, journalières ou annuelles sont donc réalisés uniquement si au moins 85% des données sont valides. A défaut, les résultats seront présentés comme "non déterminés".

Pour information, les données sont invalidées lors des périodes d'étalonnage, maintenance ou panne d'analyseur uniquement.

4.4.3. Concept d'épisodes de pollution

Le concept d'épisodes de pollution est défini par l'arrêté du 7 avril 2016 (modifié par l'arrêté interministériel du 26 août 2016) relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant.

Un épisode de pollution est une période au cours de laquelle la concentration dans l'air ambiant d'un ou plusieurs polluants atmosphériques est supérieure ou risque d'être supérieure au seuil d'information et de recommandation ou au seuil d'alerte.

Le déclenchement d'un épisode de pollution est conditionné aux mesures réalisées et/ou modélisées ainsi qu'à la superficie ou la proportion de population d'un département impactées.

Il est donc plausible que des mesures dépassent ponctuellement des valeurs limites (cf Paragraphe 4.3) sans que soient déclenchées de procédures préfectorales identifiant un épisode de pollution. Inversement, un épisode de pollution peut être annoncé à l'échelle régionale suite aux mesures ou modélisation d'Airparif sans que les seuils d'informations ou d'alertes soient systématiquement atteints en tout point de la région.

4.4.4. Données Airparif

Afin d'évaluer l'impact des émissions aéroportuaires, les mesures réalisées par le Groupe ADP sur les aéroports franciliens sont comparées aux données produites au niveau des stations de fond urbain d'Airparif en charge de la surveillance de la pollution atmosphérique en Ile de France.

Les données Airparif présentées dans ce bilan sont celles des stations de :

- Tremblay en France, située au Sud de la plateforme de Paris-Charles de Gaulle, pour les données NO_x et PM₁₀.
- Gonesse, située au Sud-Ouest de la plateforme de Paris-Charles de Gaulle, pour les données PM_{2,5}.
- Vitry, située au Nord de la plateforme de Paris-Orly, pour les données NO_x, PM₁₀ et PM_{2,5}.

La localisation géographique de ces stations est présentée sur les Figure 1 et Figure 2. Elles ont été extraites de leur site internet le 25 janvier 2021. Compte-tenu du processus interne de validation des données d'Airparif, il est possible que des écarts puissent être constatés après cette date entre les données présentées dans ce rapport et le site internet d'Airparif.

5. Bilan des mesures de qualité de l'air réalisées en 2021

5.1. Couverture temporelle des données

L'ensemble des mesures réalisées en 2021 sur les plateformes de Paris - Charles de Gaulle et Paris - Orly respecte les exigences présentées au paragraphe 4.4.2 pour le calcul des moyennes annuelles des polluants réglementés (NOx et PM).

Tableau 1 : Couverture temporelle des données pour l'année 2021

	CDG Nord	CDG Sud	ORY Nord	ORY Sud
NO _x	100%	100%	98%	99%
PM	100%	100%	97%	99%
PUF	94%	44%*	91%	

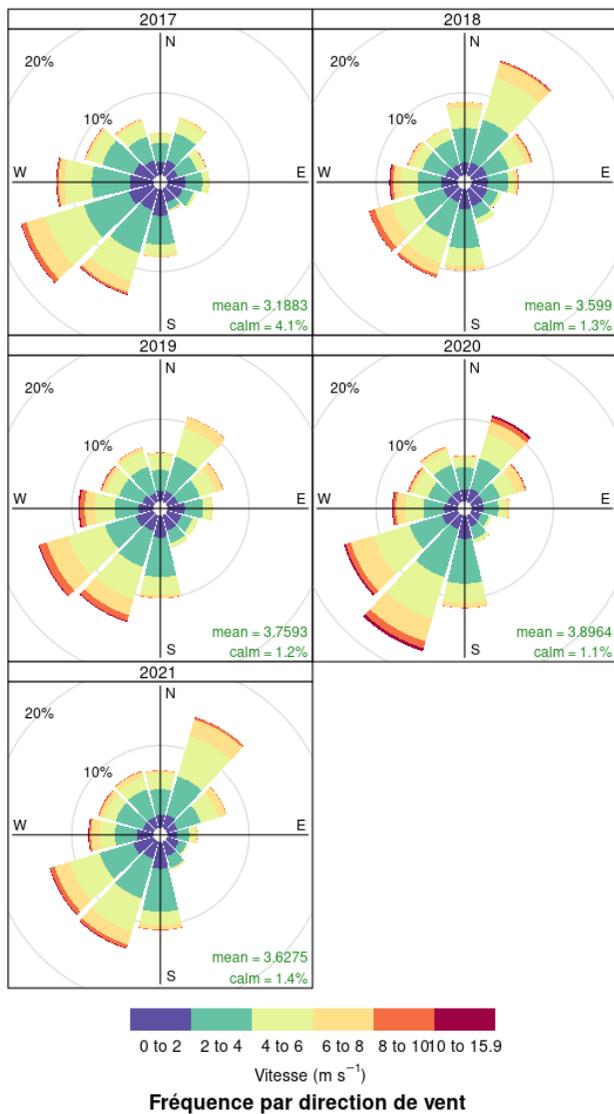
* Mesures débutées le 9 juin 2021.

L'absence de certaines données résulte d'intervention de maintenance, d'étalonnage ou de panne d'analyseur. Ces absences de données sont détaillées dans les bilans trimestriels disponibles sur le [site internet "Entre voisins"](#).

5.2. Rose des vents

Au cours de l'année 2021, les vents dominants ont soufflé sur les plateformes suivant un axe sud-ouest – nord-est (Figure 3) sur les deux plateformes franciliennes. A Paris-Charles de Gaulle, l'été est marqué par une prépondérance des vents de nord contrairement à Paris-Orly (Figure 4).

Orly - Rose des vents pluriannuelle



CDG - Rose des vents pluriannuelle

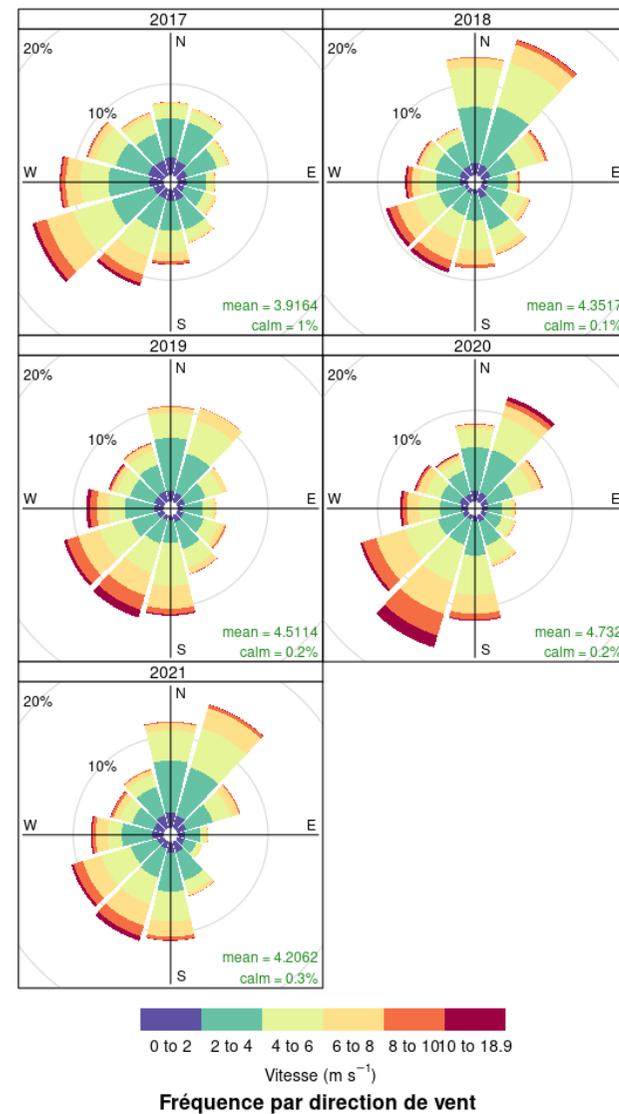
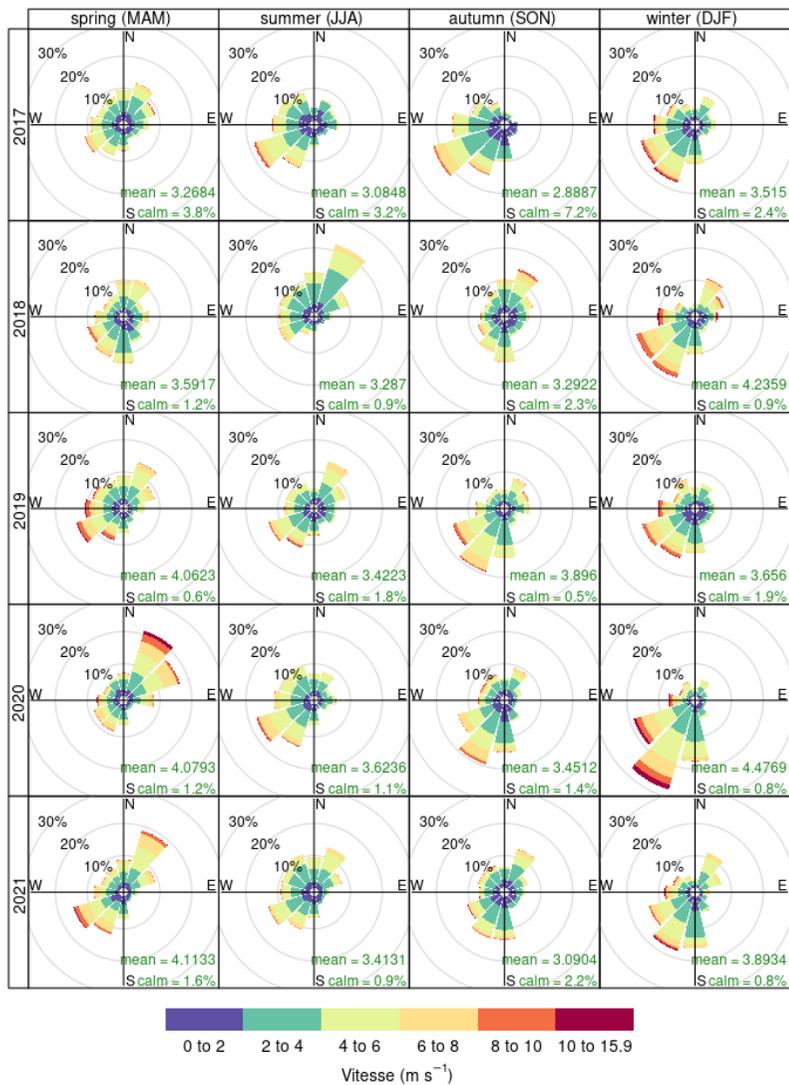


Figure 3: Roses des vents annuelles des années 2015 à 2021 (source : Météo France)

Orly - Rose des vents pluriannuelle



CDG - Rose des vents pluriannuelle

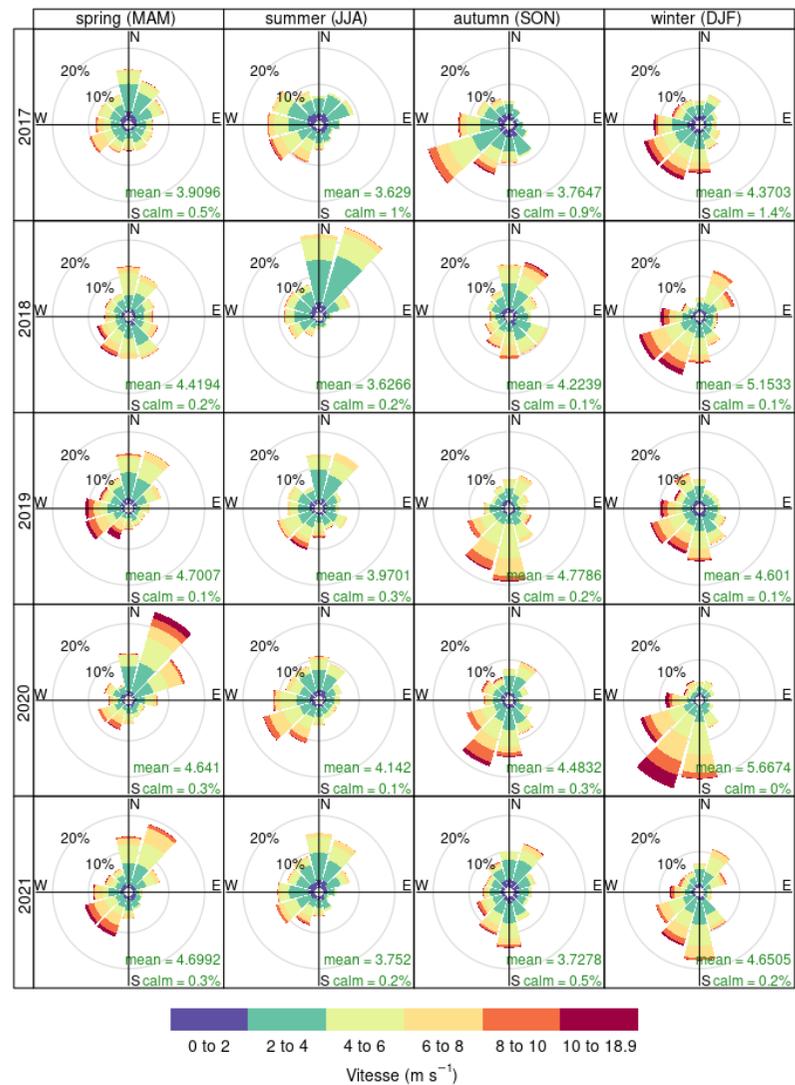


Figure 4: Roses des vents saisonnières des années 2015 à 2021 (source : Météo France)

5.3. Oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x)

5.3.1. Evolutions temporelles

Les Figure 5 et Figure 6 présentent l'évolution de moyennes horaires maximales journalières en NO₂ mesurées pour l'année 2021. Les évolutions des moyennes horaires pour l'ensemble de l'année 2021 en NO_x, NO₂ et NO sont présentées en annexe. Aucun épisode de pollution régionale associé au NO₂ n'a été constaté en 2021.

