



GROUPE ADP

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

PARIS-LE BOURGET

BILAN DE LA SURVEILLANCE 2022

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 règlementés	5
4. Stratégie de surveillance de la qualité de l'air ambiant	5
4.1. Méthodologie	5
4.2. Stations de surveillance	6
4.3. Matériels	7
4.4. Limite de détection et quantification des polluants gazeux et particulaires	8
4.5. Valeurs limites du Code de l'Environnement	8
4.6. Interprétation des données de surveillance air ambiant	10
4.6.1 Périodes d'agrégation	10
4.6.2 Concept de couverture des données	10
4.6.3 Concept d'épisodes de pollution	10
4.6.4 Données AIRPARIF	10
5. Bilan des mesures de qualité de l'air 2022 et historique	11
5.1. Couverture temporelle des données	11
5.2. Roses des vents	11
5.3. Oxydes d'azote (NO, NO ₂ , NO _x)	16
5.3.1 Evolutions temporelles	16
5.3.2 Evaluation des valeurs limites associés au NO ₂	17
5.4. Particules (PM ₁₀ , PM _{2,5})	19
5.4.1 Evolutions temporelles	19
5.4.2 Evaluation des valeurs limites associés aux particules et tendances pluriannuelles ..	21
6. Origine des polluants réglementés (NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5})	24
6.1. Sources de polluants mesurés à Paris-Charles de Gaulle	24
6.2. Sources de polluants mesurés à Paris-Orly	25
6.1. Sources de polluants mesurés à Paris-Le Bourget	26
7. Focus sur les particules ultrafines (PUF)	27
7.1. Etat des lieux	27
7.2. Evolutions temporelles	27
7.3. Concentrations totales en particules ultrafines	29
7.4. Concentrations totales en particules ultrafines	31
7.5. Etude Exploratoire sur la taille des particules ultrafines	35

7.6.	Conclusions et perspectives sur la surveillance des particules ultrafines	37
8.	Annexes.....	38
8.1.	Evolutions temporelles NO ₂ , NO et NO _x	38
8.2.	Evolutions temporelles des particules ultrafines	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris-Charles de Gaulle et Paris – Le Bourget.....	6
Figure 2 : Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris – Orly	6
Figure 3 : Photographie de l'intérieur d'une station.....	7
Figure 4 : Roses des vents annuelles des années 2018 à 2022 (source : Météo France)	12
Figure 5 : Roses des vents saisonnières des années 2018 à 2022 (source : Météo France).....	14
Figure 6 : Dioxyde d'azote (NO ₂) sur les plateformes Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et les environs – Evolution des maximums horaires journaliers.....	16
Figure 7 : Dioxyde d'azote (NO ₂) sur Paris-Orly et les environs – Evolution des maximum horaires journaliers ..	16
Figure 8 : Evolution des dépassements du seuil d'information NO ₂ de 2014 à 2022.....	17
Figure 9 : Evolution de la moyenne annuelle en NO ₂ de 2014 à 2022.....	18
Figure 10 : Particules PM ₁₀ sur les plateformes Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris-Le Bourget – Evolution des moyennes journalières.....	19
Figure 11 : Particules PM _{2,5} sur les plateformes Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris-Le Bourget – Evolution des moyennes journalières	20
Figure 12 : Evolution des moyennes annuelles en PM ₁₀ de 2014 à 2022	21
Figure 13 : Evolution des moyennes annuelles en PM _{2,5} de 2014 à 2022	22
Figure 14 : Evolution des dépassements du seuil d'information PM ₁₀ de 2014 à 2022	23
Figure 15 : Roses des pollutions des stations CDG Centre et CDG	24
Figure 16 : Graphique : Roses des pollutions des stations Orly Nord et Sud pour l'année 2022.....	25
Figure 17 : Graphique : Roses des pollutions des stations Paris – Le Bourget pour l'année 2022	26
Figure 18 : Particules ultrafines, évolution des moyennes journalières sur Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris, Paris - Le Bourget.....	29
Figure 19 : Distribution temporelle des concentrations totales de particules ultrafines	30
Figure 20 : Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris Charles de Gaulle.....	32
Figure 21 : Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris-Orly.....	33
Figure 22 : Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris-Le Bourget.....	34
Figure 23 : Cartographie de la plateforme Aéroport Paris-Charles de Gaulle	35
Figure 24 : Distribution granulométrique et concentration de PUF en octobre 2022 sur CDG Nord.....	36
Figure 25 : Distribution granulométrique et concentration de PUF en octobre 2022 sur CDG Centre	36
Figure 26 : Evolutions temporelles des moyennes horaires 2022 d'oxydes d'azote sur les plateformes Paris-Charles de Gaulles, Paris-Le Bourget et alentours.....	38
Figure 27 : Evolutions temporelles des moyennes horaires 2022 d'oxydes d'azote sur Paris-Orly et alentours....	39
Figure 28: Concentration moyenne horaire de PUF sur l'année 2022	40

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 ce polluant 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).

4.2. Stations de surveillance

Le réseau de mesure de la qualité de l'air sur les plateformes de Paris - Charles de Gaulle, Paris - Paris - Le Bourget et Paris - Orly comprennent cinq stations permanentes (deux par plateforme pour Paris - Charles de Gaulle et Paris - Orly et 1 station pour Paris - Le Bourget, cf. Figure 1 et Figure 2). Les stations Tremblay et Gonesse sont des stations AIRPARIF péri-urbaines et les stations Bobigny et Vitry sont des stations AIRPARIF urbaines.

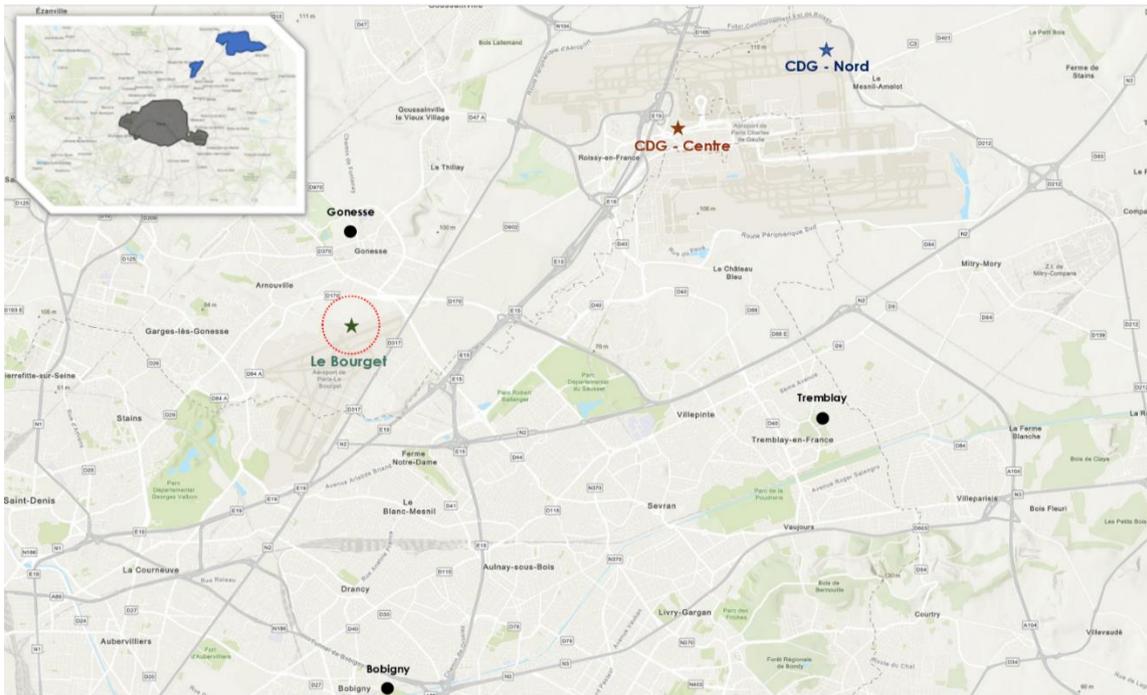


Figure 1 : Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris-Charles de Gaulle et Paris - Le Bourget

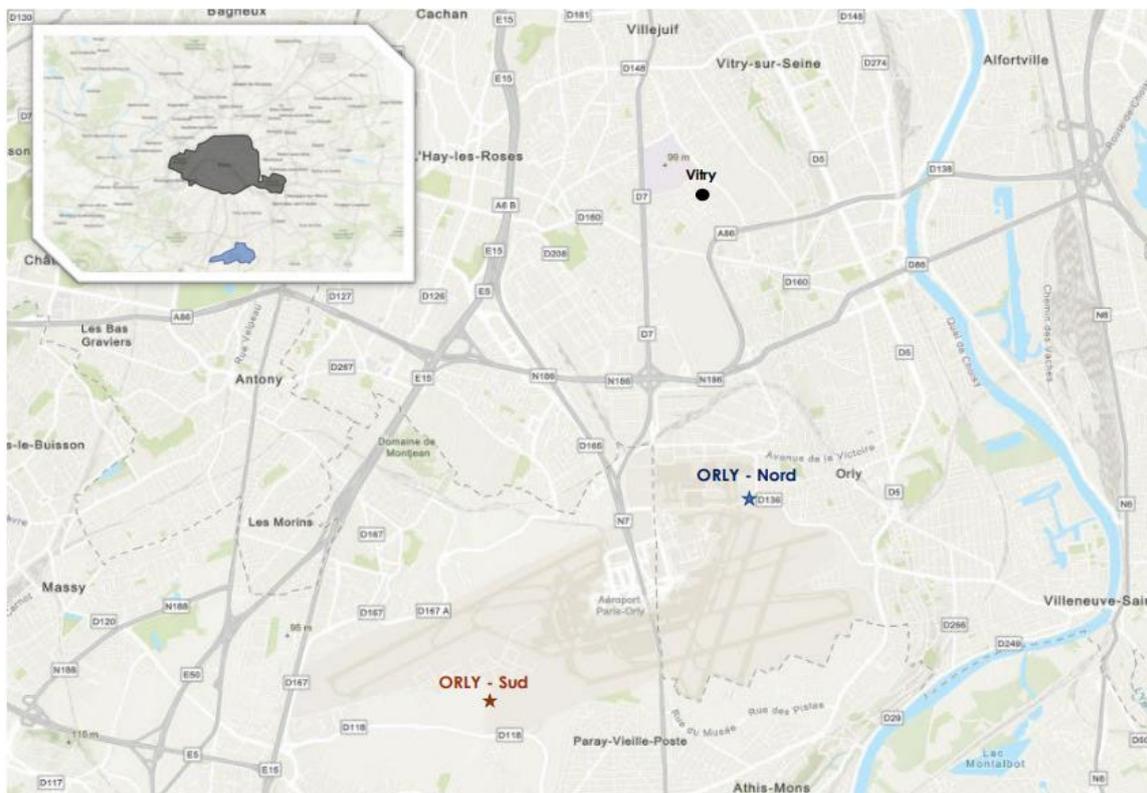


Figure 2 : Cartographie de la zone aéroportuaire de Paris - Orly

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 réglementé, 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 réglementé, au Sud du Terminal 1	NO _x , PM ₁₀ et PM _{2.5} PUF
★ Paris-Le Bourget	Située au nord de la plateforme, au niveau du seuil décalé 25	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} *

*La station de Paris-Orly Sud sera instrumentée pour la surveillance des particules ultrafines à l'horizon 2024.

4.3. 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.qall.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
PUF total	PALAS	ENVI-CPC 200
PUF Granulométrie	PALAS	SMPS



Figure 3 : Photographie de l'intérieur d'une station

4.4. Limite de détection et quantification des polluants gazeux et particulaires

La limite de détection (LD) correspond à la plus petite concentration du composé à doser que la méthode analytique est capable de détecter (mais pas de quantifier) avec un bon niveau de confiance.

La limite de quantification (LQ) est quant à elle, la plus petite concentration du composé à doser pour laquelle la méthode analytique est capable de donner une valeur quantifiée avec une bonne précision (c'est-à-dire une faible incertitude).

Entre ces deux limites, le composé est bien détecté mais mal quantifié. On peut estimer malgré tout une concentration mais l'incertitude sur la valeur quantifiée sera très importante.

Les limites de détection et quantification par polluants sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Polluants	Méthode	Limite de détection*	Limite de quantification
NO _x , NO ₂ , NO	Chimiluminescence	NO/NO ₂ : 2 nmol/mol NO _x : 4 nmol/mol	NO/NO ₂ : 6 nmol/mol NO _x : 12 nmol/mol
PM ₁₀ et PM _{2,5}	Comptage optique	1 µg/m ³	3 µg/m ³
PUF	Comptage optique	Pas de valeur consensuelle	Pas de valeur consensuelle

*Valeurs consensuelles (cf. www.lcsqa.org/)

4.5. 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
NO₂	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 2005	200 µg.m ⁻³
	Valeur guide journalière OMS 2021	25 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur limite annuelle	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS 2005	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS 2021	10 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
PM₁₀	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 2005	50 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur guide journalière OMS 2021	45 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur limite annuelle	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS 2005	20 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS 2021	15 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 2005	25 µg.m ⁻³ en moyenne journalière
	Valeur guide journalière OMS 2021	15 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 2005	10 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
	Valeur guide annuelle OMS 2021	5 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle

4.6. Interprétation des données de surveillance air ambiant

4.6.1 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.

4.6.2. 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.

4.6.3. 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 4.5) 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.

4.6.4. 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 NO_x et PM_{2,5}.
- Bobigny, située au sud des plateformes Paris-Charles de Gaulle et Paris-Le Bourget pour les données NO_x, PM₁₀ et 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 27 juillet 2023. 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 celles sur le site internet d'AIRPARIF.

5. Bilan des mesures de qualité de l'air 2022 et historique

5.1. Couverture temporelle des données

A l'exception d'ORY Sud l'ensemble des mesures réalisées en 2022 sur les plateformes de Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et Paris-Orly respecte les exigences présentées au paragraphe 4.6.2 pour le calcul des moyennes annuelles des polluants réglementés (NOx et PM).

Au cours du 3^{ème} trimestre 2022, une dérive anormale supérieure à nos critères qualité a été constaté pour les mesures NOx de la station ORY Sud* affectant le taux de disponibilité des données (données valides à moins de 85%).

