

# Campagne de mesures 2019 à proximité des plateformes aéroportuaires de Paris-CDG et Paris-Le Bourget

VALIDATION DU SYSTÈME DE CARTOGRAPHIE DE LA QUALITE DE L'AIR  
SURVOL





# CAMPAGNE DE MESURES 2019 À PROXIMITÉ DES PLATEFORMES AÉROPORTUAIRES DE PARIS-CDG ET PARIS-LE BOURGET

## VALIDATION DU SYSTÈME DE CARTOGRAPHIE DE LA QUALITÉ DE L'AIR SURVOL

**Juin 2020**

**Étude réalisée par :**

AIRPARIF – Observatoire de la qualité de l'air en Île-de-France  
7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 – Fax : 01.44.59.47.67 – [www.airparif.fr](http://www.airparif.fr)

« Le bon geste environnemental : N'imprimez ce document que si nécessaire et pensez au recto-verso ! »



# PRÉAMBULE

La réalisation de la campagne de mesures faisant l'objet du présent rapport a bénéficié d'un appui financier de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France (DRIEE) dans le cadre du PRSE3 d'Île-de-France.

Dans le cadre de cette étude, Airparif tient à remercier les 31 communes participantes :

Attainville, Aulnay-sous-Bois, Bobigny, Bondy, Claye-Souilly, Dammartin-en-Goële, Epiais-les-Louvres, Garges-lès-Gonesse, Goussainville, La Courneuve, Le Blanc-Mesnil, Le Bourget, Le Mesnil-Amelot, Le Thillay, Louvres, Mauregard, Mitry-Mory, Montfermeil, Moussy-le-Vieux, Pierrefitte-sur-Seine, Roissy-en-France, Saint-Brice-sous-Forêt, Saint-Denis, Saint-Mard, Sevran, Tremblay-en-France, Vaujours, Vémars, Villepinte, Villiers-le-Bel et Villiers-le-Sec.

Airparif remercie également la Métropole du Grand Paris (MGP), la Direction des Routes Île-de-France (DIRIF), ainsi que le Groupe ADP d'avoir répondu favorablement à la demande d'implantation de moyens de mesure sur leurs sites respectifs.

Enfin, Airparif remercie également le Groupe ADP pour la mise à disposition des données relevées sur les deux stations de mesures permanentes implantées sur la plateforme aéroportuaire de Roissy-Charles de Gaulle.

Ce rapport est librement accessible depuis [le site internet d'Airparif \(http://www.airparif.asso.fr/\)](http://www.airparif.asso.fr/) et [le site de l'observatoire SURVOL \(http://survol.airparif.fr/\)](http://survol.airparif.fr/).



# SOMMAIRE

PRÉAMBULE .....	5
SOMMAIRE.....	7
GLOSSAIRE.....	8
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	9
2. DESCRIPTIF DE L'ÉTUDE .....	11
2.1. PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE.....	11
2.2. LES POLLUANTS SUIVIS .....	12
2.3. DISPOSITIFS DE MESURES.....	13
2.4. QUALITE DES MOYENS UTILISES .....	16
2.5. CHOIX DES SITES DE MESURES .....	16
2.6. PERIODE DE MESURES .....	18
3. MÉTÉO & QUALITÉ DE L'AIR DURANT LA CAMPAGNE.....	19
4. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE .....	22
4.1. VARIABILITE DES NIVEAUX SELON LA TYPOLOGIE DES SITES .....	22
4.2. UNE DECROISSANCE DES NIVEAUX DE POLLUTION LIEE A LA DISTANCE AUX SOURCES CONFIRMEE.....	26
4.3 ÉVALUATION DES NIVEAUX DE POLLUANTS SUR LES PLATEFORMES ET SUR LES SITES PERI-AEROPORTUAIRES .....	31
4.4 INFLUENCE DES SOURCES DE POLLUTION .....	34
4.5 VARIABILITES TEMPORELLES .....	35
5 ESTIMATION DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS .....	41
6. ÉVALUATION DU SYSTÈME DE MODÉLISATION.....	46
6.1 DIOXYDE D'AZOTE.....	47
6.2 PARTICULES .....	51
6.3 BENZENE .....	56
6.4 VERIFICATION DE LA DECROISSANCE DES NIVEAUX A PROXIMITE DU TRAFIC .....	59
6.5 ZOOM SUR LES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES DU DOMAINE.....	60
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	64
RÉFÉRENCES .....	66
ANNEXES .....	67
ANNEXE 1 : SITES DE MESURE INSTRUMENTES AU SEIN DU DOMAINE PARIS-CDG / LE BOURGET.....	67
ANNEXE 2 : ESTIMATION DE LA CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE: METHODOLOGIE DE CALCUL ET INCERTITUDE ASSOCIEE .....	68
ANNEXE 3 : PRESENTATION DE LA CHAINE DE MODELISATION DE LA QUALITE DE L' AIR.....	70
ANNEXE 4 : VALIDATION DE LA CHAINE DE MODELISATION SURVOL AVEC LES DONNEES DE MESURES .....	75
ANNEXE 5 : CARTOGRAPHIES DES NIVEAUX MODELISES EN NO <sub>2</sub> PAR SEMAINE DE CAMPAGNE.....	77
ANNEXE 6 : CARTOGRAPHIES DES NIVEAUX MODELISES EN PARTICULES (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) PAR SEMAINE DE CAMPAGNE .....	78
ANNEXE 7 : CARTOGRAPHIES DES NIVEAUX MODELISES EN BENZENE (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) PAR SEMAINE DE CAMPAGNE.....	80

# GLOSSAIRE

**BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes (m-p, o) ;

**COFRAC** : Comité Français d'Accréditation ;

**COV(NM)** : Composés Organiques Volatils (Non Méthaniques). Ils désignent un large éventail d'espèces chimiques comportant au moins un atome de carbone (C) et un ou plusieurs autres éléments tels que l'[hydrogène](#) (H), l'[oxygène](#) (O), l'[azote](#) (N), le [soufre](#) (S), le [phosphore](#) (P), le [silicium](#) (Si), les [halogènes](#) (fluor, chlore, brome, iode) – à l'exception des oxydes de carbone (CO, CO<sub>2</sub>), des carbonates et bicarbonates inorganiques<sup>1</sup>.

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** : Benzène. Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM) qui fait partie de la famille des COV. Le benzène, en qualité d'agent « génotoxique très cancérigène », est le seul COV soumis à réglementation.

**DCCRS** : Direction Centrale des Compagnies Républicaines de Sécurité ;

**DGAC** : Direction Générale de l'Aviation Civile ;

**DIRIF** : Direction des Routes d'Île-de-France ;

**DRIEE** : Direction Régionale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France ;

**Groupe ADP** : Groupe Aéroports de Paris ;

**LCSQA** : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air ;

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote. Ce terme générique regroupe le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO + NO<sub>2</sub> = NO<sub>x</sub>).

**NO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'azote ;

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé ;

**PM<sub>10</sub>** : Particules en suspension dans l'air d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm ;

**PM<sub>2.5</sub>** : Particules en suspension dans l'air d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm ;

**PRSE** : Plan Régional Santé Environnement

Il prévoit d'étudier l'impact du trafic aérien autour des zones aéroportuaires de Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et Paris-Orly.

**SURVOL** : SURveillance sanitaiRe et enVironnementale des plateformes aéroportuaires de rOissy, orLy et le bourget.

---

<sup>1</sup> D'après l'article 2 de la [directive 1999/13/CE du Conseil relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations](#).

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La région Île-de-France est dotée de deux aéroports internationaux (Paris-Charles de Gaulle et Paris-Orly) et d'un aéroport principalement dédié aux voyages d'affaires (Paris-Le Bourget). Ces trois aéroports franciliens, parmi les plus importants au niveau européen dans leur catégorie, sont à l'origine d'un nombre important de survols au-dessus de la région-capitale.

Les activités liées à ces trois plateformes aéroportuaires (trafic aérien/routier/ferré, installations au sol, ...) ont un impact sur l'environnement, que ce soit en termes de pollution de l'air ou de bruit, et sont sources de nuisances pour les riverains.

Inscrit au Plan Régional Santé Environnement (PRSE), le projet SURVOL (SURveillance sanitaiRe et enVironnementale des plateformes aéroportuaires de rOissy, orLy et le bourget) vise à assurer la **surveillance de deux indicateurs environnementaux (bruit, air) dans les zones péri-aéroportuaires**. Dans le cadre des PRSE 1 et 2, **Bruitparif** et **Airparif** ont ainsi participé à la mise en œuvre du dispositif SURVOL afin de **caractériser et de suivre quotidiennement les niveaux sonores, ainsi que les concentrations des polluants atmosphériques autour des trois aéroports franciliens**.

Pour ce qui concerne le volet « air » du dispositif, la surveillance de la pollution à proximité des plateformes aéroportuaires mise en place par Airparif est basée sur **l'exploitation conjointe de mesures en temps réel et d'un système de modélisation et de cartographie de la qualité de l'air**. Les informations fournies au public se présentent sous la forme de cartes journalières illustrant les niveaux de concentrations de cinq polluants<sup>2</sup> suivis la veille et l'indice de pollution CITEAIR associé, pour les deux domaines de surveillance Paris-Charles de Gaulle (CDG)/Le Bourget et Paris-Orly. Mises à jour quotidiennement, elles sont rendues publiques et librement accessibles à partir du site internet de l'observatoire SURVOL (<http://www.survol.airparif.fr>).

Au moment de la mise en service de l'observatoire, un rapport (Airparif, 2013) précisant les performances du dispositif avait montré que les systèmes de modélisation et de cartographie fournissaient des résultats quotidiens sur les deux secteurs d'étude avec une incertitude en adéquation avec l'état de l'art de la modélisation. **Les niveaux de pollution ayant évolué depuis, la fiabilité et la cohérence des systèmes de modélisation développés par Airparif doivent être vérifiées**.

---

<sup>2</sup> Polluants atmosphériques pris en compte : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

Dans le prolongement des PRSE 1 et 2, le PRSE 3 (approuvé le 25 octobre 2017) prévoit dans son action 3.2 d'améliorer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales aéroportuaires (air et bruit). Pour le volet « air » de l'observatoire, l'action 3.2 a inscrit la réalisation, par Airparif, de deux campagnes de mesures dans le but de s'assurer que les résultats produits quotidiennement par la plateforme de modélisation SURVOL autour de Paris-CDG/Le Bourget et Paris-Orly, ainsi que les niveaux moyens annuels pour les bilans sont toujours cohérents sur les secteurs d'étude. Ces campagnes de mesures visent à vérifier la pertinence des systèmes de modélisation et de proposer des éventuelles améliorations.

La première campagne de mesures a été réalisée à l'automne 2018 sur le domaine Paris-Orly ; la deuxième campagne de mesures sur la zone Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget a été réalisée à l'automne 2019. Elles ont été conduites par Airparif, avec le soutien financier de la DRIEE et avec la contribution du laboratoire du Groupe ADP (notamment pour la mise à disposition des données de mesures relevées sur ses stations).

Le présent rapport présente les résultats de la campagne de mesure sur le domaine Paris-Charles-de-Gaulle/Le Bourget, les principales évolutions des niveaux de pollution, une comparaison aux niveaux modélisés ainsi que les éventuelles adaptations du système de modélisation envisagées.

## 2. DESCRIPTIF DE L'ÉTUDE

### 2.1. Présentation du domaine d'étude

La zone d'étude s'étend sur une superficie de 744 km<sup>2</sup> au nord-est de Paris (Figure 1). Ce domaine d'étude est réparti sur les départements de Paris (75), la Seine-Saint-Denis (93), le Val-d'Oise (95) et la Seine-et-Marne (77).