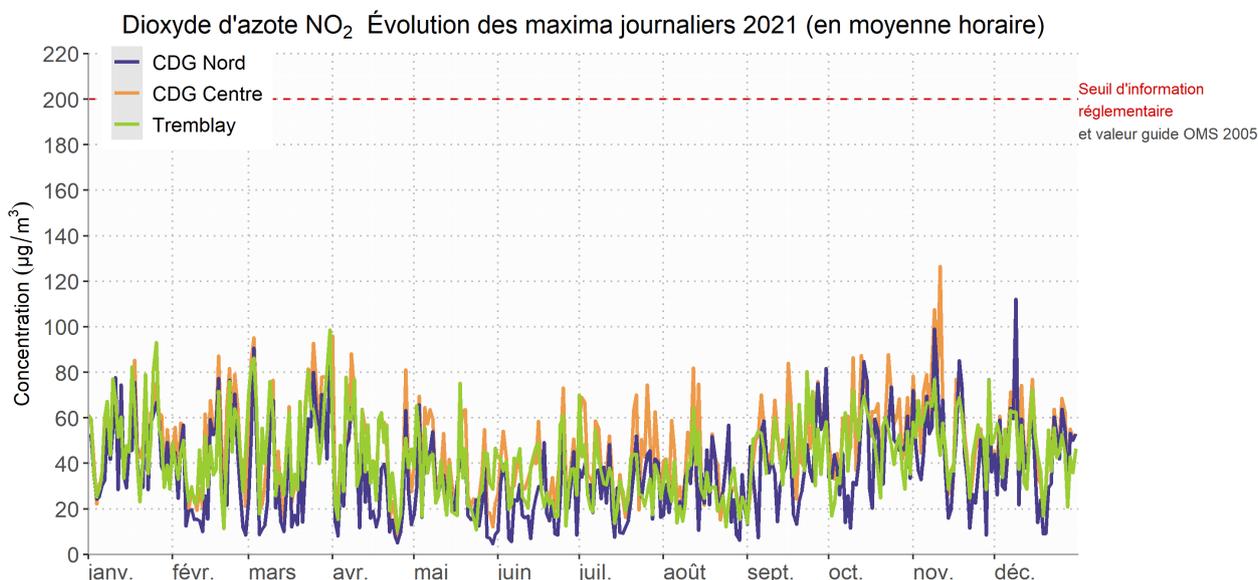


Figure 5 : Dioxyde d'azote (NO₂) sur Paris-Charles de Gaulle et environs – Evolution des maximum horaires journaliers

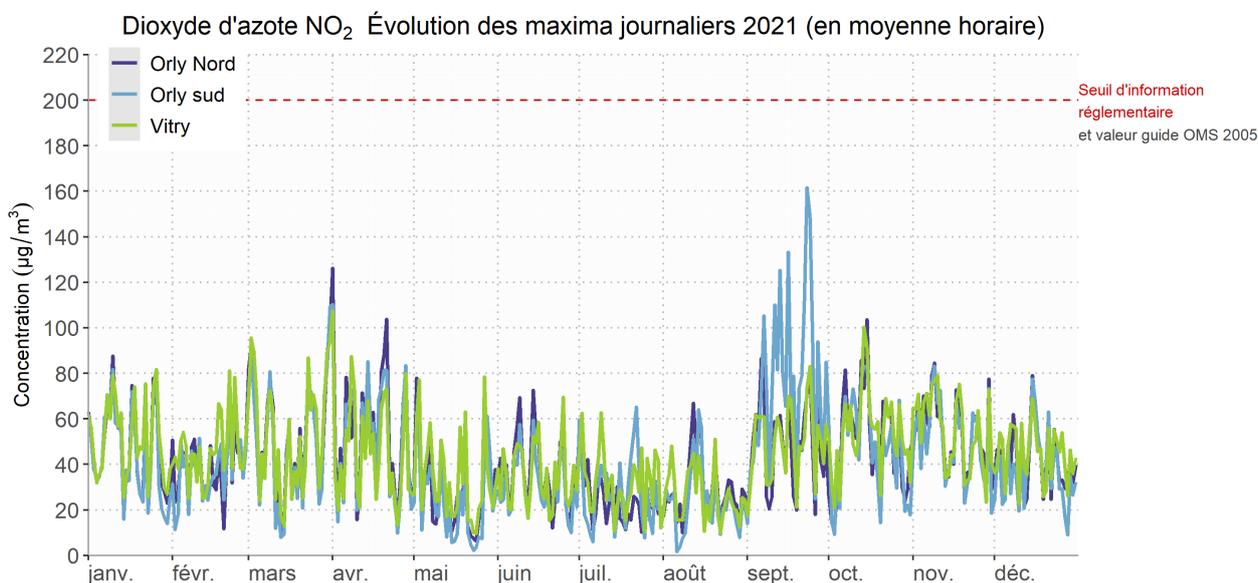


Figure 6 : Dioxyde d'azote (NO₂) sur Paris-Orly et environs – Evolution des maximum horaires journaliers

Les mesures de NO₂ atypiques de la station Orly sud en regard des mesures de la station nord en septembre 2021 ont fait l'objet d'une étude approfondie. La Figure 7 présente une scrutation des moyennes horaires et directions de vent (flèches bleues) sur cette période. Cette scrutation ne fait pas apparaître une seule direction de vent permettant de corrélérer ces niveaux à une source précise.

En effet, sur cette période les vents ont pour origine l'intérieur et l'extérieur de la plateforme de Paris-Orly. Les raisons de ce profil atypique sont donc multifactorielles.

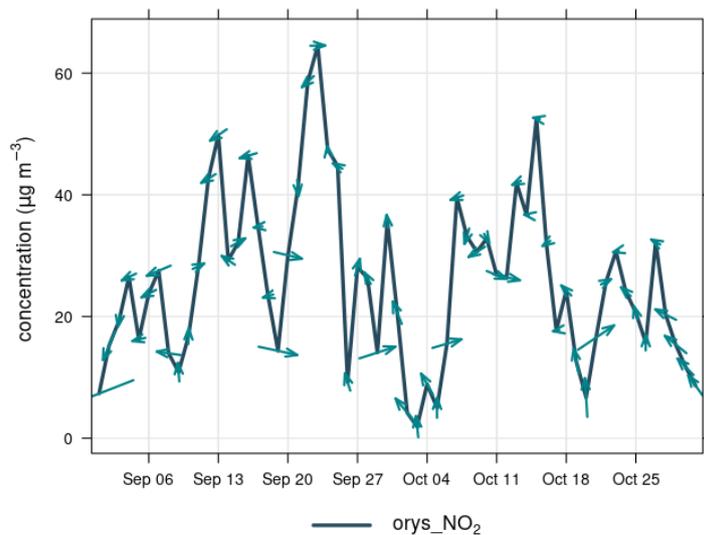


Figure 7: Dioxyde d'azote (NO₂) sur Paris-Orly Sud– Evolution des moyennes des horaires et directions de vent

5.3.2. Evaluation des valeurs limites associées au NO₂

Pour l'année 2021, aucun dépassement du seuil d'information (200µg/m³) n'a été constaté à l'aéroport de Paris – Orly et Paris-Charles de Gaulle (cf. Figure 8).

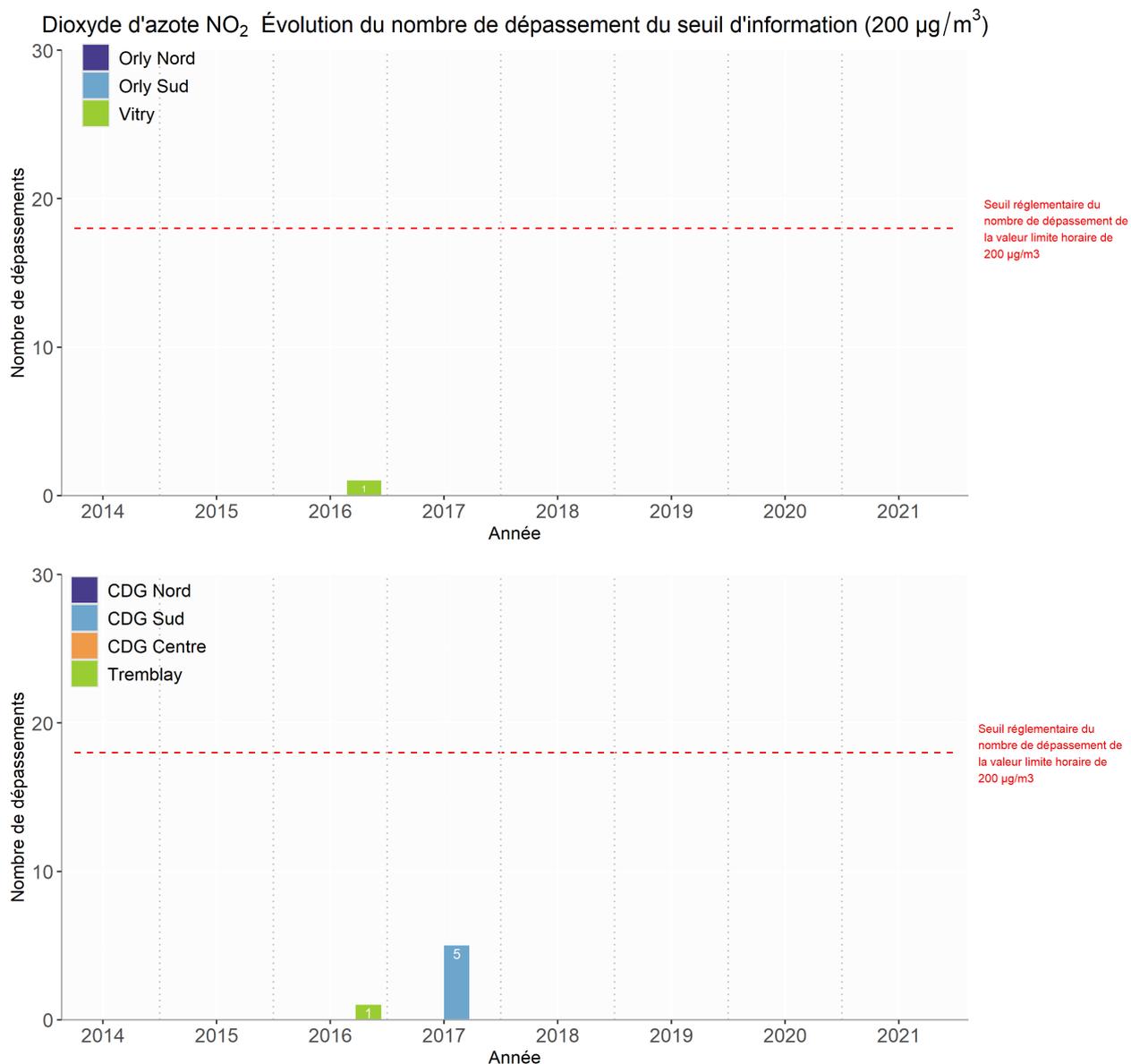


Figure 8 : Evolution des dépassements du seuil d'information NO₂ de 2014 à 2021

De même, les moyennes annuelles respectent le seuil réglementaire (cf. Figure 9). Néanmoins, la nouvelle valeur guide recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2021 est dépassée sur l'ensemble des stations de surveillance d'ADP et d'AIRPARIF (Vitry et Tremblay).

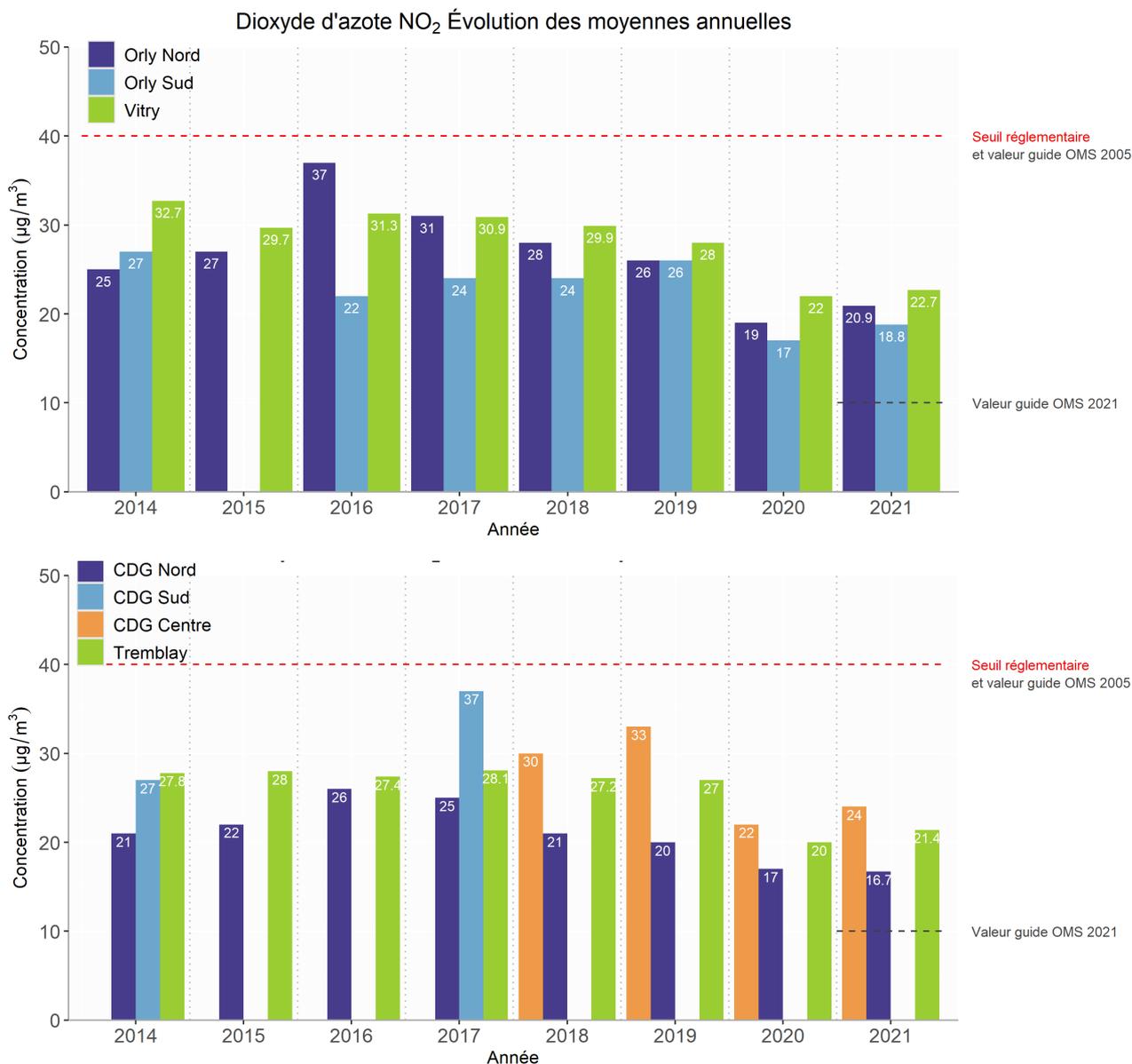


Figure 9 : Evolution de la moyenne annuelle en NO₂ de 2014 à 2021

La stabilisation des niveaux de NO₂ observée depuis plusieurs années à l'échelle régionale a été renforcée en 2020 par la crise sanitaire mondiale et la baisse significative des émissions des activités polluantes (transports, industries...) En 2021, la reprise des activités industrielles coïncide avec une augmentation des moyennes annuelles (excepté pour la station CDG Nord) sans toutefois retrouver les niveaux de 2019.

5.4. Particules (PM₁₀, PM_{2,5})

5.4.1. Evolutions temporelles

Les Figure 10 et Figure 11 présentent respectivement l'évolution des moyennes journalières en PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées pour l'année 2021.