	CDG Nord	CDG Centre	LBG	ORY Nord	ORY Sud
NOx	98%	99%	92%	100%	62%*
PM	97%	97%	98%	98%	97%
PUF	82%	87%	84%	89%	

Tableau 1 : Couverture temporelle des données pour l'année 2022

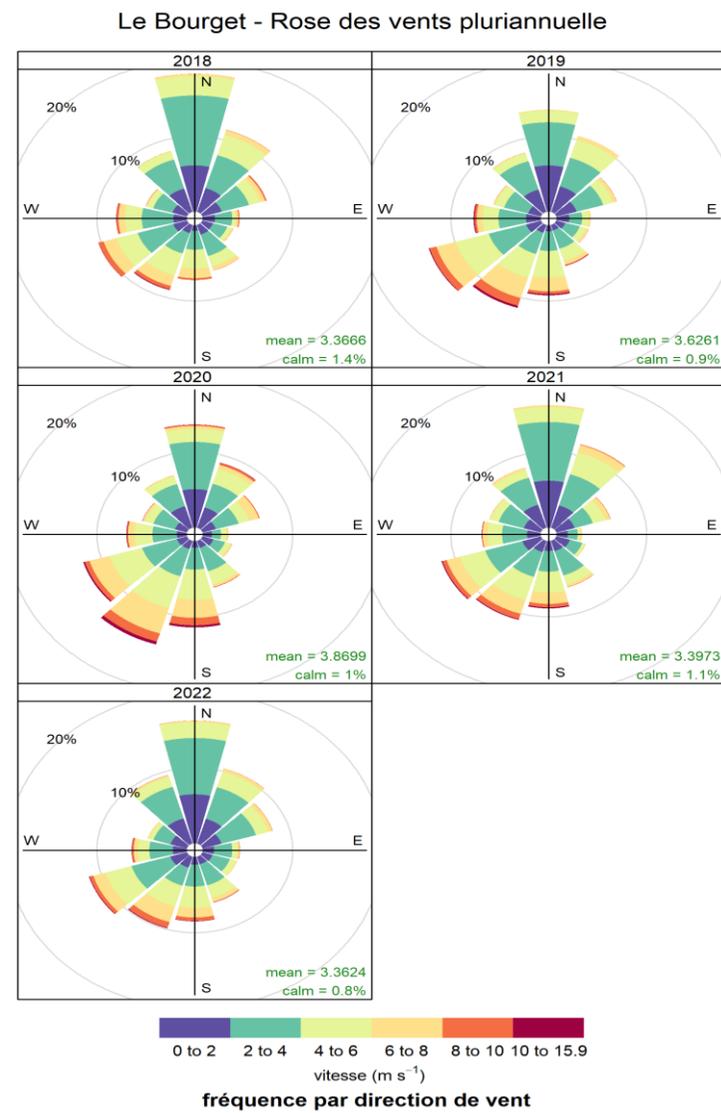
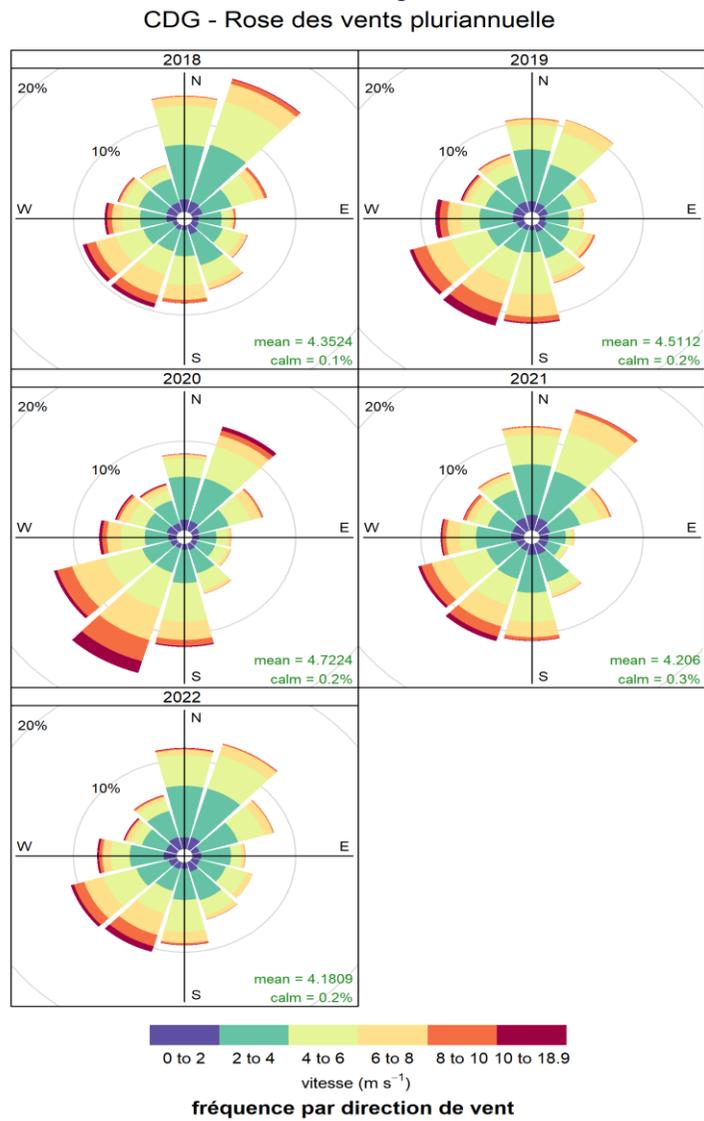
L'absence de certaines données résulte d'intervention de maintenance, d'étalonnage ou de panne d'analyseur. Ces absences de données sont détaillées dans les bilans trimestriels disponibles sur le [site internet "Entre voisins"](#).

5.2. Roses des vents

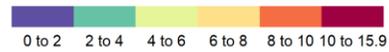
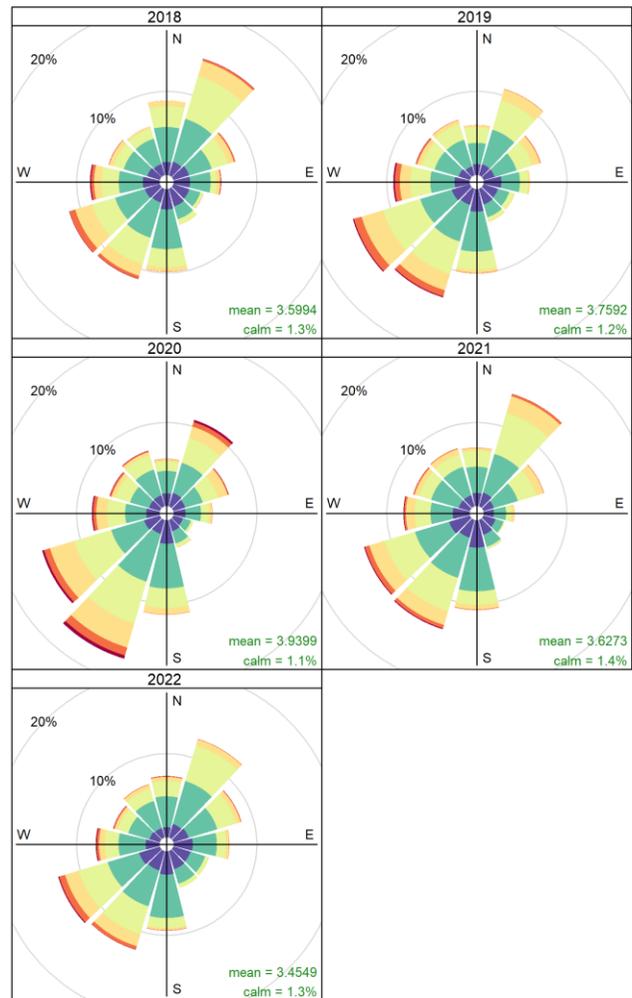
Au cours de l'année 2022, les vents dominants ont soufflé sur les plateformes d'Orly et Paris-Charles de Gaulle suivant un axe sud-ouest – nord-est. Sur la plateforme Paris- Le Bourget, les vents dominants provenaient du nord et du sud-ouest (*Figure 4* Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Par ailleurs, les trois plateformes franciliennes sont marquées par une prépondérance des vents de nord-est au printemps et en été et par une prépondérance des vents de sud-ouest en automne et hiver (*Figure 5*).

Figure 4 : Roses des vents annuelles des années 2018 à 2022 (source : Météo France)



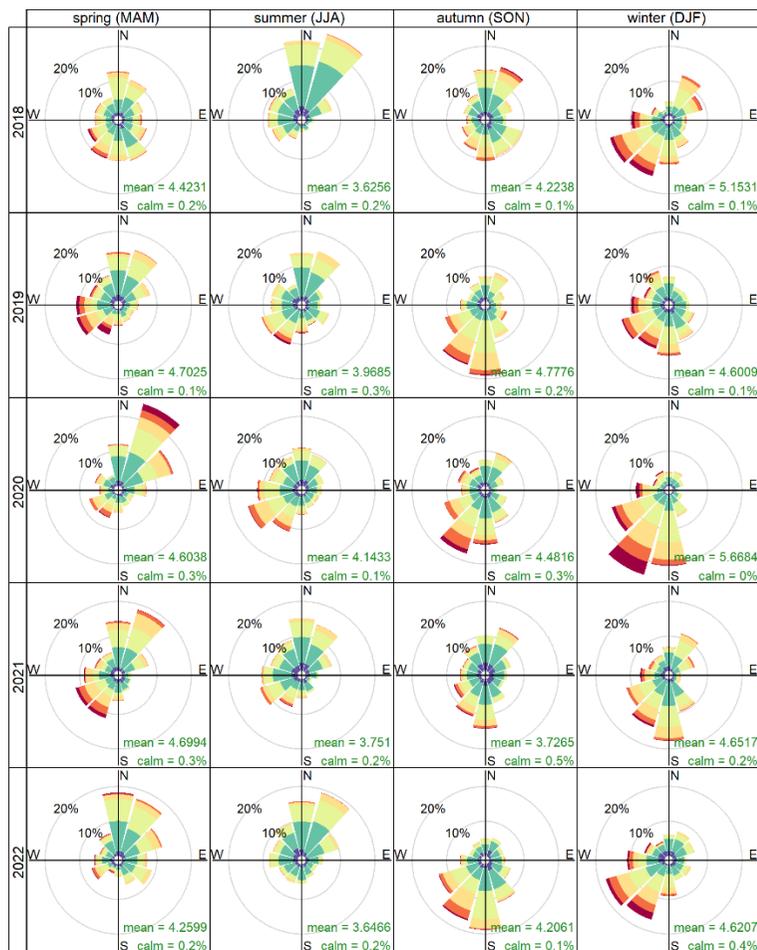
ORLY - Rose des vents pluriannuelle



fréquence par direction de vent

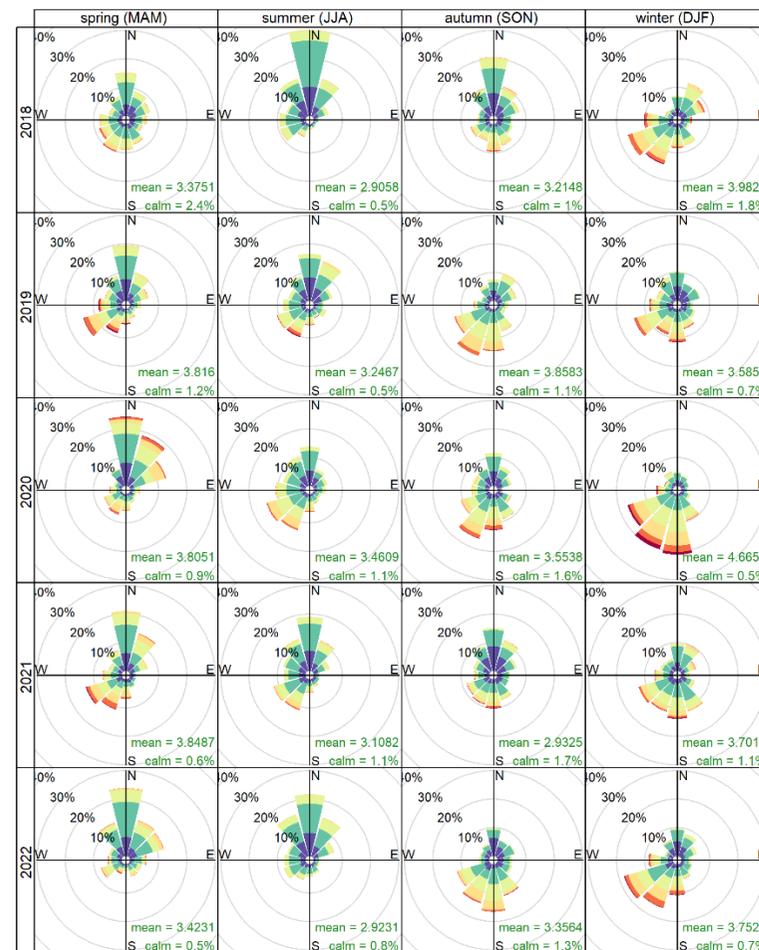
Figure 5 : Roses des vents saisonnières des années 2018 à 2022 (source : Météo France)

CDG - Roses saisonnières pluriannuelles



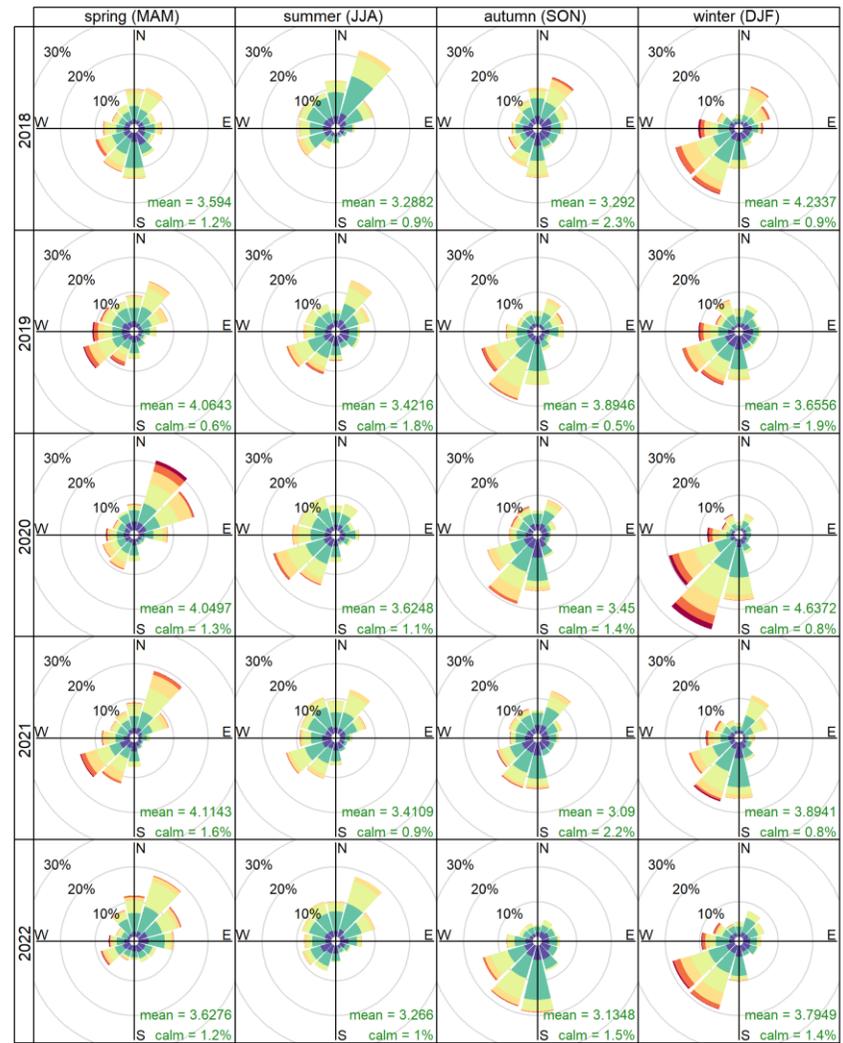
Fréquence par directions de vent

Le BOURGET Roses saisonnières pluriannuelles



Fréquence par directions de vent

ORLY - Roses saisonnières pluriannuelles



Fréquence par directions de vent

5.3. Oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x)

5.3.1 Evolutions temporelles

Les Figure 6 et Figure 7 présentent l'évolution de moyennes horaires maximales journalières en NO₂ mesurées pour l'année 2022. Les évolutions des moyennes horaires pour l'ensemble de l'année 2022 en NO_x, NO₂ et NO sont présentées en annexe. Aucun épisode de pollution régionale associé au NO₂ n'a été constaté en 2022.