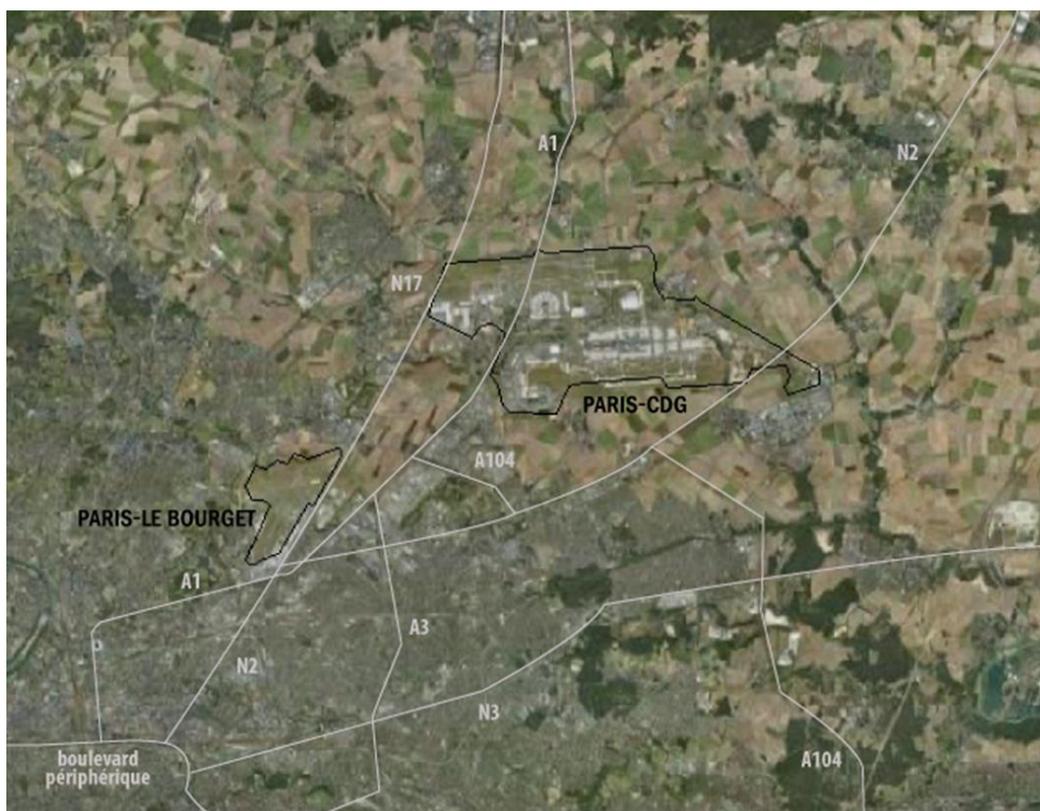


Figure 1 : domaine d'étude Paris-Charles de Gaulle/Le Bourget par vue aérienne

La zone d'étude Paris-Charles de Gaulle/Le Bourget est située dans un **environnement très hétérogène**. À l'ouest et au sud du domaine, l'occupation des sols est largement dominée par un tissu urbain dense, caractéristique des communes de la petite couronne parisienne. *A contrario*, une alternance de zones agricoles (au nord et à l'est) et urbaines (modérées, voire faibles au sud-est) est notable. **L'hétérogénéité des éléments d'occupation des sols a une influence sur les émissions des polluants atmosphériques, sur leur dispersion dans l'air mais également sur leur dépôt.**

Aux particularités de cette distribution spatiale urbaine s'ajoute **un réseau routier très dense** qui décroît au fur et à mesure de l'éloignement du centre de Paris. À l'extrémité sud-ouest de la zone, de grands axes routiers sont implantés : le Boulevard Périphérique (BP), les autoroutes A1 et A3, ainsi que les routes nationales RN301, RN2 et RN3. L'aéroport de Paris-Le Bourget est accessible par les routes départementales RD125, RD84 ; l'ex-route nationale RN17 et l'autoroute A1. L'aéroport Paris-Charles de Gaulle est traversé par l'« Autoroute du Nord » (A1) et entouré par l'A104, l'ex-RN 17, la RN2 et la route départementale RD212.

L'aéroport de Paris-Roissy/Charles de Gaulle (première plateforme aéroportuaire française) n'est pas entièrement imbriqué dans le cœur dense de l'agglomération parisienne. Cette localisation implique que l'impact des émissions aéroportuaires de Roissy-CDG ne se confond moins avec celui des émissions globales de l'agglomération parisienne (quel que soit le polluant considéré). En revanche, l'impact des activités aéroportuaires de la plateforme Paris-Le Bourget est moins perceptible, du fait de son activité moindre et de son emplacement plus au cœur de l'agglomération.

## 2.2. Les polluants suivis

La surveillance de la qualité de l'air sur le domaine Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget concerne **cinq polluants règlementés : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>)**. Dans le cadre de l'observatoire SURVOL, ils ont été suivis en raison de leurs liens avec les émissions sur la zone d'étude et de leurs effets nuisibles sur la santé humaine et sur l'environnement. Ces composés apparaissent comme des polluants problématiques (tant sur le domaine que sur la région francilienne), du fait de leurs niveaux préoccupants et du dépassement récurrent de leurs valeurs règlementaires respectives.

Pour la présente étude, les quatre polluants primaires<sup>3</sup> (NO<sub>2</sub>, particules et benzène) sont mesurés.

Les oxydes d'azote sont majoritairement définis sous deux formes chimiques : le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le monoxyde d'azote se qualifie de composé « primaire », car il est directement émis par les différentes sources d'émissions de NO<sub>x</sub>. Le dioxyde d'azote est un composé « secondaire » majoritairement formé par oxydation rapide du NO par divers oxydants atmosphériques (dioxygène (O<sub>2</sub>), ozone, ...). **Les NO<sub>x</sub> sont considérés comme des traceurs reconnus des activités de transport**, et en tout premier lieu **le trafic routier**. Contrairement au NO, **le NO<sub>2</sub> est règlementé aux niveaux national et européen pour ses effets nocifs sur la santé humaine** (inflammation importante des voies respiratoires, irritation des bronches, augmentation de la fréquence et de la gravité des crises d'asthme, infections pulmonaires chez les enfants, ...).

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les **particules PM<sub>10</sub>** (de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm) et les **particules PM<sub>2.5</sub>** (de diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 µm). Alors que les PM<sub>10</sub> sont retenues par les voies aériennes supérieures, les particules fines (PM<sub>2.5</sub>) peuvent pénétrer plus profondément dans les alvéoles pulmonaires, provoquant ainsi des inflammations et altérant la fonction respiratoire dans son ensemble. Les PM<sub>2.5</sub> représentent la majorité (60 à 70 %) des PM<sub>10</sub>. **Les sources de particules primaires peuvent être d'origine naturelle** (érosion des sols, pollens, bactéries, aérosols marins, cendres volcaniques, ...) ou **anthropique** (liée à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont en grande partie issues de la **combustion** (chauffage résidentiel et tertiaire, secteur des transports, ...), de **procédés industriels**, mais aussi de **l'usure des matériaux** (revêtement des routes, pneus, freins, ...). Au-delà des sources primaires locales, les teneurs en particules peuvent également être liées à d'autres phénomènes de plus grande échelle : les transformations chimiques des composés gazeux (réagissant entre eux pour former des particules secondaires), le transport longue-distance ou encore la remise en suspension des poussières déposées au sol.

---

<sup>3</sup> Polluants directement émis par les sources locales.

Les Composés Organiques Volatils (Non Méthaniques) (COVNM) constituent un large éventail d'espèces organiques (également appelés « hydrocarbures ») réparties sur plus d'une centaine de familles chimiques. Ils peuvent avoir une **origine primaire** et être émis par **des sources anthropiques et biogéniques** (relatifs aux émissions naturelles). Les sources anthropiques de COV peuvent être associées aux différentes **coupes pétrolières** (essence, gazole, kérosène, carburacteur, ...), ainsi qu'aux **solvants industriels** (peinture, imprimerie, dégraissage des métaux, ...) **et domestiques**. Les COV sont de bons indicateurs de combustions incomplètes, notamment **le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**. Ce composé est majoritairement émis par **le trafic routier**, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence. Il est également présent à proximité des **zones de stockage et de distribution de carburants**, comme les stations-service. Dans une moindre mesure, il peut aussi être émis par les activités liées au chauffage résidentiel, en particulier **le chauffage domestique au bois** (Baudic et al., 2016 ; Languille et al., 2020). **De par ses effets sur la santé (composé cancérigène identifié), le benzène est réglementé aux niveaux national et européen.**

Enfin, les COV peuvent avoir une **origine secondaire** dans la mesure où ils sont susceptibles d'être transformés dans l'atmosphère à la suite de multiples réactions physico-chimiques et contribuer à la **formation de nouveaux composés**, tels que les **Aérosols Organiques Secondaires** (AOS, particules) ou encore **l'ozone troposphérique** (O<sub>3</sub>).

## 2.3. Dispositifs de mesures

Afin de s'assurer de la **validité spatiale** des résultats fournis par les modèles, des sites de mesures temporaires ont été mis en œuvre à l'aide de tubes à diffusion passive sur l'ensemble du domaine d'étude. En complément, des laboratoires mobiles mesurant des niveaux de pollution toutes les heures ont été implantés pour documenter la **variabilité temporelle** des polluants suivis.

### 2.3.1 – Évaluation de la variabilité spatiale des niveaux de polluants

L'utilisation de **tubes à diffusion passive** permet une mise en œuvre simple et rapide d'un nombre important de sites. Au total, **60 sites** répartis sur l'ensemble du domaine Paris-Charles de Gaulle / Le Bourget ont été équipés de tubes passifs. Cinquante-huit sites ont été instrumentés pour la mesure du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et 29 pour la mesure des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes).

Le principe de fonctionnement consiste à piéger par diffusion passive le polluant recherché (NO<sub>2</sub>, benzène) sur un tube contenant un réactif chimique spécifique à ce polluant. Les tubes sont maintenus en position verticale et fixés dans des abris de protection (Figure 2) Ces abris, eux-mêmes fixés sur des supports dans l'environnement (poteau, candélabre, ...) à environ 2 mètres du sol, permettent de protéger l'échantillonneur de l'action directe du vent, du soleil et de la pluie, optimisant ainsi les conditions de mesure afin de fiabiliser le processus de diffusion et de piégeage du polluant.

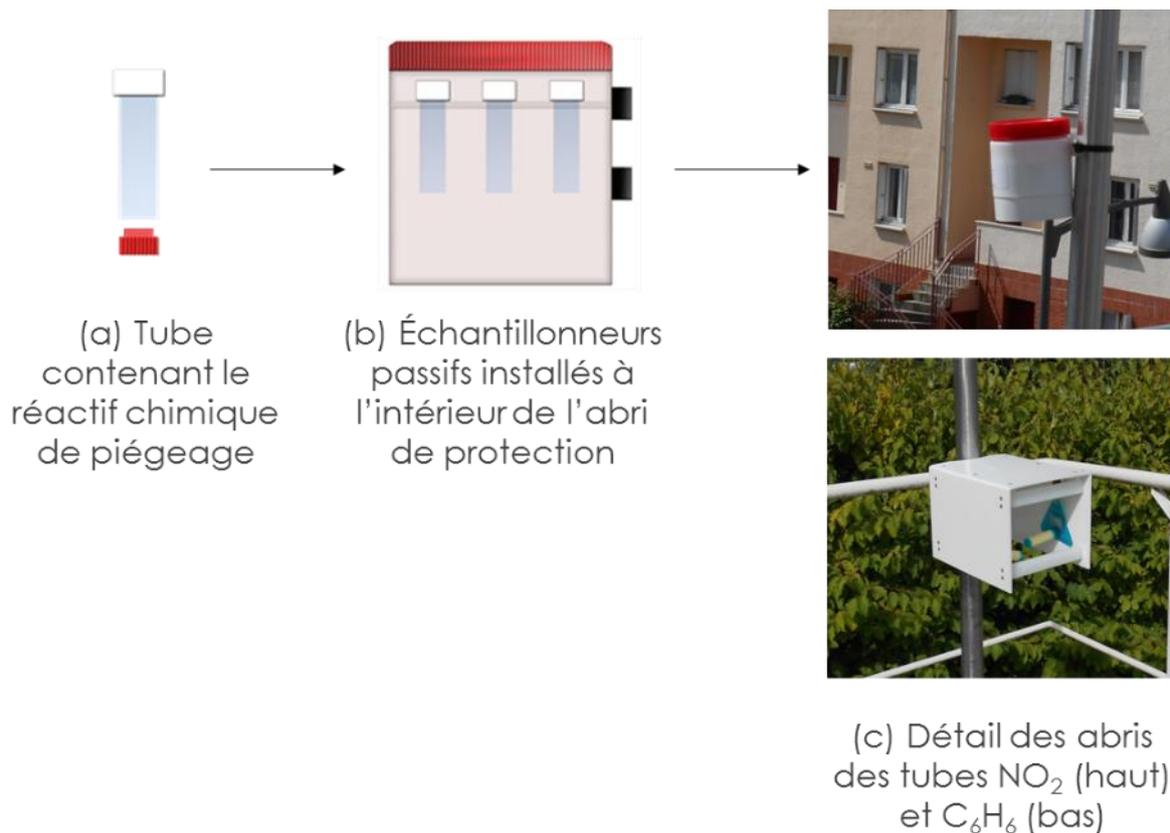


Figure 2 : schéma d'implantation des tubes à diffusion passive (a) de  $\text{NO}_2$  et de  $\text{C}_6\text{H}_6$  au sein de l'abri de protection (b) fixé sur un support (c)

Les tubes sont exposés à l'air ambiant pendant une semaine et ensuite analysés en laboratoire suivant des protocoles spécifiques au dioxyde d'azote (par spectrophotométrie d'absorption dans le visible) et au benzène (par désorption thermique selon la méthode de chromatographie en phase gazeuse) par le laboratoire de chimie d'Airparif (LASAIR). Les mesures obtenues correspondent à des **niveaux moyens sur 7 jours**.