En 2021, la région Ile-de-France a connu 6 épisodes de pollution régionale aux particules (2 janvier, 22 février, 24 au 25 février, 2 au 3 mars, 31 mars au 1^{er} avril, 10 au 11 novembre).

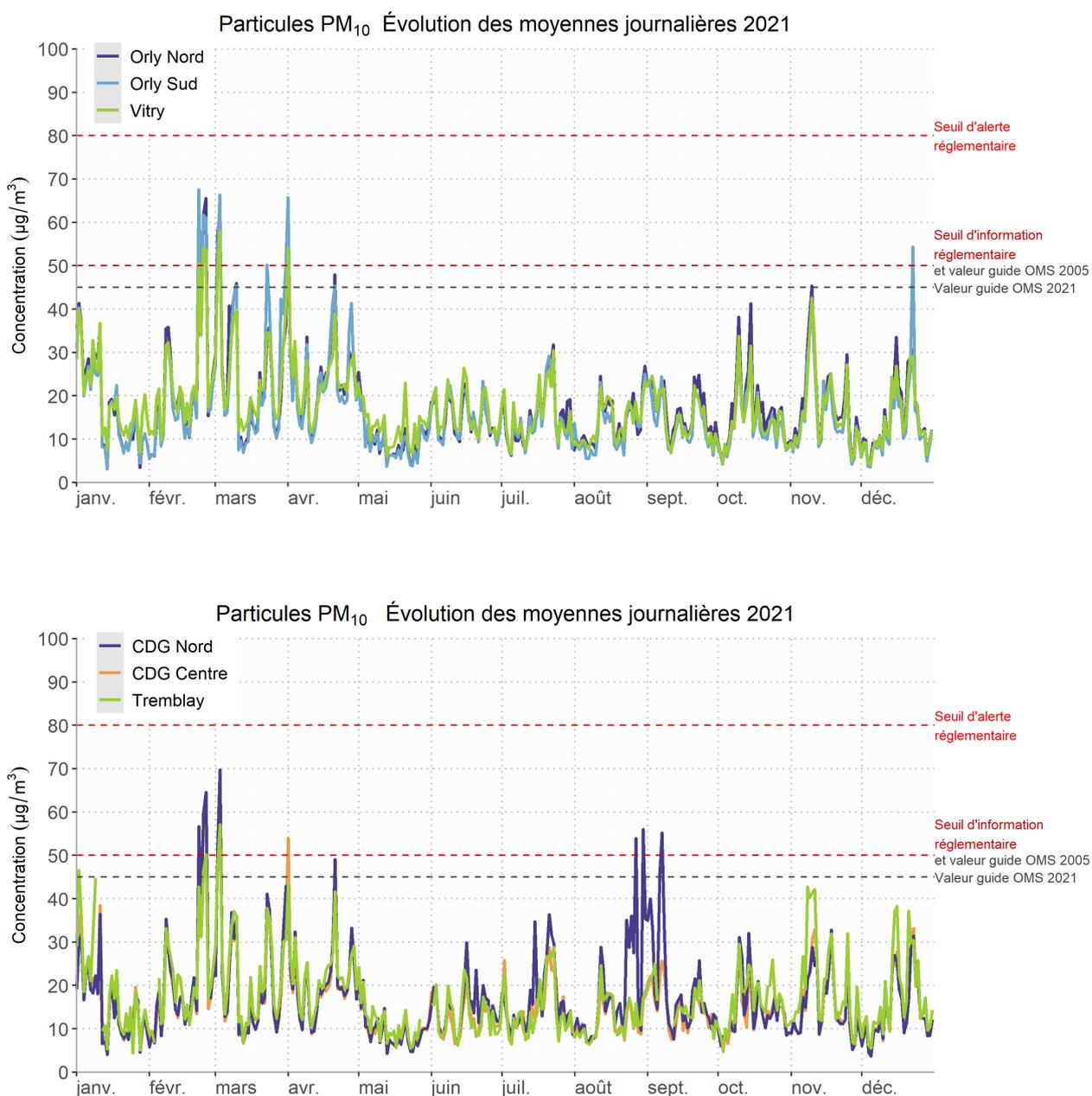


Figure 10 : Particules PM₁₀ sur Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle et environs – Evolution des moyennes journalières

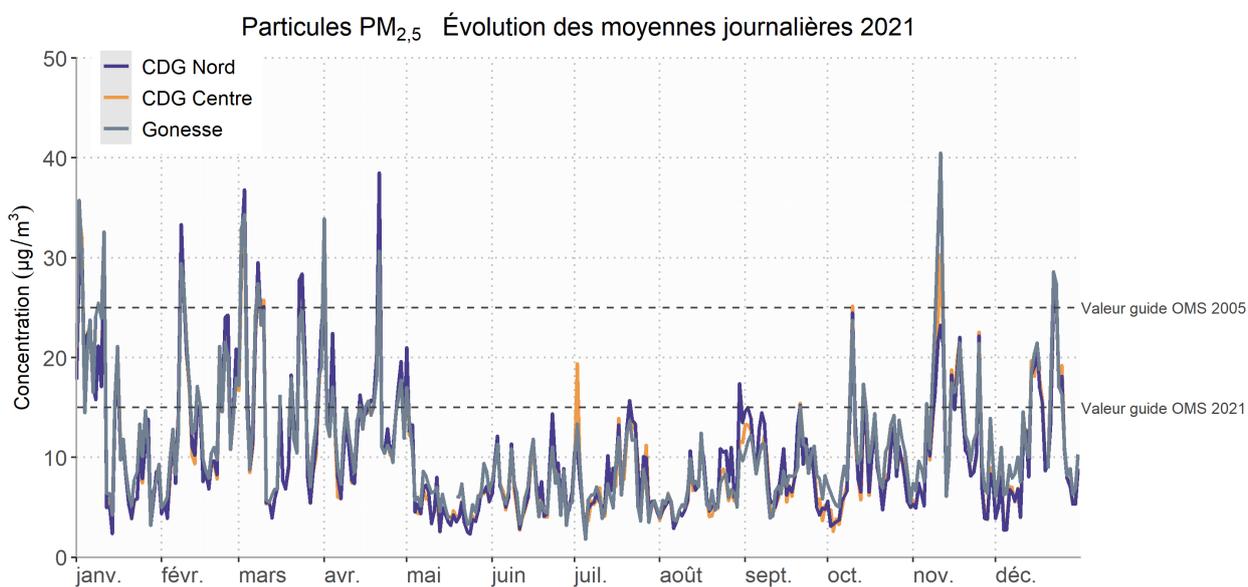
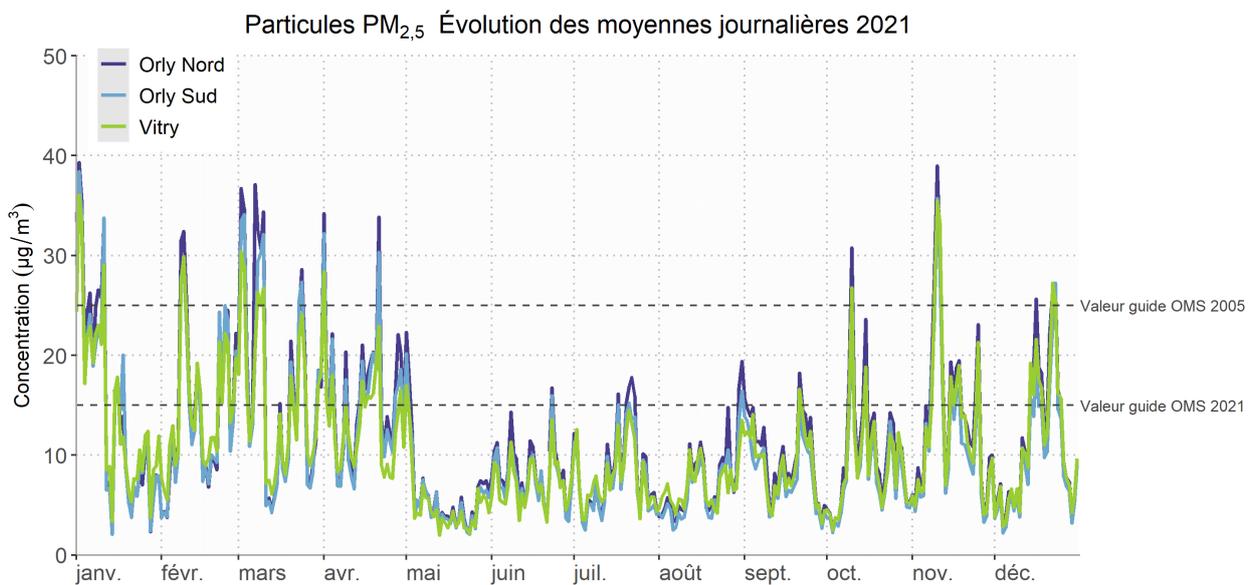


Figure 11 : Particules PM_{2,5} sur Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle et environs – Evolution des moyennes journalières

Du 23 août au 8 septembre 2021, les mesures de PM₁₀ à Paris-Charles de Gaulle Nord présente un profil atypique (niveaux importants dépassant le seuil d'information). La Figure 12 présente une scrutation des moyennes journalières et directions de vent (flèches bleues) sur cette période. Cette scrutation fait apparaître une prépondérance des vents de secteur nord et est. Ces directions de vents identifient les travaux de terrassement du contournement est de la plateforme de Paris-Charles de Gaulle comme source potentielle des dépassements de PM₁₀. Cette hypothèse est confortée par l'absence de profil similaire sur les mesures de PM_{2,5} qui permet de statuer sur la composition des PM₁₀ par une majorité de particules dite grossières qui caractérisent les travaux de terrassement.

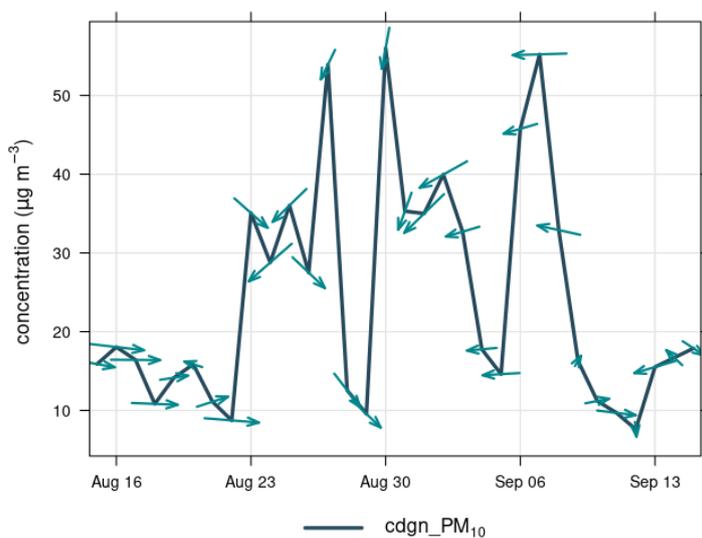
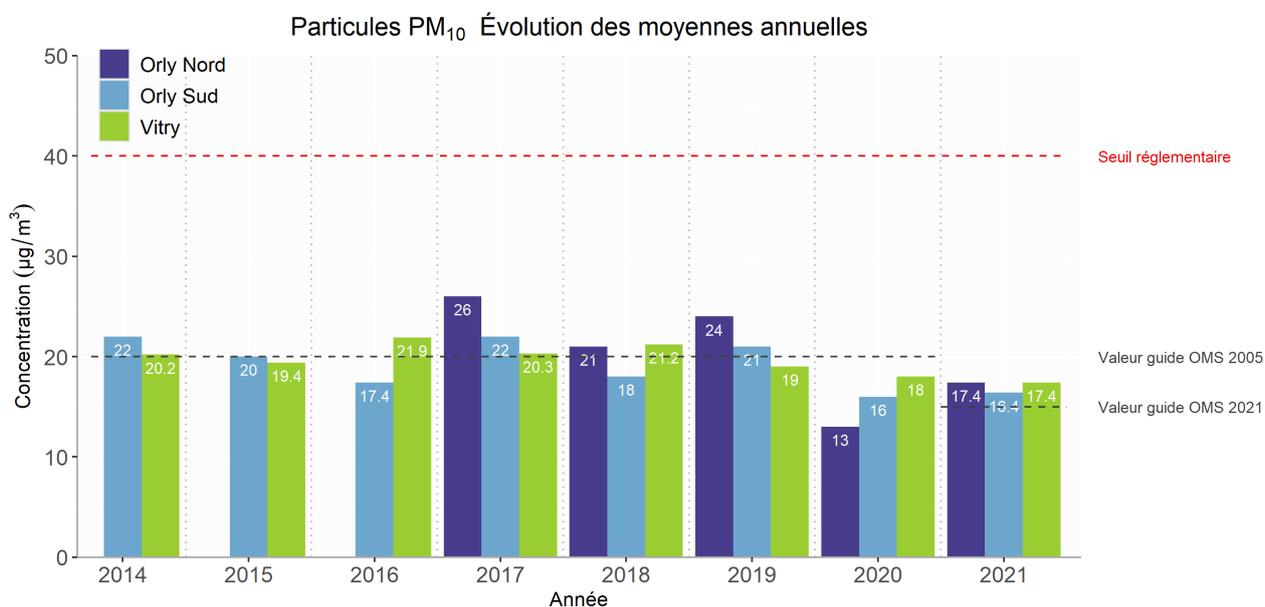


Figure 12: Particules PM₁₀ sur Paris-Charles de Gaulle Nord – Evolution des moyennes des journalières et directions de vent

5.4.2. Evaluation des valeurs limites associées aux particules et tendances pluriannuelles

Pour l'année 2021, les seuils réglementaires en moyenne annuelle pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} ont été respectés aux aéroports de Paris-Orly et de Paris-Charles de Gaulle (Figure 13 et Figure 14).