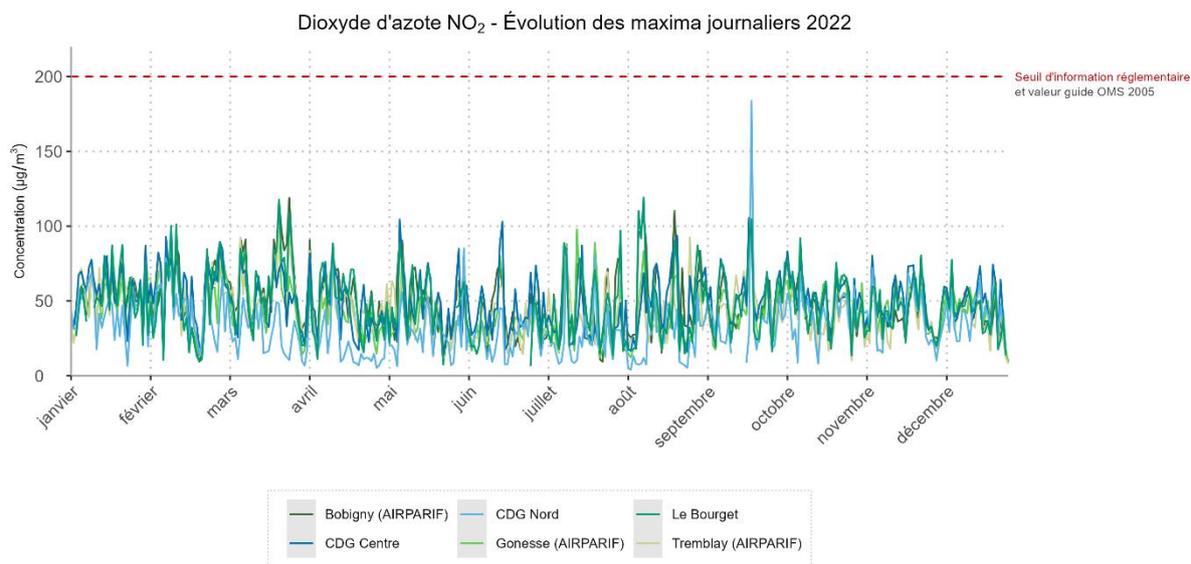


Figure 6 : Dioxyde d'azote (NO₂) sur les plateformes Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et les environs – Evolution des maximums horaires journaliers

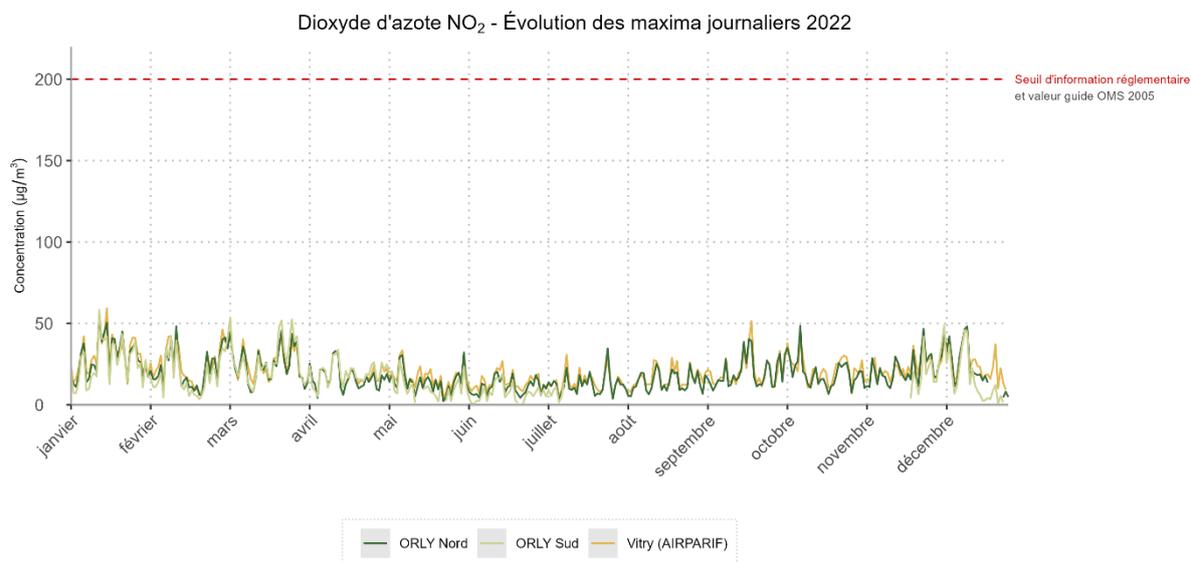


Figure 7 : Dioxyde d'azote (NO₂) sur Paris-Orly et les environs – Evolution des maximums horaires journaliers

5.3.2 Evaluation des valeurs limites associés au NO₂

Pour l'année 2022, aucun dépassement du seuil d'information (200µg/m³) n'a été constaté au sein des aéroports de Paris – Orly, Paris - Le Bourget et Paris-Charles de Gaulle (cf. Figure 8).

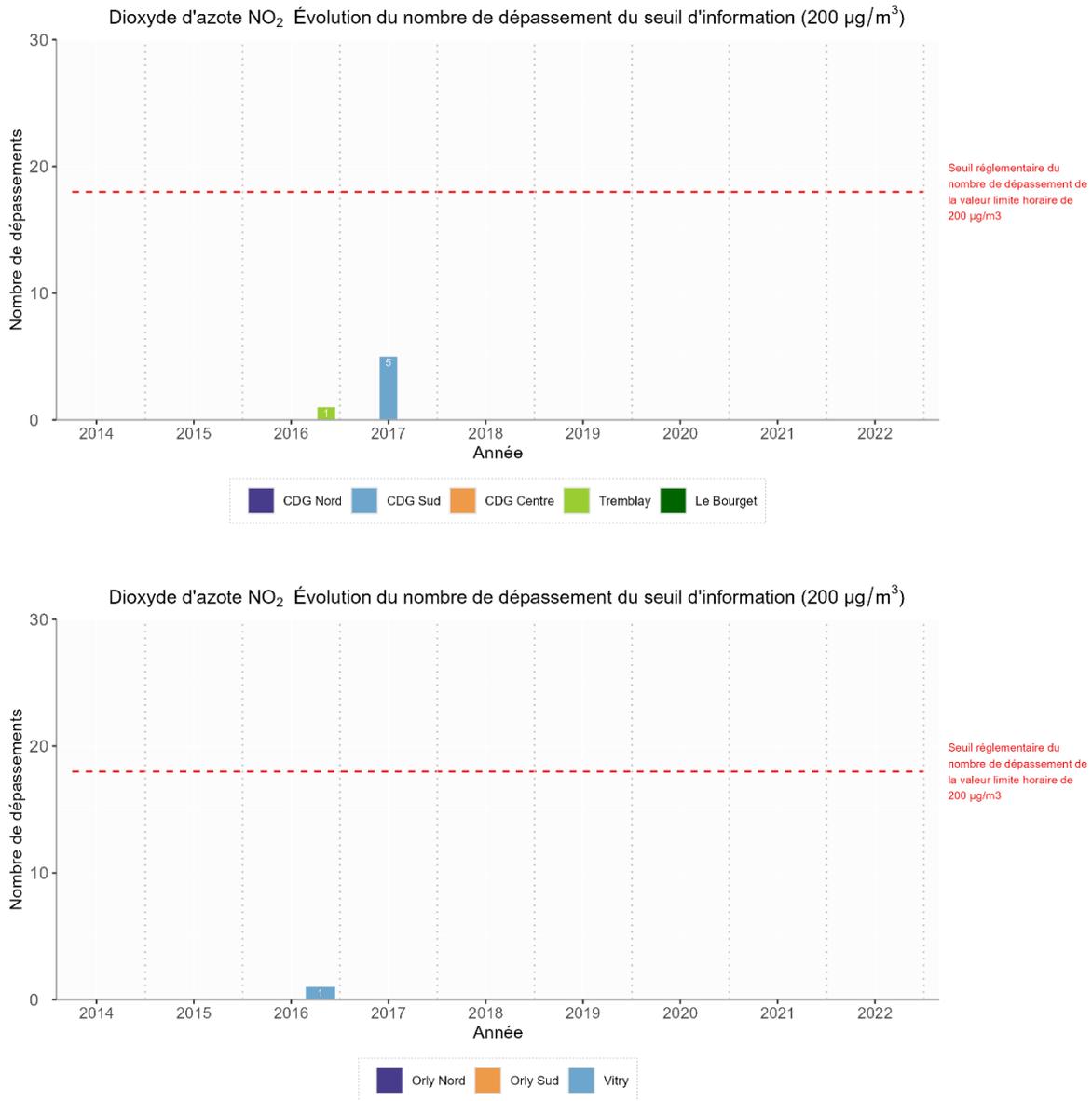


Figure 8 : Evolution des dépassements du seuil d'information NO₂ de 2014 à 2022

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).

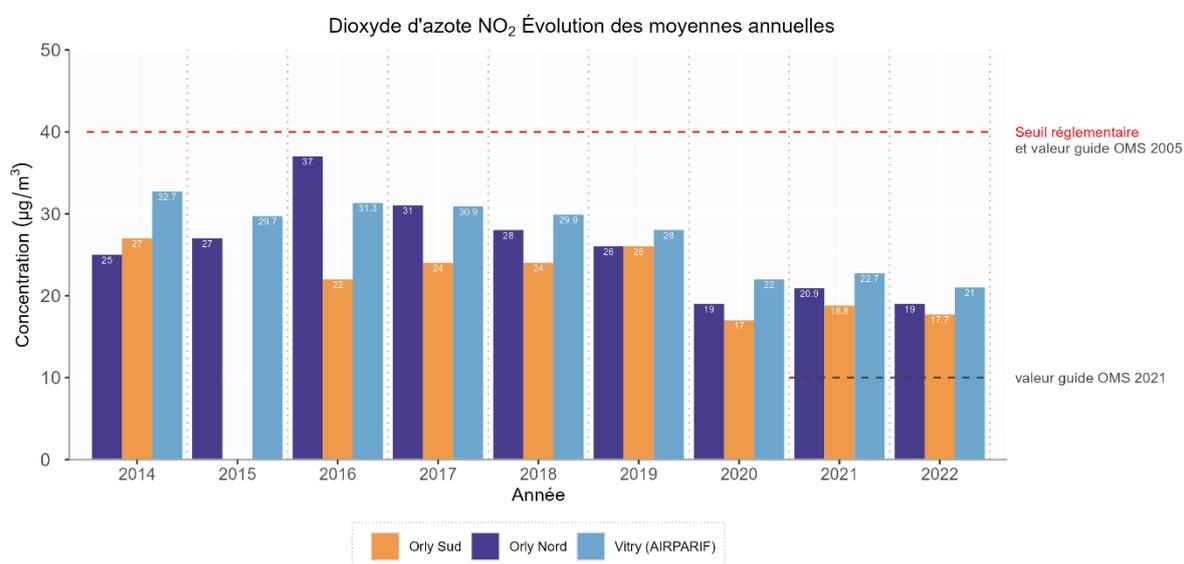
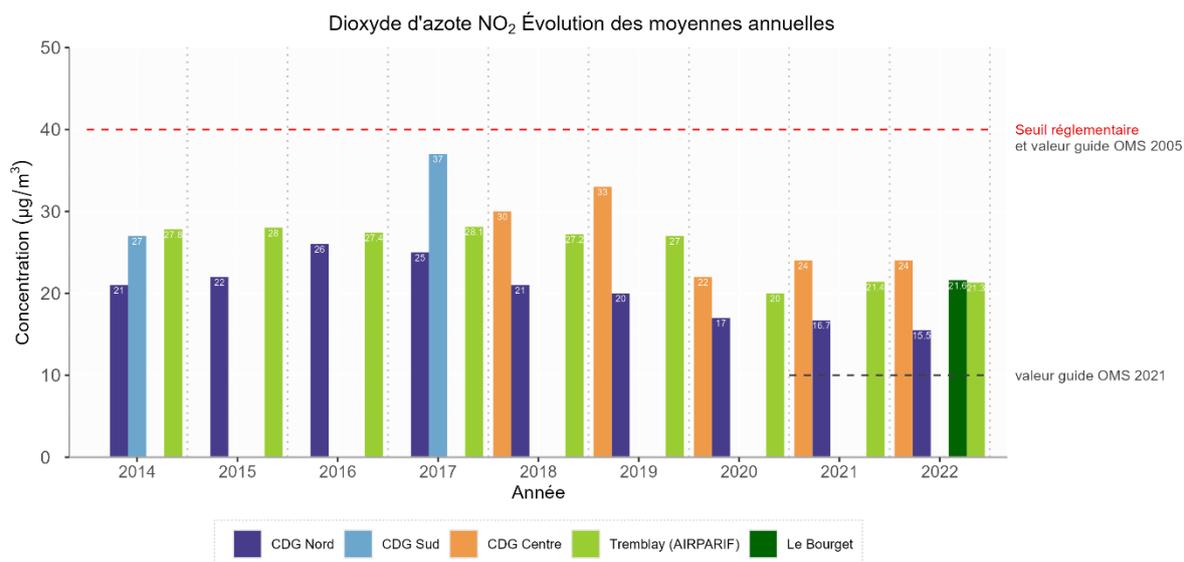


Figure 9 : Evolution de la moyenne annuelle en NO₂ de 2014 à 2022

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...). Depuis 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 2022.

En 2022, la région Ile-de-France a connu 5 épisodes de pollution régionale aux particules :

- Les 14 et 15 janvier 2022
- Les 24, 25 et 26 mars 2022

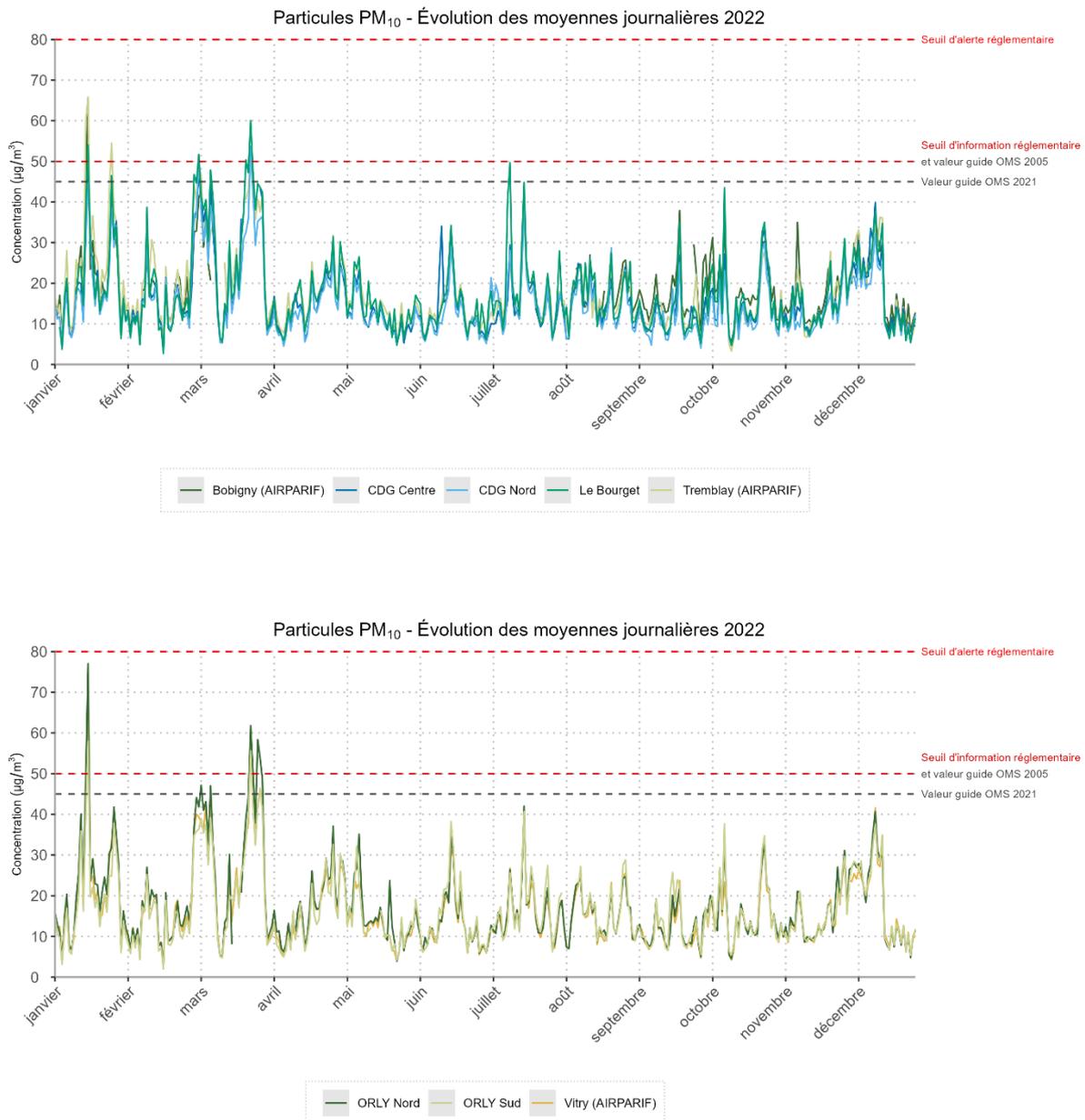


Figure 10 : Particules PM₁₀ sur les plateformes Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris-Le Bourget – Evolution des moyennes journalières