### 2.3.2 – Évaluation de la variabilité temporelle des niveaux de polluants

En complément des mesures par échantillonneurs passifs, des mesures spécifiques d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et de particules ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) ont été réalisées en continu à l'aide de 4 laboratoires mobiles, dont deux présentés en Figure 3. L'intérêt de cette méthode de mesure réside dans l'étude de la variation des concentrations pour les polluants suivis à une **résolution temporelle fine**. Cette instrumentation permet entre autres d'étudier, pour un site de mesure donné, le comportement des niveaux de pollution en fonction de la provenance des vents, et ainsi d'identifier les sources d'émissions locales et d'en évaluer les impacts.



(a) Camion laboratoire à Roissy-en-France (95)



(b) Camion laboratoire à Saint-Denis (93)

Figure 3 : illustration de deux laboratoires mobiles implantés par Airparif sur le domaine Paris-Charles de Gaulle/Le Bourget dans le cadre de la campagne de mesure

Les laboratoires mobiles sont équipés d'analyseurs automatiques. Pour la mesure des  $\text{NO}_x$ , 4 analyseurs 42i de Thermo Fischer Scientific ont été utilisés. Pour la mesure des particules ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ), des analyseurs BAM de la marque Met One et des analyseurs FDMS 1405 de la marque Thermo Fisher Scientific ont été déployés. Chaque préleveur était équipé d'une tête TSP (Total Suspended Particles) avec coupure granulométrique sur les particules ( $\text{PM}_{10}$  et/ou  $\text{PM}_{2,5}$ ). Considérés comme des mesures de référence, les analyseurs utilisés pour la surveillance des niveaux de concentration en  $\text{NO}_x$  et en particules sont tous certifiés et approuvés.

Les laboratoires mobiles fonctionnent de la même manière que l'ensemble des sites permanents présents sur le réseau fixe de surveillance d'Airparif et impliquent des contraintes techniques importantes (lignes d'électricité, accès aux locaux, ...). Pour cette campagne de mesures, l'installation des laboratoires mobiles a été conforme aux normes en vigueur.

## 2.4. Qualité des moyens utilisés

Toute méthode de mesure (tant pour les échantillonneurs passifs que pour les analyseurs automatiques) comprend une **incertitude**. On qualifie d'incertitude, « toute quantité mesurant la limite de l'erreur éventuelle pouvant affecter une mesure ». Dans le domaine de la qualité de l'air, les directives européennes fixent des seuils relatifs à l'incertitude maximale acceptable associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Pour les échantillonneurs passifs, l'incertitude de mesure peut résulter de divers paramètres : la fabrication, l'applicabilité de la théorie de la diffusion passive selon les conditions météorologiques ou encore l'analyse en laboratoire. L'incertitude globale associée, égale à la combinaison des incertitudes provenant de chacun des paramètres individuels d'erreur, s'élève à **15 % de la mesure pour le dioxyde d'azote** et **30 % pour le benzène**.

Pour les analyseurs automatiques, l'incertitude tolérée pour chaque mesure horaire est de **12 % pour les oxydes d'azote** et **15 % pour les particules** (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>). La qualité des moyens utilisés est un critère intégré dans une démarche qualité pour laquelle Airparif a obtenu une accréditation du COFRAC pour l'ensemble des mesures horaires et notamment pour celles du réseau fixe de mesures.

## 2.5. Choix des sites de mesures

Les sites de mesures ont été choisis de façon à valider finement les cartographies des polluants atmosphériques règlementés, notamment dans différents environnements (en situation de fond, en zones influencées par les activités aéroportuaires ou par le trafic routier, à proximité immédiate des voies de circulation) et dans certaines configurations particulières (notamment au carrefour de plusieurs axes routiers majeurs et de bretelles d'autoroute, ...).

Une situation de « fond atmosphérique » représente l'ambiance générale de la pollution urbaine d'un secteur dans lequel toute la population est *a minima* exposée. Les sites implantés dans cet environnement sont suffisamment éloignés des sources locales potentiellement identifiées (trafic routier, industries, ...) pour ne pas être directement influencés. Une situation de fond représente une référence basse des niveaux de pollution rencontrés, dans un secteur donné.

Une zone « influencée » correspond à une zone un peu éloignée des sources spécifiques d'émission (industries, trafic routier et aéroportuaire, ...), mais toujours soumise à leur influence. Elle peut être considérée comme représentative d'une zone où les niveaux sont compris entre ceux mesurés en situation de fond et ceux rencontrés à proximité d'une source émettrice. L'étendue et la forme de la zone d'influence dépendent du type, de l'importance de la source d'émission considérée et de l'environnement.

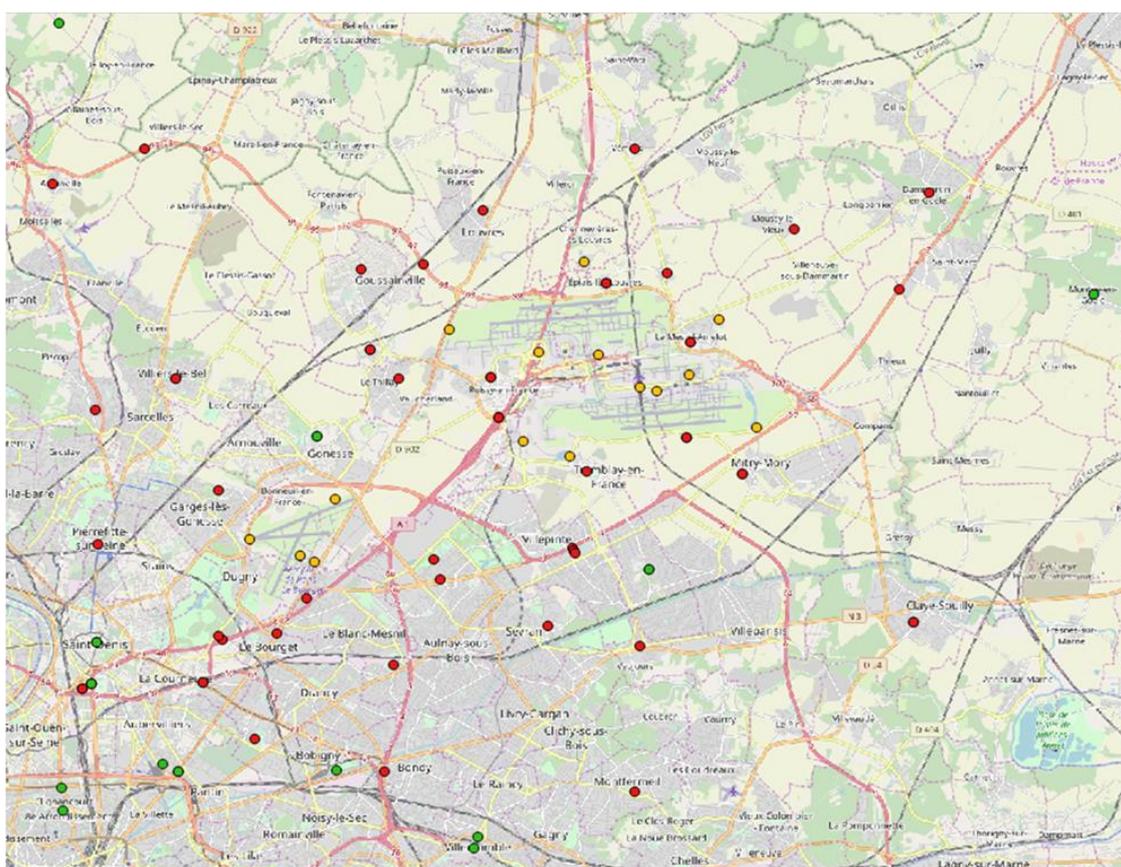
Un site implanté à proximité immédiate du trafic routier permet de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans des zones représentatives du niveau maximal d'exposition auquel la population située en proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée (moins de 10 m des voies).

La caractérisation de la qualité de l'air et de sa variabilité spatiale est assurée par l'implantation de **43 points de mesures** provisoires sur l'ensemble du périmètre d'étude par Airparif : 13 sites temporaires en situation de fond, 16 en zone péri-aéroportuaire, 2 en zone influencée par le trafic routier, 12 à proximité des grandes voies de circulation. Une telle implantation a pour objet d'une part de pouvoir caractériser la décroissance des niveaux de fond et d'autre part, d'estimer les niveaux en NO<sub>2</sub> et en benzène dans les différents environnements susmentionnés.

En complément, **deux laboratoires mobiles** ont été implantés en situation de proximité au trafic routier, en vue de caractériser les concentrations de NO<sub>x</sub> et de particules **aux abords des autoroutes A86** (La Courneuve, Seine-Saint-Denis) **et A1** (Roissy-en-France, Val-d'Oise). **Deux autres laboratoires mobiles** ont été implantés en situation de fond à Saint-Denis (93) et au Mesnil-Amelot (77), afin de **caractériser respectivement l'ambiance générale de la qualité de l'air sous l'influence de l'Autoroute A1 et à proximité de l'aéroport Roissy-CDG**.

Les sites respectent les critères nationaux d'implantation des stations de mesures, établis par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'air (LCSQA, 2017).

La Figure 4 présente la localisation des différents sites implantés sur la zone d'étude Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget au cours de la campagne de mesures. Les points rouges correspondent aux sites de mesures (passives et automatiques) sélectionnés et instrumentés par Airparif pour cette étude.



- Sites de mesures passives et automatiques (Survol) [43 Points de mesure]
- Sites de mesures passives et automatiques (réseau Airparif) [13 Points de mesure]
- Sites de mesures instrumentés par le Groupe ADP [17 Points de mesure]

Figure 4 : carte de localisation des sites de mesures instrumentés au sein du domaine Paris-Charles de Gaulle / Le Bourget

Sur le domaine Paris-Charles de Gaulle / Le Bourget, **13 stations de référence Airparif** sont également présentes (illustrées par des points verts). Onze d'entre elles permettent de fournir des mesures continues à un pas de temps horaire pour différents polluants (Paris 18<sup>ème</sup>, Saint-Denis, Aubervilliers, Bobigny, Tremblay-en-France, Gonesse, Villemomble, Autoroute A1-Saint-Denis, RN2-Pantin, Saint-Martin-du-Tertre et Montgé-en-Goële). Les deux autres stations mettent à disposition des mesures discontinues en NO<sub>2</sub> (Porte de Clignancourt et RN302 - Villemomble).