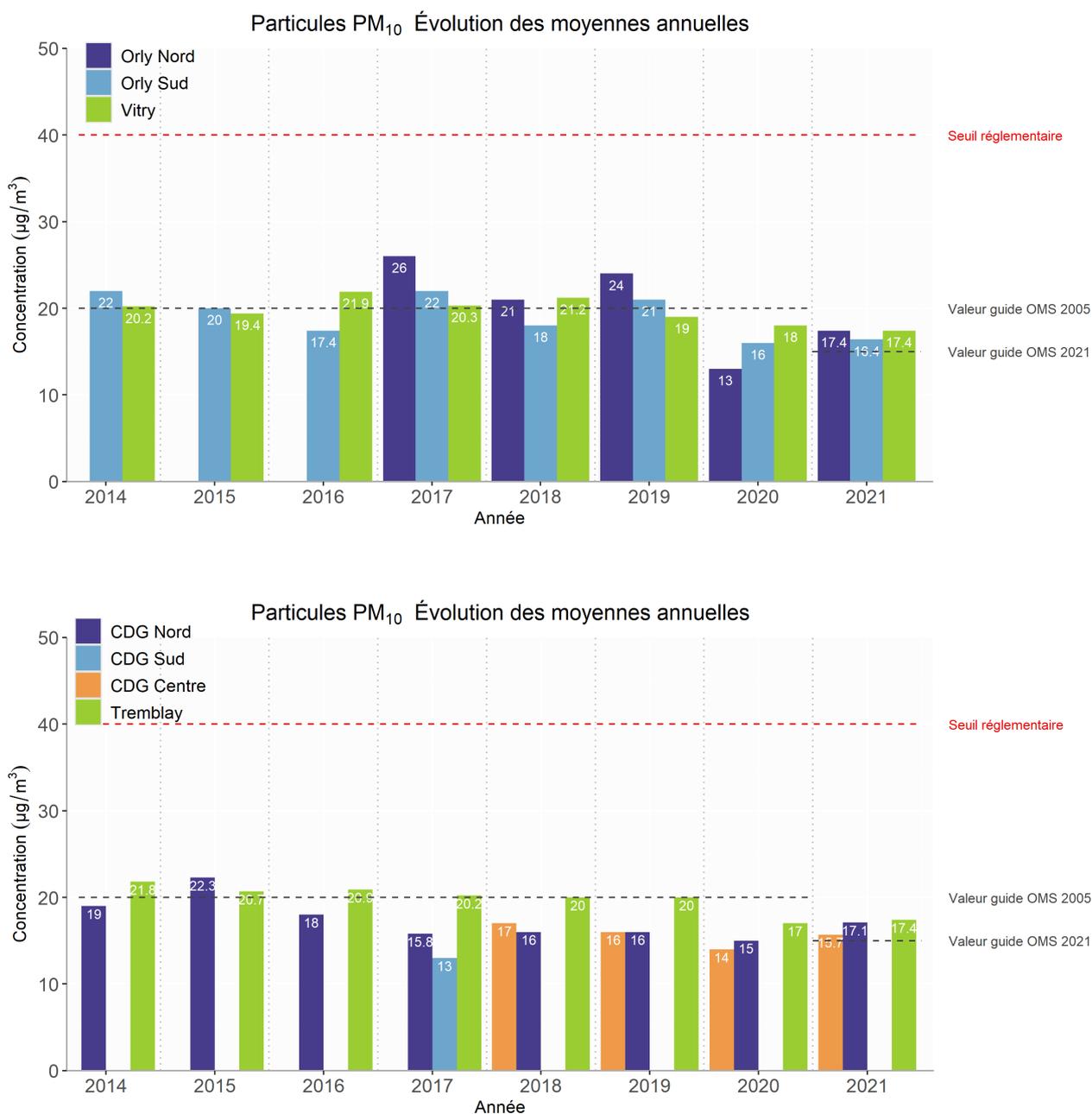


Figure 13 : Evolution de la moyenne annuelle en PM₁₀ de 2014 à 2021

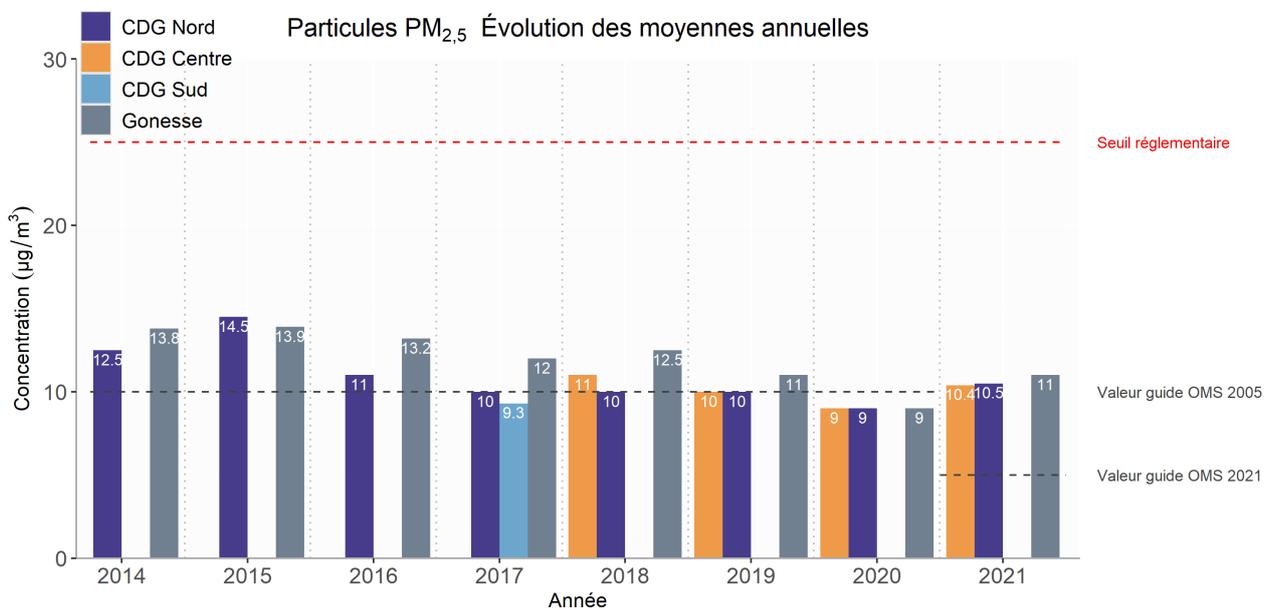
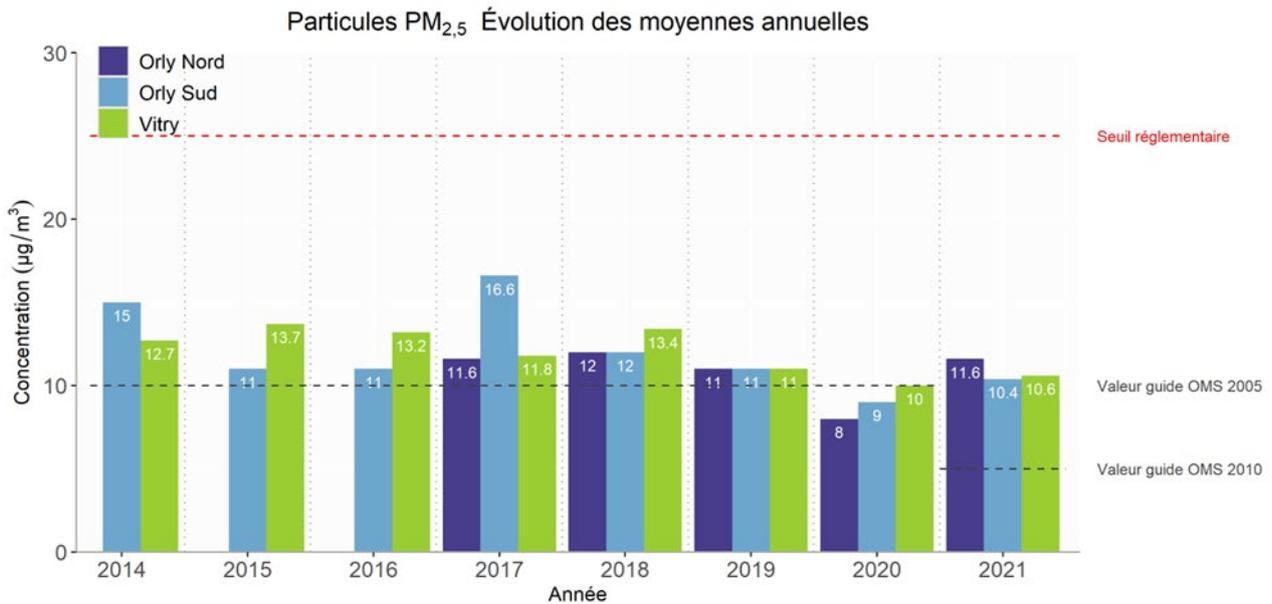


Figure 14 : Evolution de la moyenne annuelle en PM_{2,5} de 2014 à 2021

Les valeurs réglementaires pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} ont été respectées sur les deux plateformes franciliennes de Paris-Orly et Paris - Charles de Gaulle pour l'année 2021. Néanmoins après une baisse des niveaux en 2020 en raison de la baisse de la crise COVID, les niveaux de 2021 remontent et dépassent les niveaux de 2019 alors que le trafic aérien n'a pas retrouvé son niveau d'activité de 2019. Les valeurs guides OMS de 2005 ainsi que celles mises à jour en 2021 sont dépassées sur les deux plateformes ainsi qu'à l'échelle régionale¹.

¹ https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/BilanQA_IDF_2021.pdf

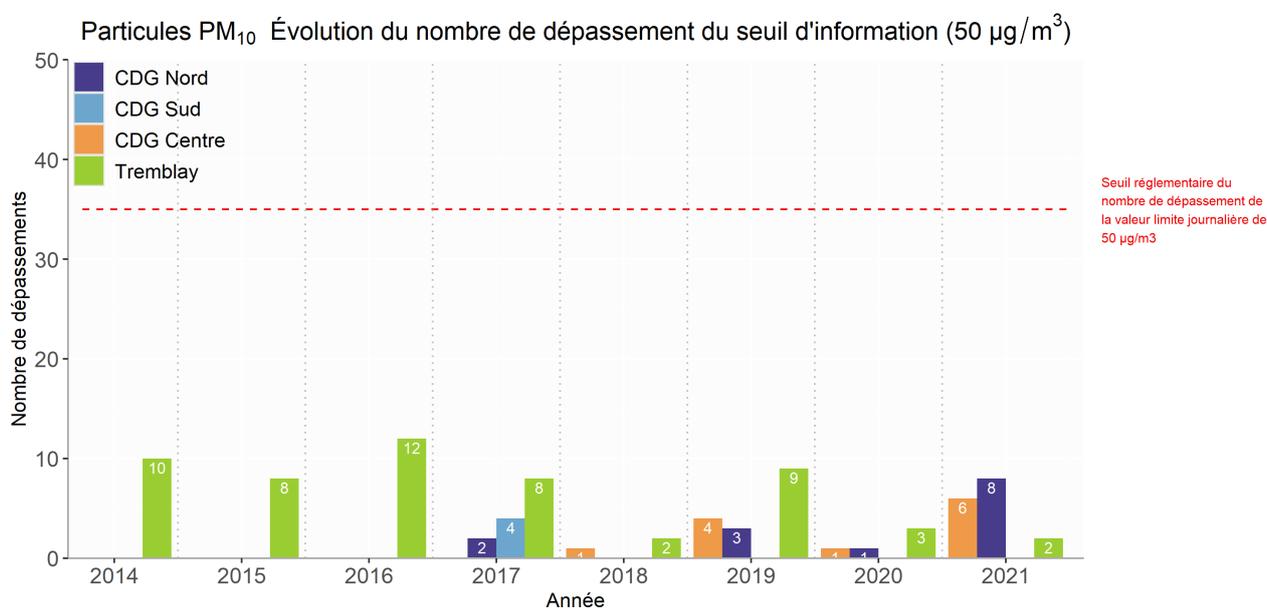
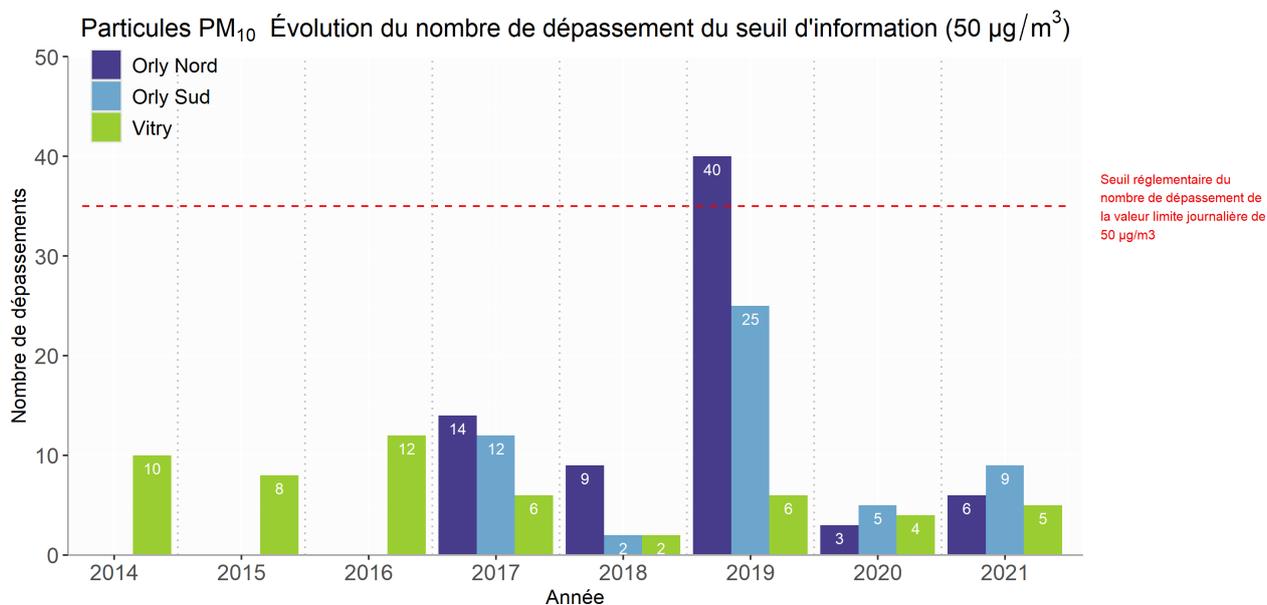


Figure 15 : Evolution des dépassements du seuil d'information PM₁₀ de 2014 à 2021

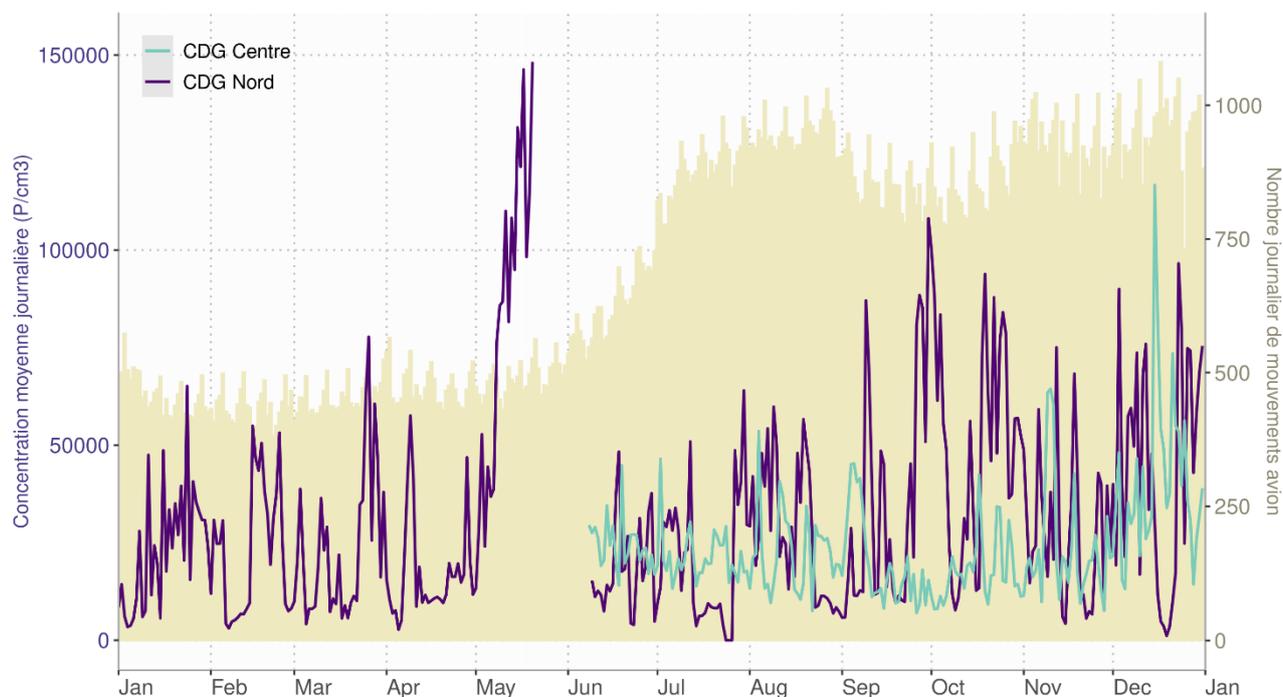
Le seuil de dépassement de la valeur limite journalière PM₁₀ (Moyenne horaire de 50µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) n'a pas été dépassé en 2021 sur les deux plateformes franciliennes de Paris-Orly et Paris - Charles de Gaulle. (Figure 15).