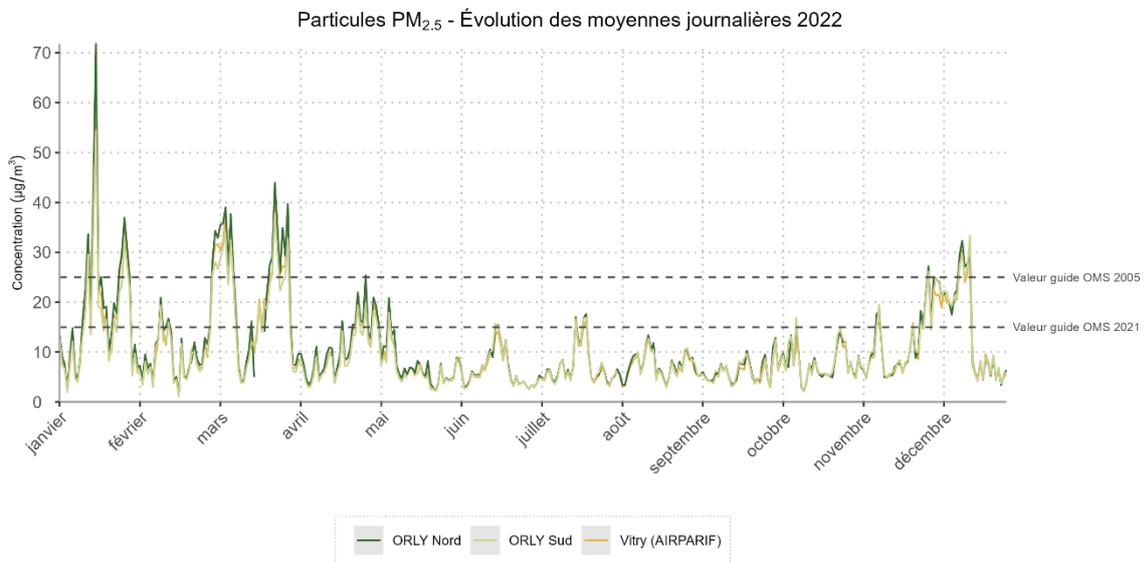
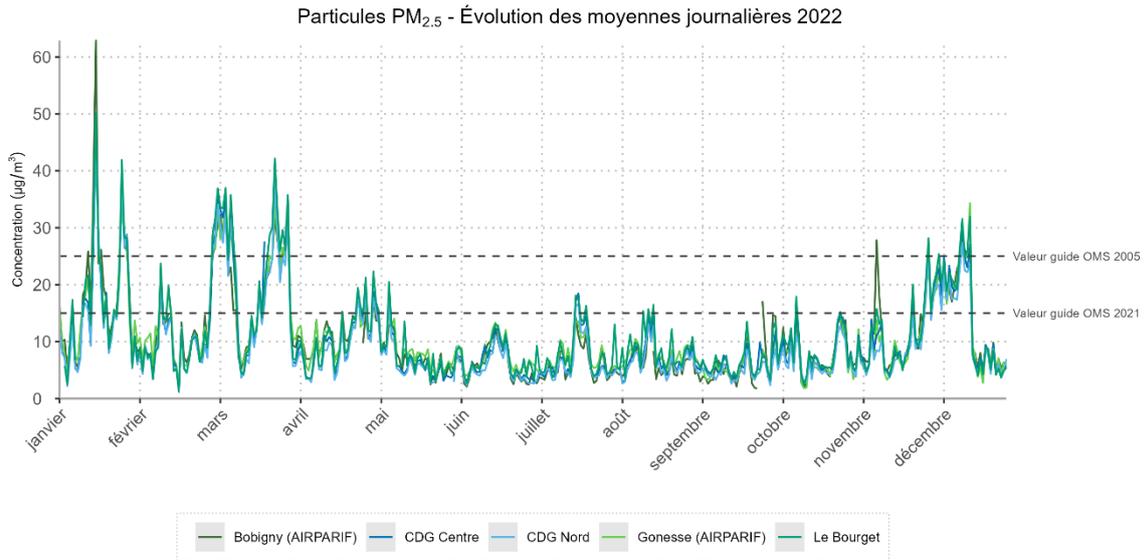


Figure 11 : Particules PM_{2.5} sur les plateformes Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris-Le Bourget – Evolution des moyennes journalières

5.4.2 Evaluation des valeurs limites associés aux particules et tendances pluriannuelles

Pour l'année 2022, les seuils réglementaires en moyenne annuelle pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} ont été respectés aux aéroports de Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget (Figure 12 et Figure 13). Néanmoins après une baisse des niveaux en 2020 en raison de la crise COVID, les niveaux depuis 2021 remontent et atteignent 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 trois plateformes ainsi qu'à l'échelle régionale.

Par ailleurs, le seuil de dépassement de la valeur limite journalière PM₁₀ (Moyenne horaire de 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) n'a pas été dépassé en 2022 sur l'ensemble des plateformes (Figure 14).

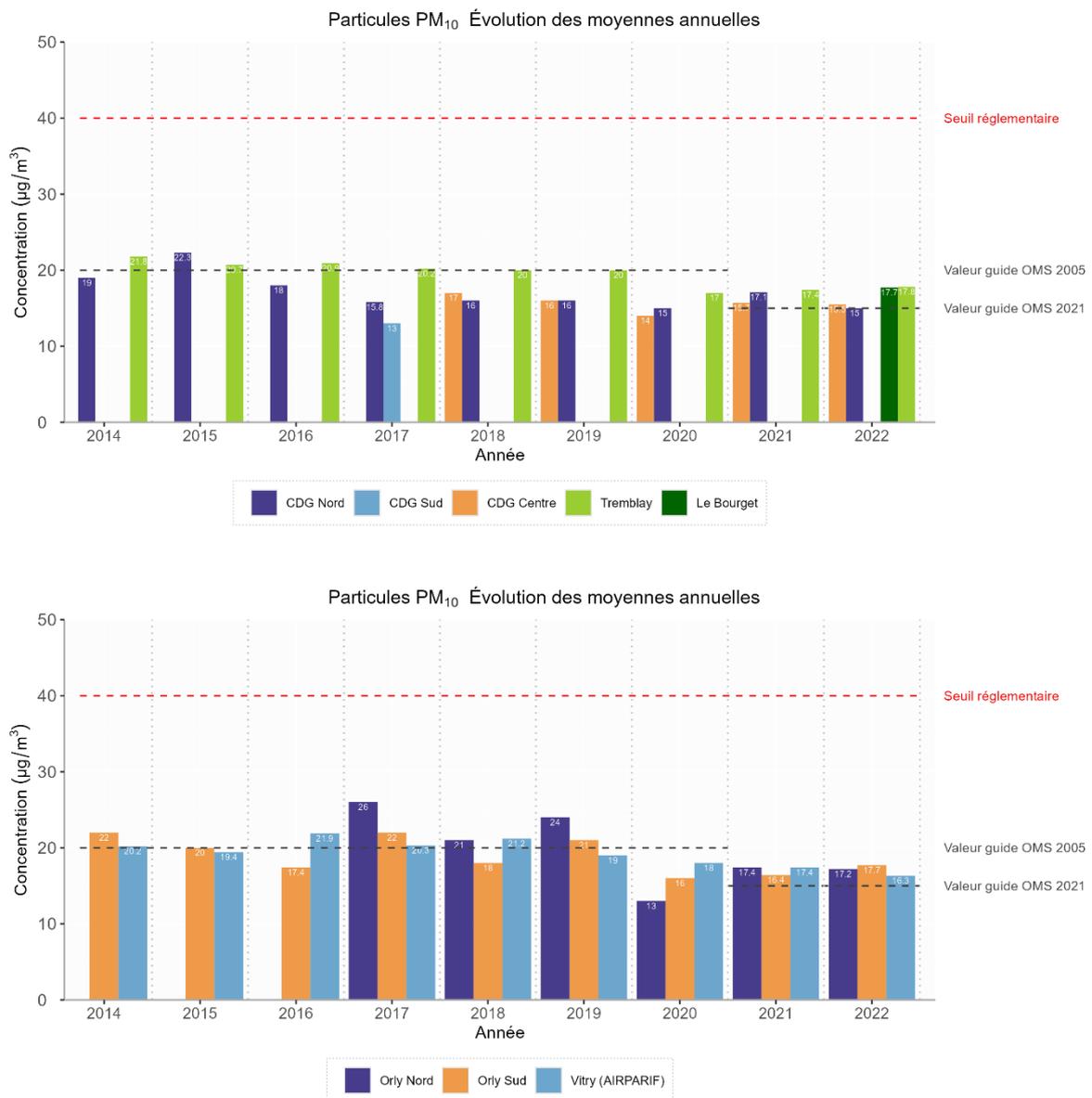


Figure 12 : Evolution des moyennes annuelles en PM₁₀ de 2014 à 2022

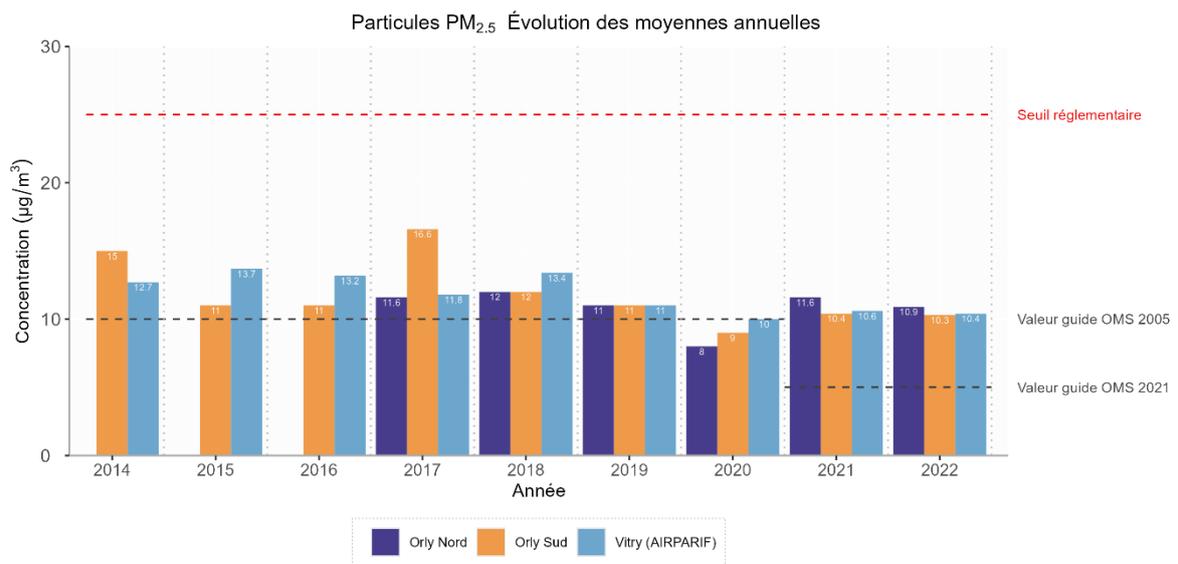
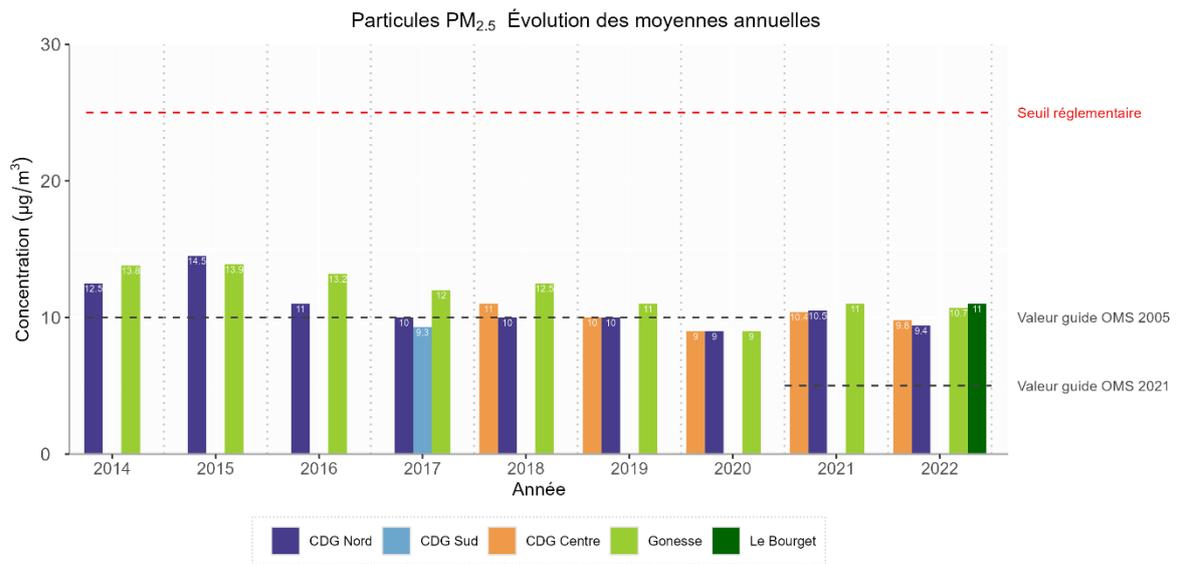


Figure 13 : Evolution des moyennes annuelles en PM_{2.5} de 2014 à 2022

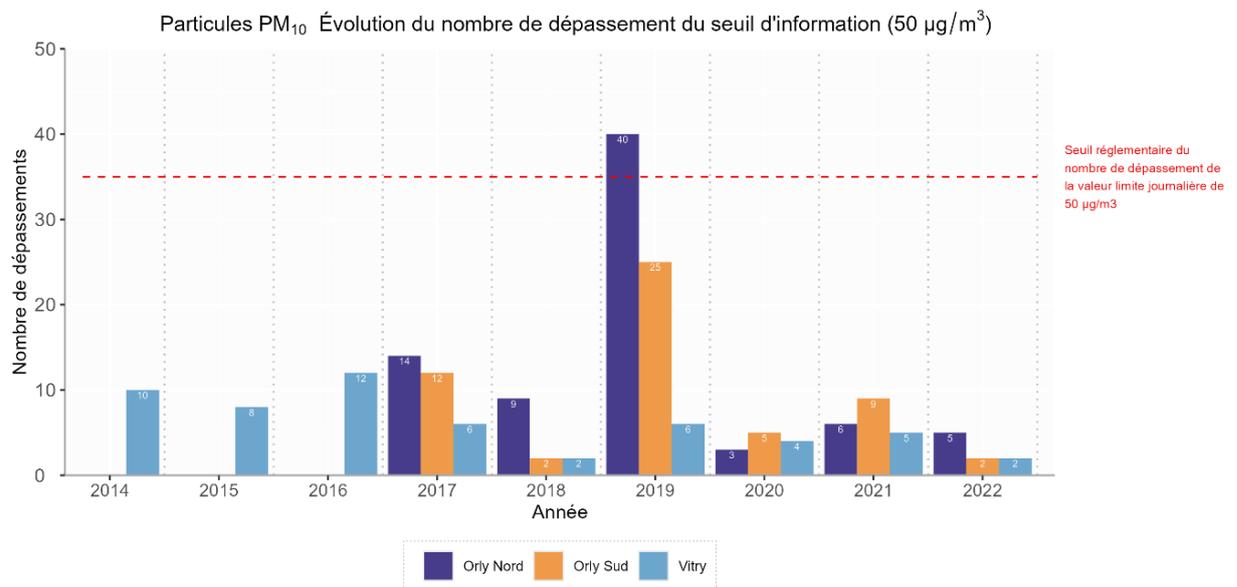
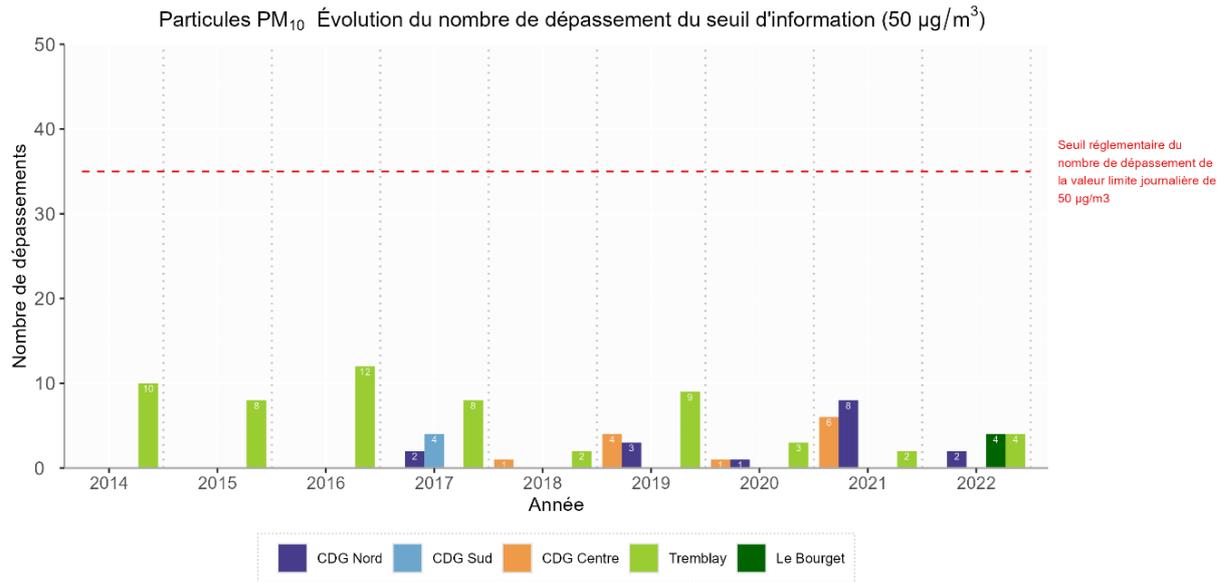