En complément, **17 sites temporaires ont été instrumentés par le Groupe ADP sur les deux plateformes aéroportuaires de Paris-CDG et Paris-Le Bourget** durant cette campagne. L'implantation de ces sites vise à évaluer les niveaux en NO<sub>2</sub> et en benzène (par des mesures passives) sur l'emprise des deux aéroports, notamment à proximité des différents terminaux et des principaux axes de desserte.

De plus, les résultats des deux stations permanentes exploitées par la section Air du Laboratoire du Groupe ADP, fournies par ADP, ont été utilisés. Les deux stations du groupe ADP implantées sur la plateforme aéroportuaire de Paris-CDG sont les suivantes :

- 1) **Paris-Charles de Gaulle Nord** (CDG-N), située dans l'axe de la piste 1, au nord-ouest de la commune du Mesnil-Amelot ;
- 2) **Paris-Charles de Gaulle Centre** (CTFE), située au cœur de la plateforme aéroportuaire, au sud du Terminal T1.

Ces deux stations mesurent les oxydes d'azote et les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>).

Les informations sur les sites de mesure (typologie, adresse, coordonnées géographiques, mode de prélèvement, polluant mesuré) sont précisées en Annexe 1.

## 2.6. Période de mesures

La campagne de mesure a été menée du **19 novembre au 17 décembre 2019**, soit 4 semaines. Le Tableau 1 définit pour chaque semaine/série (S1 à S4) les jours associés.

N° série	Période de mesure
S1	19 au 26/11/2019
S2	26/11 au 03/12/2019
S3	03 au 10/12/2019
S4	10 au 17/12/2019

Tableau 1 : périodes associées à chaque semaine de campagne

### 3. MÉTÉO & QUALITÉ DE L'AIR DURANT LA CAMPAGNE

Une analyse des conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesure permet de mieux appréhender leur influence sur les niveaux de pollution atmosphérique observés. Les conditions météorologiques jouent **un rôle très important sur l'accumulation ou la dispersion** des polluants. La stabilité/l'instabilité de l'atmosphère peut être définie par plusieurs paramètres météorologiques, notamment les **températures** (et leur gradient entre la surface et l'altitude), la **hauteur de couche de mélange**<sup>4</sup>, les **précipitations** et le **vent** (vitesse et direction). Tandis que les trois premiers paramètres permettent d'appréhender la stabilité verticale de l'atmosphère, les précipitations et le vent apparaissent comme des facteurs essentiels de dispersion météorologique.

Des conditions météorologiques dispersives (faible gradient thermique, hauteur de couche de mélange élevée, pluies, vitesse de vent modérée à forte) induisent des niveaux de polluants faibles. *A contrario*, les conditions défavorables de la pollution atmosphérique sont réunies dès lors que les températures sont froides (avec des gradients marqués), les hauteurs de couche de mélange basses et les vitesses de vent faibles.

Pour cette étude, les paramètres météorologiques de la **station Météo-France Roissy** ont été considérés. **Les conditions météorologiques ont été globalement dispersives sur la période de la campagne**. Elles ont fait état d'un **temps majoritairement couvert à nuageux, accompagné de précipitations**, en présence d'un vent dominant de secteur **sud-ouest** (vitesse faible à forte). En ce qui concerne les températures, les mois de novembre et décembre 2019 ont été plutôt cléments. Certaines journées de la campagne se démarquent néanmoins, marquées par des conditions météorologiques peu dispersives (températures proches de zéro, vitesse de vent faible, hauteur de couche de mélange basse, ...).

**La rose de vent enregistrée durant la campagne de mesures n'est pas tout à fait représentative de l'année 2019**. Une **sur-représentation des vents de secteur sud-ouest**, ainsi qu'une **carence de vents en provenance du nord-est** sont notables, tant par rapport à l'année complète que sur les dix-huit dernières années (Figure 5).

---

<sup>4</sup> Volume d'air dans lequel se mélangent les polluants atmosphériques.

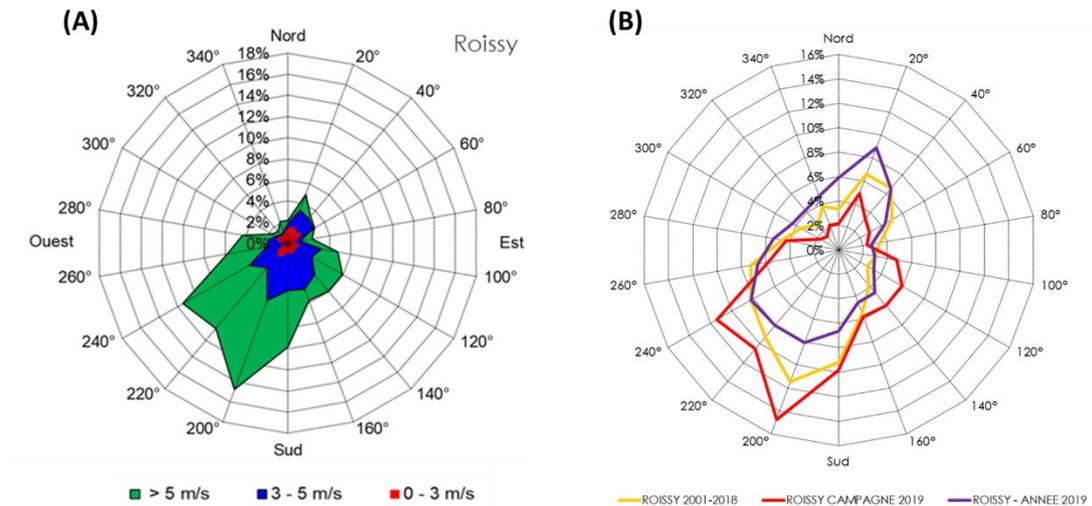


Figure 5 : (A) Rose de vent moyenne (représentative des différentes vitesses de vent) sur la période de la campagne pour la station Roissy ; (B) Rose de vent à Roissy durant la campagne 2019 (rouge), sur l'année 2019 (violet) et sur la période 2001-2018 (du 19 novembre au 17 décembre) (jaune).  
Source : Météo-France

Bien que les directions de vent ne concordent pas parfaitement, la représentativité de la campagne en termes de dispersion météorologique peut être mis au regard de l'historique 2001-2018. La comparaison avec les relevés des dix-huit dernières années montre que les conditions météorologiques survenues durant la campagne de mesures ont été propices à une meilleure dispersion, notamment du fait de vitesses de vent plus importantes (Figure 6). En effet, les vitesses de vent moyennes observées au cours de cette campagne ont été entre 10 et 30 % supérieures aux observations 2001-2018.

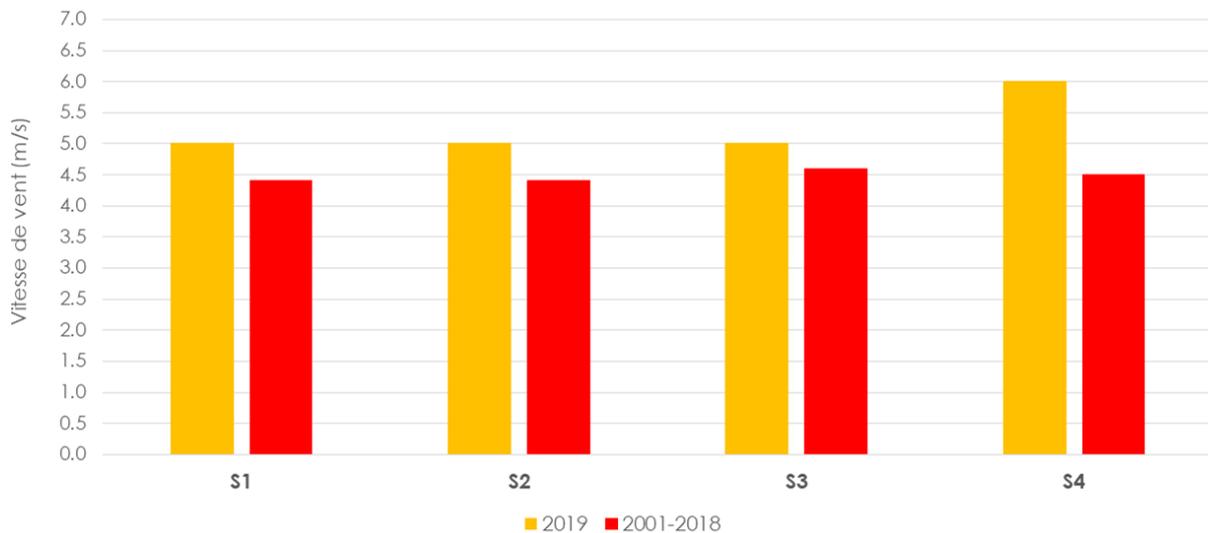


Figure 6 : comparaison des vitesses de vent relevées sur les quatre semaines de campagne (jaune) avec les observations historiques des dix-huit dernières années (rouge).  
Source : Météo-France

La variabilité des niveaux de pollution atmosphérique au cours de la campagne de mesures se traduit dans l'évolution des indices de qualité de l'air pendant cette même période. La Figure 7 présente les indices CITEAIR (indice européen représentant le niveau général de pollution au sein de l'agglomération parisienne) relevés au cours de la campagne, du 19 novembre au 17 décembre 2019. Cette figure permet de donner une idée du caractère plus ou moins propice des journées considérées à des niveaux de pollution faibles ou élevés. **L'indice CITEAIR a été globalement faible sur plus de 85 % des journées de la campagne** (25 jours sur 29). Toutefois, **les indices compris entre 50 et 70 (associés au qualificatif « moyen ») ont été enregistrés sur 4 journées, à cheval entre la deuxième et la troisième semaine de campagne**. Aucun épisode de pollution atmosphérique n'a été enregistré.

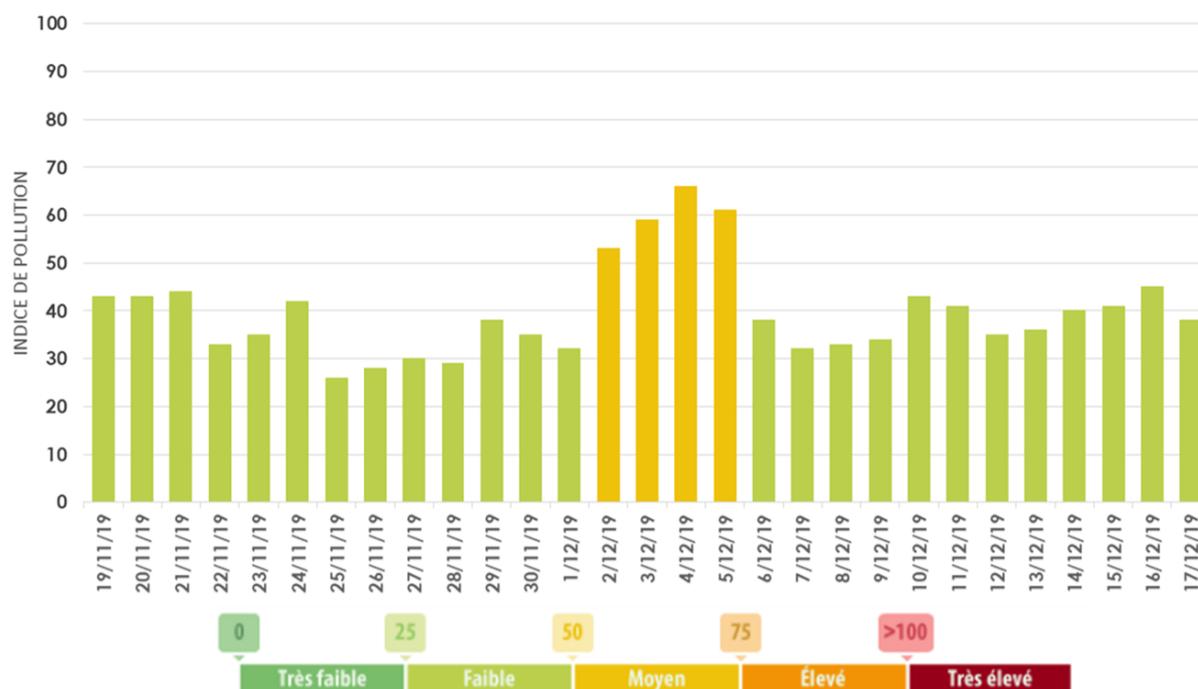


Figure 7 : évolution de l'indice de qualité de l'air CITEAIR pour l'agglomération parisienne du 19 novembre au 17 décembre 2019

## 4. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE

### 4.1. Variabilité des niveaux selon la typologie des sites

La variabilité des niveaux de pollution relevés dans la zone Paris-CDG/Le Bourget (comme sur le reste de l'Île-de-France) dépend majoritairement de **l'intensité des émissions polluantes**, ainsi que de **la météorologie qui gouverne notamment la dispersion ou l'accumulation des polluants dans l'atmosphère**.

#### Pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :

Les Figure 8 et Figure 9 présentent les concentrations moyennes en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) mesurées au cours de la campagne sur l'ensemble des sites instrumentés.

Les sites de fond enregistrent globalement les plus faibles niveaux en NO<sub>2</sub>. Les niveaux de fond sont variables, selon leur distance respective par rapport aux sources d'émission. Les concentrations mesurées sur les sites de fond durant la campagne sont comprises entre 17 et 43 µg/m<sup>3</sup>.

**Les niveaux maxima en NO<sub>2</sub> sont rencontrés au droit et au voisinage immédiat des axes routiers du domaine d'étude.** Sur la période de la campagne, ils sont compris entre 29 et 72 µg/m<sup>3</sup>. Les sites trafic présentent des teneurs moyennes très variables d'un site à un autre, qui peuvent être expliquées par des différences de conditions de circulation (nombre de véhicules, vitesse, ...) et par d'autres facteurs d'influence (topographie, encaissement des voies, ...).

Les sites influencés par le trafic routier enregistrent des **niveaux intermédiaires, s'échelonnant entre ceux mesurés en situation de fond et ceux relevés à proximité du trafic routier**. Comme pour les sites de fond, les teneurs relevées en zone influencée peuvent être variables en fonction de leur distance par rapport aux sources. Les concentrations en NO<sub>2</sub> sur ces sites sont comprises entre 22 et 43 µg/m<sup>3</sup>.

Les sites péri-aéroportuaires enregistrent des niveaux en NO<sub>2</sub> compris entre 17 et 37 µg/m<sup>3</sup>. Cette gamme de concentrations est comparable à celle observée en situation de fond. Par conséquent, **ces sites péri-aéroportuaires ne présentent pas de spécificités particulières par rapport aux sites de fond**.

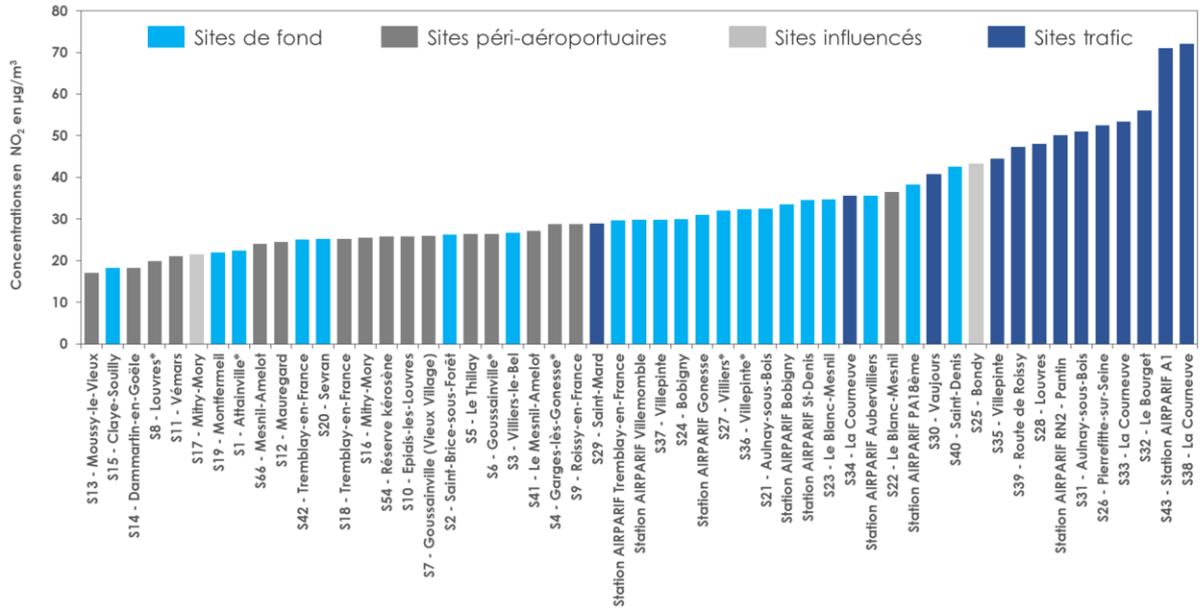


Figure 8 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur l'ensemble des sites instrumentés par Airparif du 19 novembre au 17 décembre 2019  
\* moyennes calculées sur 3 semaines

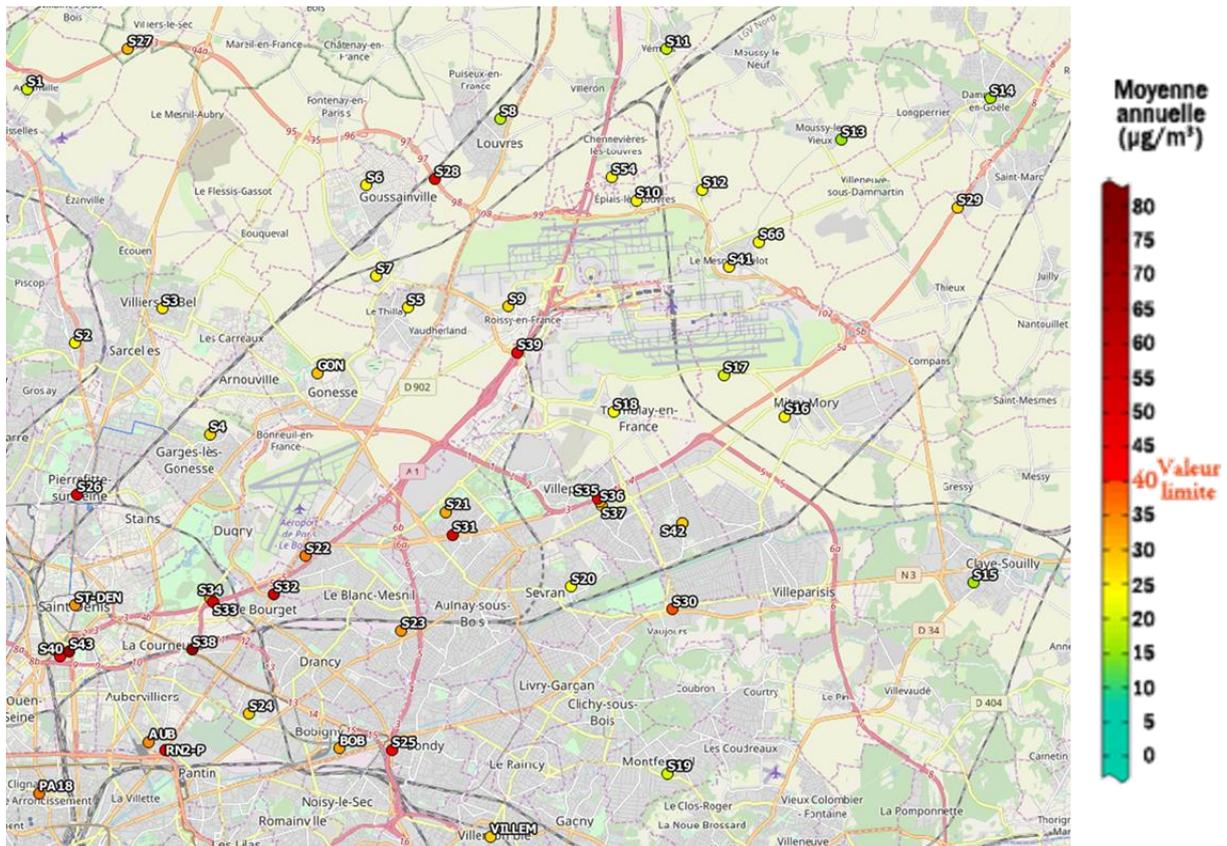


Figure 9 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> pour chaque site instrumenté par Airparif sur l'ensemble de la campagne (S1-S4).

### Pour les particules (PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>) :

La Figure 10 présente les concentrations moyennes en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) mesurées sur la zone d'étude au cours de la campagne sur les différents sites automatiques d'Airparif.

Contrairement au NO<sub>2</sub>, **les niveaux de fond moyens en particules enregistrés sur le domaine sont globalement homogènes** (entre 17 et 20 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> et environ 11 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub>). **Une légère décroissance des niveaux de PM<sub>2.5</sub> entre le cœur dense de l'agglomération et la périphérie du domaine** (illustrée par la station rurale régionale RUR-Nord) **est observée**. Le gradient « agglomération-périphérie » est de l'ordre de 3 µg/m<sup>3</sup>.

**Les concentrations moyennes les plus élevées en particules sont relevées au droit et au voisinage des principaux axes routiers instrumentés** : entre 27 et 41 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> et entre 10 et 15 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub>. Les niveaux moyens en PM<sub>10</sub> mesurés à la station permanente Autoroute A1 sont jusqu'à deux fois supérieurs à ceux enregistrés en situation de fond.

Le site péri-aéroportuaire situé au Mesnil-Amelot (S41) enregistre une concentration moyenne en PM<sub>2.5</sub> comparable à celle observée sur les stations de fond du réseau permanent d'Airparif, localisées au sein de l'agglomération parisienne.

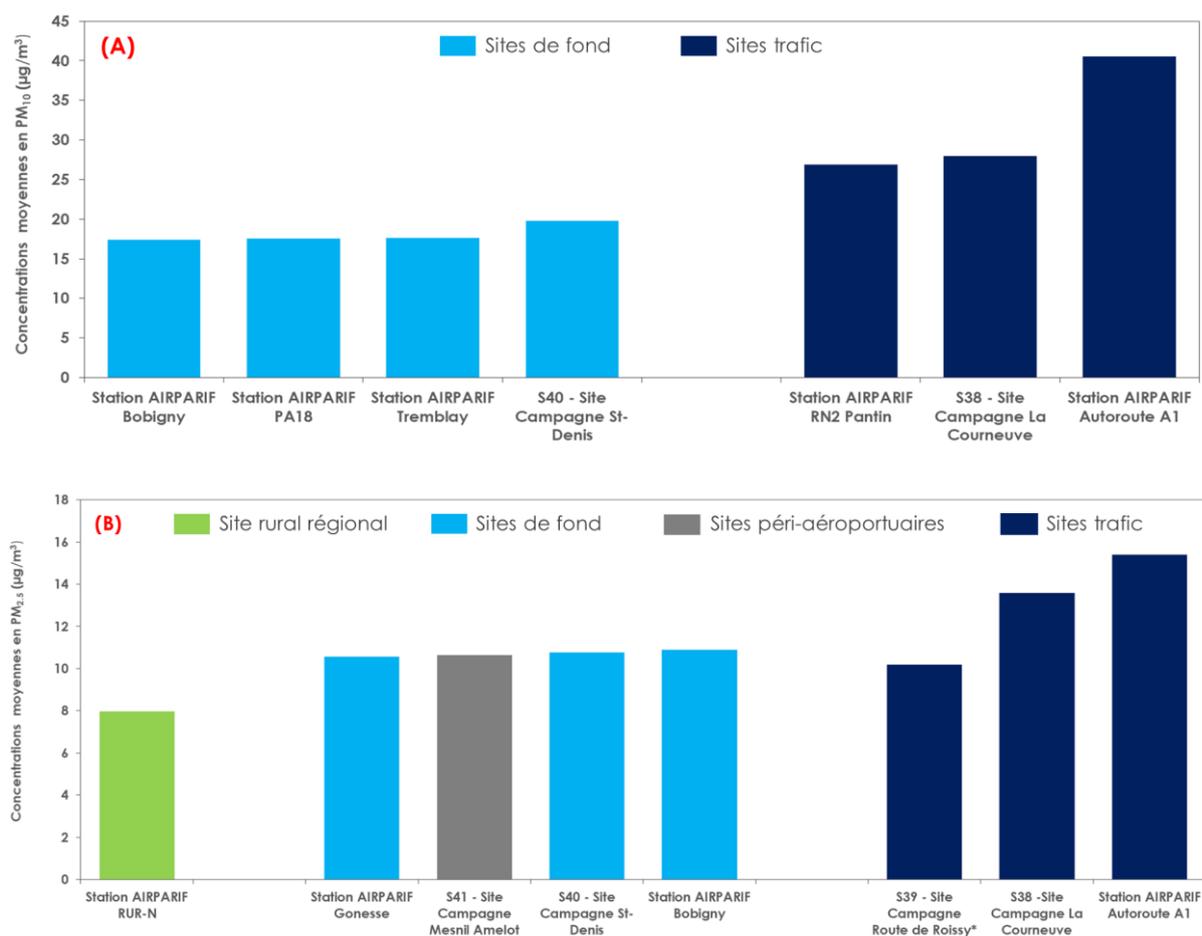


Figure 10 : concentrations moyennes en particules PM<sub>10</sub> (A) et PM<sub>2.5</sub> (B) (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur les sites campagne et les stations de référence du réseau permanent d'Airparif du 19 novembre au 17 décembre 2019  
\* moyennes calculées sur 3 semaines

**Pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) :**

Les Figure 11 et Figure 12 présentent les concentrations moyennes en benzène mesurées au cours de la campagne sur l'ensemble des sites instrumentés.