5.5. Particules ultrafines (PUF)

5.5.1. Evolutions temporelles

En l'absence de réglementation spécifique aux particules ultrafines (seuils, moyennage), l'évolution des particules ultrafines est présentée en moyennes journalières associées au nombre de mouvement avions quotidiens (Figure 16). Les évolutions des moyennes horaires pour l'ensemble de l'année 2021 sont présentées en annexe.

Évolution des concentration en particules ultrafines et du nombre de mouvements avion - 2021



Évolution des concentration en particules ultrafines et du nombre de mouvements avion - 2021

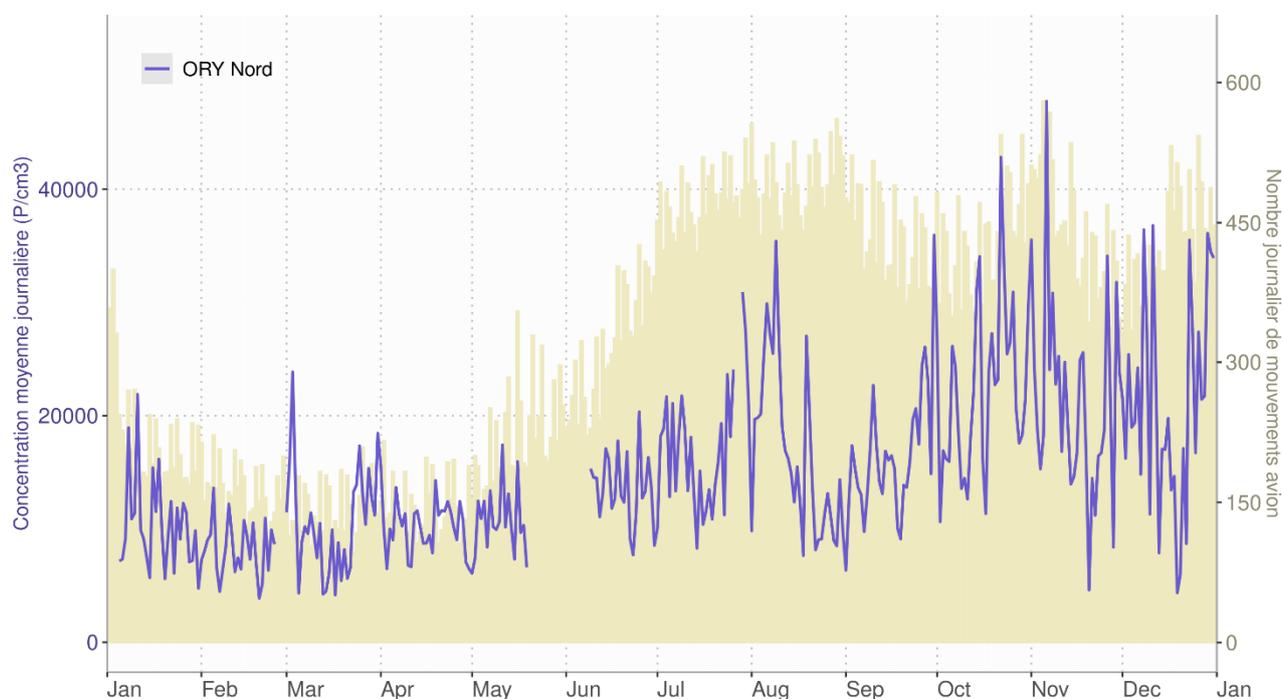


Figure 16: Particules ultrafines, évolution des moyennes journalières sur Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle

Bien que les émissions avions soient une source contributrice connue, comme toutes les sources de combustions, il n'est pas constaté de corrélation entre les concentrations moyennes de particules ultrafines et le nombre de mouvement avion. Cela s'explique par la dépendance des concentrations à l'ensemble des sources d'émissions sur et à proximité des plateformes aéroportuaires et également à la météorologie.

A ce jour, AIRPARIF ne dispose pas de réseau de surveillance des particules ultrafines permettant de comparer sur les niveaux mesurés sur les plateformes franciliennes aux concentrations mesurées en fond urbain. Néanmoins, AIRPARIF coordonne des campagnes de mesure sur les particules ultrafines auxquelles va contribuer le Groupe ADP en 2022 (cf 7.3).

A la station CDG-Nord, la forte augmentation des concentrations au mois de mai 2021 inexplicée par la présence d'une source ponctuelle fortement émettrice ou une situation météorologique particulière pourrait être la cause d'un encrassement de l'analyseur. L'analyseur a subi une maintenance à la fin du mois de mai 2021 et les concentrations sont redescendus à un niveau plus "classique". Sans certitude, les concentrations mesurées sur cette période n'ont toutefois pas été invalidées mais doivent être interprétées avec prudence.

6. Origine des polluants réglementés (NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5})

Les Figure 17 et Figure 18 présentent les roses des pollutions associées aux polluants réglementés pour les deux aéroports Paris – Orly et Paris - Charles de Gaulle. Ces roses associent pour chaque direction et force du vent une concentration moyenne pour l'année 2021. Il est ainsi possible d'identifier la provenance majoritaire de chaque polluant mesuré sur chaque station.

Pour la plateforme de Paris – Charles de Gaulle, les concentrations maximales de NO₂ ont des origines locales multidirectionnelles à la station CDG Centre pouvant être associées aux émissions véhiculaires des axes routiers desservant le cœur de l'aéroport. Les concentrations observées par vent de secteur sud-ouest soulignent également l'impact des émissions associés aux véhicules empruntant l'autoroute A1. Des observations similaires peuvent être faites sur l'origine des particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) avec, en complément, une contribution importante de source par vent de secteur nord-est-sud (cœur de plateforme).

A la station CDG Nord, les polluants réglementés sont également fortement impactés par des sources locales particulièrement les particules dont les roses de pollution font très nettement ressortir les travaux de terrassement liés au prolongement de l'A104 pour le contournement est de la plateforme et déjà évoqué au paragraphe 5.4.1.

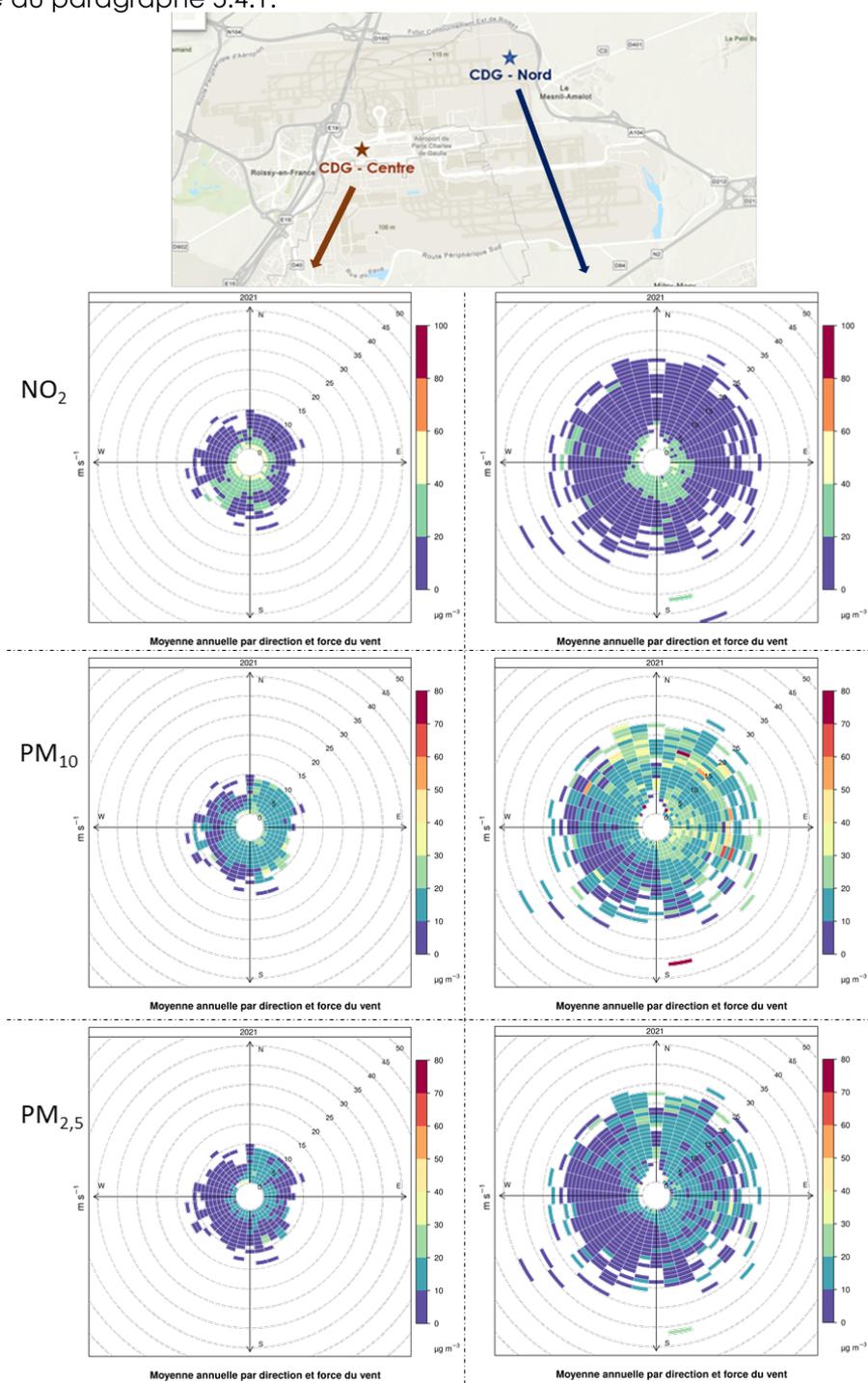


Figure 17 : Roses des pollutions des stations Charles de Gaulle Nord et Centre pour l'année 2021

Pour la plateforme de Paris-Orly, les concentrations maximales de NO₂ ont également des origines locales multidirectionnelles mais également des origines plus lointaines, spécifiquement à la station Orly Nord par vent de secteur nord-est à sud lié à l'enclavement urbain de Paris-Orly et donc à la multiplicité des sources d'émissions. Le constat est identique pour les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}). A la station Orly Sud, les concentrations de NO₂ ne sont pas marquées par des sources lointaines mais plus locales avec pour origine le cœur de la plateforme et la nationale N7. Le constat est identique pour les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) avec, en complément, une possible contribution des émissions de l'autoroute A6 à l'est de la plateforme.

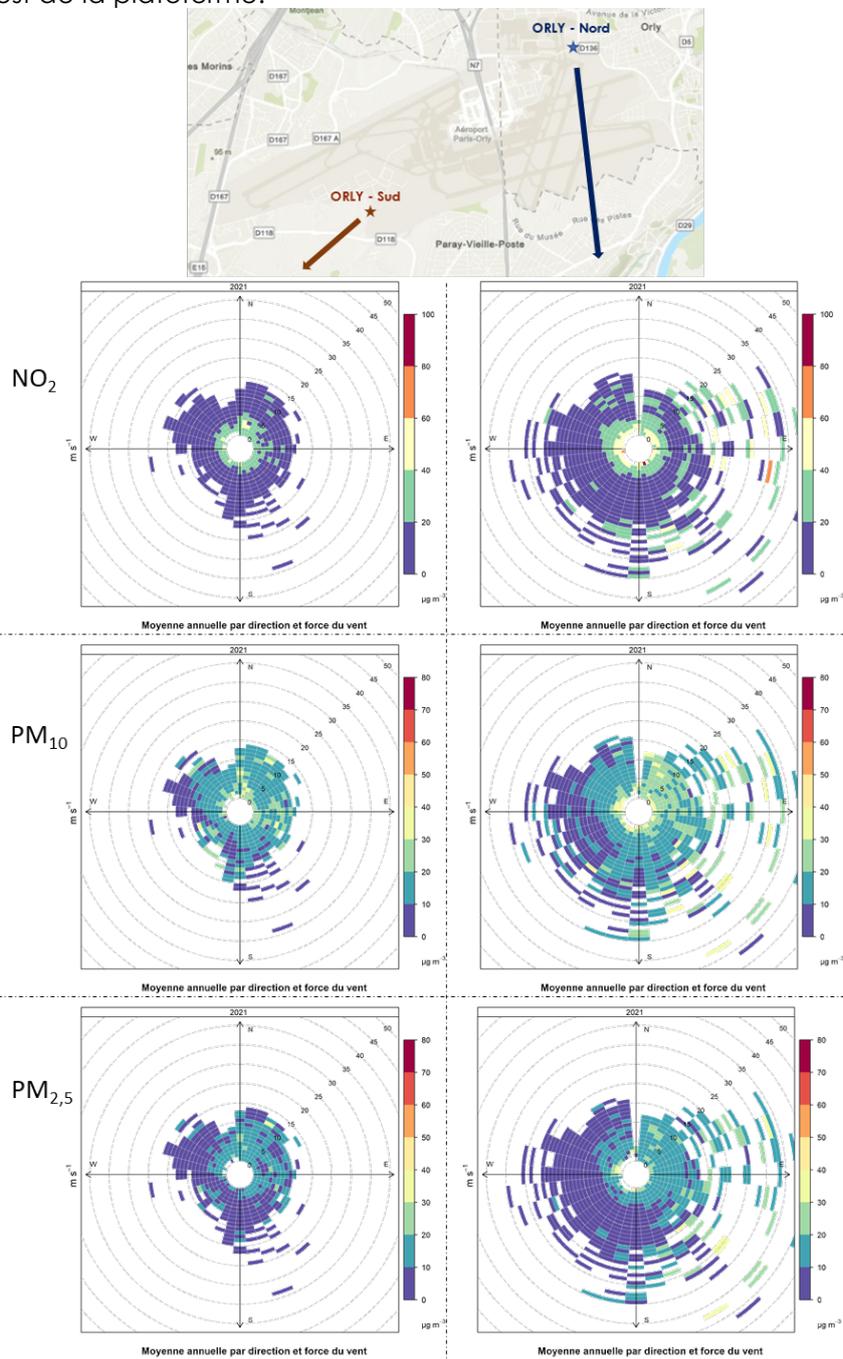


Figure 18: Roses des pollutions des stations Orly Nord et Sud pour l'année 2021

7. Focus sur les particules ultrafines

7.1. Concentrations totales en particules ultrafines

La Figure 19 présente la variation des concentrations de particules ultrafines sur les stations de CDG Nord, CDG Centre et ORY Nord simultanément sur différentes périodes de moyennage pour l'ensemble de l'année 2021.