Figure 14 : Evolution des dépassements du seuil d'information PM₁₀ de 2014 à 2022

6. Origine des polluants réglementés (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5})

6.1. Sources de polluants mesurés à Paris-Charles de Gaulle

La Figure 15 présente les roses de pollution associées au NO₂ et aux particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) pour les deux sites instrumentés de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle. Ces roses associent pour chaque direction et force du vent une concentration moyenne en NO₂ pour l'année 2022. Il est ainsi possible d'identifier la provenance majoritaire du NO₂ mesuré sur chaque station.

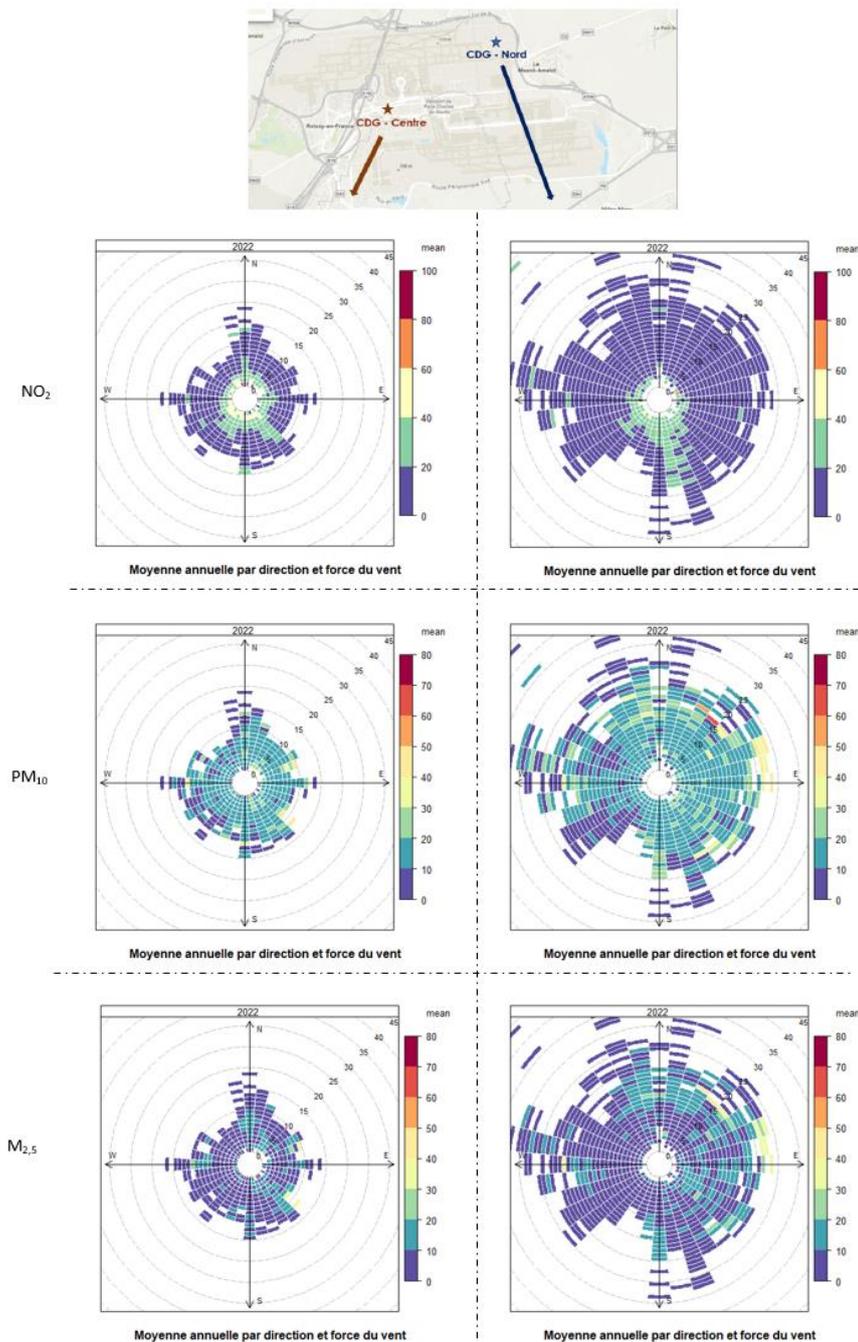


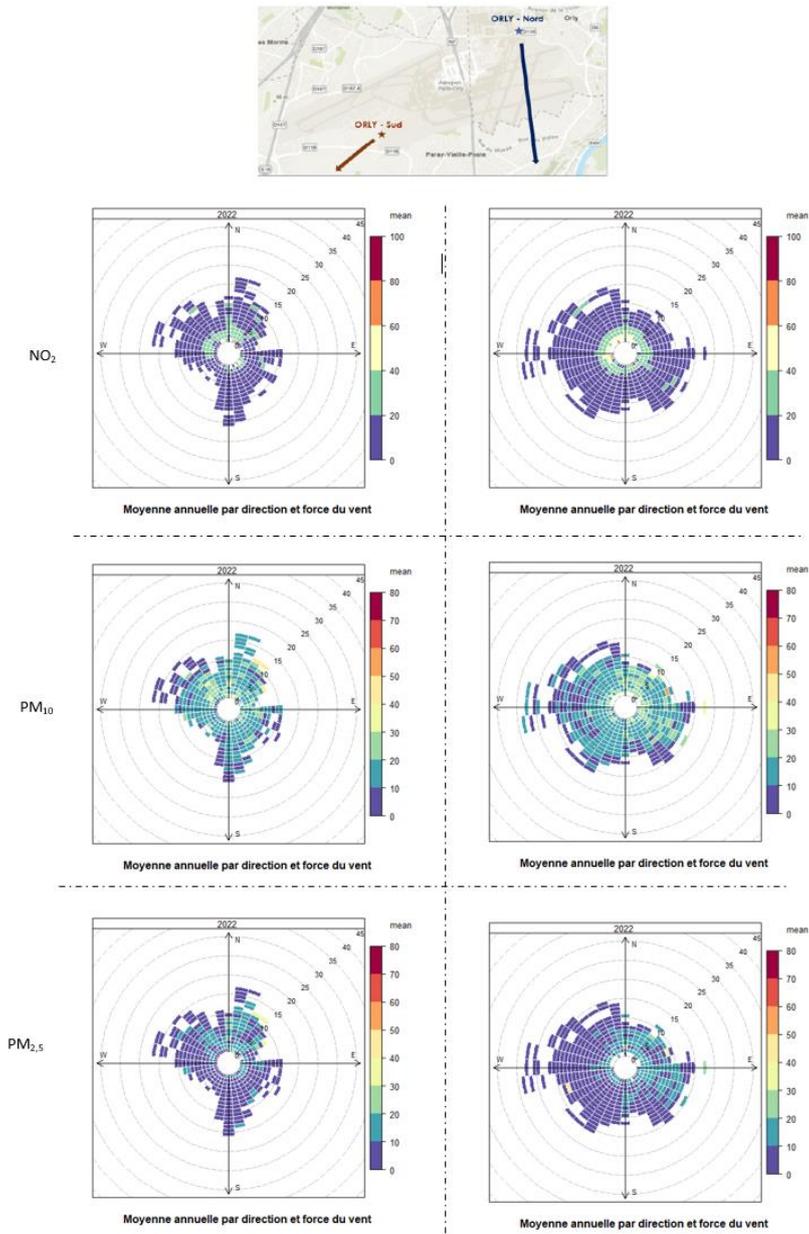
Figure 15 : Roses des pollutions des stations CDG Centre et CDG Nord en NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5} pour l'année 2022

Station Centre : Les concentrations maximales de NO₂ ont des origines locales multidirectionnelles pouvant être associées au positionnement de la station à la croisée des principales routes desservant la plateforme aéroportuaire. Les concentrations observées par des vents de secteur sud-ouest soulignent également l'impact des émissions associées aux véhicules empruntant l'autoroute A1. Pour les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}), des observations similaires peuvent être faites sur leurs origines, avec, en complément, une contribution importante de sources par vent de secteur nord-est-sud (cœur de plateforme).

Station Nord : Pour la station CDG Nord, les mesures en NO₂ sont majoritairement impactées par les vents en provenance du cœur de la plateforme (vent de secteur sud-ouest) et du terminal 2 (vent de secteur sud). Par ailleurs, les pistes à l'ouest de la station CDG Nord ne semble pas occasionner une augmentation des concentrations moyennes associées. Pour les particules, les roses de pollution font très nettement ressortir la multiplicité des sources locale avec notamment par secteur de vent nord-est, l'impact en particules PM₁₀ des travaux de terrassement liés au prolongement de l'A104 pour le contournement est de la plateforme.

6.2. Sources de polluants mesurés à Paris-Orly

La Figure 16 présente les roses de pollution associées au NO₂ et particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) pour les deux sites de l'aéroport Paris-Orly.



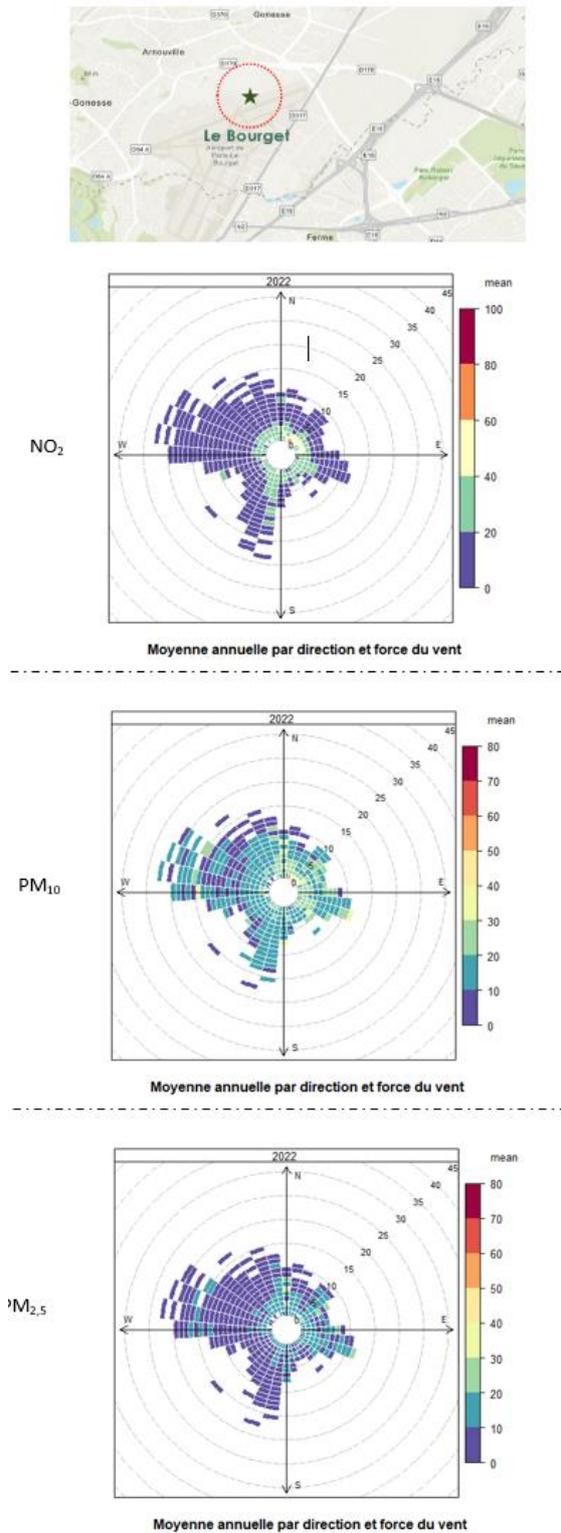
Station Sud : Les concentrations de NO₂ mesurées proviennent principalement de sources locales avec pour origine le cœur de la plateforme et la nationale N7. En complément, on observe une contribution ponctuelle des émissions de l'autoroute A6 à l'ouest de la plateforme. Des observations similaires peuvent être faites sur l'origine des particules (PM₁₀ et PM_{2,5})

Station Nord : Les concentrations maximales de NO₂ ont des origines locales multidirectionnelles. Pour les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}), les concentrations maximales ont également des origines locales multidirectionnelles mais également des origines plus lointaines, lié à l'enclavement urbain de Paris-Orly et donc à la multiplicité des sources d'émissions

Figure 16 : Graphique : Roses des pollutions des stations Orly Nord et Sud pour l'année 2022

6.1. Sources de polluants mesurés à Paris-Le Bourget

La Figure 17 présente les roses de pollution associées au NO₂ et particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) pour le site de l'aéroport Paris-Le Bourget.



Pour la plateforme Paris- Le Bourget, les mesures en NO₂ sont majoritairement impactées par les vents en provenance du cœur de la plateforme (vent de secteur sud- sud-ouest).

Par ailleurs, pour les particules les roses de pollution font très nettement ressortir la multiplicité des sources locale notamment le cœur de la plateforme pour les PM₁₀.

Figure 17 : Graphique : Roses des pollutions des stations Paris – Le Bourget pour l'année 2022

7. Focus sur les particules ultrafines (PUF)

7.1. Etat des lieux

Au travers du projet européen OLGA qui vise à concevoir l'aéroport durable de demain, le laboratoire du Groupe ADP contribue et ce pour les 5 prochaines années à l'amélioration des connaissances scientifiques sur les particules ultrafines (PUF). Outre leur composition chimique, l'identification des contributions des sources d'émissions en zones aéroportuaires sur la qualité de l'air urbaine locale sera étudié.

Par ailleurs, AIRPARIF ne dispose pas, à ce jour, de réseau de surveillance des particules ultrafines permettant de comparer les niveaux mesurés sur les plateformes franciliennes aux concentrations mesurées en fond urbain. Néanmoins AIRPARIF mène depuis 2020 une étude visant à évaluer la variabilité spatiale et temporelle des niveaux en nombre et en classes granulométriques des PUF dans différents environnements en Ile-de-France^{1,2}.