**Les conclusions tirées de l'analyse du NO<sub>2</sub> sont applicables au benzène.** En effet, les plus faibles niveaux en benzène sont relevés sur les sites de fond (entre 1 et 1.6 µg/m<sup>3</sup>). Comme attendu, les teneurs les plus élevées en benzène sont observées au droit des axes routiers (entre 1.5 et 2.4 µg/m<sup>3</sup>), notamment en raison de conditions de circulation plus ou moins congestionnées, couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants (cas de la station fixe Autoroute A1).

Les sites péri-aéroportuaires enregistrent des niveaux en benzène compris entre 1 et 1.3 µg/m<sup>3</sup>. Cette gamme de concentrations est comparable à celle observée sur les sites de fond. C'est également le cas pour le site péri-aéroportuaire et influencé par le trafic routier de Mitry-Mory (situé à moins de 100 m de la route départementale D84A3 et 400 m de la Piste 4 de l'aéroport Roissy-CDG).

**Contrairement au NO<sub>2</sub>, la variabilité des niveaux moyens en benzène, mesurés autant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, est beaucoup moins importante.** Les niveaux présentés sont cohérents avec ceux observés sur les stations de référence d'Airparif.

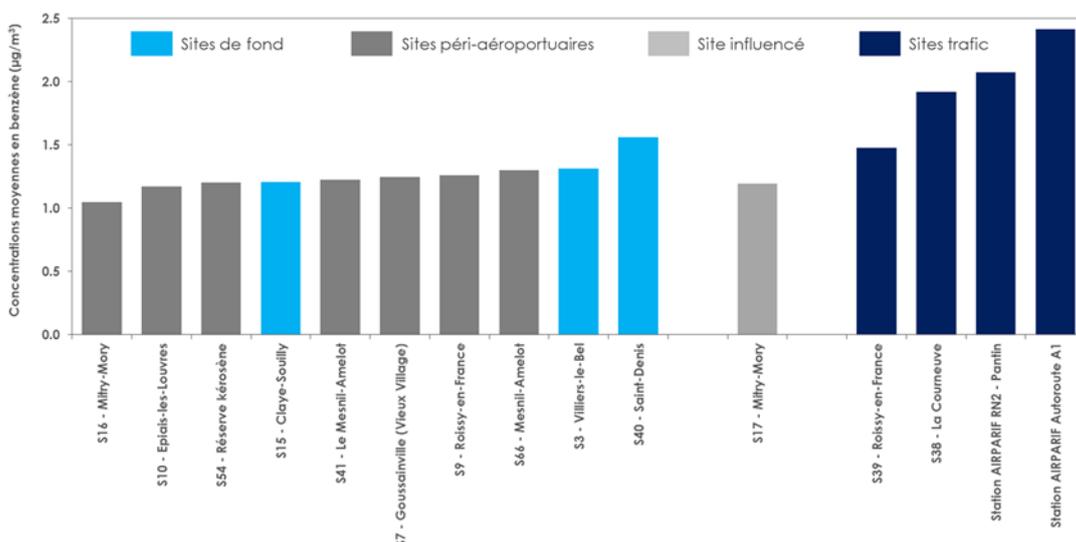


Figure 11 : concentrations moyennes en benzène (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur l'ensemble des sites instrumentés du 19 novembre au 17 décembre 2019

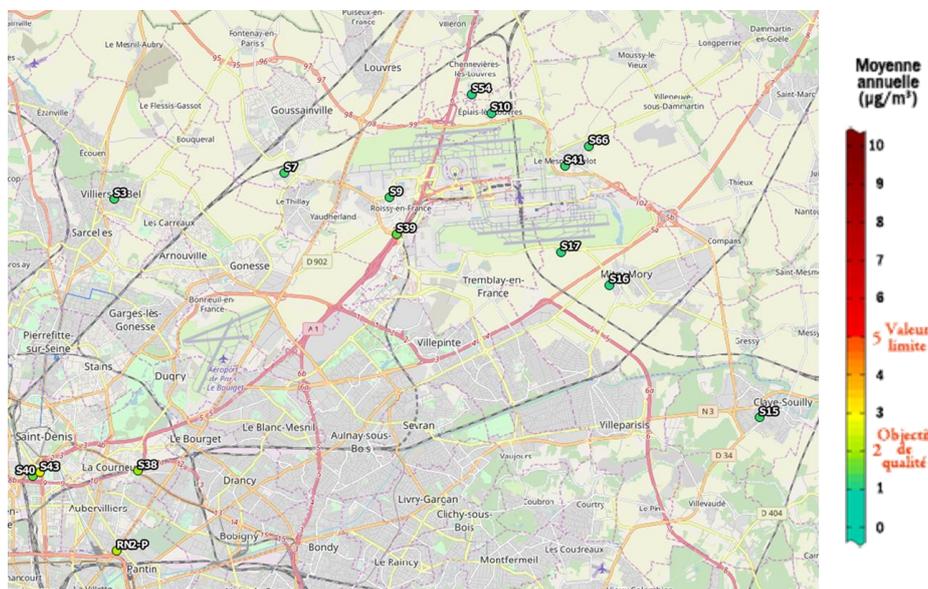


Figure 12 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en benzène pour chaque site instrumenté par Airparif sur l'ensemble de la campagne (S1-S4)

## 4.2. Une décroissance des niveaux de pollution liée à la distance aux sources confirmée

### 4.2.1 – En situation de fond

Malgré les conditions météorologiques variables survenues au cours de l'étude, le motif global de la qualité de l'air présente certaines caractéristiques stables d'une semaine à l'autre. Toutefois, il peut être plus ou moins marqué selon le polluant considéré.

Les sites péri-aéroportuaires font également l'objet d'une analyse spécifique dans la section 4.3, mais sont également intégrés dans l'analyse des sites de fond, compte-tenu des niveaux comparables.

#### Pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :

Les niveaux de fond en NO<sub>2</sub> relevés dans le cœur de l'agglomération parisienne, où l'urbanisme et le réseau routier sont denses, sont systématiquement les plus élevés. Au fur et à mesure de l'éloignement de l'agglomération parisienne vers la périphérie du domaine, les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> diminuent. **De ce fait, les niveaux ambiants en NO<sub>2</sub> sont globalement plus importants au sud-ouest de la zone d'étude** (Figure 13). **Les niveaux relevés au nord et à l'est du domaine représentent les concentrations les plus faibles en NO<sub>2</sub>.** Ils sont environ 55 % inférieurs à ceux relevés dans le sud-ouest du domaine.

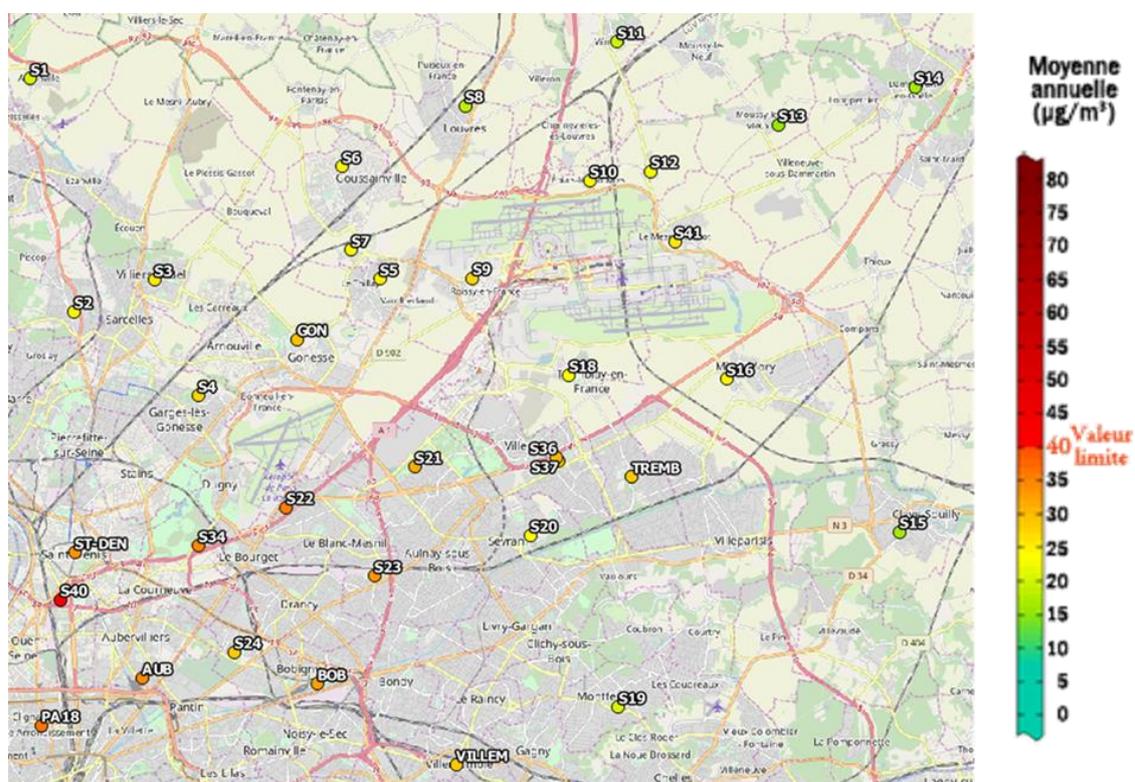


Figure 13 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> en situation de fond sur l'ensemble de la campagne (S1-S4)

La variabilité des niveaux en NO<sub>2</sub> aux différentes échelles spatiales (Paris, petite et grande couronne francilienne incluant le domaine d'étude) est représentée par des boîtes à moustaches (Figure 14). Elles permettent de comparer facilement plusieurs grandeurs statistiques. Cette représentation graphique de la distribution d'une variable met en exergue les premier et troisième quartiles, représentés par les bordures inférieure et supérieure de la boîte rectangulaire. La boîte rectangulaire contient 50 % des données. Dans la boîte rectangulaire, le trait correspond à la médiane (50 % des données sont inférieures, 50 % restants sont supérieures). Cette représentation a été privilégiée pour des raisons de représentativité<sup>5</sup>.

La Figure 14 illustre les niveaux de fond en NO<sub>2</sub> ordonnés de manière croissante, par site de mesures instrumenté.