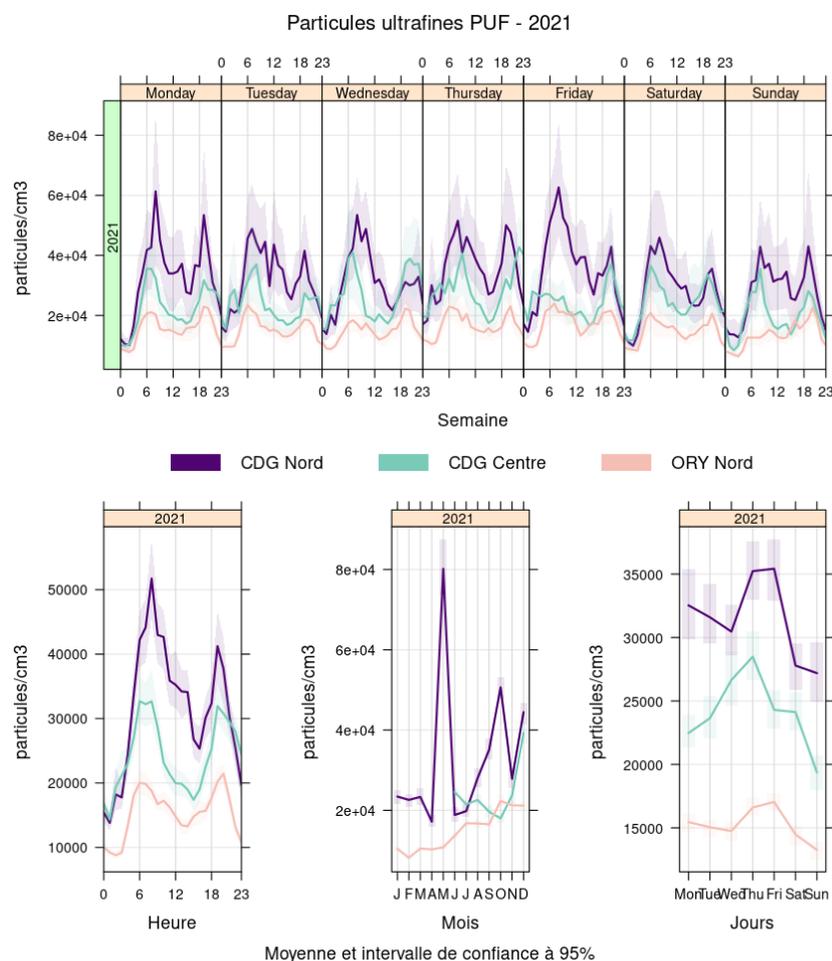


Figure 19 : Distribution temporelle des concentrations totales de particules ultrafines

Cette figure nous indique des concentrations significativement plus faible à Paris-Orly qu'à Paris – Charles de Gaulle et significativement plus forte à CDG Nord qu'à CDG Centre. La localisation des stations vis à vis des sources émettrices pourraient expliquer, en partie, ces constats. La station CDG Nord se trouve dans l'axe d'une piste de décollage. Néanmoins aucune corrélation n'a été établie entre les niveaux de particules ultrafines et les nombre de mouvement avions (cf paragraphe 5.5.1). L'impact des émissions avions sur les concentrations locales de particules ultrafines n'est donc pas linéaire. On observe également des niveaux plus faibles les samedis et dimanches ainsi qu'en milieu d'après-midi.

Les Figure 20 et Figure 21 présentent pour les deux aéroports Paris – Orly et Paris - Charles de Gaulle

- (I) les roses des pollutions associant pour chaque direction et force du vent une concentration moyenne pour l'année 2021
- (II) les roses des pollutions associant pour chaque direction et force du vent une concentration moyenne par quartile pour l'année 2021. Ainsi les couleurs orange plus rouge représentent les 5% des concentrations les plus fortes. La couleur rouge représente le 1% des concentrations les plus fortes.
- (III) La distribution des moyennes journalières en particules ultrafines selon la direction du vent ainsi que leur tendance.

PUF

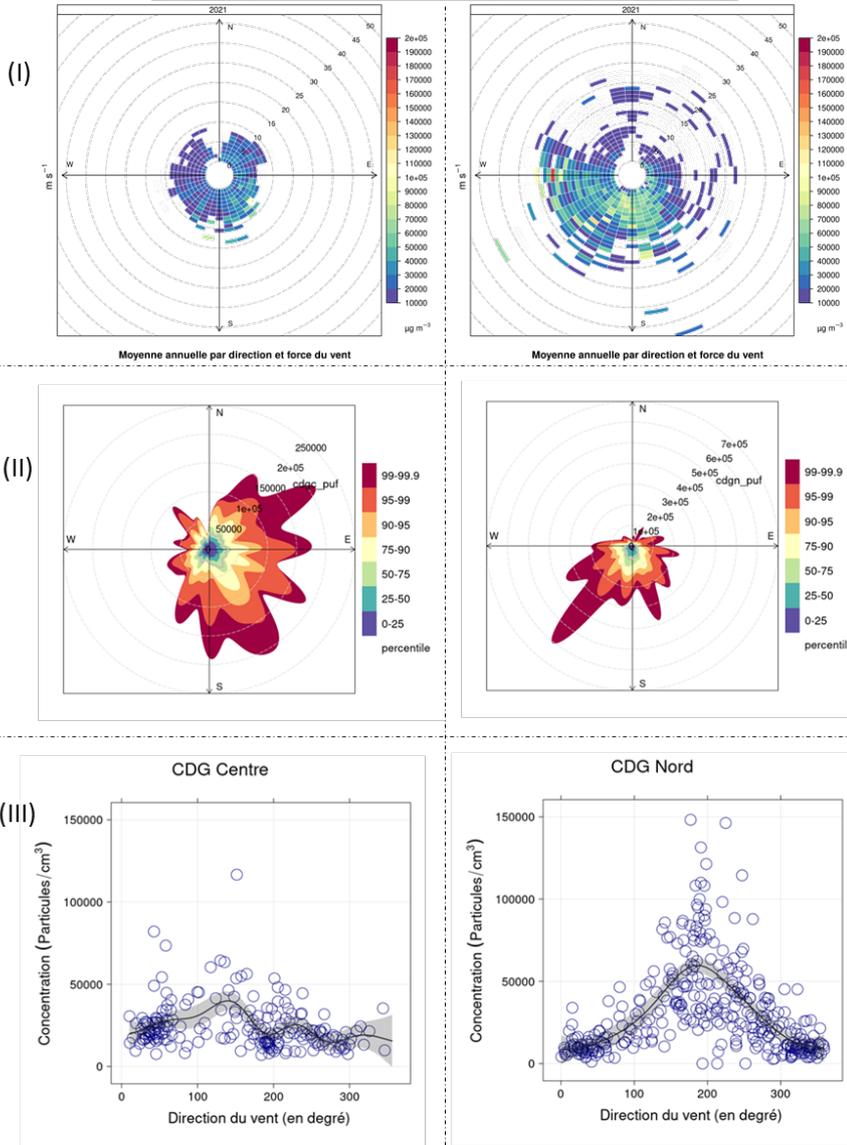


Figure 20 : Originie des particules ultrafines à l'aéroport de Paris Charles de Gaulle

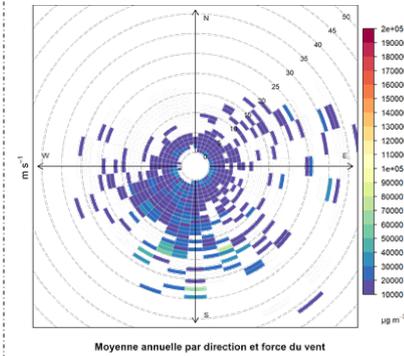
Paris-Charles de Gaulle

Ces différentes représentations nous indiquent que les concentrations moyennes (I) sont fortement impactées par les vents en provenance de la plateforme pour les deux stations. En effet, pour la station CDG Centre les 5% des concentrations les plus fortes (II) proviennent de vents de secteur nord-est à sud. Pour la station CDG Nord, les 5% des concentrations les plus fortes proviennent de manière plus marquée et plus précise de vent de secteur sud-ouest. Ce constat est confirmé par la représentation (III) qui corréle une augmentation des concentrations avec les vents de secteur sud-ouest (~200°) sans toutefois présenter un fort niveau d'occurrence. Bien qu'étant peu nombreuse ces fortes concentrations, de part leur niveau élevé, ont un poids important dans la moyenne générale des concentrations de particules ultrafines (I).

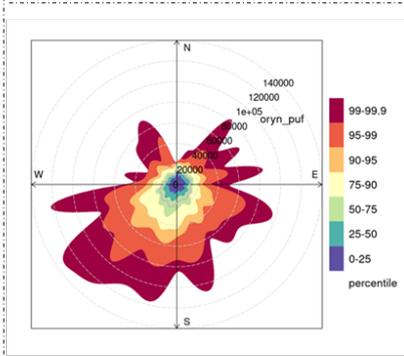
PUF



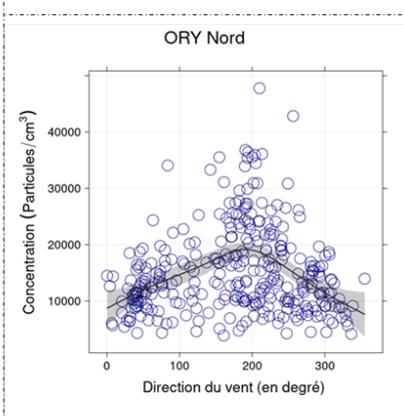
(I)



(II)



(III)



Paris - Orly

Pour la station de Paris-Orly Nord, les concentrations moyennes les plus fortes sont observées par vent de secteur sud-ouest à sud-est (I) alors que les 5% des concentrations les plus fortes ont des origines multidirectionnelles (II), intra et extra plateforme aéroportuaire.

Néanmoins, une part importante des concentrations les plus fortes est observé par vent de secteur sud-ouest (~200°) ayant pour origine le coeur de plateforme.

On peut également noter une moindre variabilité des concentrations à Paris-Orly avec des concentrations maximales bien plus faible qu'à Paris-Charles de Gaulle (III).

Figure 21 : Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris Orly.

En résumé, ces observations nous indiquent que selon la plateforme et la situation des stations de mesure au sein même des plateformes, les mesures obtenues peuvent être très variables et soulignent l'impossibilité de réaliser une seule mesure représentative de particules ultrafines en présence de fortes sources contributrices contrairement aux autres polluants réglementés. Cela s'explique par la forte variabilité spatio-temporelle de la composition physico-chimique des particules ultrafines inhérente à leur forte réactivité et donc leur faible durée de vie (de l'ordre de la milliseconde à la seconde).

7.2. Etude exploratoire sur la taille des particules ultrafines.

Au second semestre 2021, la station de Paris – Charles de Gaulle Nord a été instrumentée avec un spectromètre de mobilité électrique qui permet de mesurer la distribution en taille des particules et d'en déduire un diamètre géométrique moyen noté par la suite GMD.

La Figure 22 présente l'évolution de la concentration de particules ultrafines selon leur taille (en couleur). Nous observons que les concentrations les plus fortes sont systématiquement associées à des tailles de particules comprises entre 10 et 30 nm (en bleu). Ces faibles tailles indiquent que l'aérosol est composé de particules dites "fraîches" et donc émises par une source de proximité.

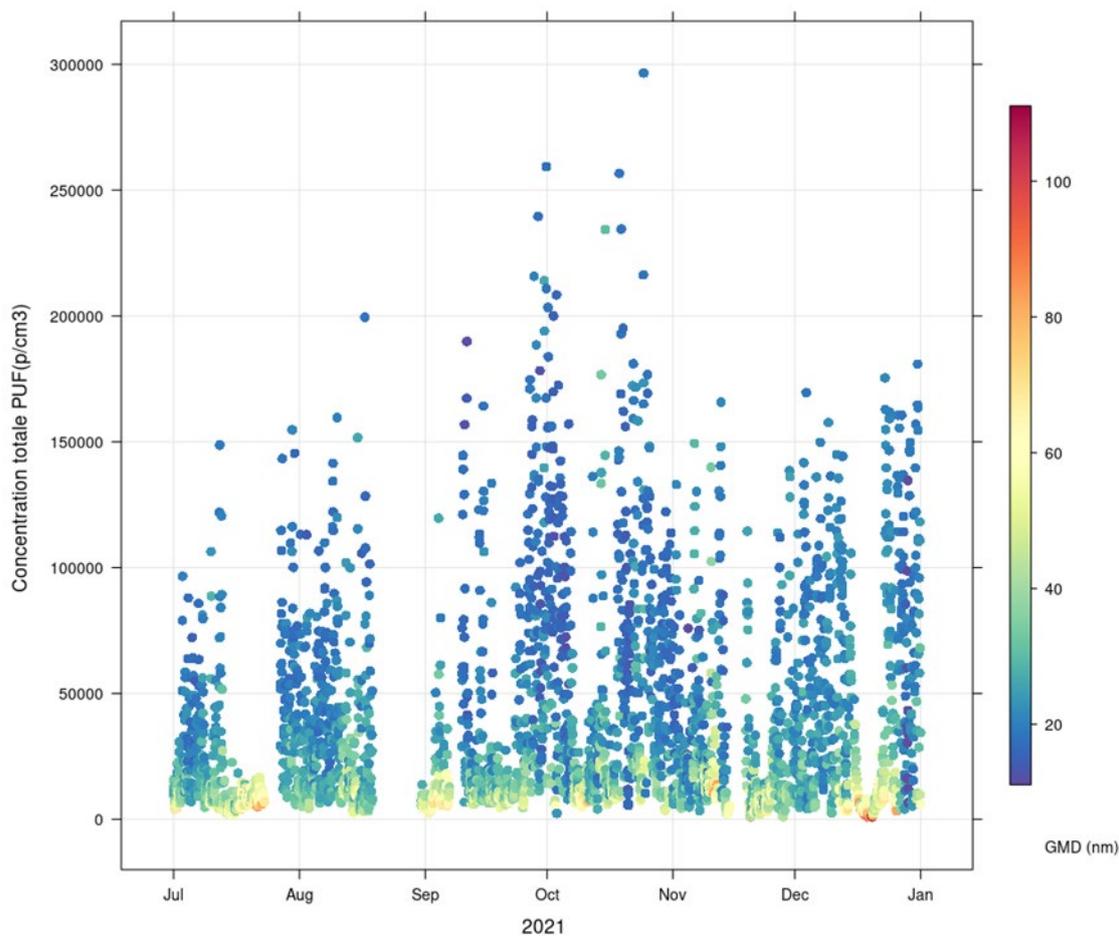


Figure 22 : Evolution temporelle des moyennes horaires de la concentration totale de particules ultrafines selon leur taille à CDG Nord.