Les deux premières campagnes [AIRPARIF](#) ont permis de documenter les niveaux en situation de fond (zones résidentielles urbaines et rurales) et à proximité du trafic routier.

En situation de fond francilien, une variabilité importante du nombre de particules a pu être mise en évidence, avec les niveaux les plus bas obtenus en zone rurale (~2700 part/cm³) contre des concentrations plus élevées comprises entre 6600 et 9300 part/cm³ sur les sites urbains instrumentés.

La seconde campagne [AIRPARIF](#) a quant à elle permis de mettre en évidence que le niveau de particules ultrafines à proximité du trafic routier était nettement supérieur à ceux observés en fond urbain, avec un facteur de 2,5 à 6 fois plus important (entre 16 000 et 53 000 part/cm³ selon le type d'axe routier).

Au cours de l'année 2022, ADP a contribué, financièrement et matériellement, à ces campagnes de mesures visant à documenter la variabilité spatiale et temporelle des particules ultrafines à proximité des plateformes aéroportuaires. Ces résultats paraîtront en 2024 sur le site d'[AIRPARIF](#).

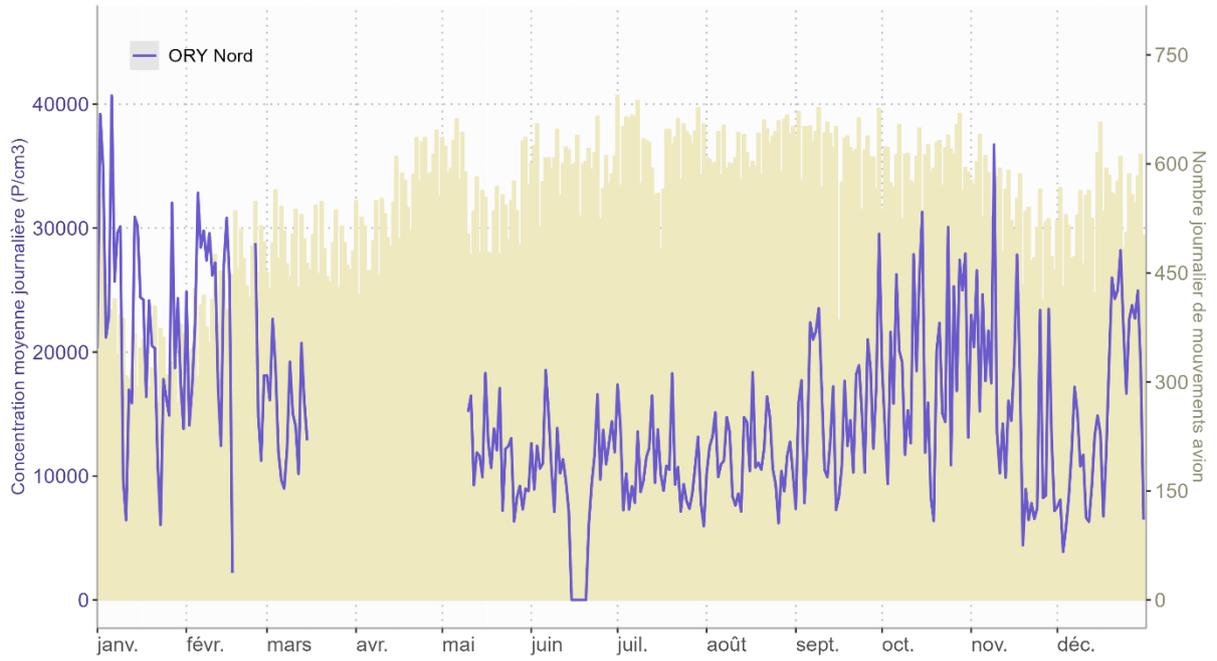
7.2. Evolutions temporelles

En l'absence de réglementation spécifique concernant les particules ultrafines (seuils, valeurs guides, recommandations), l'évolution des particules ultrafines est présentée en moyennes journalières associées au nombre de mouvements avions quotidiens (*Figure 18*). Les évolutions des moyennes horaires pour l'ensemble de l'année 2022 sont présentées en annexe.

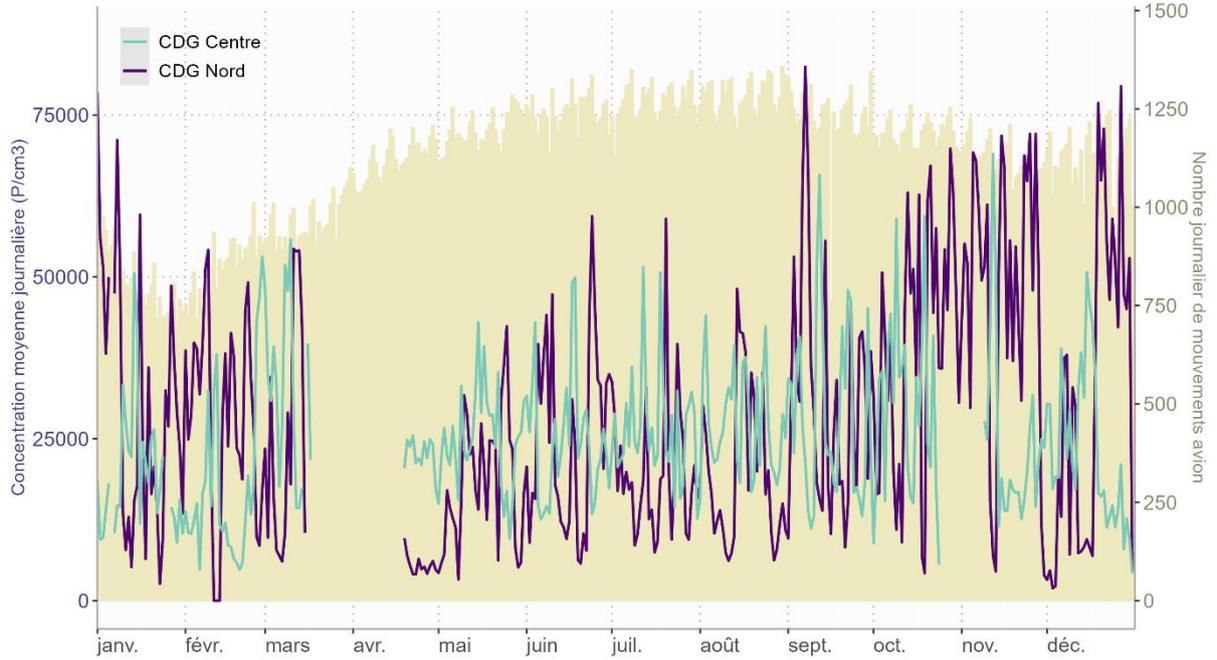
¹ [Campagne de mesure sur les particules ultrafines - été 2021 | Airparif](#)

² [Campagne de mesure francilienne sur les particules ultrafines - Hiver 2020 -2021 | Airparif](#)

Évolution des concentration en particules ultrafines et du nombre de mouvements avion - 2022



Évolution des concentration en particules ultrafines et du nombre de mouvements avion - 2022



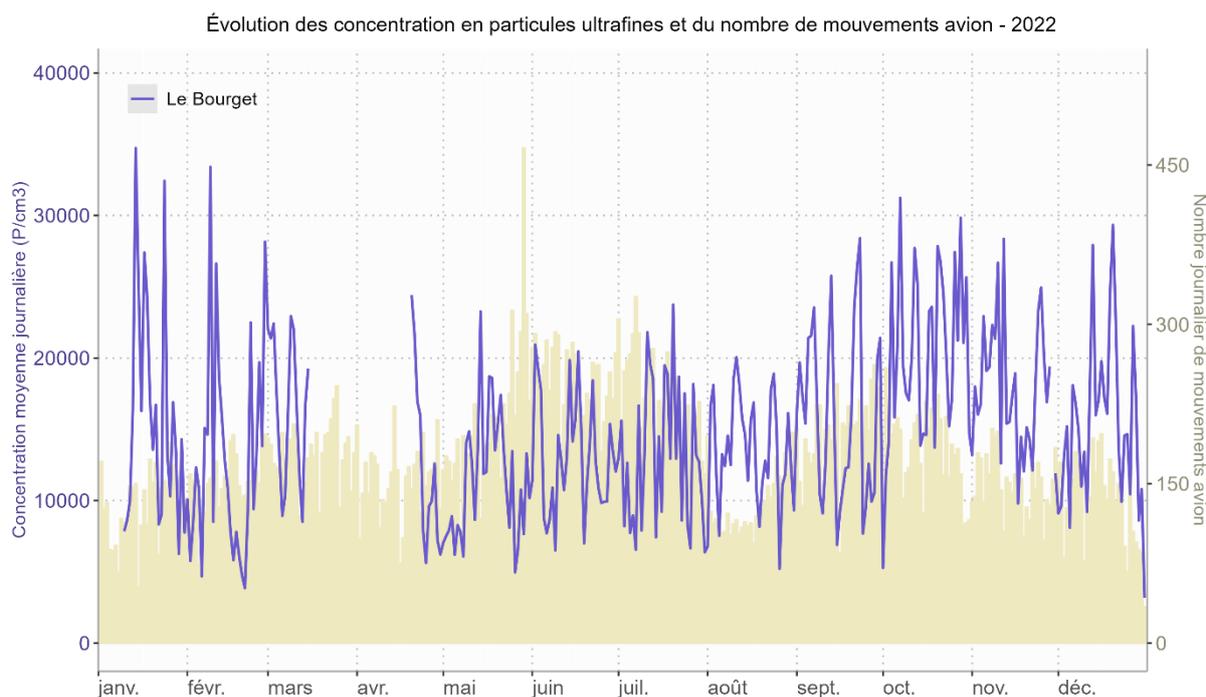


Figure 18 : Particules ultrafines, évolution des moyennes journalières sur Paris-Orly, Paris-Charles de Gaulle et Paris, Paris - Le Bourget

Bien que les émissions avions soient une source contributrice connue, comme toutes les sources de combustion, ces graphiques ne montrent pas de lien direct entre les concentrations moyennes journalière de particules ultrafines et le nombre de mouvement avions journaliers. Cela s'explique par la dépendance des concentrations à l'ensemble des sources d'émissions sur et à proximité des plateformes aéroportuaires mais également à la météorologie.

7.3. Concentrations totales en particules ultrafines

La Figure 19 présente les profils journaliers, hebdomadaire et mensuels des concentrations de particules ultrafines sur les stations de CDG Nord, CDG Centre, Le Bourget et ORY Nord simultanément sur l'année 2022.

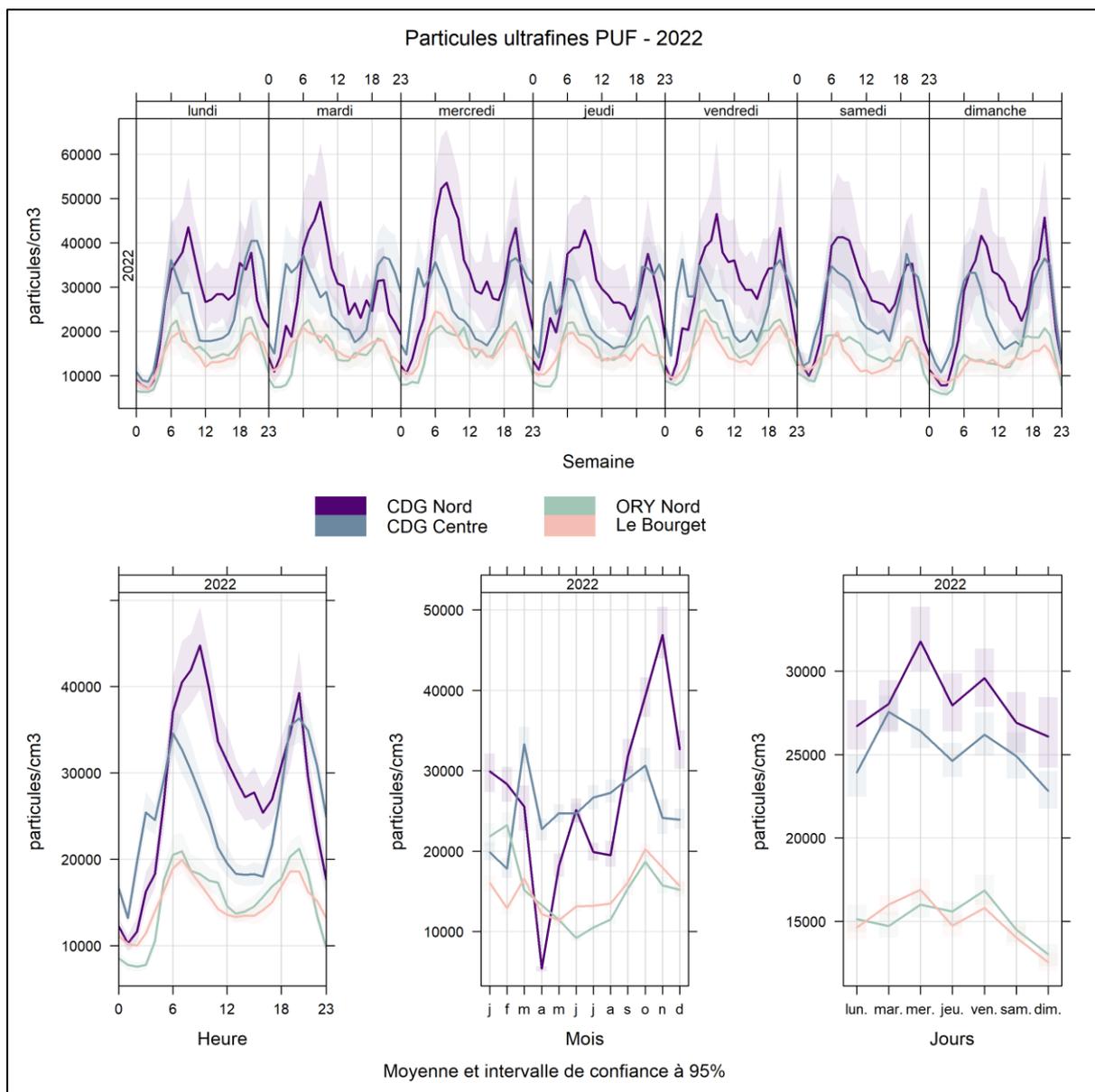


Figure 19 : Distribution temporelle des concentrations totales de particules ultrafines

Ces graphiques montrent des concentrations significativement plus faibles à Paris-Orly et Paris-Le Bourget que sur les stations de Paris- Charles de Gaulle. Cela, pourrait résulter d'une activité aéroportuaire plus importante sur Paris-Charles de Gaulle et par la proximité des stations vis-à-vis des sources.

Mouvements avion	Paris-Charles de Gaulle	Paris-Orly	Paris-Le Bourget
Année 2022	409 122	198 622	64 061

Tableau 2 : nombre de mouvement avions en 2022 sur les différentes plateformes

La station CDG Centre se situe proche du terminal 1, de VCA (voies circulations avion) et de principales routes desservant la plateforme aéroportuaire (dont l'autoroute A1). Elle se situe donc à l'intersection entre différentes activités émettrices aéroportuaires. La station CDG Nord quant à elle se trouve dans l'axe d'une piste de décollage (à l'ouest) pouvant contribuer aux émissions. On observe également une hausse des niveaux de particules ultrafines aux heures de pointe et une diminution le weekend.