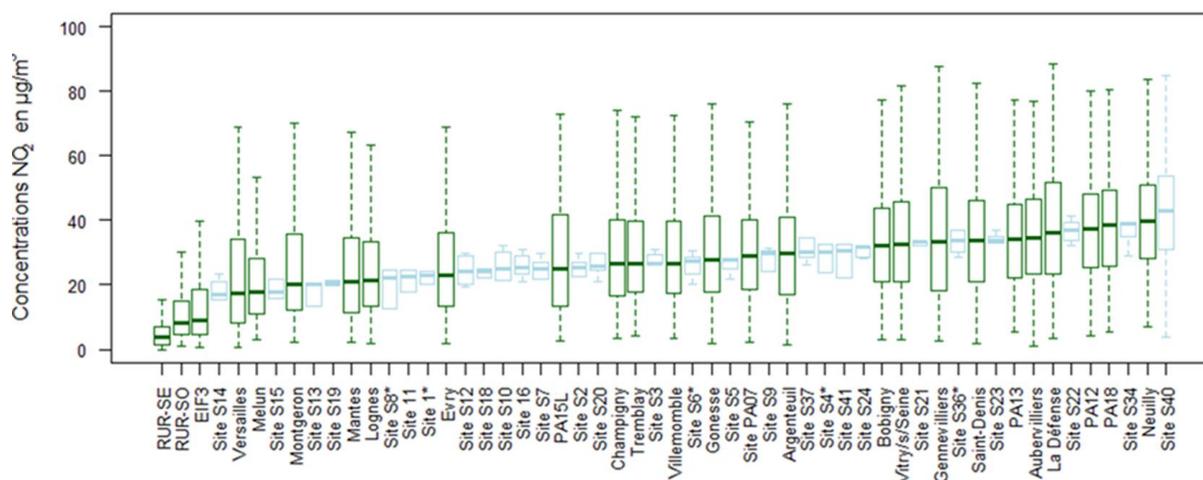


Figure 14 : concentrations en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites de la région Île-de-France (sites de campagne en bleu, stations de référence du réseau d'Airparif en vert) du 19 novembre au 17 décembre 2019  
\* données calculées sur 3 semaines

Les concentrations médianes en NO<sub>2</sub> (représentées par un trait horizontal épais) ont été calculées pour chaque site de mesures du 19 novembre au 17 décembre 2019. Pour les sites de campagne (en bleu), la médiane a été calculée à partir de mesures hebdomadaires (utilisation de tubes à diffusion passive)<sup>6</sup>. Pour les sites du réseau d'Airparif (en vert), la médiane a été calculée à partir de mesures horaires. La fréquence des mesures étant plus importante, les niveaux en NO<sub>2</sub> mesurés ont présenté plus de fluctuations. Plus les valeurs minimales et maximales (représentées par des traits horizontaux peu épais) sont éloignées de la boîte, plus les niveaux mesurés sont variables.

Sur l'ensemble des sites de fond instrumentés en Île-de-France, les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> observées durant la campagne sont comprises entre 6 et 43 µg/m<sup>3</sup> (station RUR-SE et site campagne S40 – Saint-Denis, respectivement). La Figure 14 montre bien le **gradient important** entre les zones rurales franciliennes et le centre de l'agglomération parisienne. **Les niveaux maxima en NO<sub>2</sub> sont majoritairement observés sur les stations parisiennes et celles de petite couronne. A contrario, les niveaux les plus faibles en NO<sub>2</sub> sont relevés sur les stations rurales et les sites péri-urbains de grande couronne** (notamment ceux situés en périphérie du domaine d'étude).

**Les concentrations des sites de fond instrumentés pour la campagne sont cohérentes avec les niveaux des stations de mesure permanentes du réseau automatique d'Airparif.** Les niveaux minima moyens des sites du domaine sont logiquement supérieurs à ceux des stations rurales et inférieurs à ceux mesurés au cœur de l'agglomération parisienne.

<sup>5</sup> Le calcul de la moyenne prend en compte les valeurs extrêmes (pouvant être atypiques). A contrario, la médiane permet de ne pas être influencé par des valeurs extrêmes.

<sup>6</sup> Excepté pour le site S40 – Saint-Denis (calcul effectué à partir de mesures horaires).

### Pour les particules (PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>) :

Sur l'ensemble des sites de fond instrumentés en Île-de-France, les concentrations moyennes en particules sont comprises entre 12 et 20 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> et entre 7 et 11 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub> (Figure 15). **À l'image du dioxyde d'azote, une décroissance des concentrations de fond en particules entre le centre de l'agglomération parisienne et la périphérie de la région est observée.** Au regard du NO<sub>2</sub>, **cette baisse est néanmoins beaucoup moins marquée pour les particules** : le gradient « agglomération-périphérie » moyen est estimé à 8 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> et 4 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub> (contre 37 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub>). Ce gradient s'explique par une densité du secteur résidentiel-tertiaire et un trafic routier plus importants dans le centre de l'agglomération parisienne qu'en périphérie éloignée.

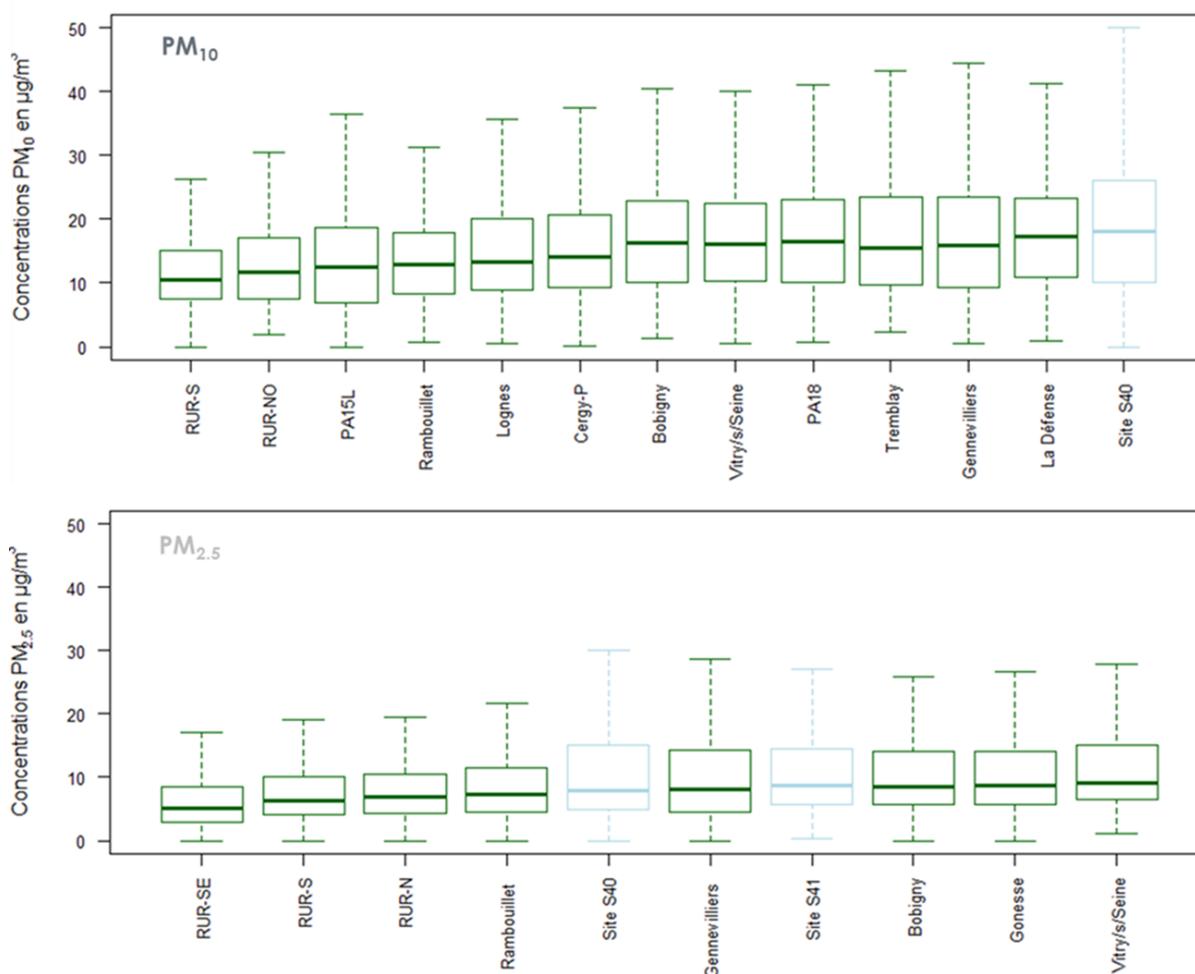


Figure 15 : concentrations en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites de mesure (sites de campagne en bleu, stations de référence du réseau d'Airparif en vert) du 19 novembre au 17 décembre 2019

### Pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) :

En situation de fond, **les concentrations moyennes en benzène mesurées durant la campagne sont comprises entre 1 et 1.6 µg/m<sup>3</sup>** (Figure 16). Elles sont légèrement plus élevées dans le cœur dense de l'agglomération (Site S40 - Saint-Denis, Paris 1<sup>er</sup>,...) qu'en périphérie du domaine.

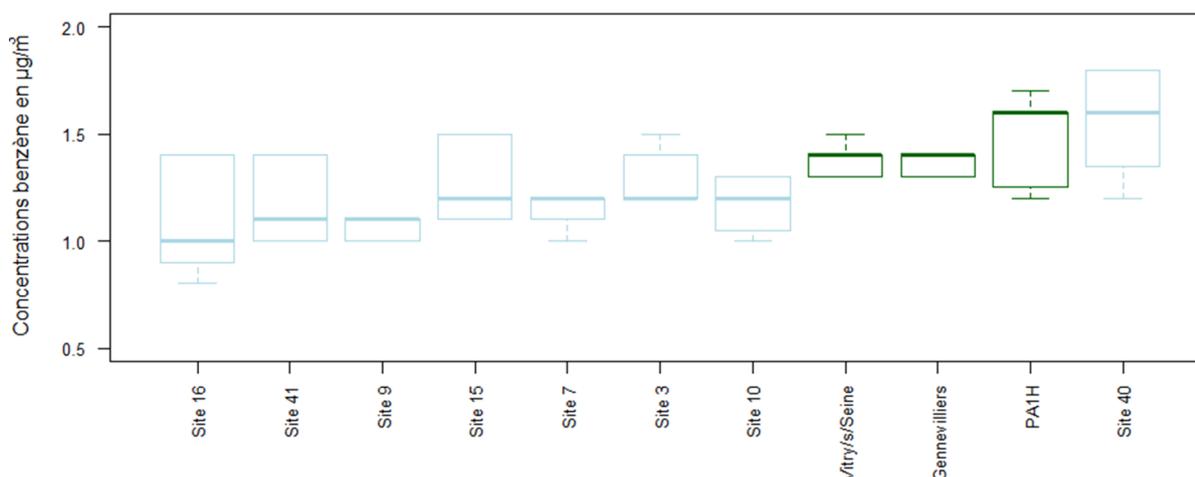


Figure 16 : concentrations en benzène (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites instrumentés (comprenant les sites de campagne en bleu et les stations de référence du réseau d'Airparif en vert) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019

#### 4.2.2 – En zone influencée trafic routier

Les niveaux de pollution décroissent très rapidement en s'éloignant des axes routiers, en particulier dans les dix premiers mètres. Suite aux différentes campagnes de mesure menées par Airparif au cours de la première décennie des années 2000, l'influence du trafic routier était perceptible dans une zone variable selon les polluants considérés : 200 m max. en zone dégagée pour le NO<sub>2</sub>, de 100 à 150 m pour les particules et le benzène (Airparif, 2012). Cette distance d'influence dépend toujours de la topographie de l'axe et de la présence ou non d'aménagements urbains (murs anti-bruit, merlons paysagers, bâtiments, ...) qui ont un effet écran.

Dans le cadre de cette étude, trois points de mesures ont été placés à proximité de l'Autoroute A104 (La Francilienne), à hauteur de la commune de Villepinte, dans le but d'évaluer à nouveau la diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> en fonction de l'éloignement à l'axe et ainsi l'impact de telles infrastructures routières sur les zones environnantes (Figure 17).