La Figure 23 présente la variation des concentrations de particules ultrafines et de leur taille sur la station de CDG Nord sur différentes périodes de moyennage pour l'ensemble année 2021 (par exemple, le premier graphique correspond à une semaine moyenne annuelle et non pas à une semaine type). Les niveaux ont été normalisés afin d'obtenir des échelles lisibles, seule la tendance des mesures est interprétable pour cette figure.

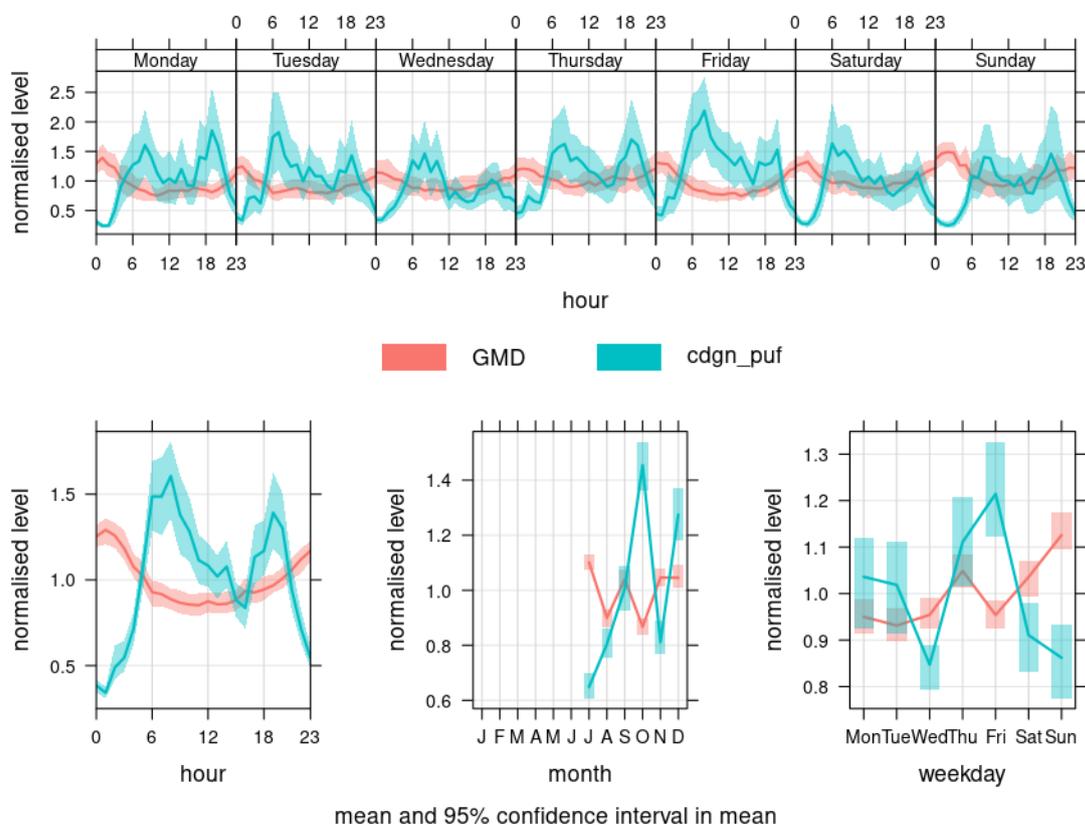


Figure 23: Distribution temporelle des concentrations totales et de la taille des particules ultrafines à CDG Nord au second semestre 2021

La taille des particules varie de manière similaire tous les jours de la semaine avec une diminution de la taille moyenne des particules le jour et une augmentation la nuit. Le dimanche, la taille moyenne des particules est la plus forte (moins d'émission industrielle et des transports donc moins d'impact des sources anthropiques par rapport aux sources terrigènes).

Le profil de variation de la taille des particules n'est pas directement corrélé au profil de variation des concentrations, preuve que les sources de particules ultrafines sont multiples.

La Figure 24 présente la concentration de particules ultrafines selon leur taille pour le second semestre 2021. La couleur indique l'occurrence de chaque couple de points (bleu très faible occurrence, rouge très forte occurrence).

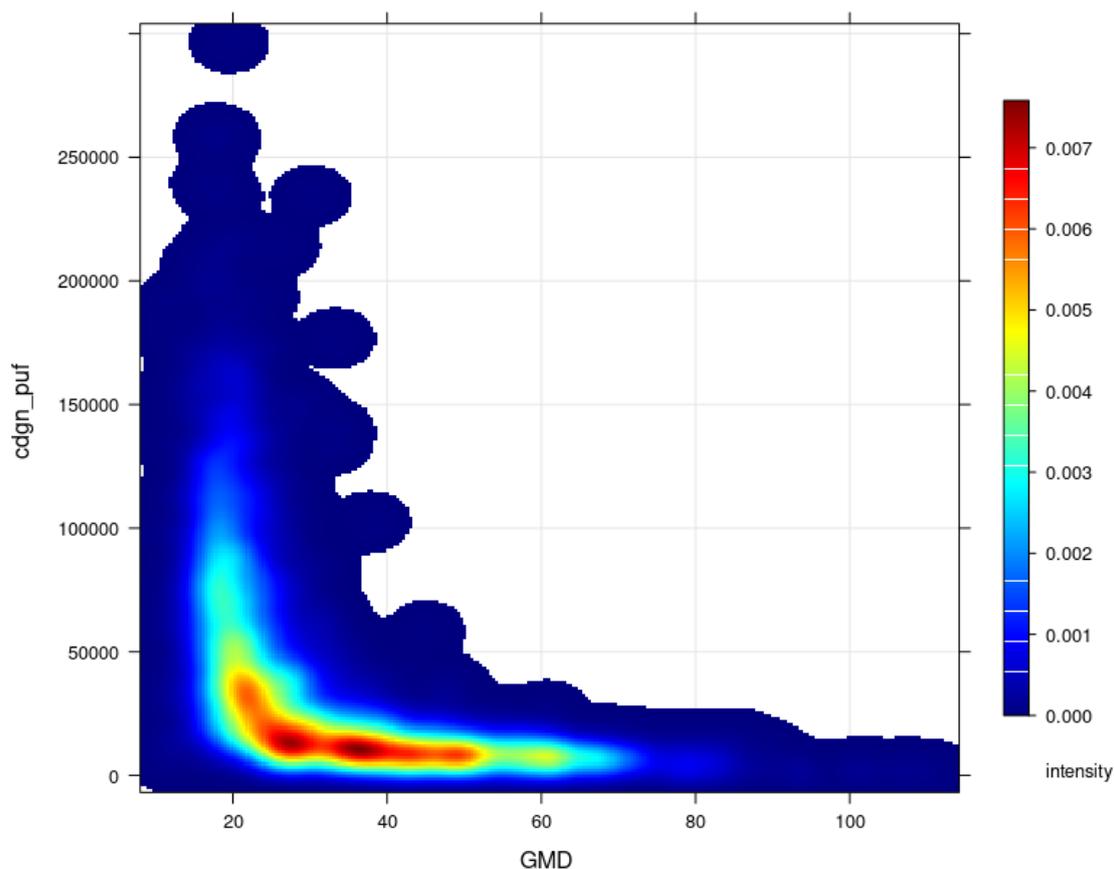


Figure 24 : Occurrence de la concentration de particules ultrafines selon la taille des particules.

Cette figure nous indique qu'une très forte proportion des mesures sont inférieures à 10^5 particules/cm³. Les diamètres sont majoritairement inférieurs à 60 nm comme a pu également observer AIRPARIF lors d'une campagne de mesure en fond urbain². A noter également, la présence de deux "spots" à 27 et 37 nm pouvant correspondre à deux sources distinctes d'émissions de particules ultrafines.

² <https://www.airparif.asso.fr/actualite/2022/les-particules-ultrafines-dans-le-viseur-dairparif>
Groupe ADP – Laboratoire – Surveillance de la qualité de l'air - 2021

Enfin, la Figure 25 présente pour le mois de décembre 2021:

- (image du haut) l'évolution de la taille des particules ainsi que leur concentration (en couleur)
- (image du bas) l'évolution des vents (direction en ordonnée, vitesse en couleur)

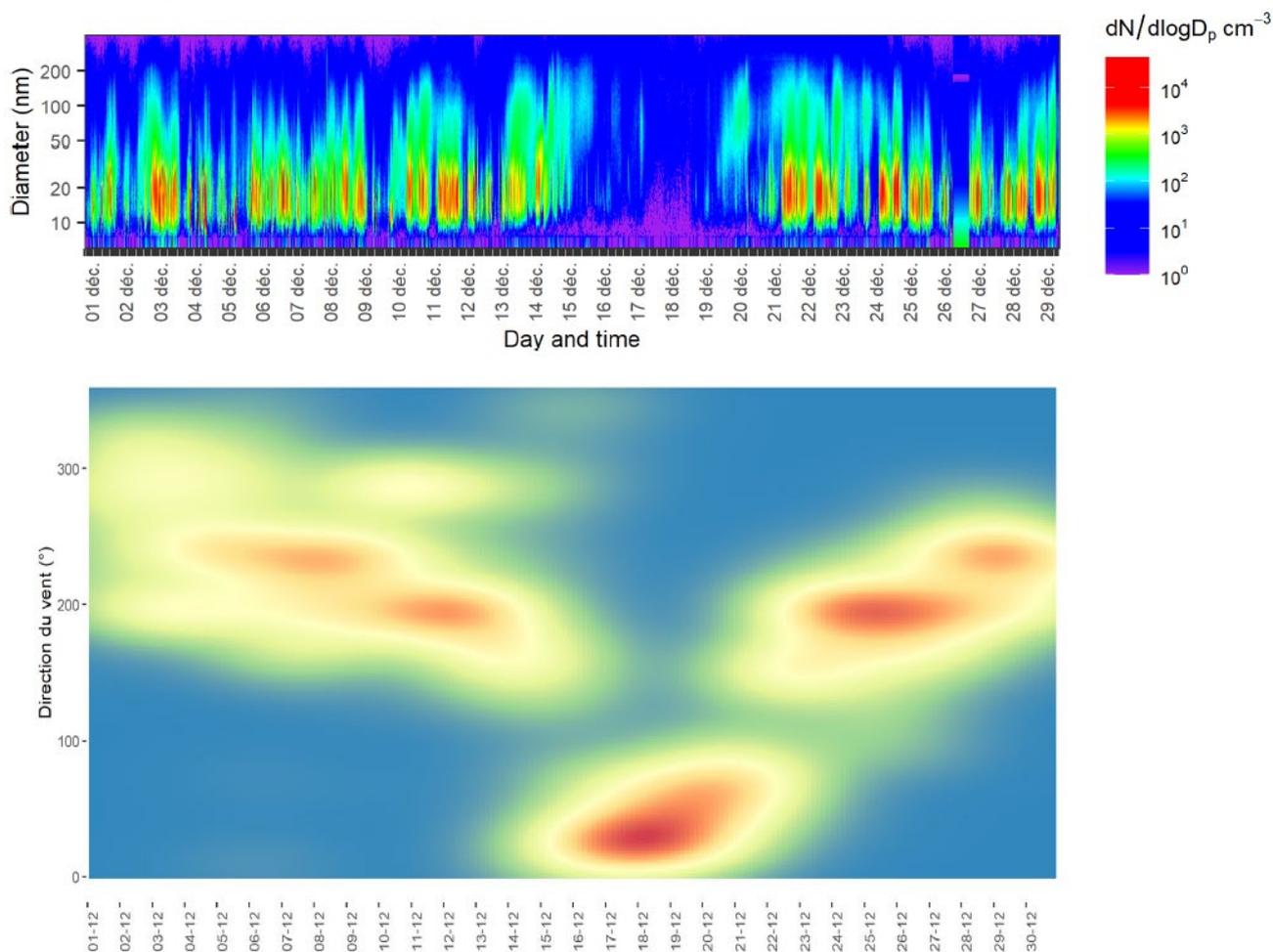


Figure 25 : Distribution granulométrique et direction du vent à la station CDG Nord en décembre 2021.

Ainsi, par vent de nord / nord-est (entre le 15 et 22 décembre) on constate une chute des niveaux de particules ultrafines et une disparition des particules les plus petites en raison d'absence des sources émettrices majeures dans cette direction. A contrario, entre le 23 et le 28 décembre par vent de sud / sud-est on constate une prépondérance des particules de 10 à 30 nm.

7.3. Conclusions et perspectives sur la surveillance des particules ultrafines

Les travaux menés par le Laboratoire du Groupe ADP jusqu'à présent mettent en avant la complexité de la surveillance des particules ultrafines en milieu aéroportuaire. Les résultats obtenus contribuent à faire de nombreux constats sans toutefois permettre leur interprétation approfondie.

Seules des études pluriannuelles en de multiples points permettront de définir une stratégie de surveillance robuste et d'appréhender les impacts et les conséquences des émissions de particules ultrafines par les activités aéroportuaires sur la qualité de l'air locale.

A cet effet, le Groupe ADP contribue financièrement et matériellement à la campagne de mesure francilienne sur les particules ultrafines coordonnée par Airparif³.

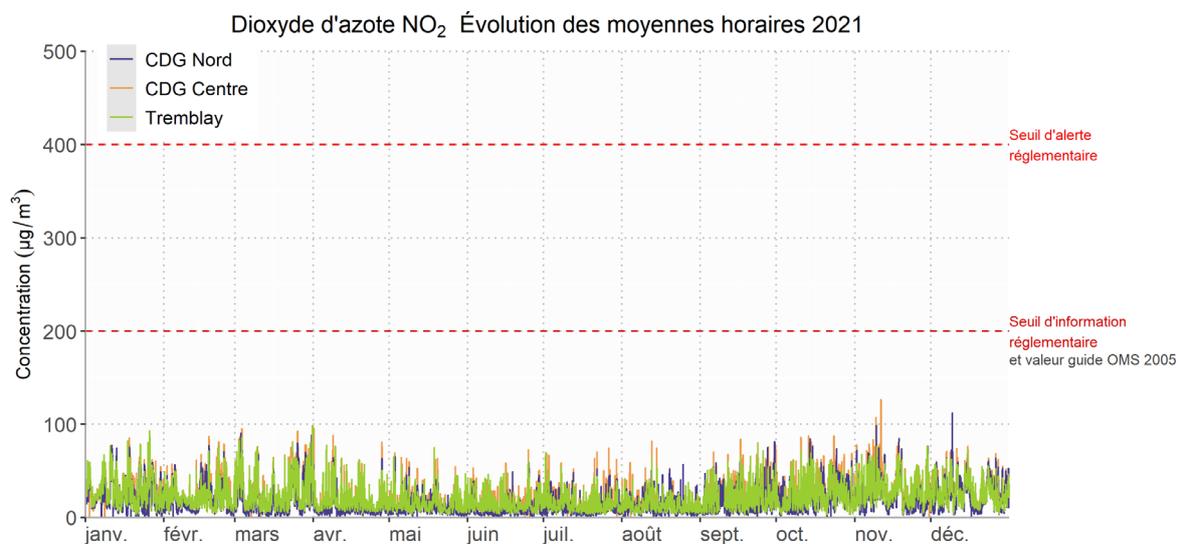
³ <https://www.airparif.asso.fr/actualite/2020/lancement-dune-vaste-campagne-de-mesure-des-particules-ultrafines-puf-en-ile-de>

Par ailleurs, au travers du projet européen OLGA⁴ qui vise à concevoir l'aéroport durable de demain, le Laboratoire du Groupe ADP va étudier pendant les 5 prochaines années la composition chimique des particules et des gaz en zone aéroportuaire afin de contribuer à l'amélioration des connaissances scientifiques.