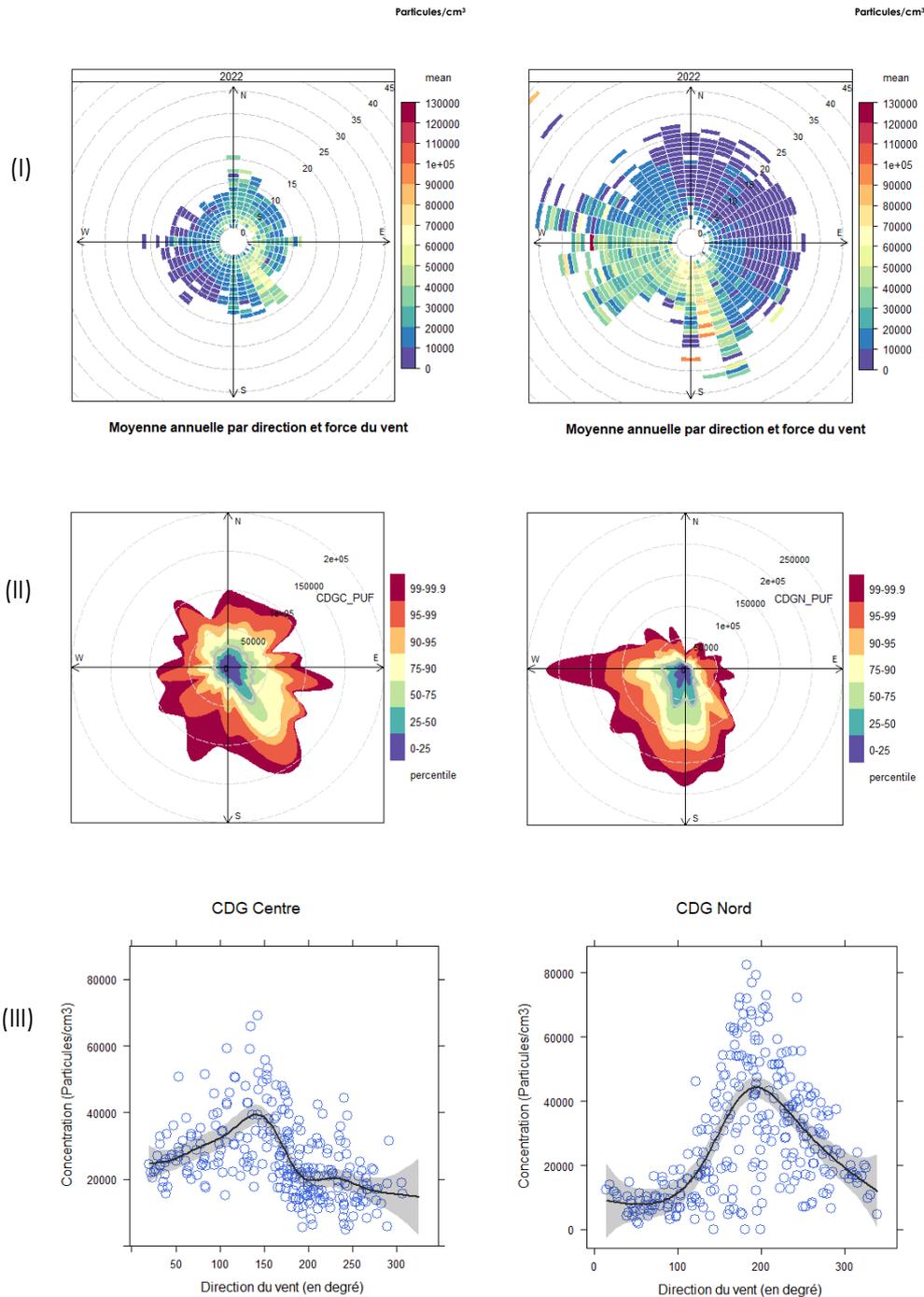
Par ailleurs, concernant les plateformes de Paris-Le Bourget et Paris-Orly, nous observons des niveaux de particules ultrafines similaires tandis que l'activité de Paris-Orly est nettement supérieure à celle de Paris-le Bourget. Cela pourrait s'expliquer par la localisation des stations de mesure. En effet la station de Paris-Le Bourget se situe dans l'axe d'une des pistes de décollage/atterrissage permettant de mesurer des concentrations de PUF plus importante que la station Orly Nord qui est plus éloignée des pistes.

7.4. Concentrations totales en particules ultrafines

Les *Figure 20*, *Figure 21*, *Figure 22* présentent pour les trois plateformes, respectivement :

- (I) Les roses de pollution associant pour chaque direction et force du vent une concentration moyenne ($1/4$ horaire) pour l'année 2022.
- (II) Les concentrations exprimées en percentiles (de 0 à 100%) pour chaque direction de vents observée sur l'année 2022. Ce graphique donne, pour chaque direction de vents, une concentration selon laquelle, un percentile donné (gamme de couleurs) de concentrations (ordonnées de la valeur la plus faible à la plus importantes) sont inférieures.
- (III) La distribution des moyennes journalières en particules ultrafines selon la direction du vent (marqueurs bleu). La ligne noire indique les concentrations moyennes selon les secteurs de vents ainsi que la déviation standard (95%) indiquée par les bandes grises.

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 sud-ouest. Pour la station CDG Nord, les 5% des concentrations les plus fortes proviennent majoritairement de vent de secteur ouest qui peuvent potentiellement être liées à des émissions émises lors d'activités avion au niveau du doublet Nord.

Sur cette station, on observe un écart important entre le percentile 99,9% (220 000 part/cm³ et 99% (125 000 part/cm³), sur le secteur ouest, suggérant des épisodes ponctuels avec de fortes concentrations sous les vents de la piste du doublet Nord.

Une autre représentation (III) confirme les graphiques précédents : sur la station CDG Centre, les niveaux observés sont compris entre 20 000 et 40 000 part/cm³ selon les directions de vents avec quelques épisodes de concentrations plus élevées (> 60 000 part/cm³) en particulier sur le secteur sud-sud-ouest.

Sur la station CDG Nord, les niveaux moyens restent <20 000 part/cm³ à l'exception des vents d'ouest, atteignant en moyenne des concentrations >60 000 part/cm³.

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

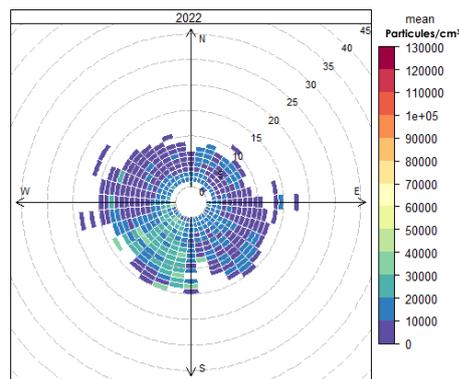
Paris – Orly



Les niveaux observés au niveau de la station ORLY Nord sont globalement plus faibles que ceux observés sur la plateforme CDG.

Les concentrations moyennes les plus fortes sont observées par vent de secteur sud-ouest pour atteindre des niveaux compris entre 40 000 et 50 000 part/cm³ (I). Pour les autres directions de vents, les niveaux sont plus bas <20 000 part/cm³.

(I)

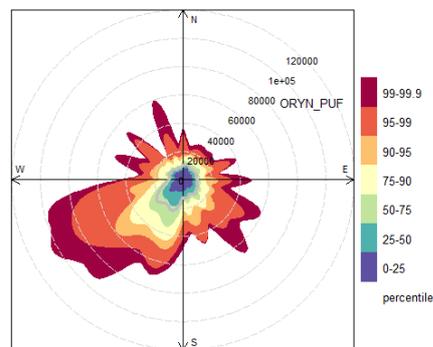


Moyenne annuelle par direction et force du vent

La représentation graphique (II) indique que les concentrations les plus fortes sont localisées sur le secteur quart sud-ouest (influence cœur de plateforme) pouvant atteindre ponctuellement 100 000 part/cm³ (percentile 99,99).

Sur les autres secteurs de vents, la distribution totale des concentrations est contenue sur des gammes de valeurs plus faibles <60 000 part/cm³.

(II)



ORLY Nord

En moyenne journalière (III), les concentrations mesurées ne dépassent que rarement 10 000 part/cm³ à l'exception du secteur sud-ouest (~200°) présentant des niveaux moyens de l'ordre de 20 000 part/cm³.

(III)

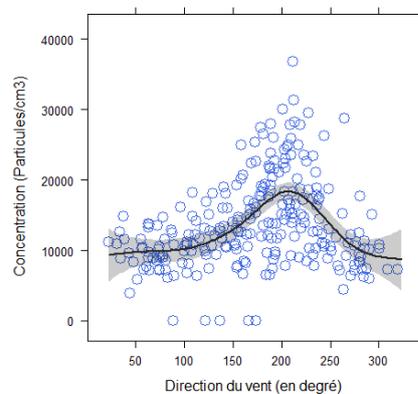
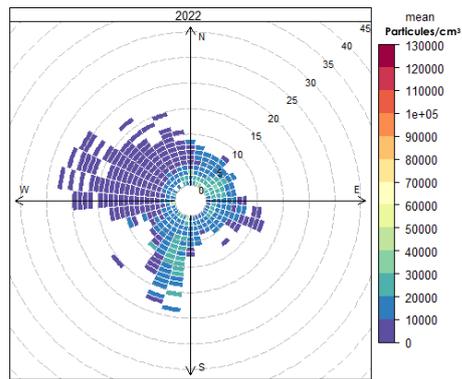


Figure 21 : Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris-Orly

Paris – Le Bourget

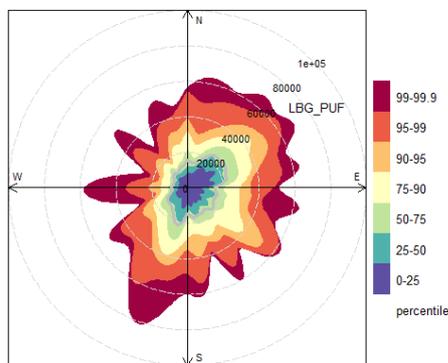


(I)



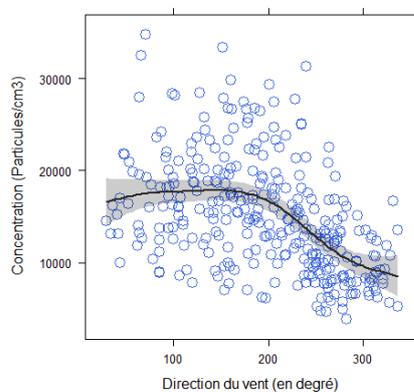
Moyenne annuelle par direction et force du vent

(II)



LBG

(III)



Pour la station de Paris-Le Bourget, les concentrations moyennes les plus fortes sont observées par vent de secteur sud-sud-ouest (I) atteignant des valeurs de l'ordre de 40 000 à 50 000 part/cm³ notamment pour des vitesses de vent modérées (10 m/s). Concernant les autres secteurs de vents, les concentrations restent globalement contenues à des valeurs <10 000 part/cm³ à des vitesses relativement faibles (<5 m/s).

La représentation graphique (II) indique que pour le percentile 99,99, les valeurs les plus élevées se trouvent au niveau du secteur sud-sud-ouest (80 000 pat/cm³) et dans une seconde mesure au niveau du secteur quart nord-est (70 000 part/cm³). On peut noter également que 50% des valeurs sont inférieures à 20 000 part/cm³ quel que soit la direction du vent.

Sur le graphique (III), on peut observer que les moyennes journalières sont stables, autour de 20 000 part/cm³ pour des vents de secteurs nord à sud-ouest. Une diminution des valeurs est observée pour atteindre des niveaux inférieurs à 10 000 part/cm³ pour des vents de secteur ouest-nord-ouest.

Figure 22: Origine des particules ultrafines à l'aéroport de Paris-Le Bourget

7.5. Etude Exploratoire sur la taille des particules ultrafines

Au quatrième trimestre 2022, les stations Nord et Centre de Paris – Charles de Gaulle ont été instrumentées simultanément d'un spectromètre de mobilité électrique afin de mesurer la granulométrie (dimension et répartition en différentes classes) de PUF. Les données recueillies pour le mois d'octobre ont ensuite été comparées, et les Figure 25 et Figure 25 présentent l'évolution de la taille des particules ainsi que leur concentration (en couleur).

Nous observons que les concentrations les plus forte (en rouge) sont systématiquement associées à des tailles de particules comprises entre 10 et 30 nm à la station Nord, tandis qu'à la station Centre, les particules sont généralement comprises entre 10 et 50 nm. Ces tailles, plus faibles à la station Nord, indiquent que l'aérosol est composé de particules dites plus "fraîches" et donc émises par une source de proximité.

Ce type de représentation permet également une première approche de la contribution des sources dans et à proximité de la plateforme.

Ainsi, pour la station Nord, par vent d'est-nord-est / est-sud-est entre le 16 et 18 octobre, 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, le 15 octobre par des vents de sud / ouest (vent en provenance des terminaux 1 et 3), on constate une prépondérance des particules de 10 à 30 nm.

Par ailleurs, pour la station Centre on observe entre le 16 et le 18 octobre, une prépondérance de particules plus fines (entre 10 et 30 nm) à l'instar de celles observée habituellement à la station Nord. L'étude des directions de vent sur cette période nous permet d'associer ces concentrations à des vent de secteur sud / sud-est (vent en provenance du terminal 2).

Également des fortes concentrations de particules plus grossières (entre 10 et 50nm) ont été observées au cours de la journée du 21 octobre. Ces fortes concentrations observées par vent de sud-sud-ouest peuvent provenir de l'autoroute A1.

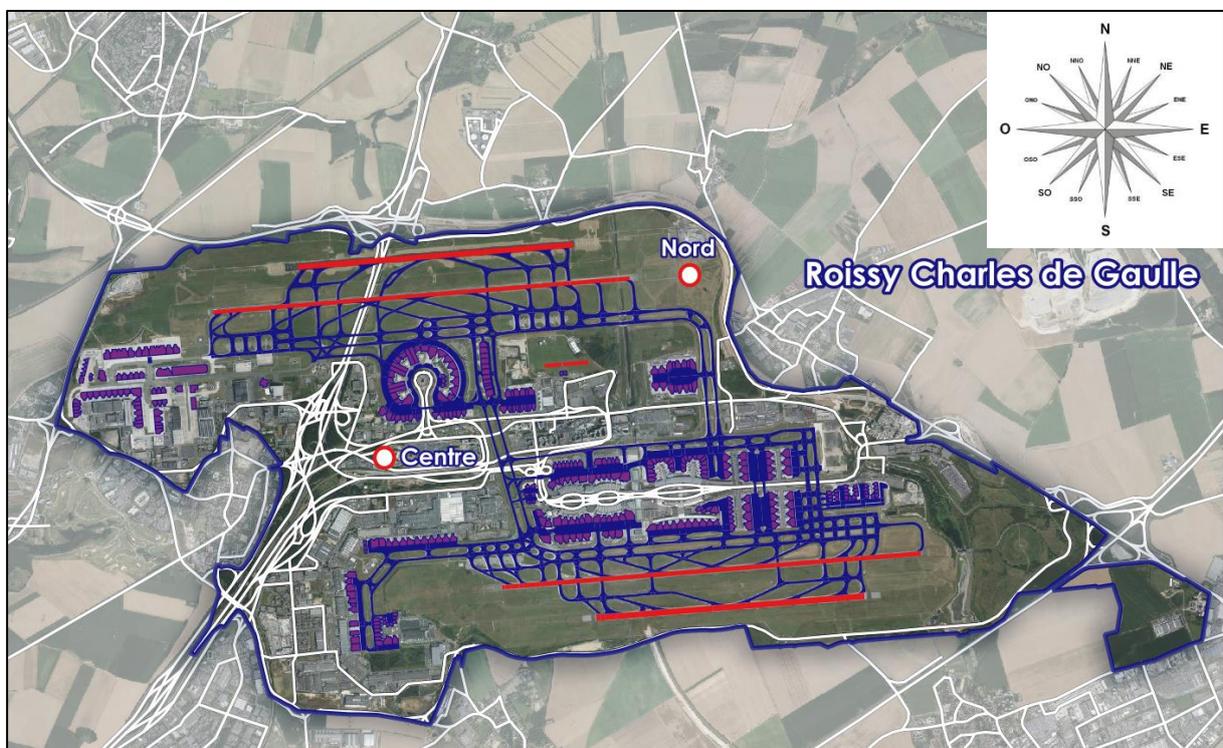


Figure 23 : Cartographie de la plateforme Aéroport Paris-Charles de Gaulle

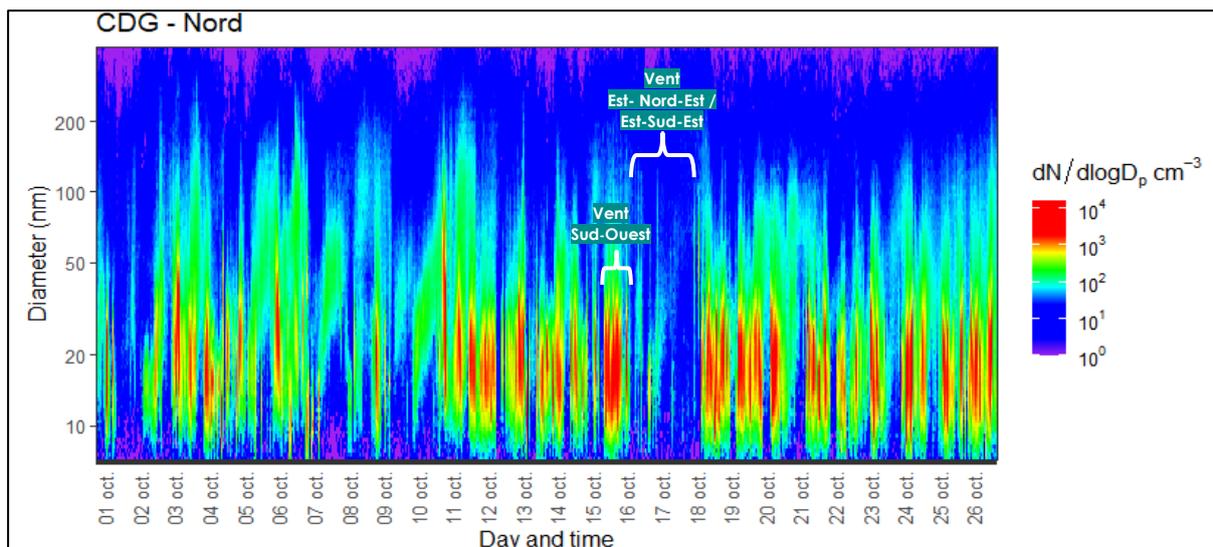


Figure 24 : Distribution granulométrique et concentration de PUF en octobre 2022 sur CDG Nord

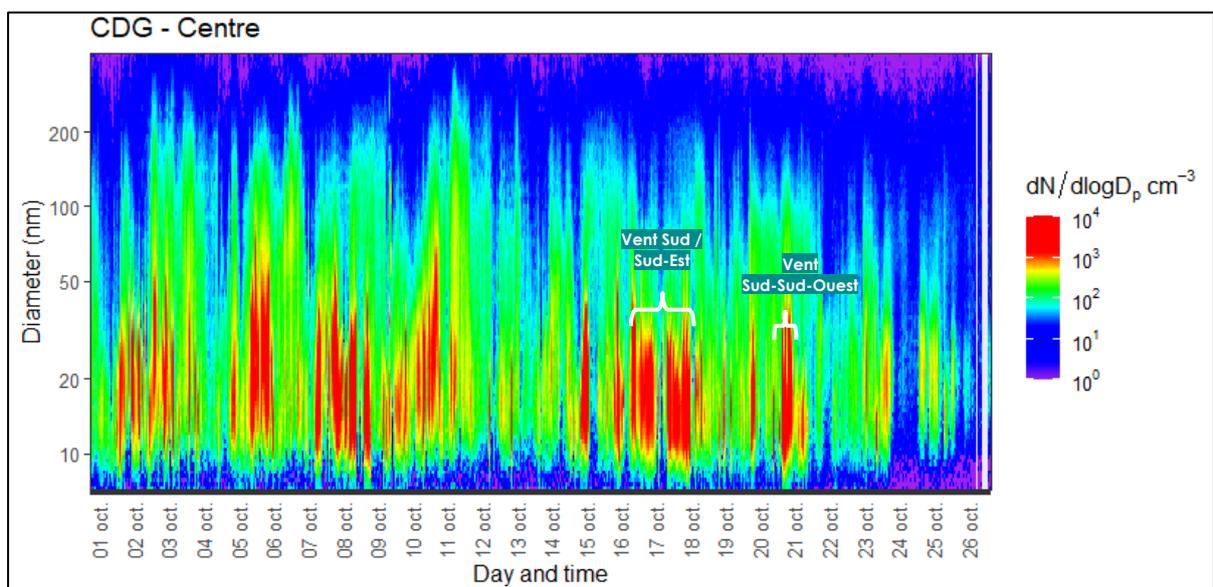


Figure 25 : Distribution granulométrique et concentration de PUF en octobre 2022 sur CDG Centre

7.6. 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 laboratoire du Groupe ADP a pour projet, courant 2024, d'instrumenter la station Orly Sud pour la surveillance en continu des particules ultrafines et leurs distributions granulométriques.

Par ailleurs, le Groupe ADP a contribué, en 2022, financièrement et matériellement à la campagne de mesure francilienne sur les particules ultrafines coordonnée par AIRPARIF (AEROPUF). Le rapport à paraître sera disponible prochainement sur leur site [AIRPARIF](#).

Enfin, au travers du projet OLGA qui vise à concevoir l'aéroport durable de demain, le laboratoire du Groupe ADP travaille sur le "Work Package 6 – Cross-cutting aspect" portant notamment sur la qualité de l'air aux alentours des aéroports et sur le bruit engendré par celui-ci. L'un des objectifs de ce "Work package" est d'identifier la contribution des sources d'émissions liées aux aéroports à la qualité de l'air urbain local, via notamment la mise en place d'un outil de "Source Apportionment". Ce traitement portera sur l'analyse croisée d'une part, des profils de concentrations des PUF, du carbone suie et des COV en phases gaz et particulaire, et d'autre part, en intégrant des données auxiliaires telles que les conditions météorologiques et les données de mouvements avions.

La première de mai à août 2022 a permis d'initialiser les campagnes de mesures sur la station CDG Nord et ainsi d'avoir une première évaluation de l'impact des émissions avion. La seconde campagne s'est déroulée de février à juin 2023 sur la station CDG Centre avec pour objectif d'évaluer l'impact global de la plateforme.

Par la suite, d'autres campagnes de mesures sont prévues afin d'étudier les profils de concentrations, en intégrant les effets de saisonnalité, au niveau de la plateforme. Les résultats de mesures nous permettront, avec l'utilisation de nombreux outils, d'étudier plus en détails les contributions des sources.

8. Annexes

8.1. Evolutions temporelles NO₂, NO et NO_x



Figure 26 : Evolutions temporelles des moyennes horaires 2022 d'oxydes d'azote sur les plateformes Paris-Charles de Gaulles, Paris-Le Bourget et alentours

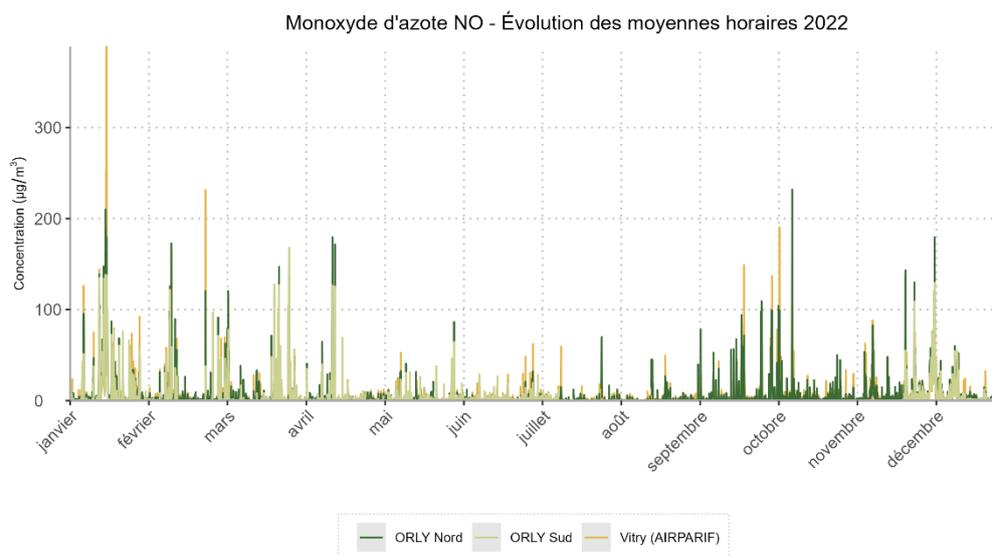
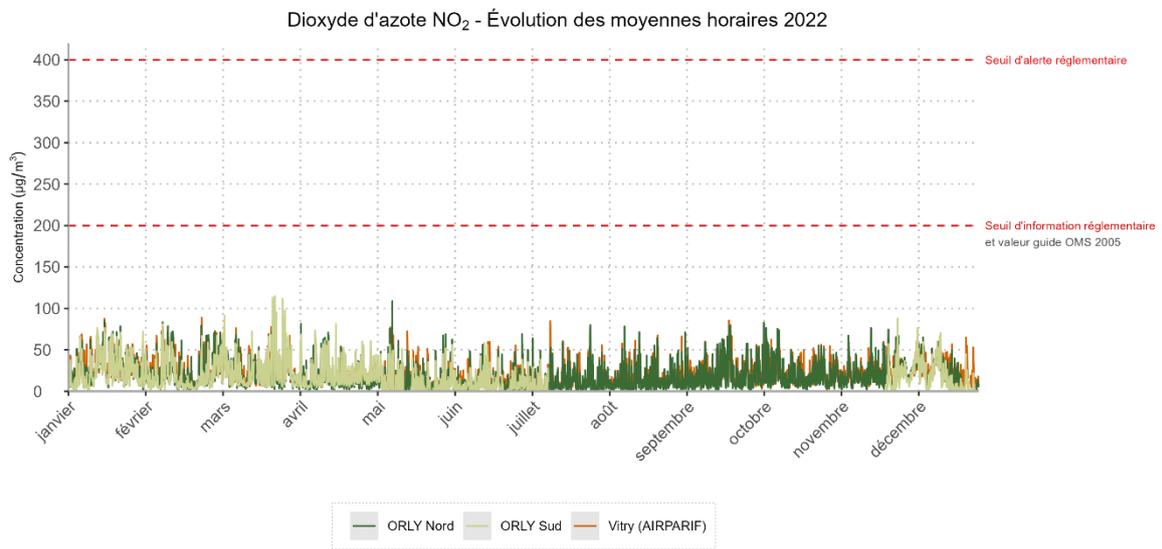
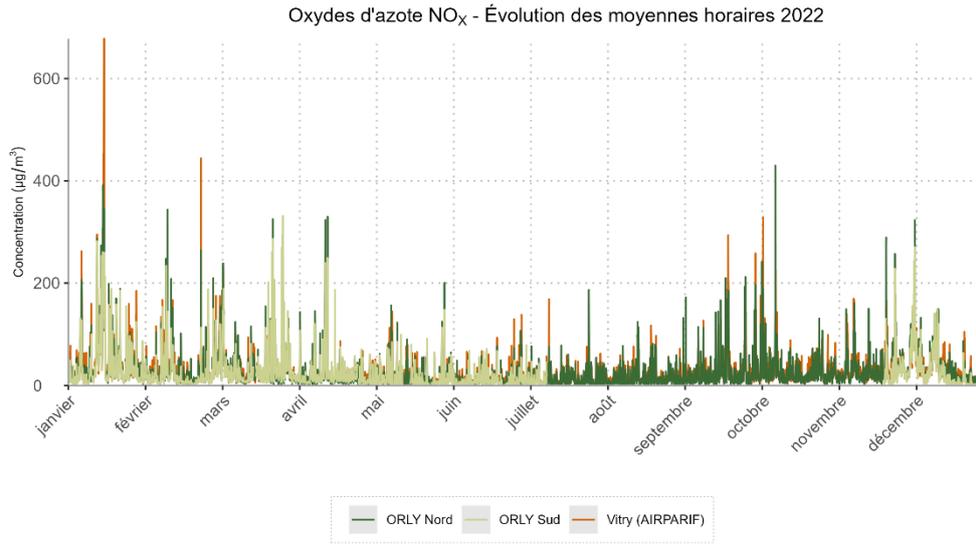


Figure 27 : Evolutions temporelles des moyennes horaires 2022 d'oxydes d'azote sur Paris-Orly et alentours

8.2. Evolutions temporelles des particules ultrafines

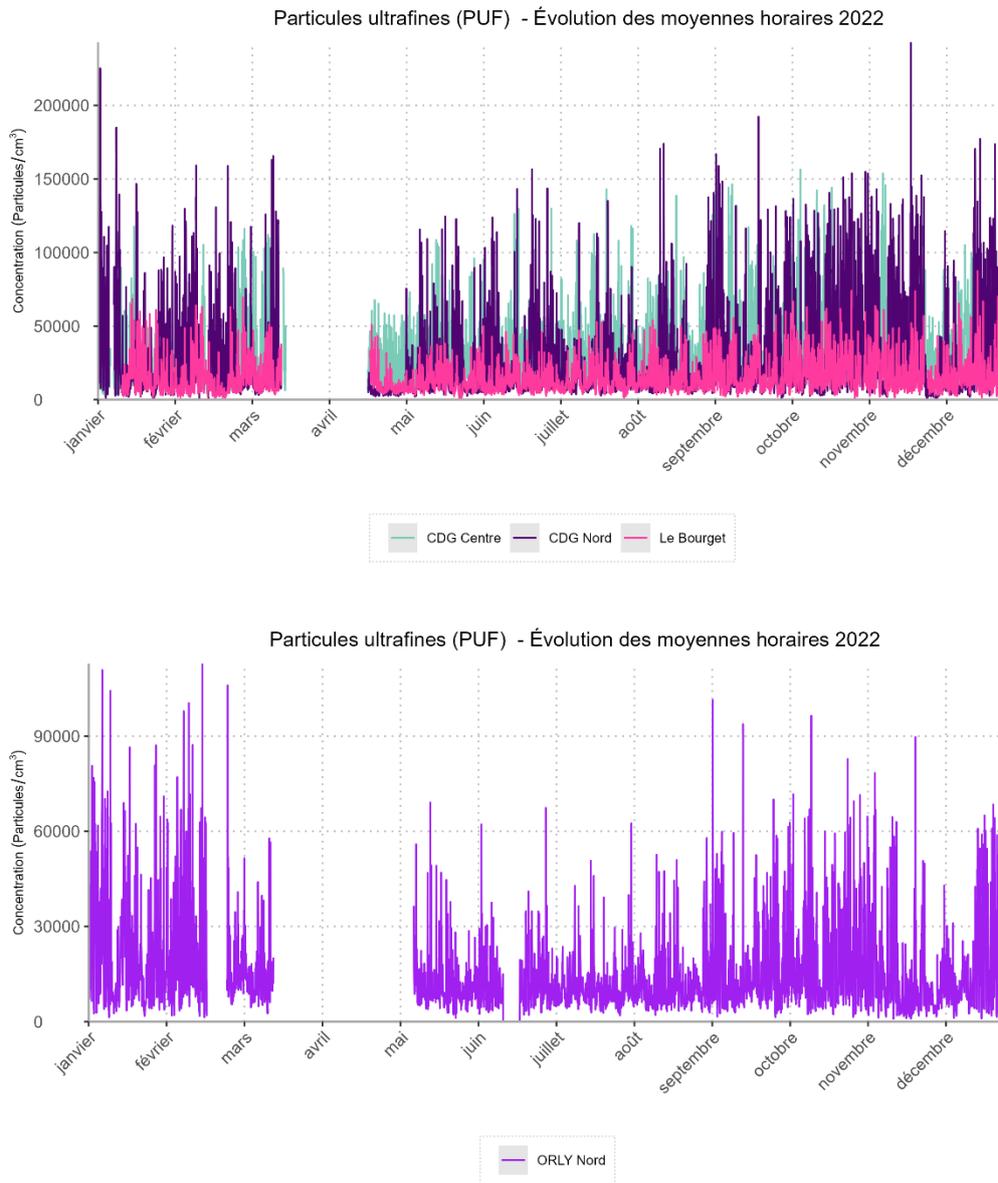


Figure 28: Concentration moyenne horaire de PUF sur l'année 2022