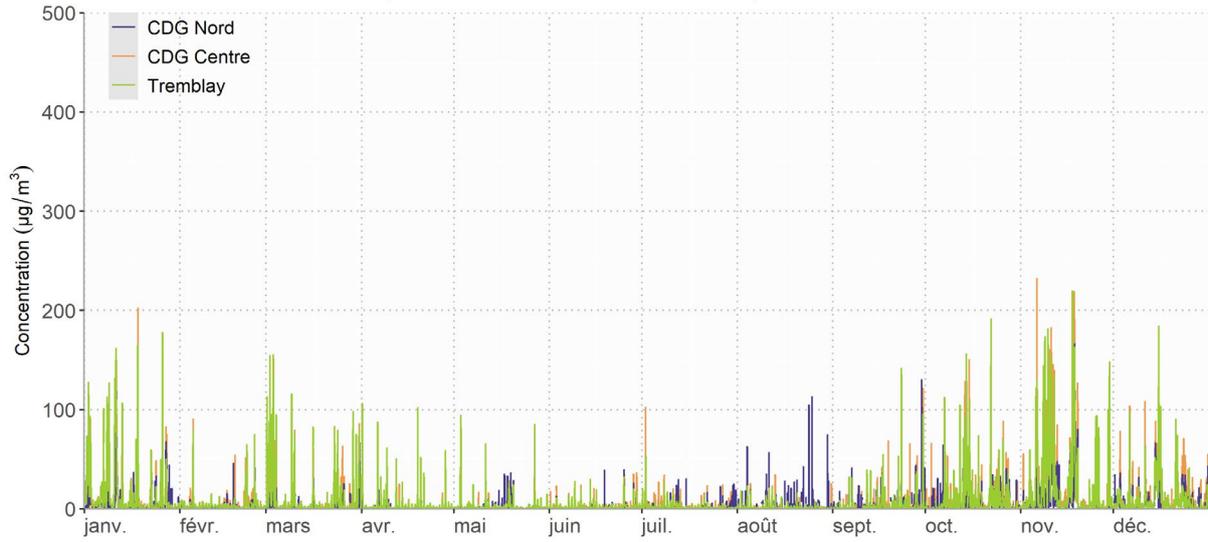
⁴ <https://www.olga-project.eu/>

8. Annexes

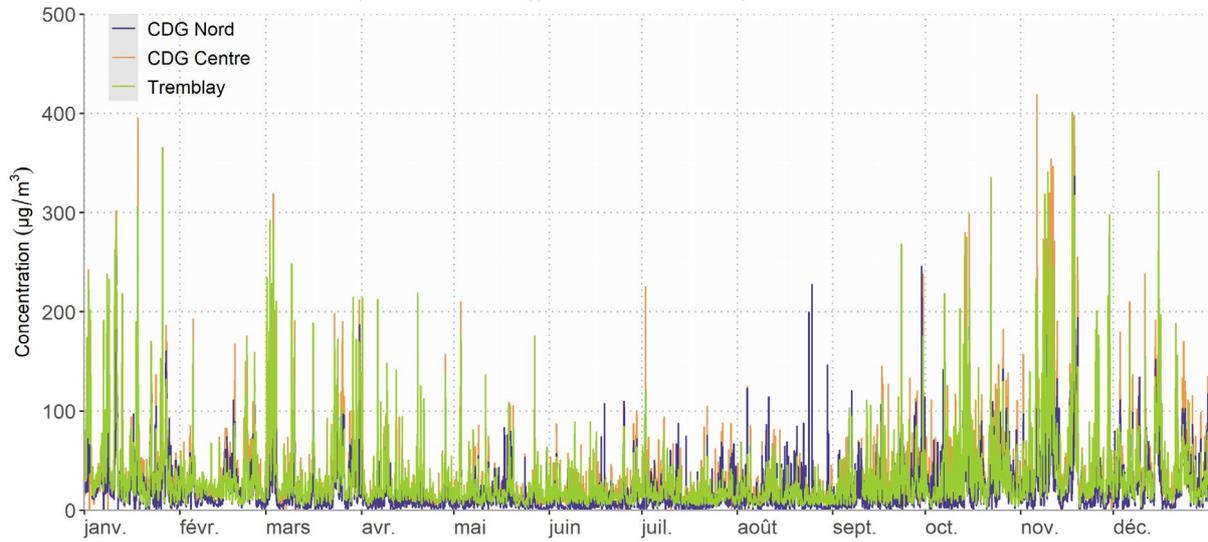
8.1. Evolutions temporelles NO₂, NO et NOX



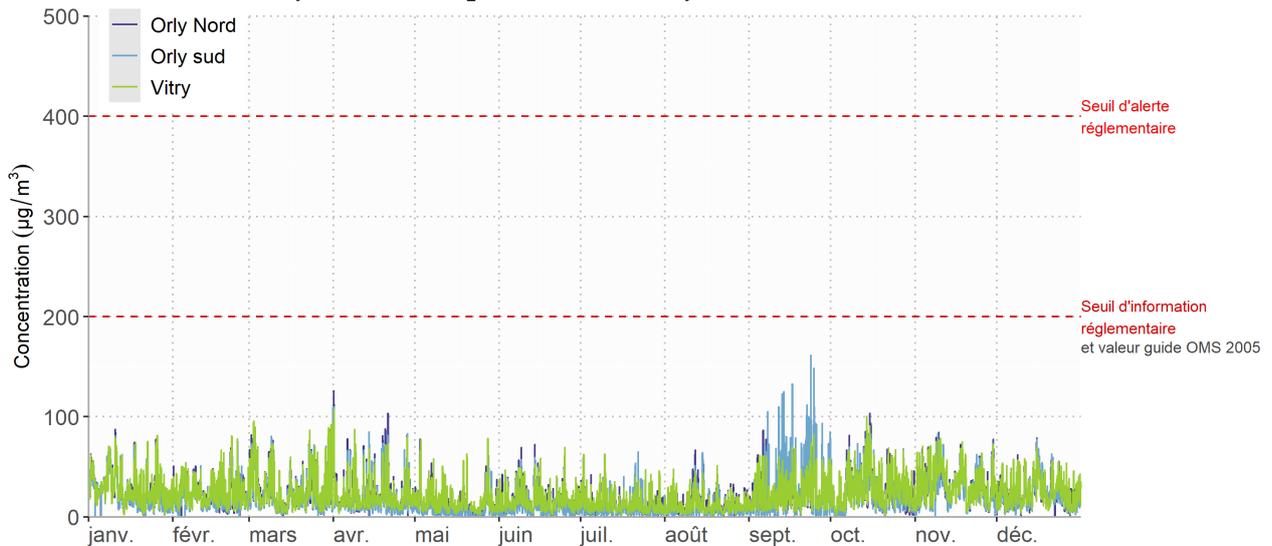
Monoxyde d'azote NO Évolution des moyennes horaires 2021



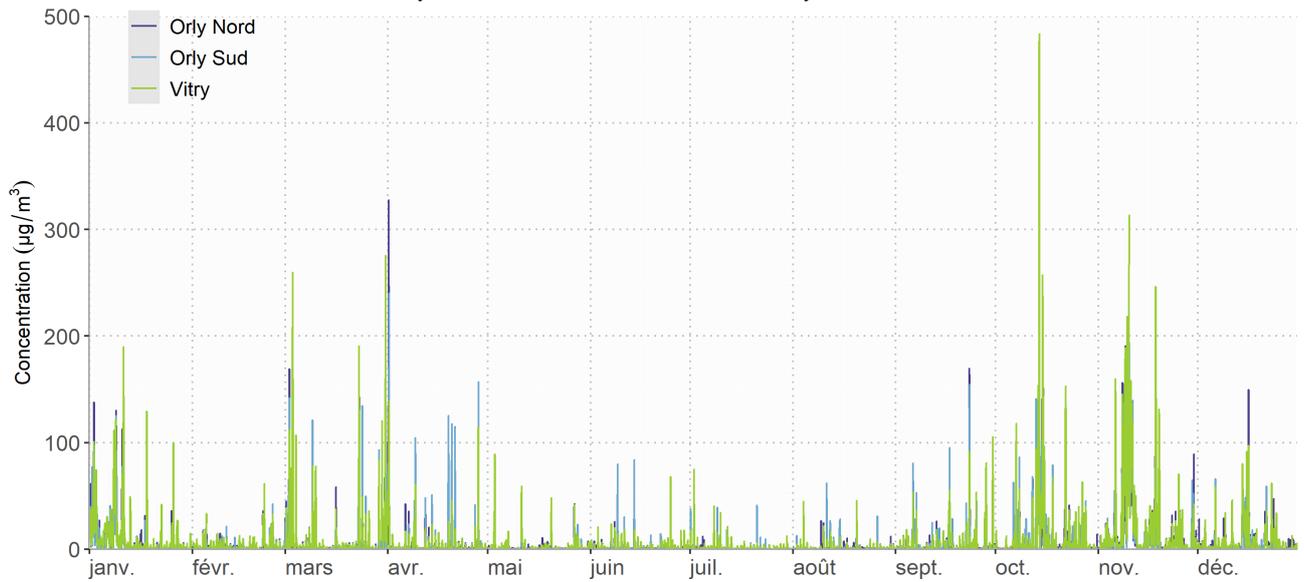
Oxydes d'azote NO_x Évolution des moyennes horaires 2021



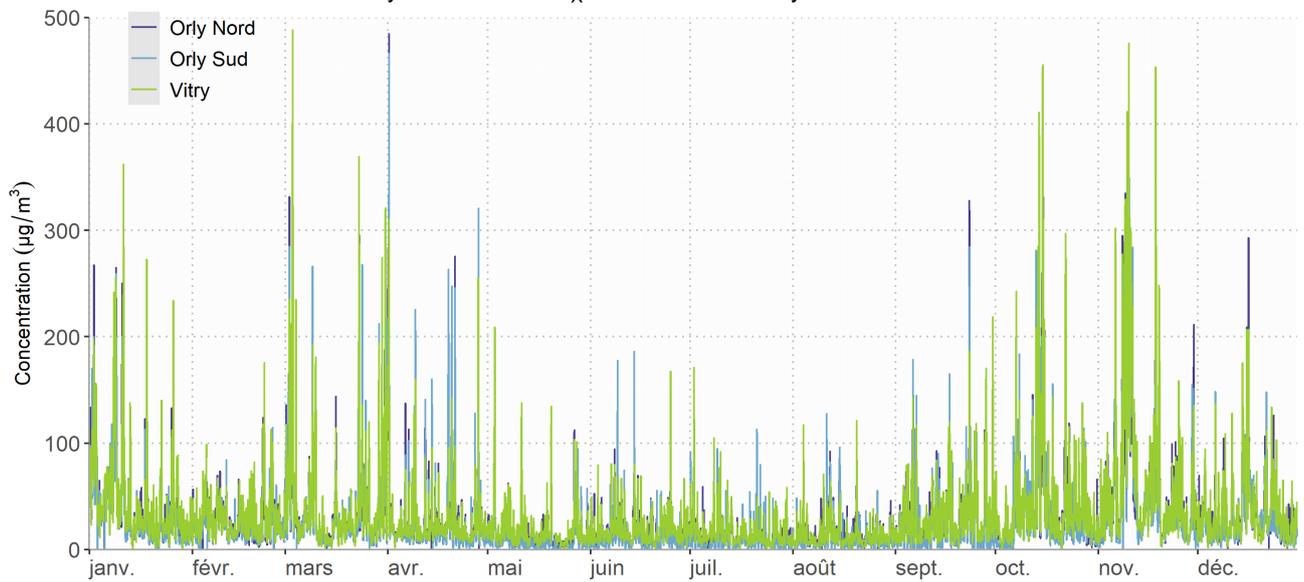
Dioxyde d'azote NO₂ Évolution des moyennes horaires 2021



Monoxyde d'azote NO Évolution des moyennes horaires 2021

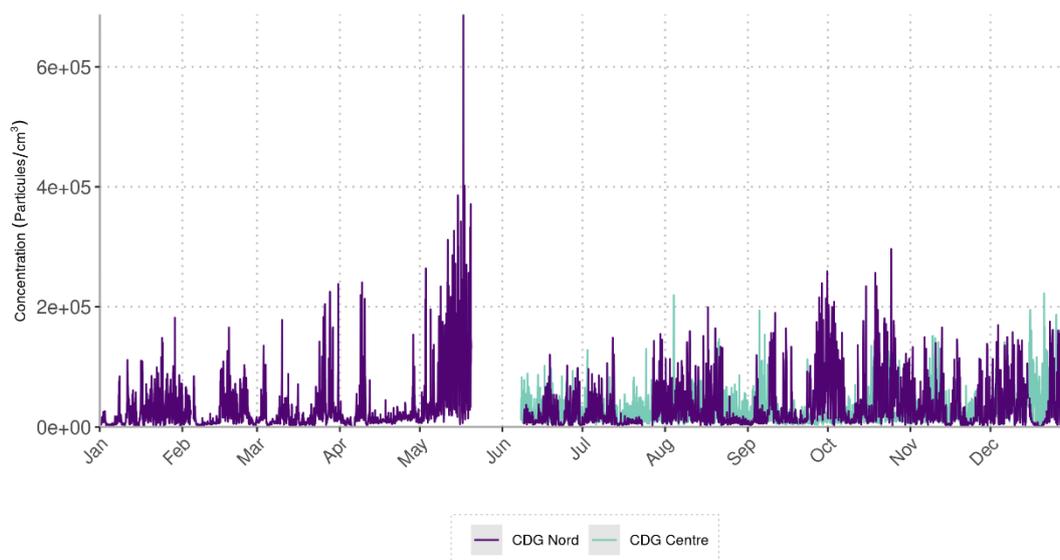


Oxydes d'azote NO_x Évolution des moyennes horaires 2021



8.2. Evolution temporelle des particules ultrafines

Particules ultrafines (PUF) - Évolution des moyennes horaires 2021



Particules ultrafines (PUF) - Évolution des moyennes horaires 2021