Sur cette zone d'étude, la plus forte concentration en NO<sub>2</sub> est relevée au droit de l'Autoroute A104 (45 µg/m<sup>3</sup> en moyenne). La Figure 17 illustre **une diminution globale des niveaux en NO<sub>2</sub> de 33 % en fonction de l'éloignement à cet axe routier** (de 0 à 200 mètres). **Les teneurs en NO<sub>2</sub> enregistrent une baisse plus importante sur les 100 premiers mètres** (-27 %) ; cette diminution des teneurs en NO<sub>2</sub> étant beaucoup moins prononcée entre 100 et 200 mètres de la Francilienne (-8 %). Au-delà de 200 mètres, les niveaux en NO<sub>2</sub> tendent à s'homogénéiser.

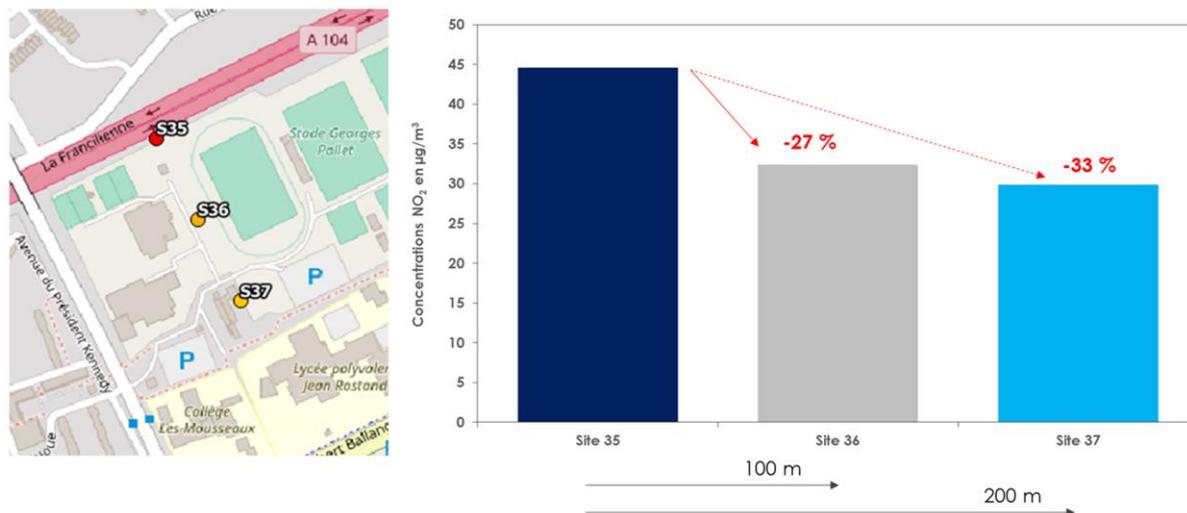


Figure 17 : carte de localisation des trois sites instrumentés à proximité de l'A104 (gauche) et évolution des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> par rapport à l'axe routier sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019

Cette distance de décroissance des niveaux en NO<sub>2</sub> à proximité des axes routiers a été observée sur d'autres points de mesures, autant localisés sur la zone d'étude qu'en région Île-de-France (Airparif, 2020).

L'évolution de cette distance d'influence du trafic routier en une vingtaine d'années (passant de 200 m à 100 m pour le NO<sub>2</sub>) s'explique en partie par **une diminution plus importante des niveaux en NO<sub>2</sub> au droit des axes de circulation par rapport à ceux en situation de fond**. Cette baisse des niveaux de NO<sub>2</sub> en proximité du trafic routier résulte d'une part, **des améliorations technologiques apportées aux différentes classes de véhicules** et d'autre part, **au renouvellement progressif du parc roulant** ; induisant ainsi une réduction significative des émissions de NO<sub>x</sub> en Île-de-France (-32 % entre 2005 et 2015) (Airparif, 2019). L'influence du trafic routier sur les niveaux ambiants en NO<sub>2</sub> étant moins importante, sa distance d'impact s'est par conséquent réduite. De plus, la mise en place d'aménagements urbains à proximité des voies de circulation modifie la dispersion des polluants et contribue aussi à contraindre cette distance d'influence.

## 4.3 Évaluation des niveaux de polluants sur les plateformes et sur les sites péri-aéroportuaires

Sur la plateforme aéroportuaire de Paris-Charles de Gaulle, deux stations permanentes sont gérées par le Groupe ADP : **CDG-Nord** et **CDG-Centre** (également sous l'appellation CTFE). Ces stations mesurent en temps quasi-réel les concentrations en oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>.

En complément, **plusieurs sites temporaires** ont été instrumentés par le Groupe ADP sur les deux plateformes aéroportuaires de Paris-CDG et Paris-Le Bourget durant cette campagne (Figure 18), afin d'évaluer les niveaux hebdomadaires en NO<sub>2</sub> et en benzène (au biais de mesures passives) au niveau des différents terminaux et le long des principaux axes de desserte, ainsi qu'à proximité immédiate de l'aéroport de Roissy-CDG, en complément des sites instrumentés par Airparif.

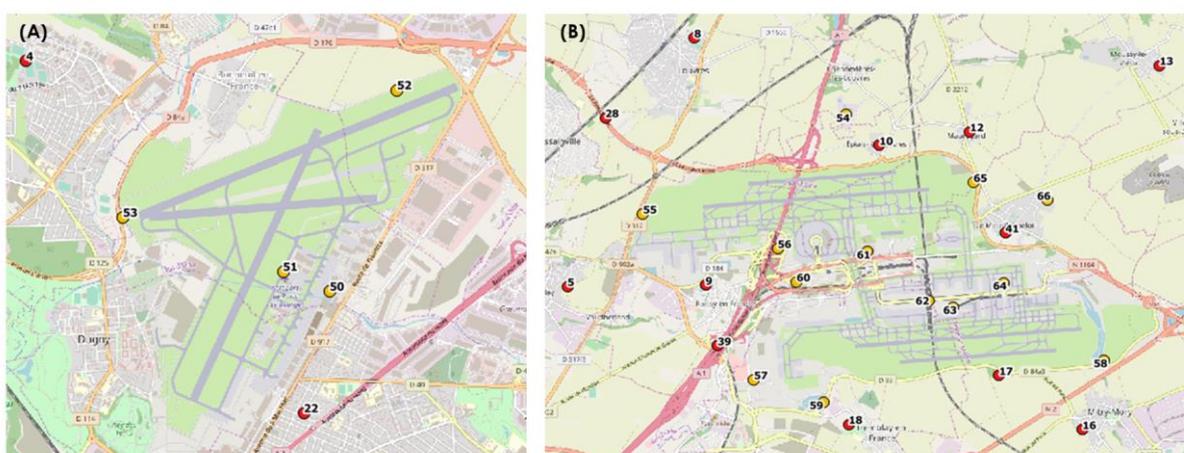


Figure 18 : cartes de localisation des sites de mesures aéroportuaires (jaune) et péri-aéroportuaires (rouge) instrumentés par le Groupe ADP et Airparif sur et autour des plateformes Paris-Le Bourget (A) et Paris-CDG (B) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019

La Figure 19 présente les niveaux moyens en NO<sub>2</sub>, en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) et en benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) mesurés sur l'ensemble des sites de la campagne (sites de campagne et stations de référence instrumentés par Airparif, ainsi que les stations temporaires et permanentes du Groupe ADP) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019.

**Les niveaux moyens mesurés aux différents sites temporaires et permanents instrumentés sur et autour des plateformes aéroportuaires de Paris-Le Bourget et Roissy-CDG sont cohérents au regard des concentrations observées sur les autres sites de la campagne et sur les stations de référence du réseau permanent d'Airparif.**

- **Pour le NO<sub>2</sub>** : les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> mesurés sur la plateforme aéroportuaire de Roissy-CDG sont compris entre 26 et 41 µg/m<sup>3</sup>. Sur l'aéroport Paris-Le Bourget, les teneurs en NO<sub>2</sub> sont comprises entre 29 et 34 µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux maxima enregistrés par les sites aéroportuaires sont comparables aux teneurs de fond en NO<sub>2</sub> mesurées dans le centre de l'agglomération parisienne (Paris 18<sup>ème</sup>, S40 – Saint-Denis, ...) et/ou à proximité du trafic routier (les sites S63, S57 et S62 étant notamment influencés par les axes de desserte).

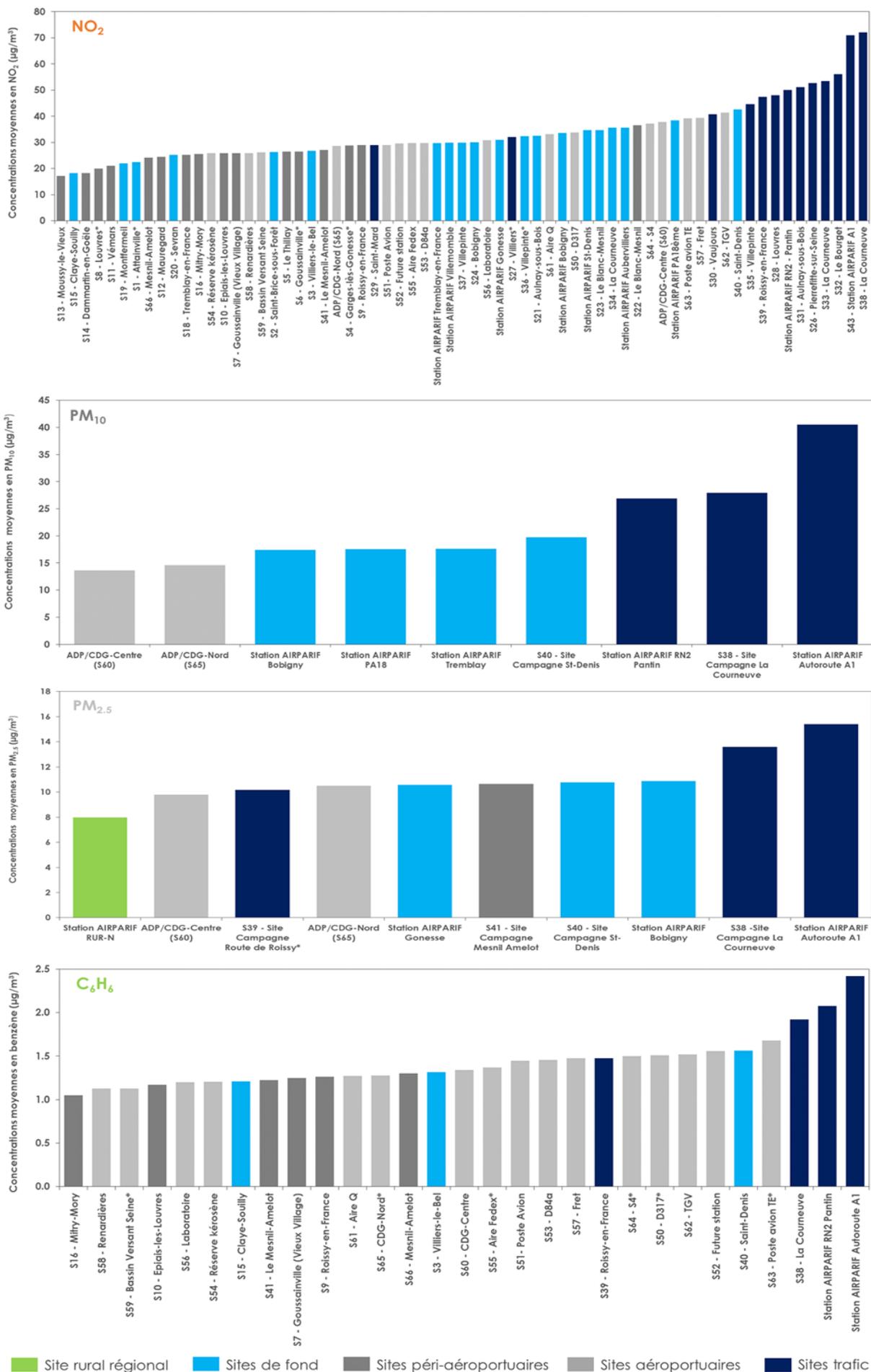


Figure 19 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) et en benzène (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur l'ensemble des sites instrumentés par le Groupe ADP et Airparif du 19 novembre au 17 décembre 2019  
 \* taux de représentativité des données inférieur ou égal à 75 %

Les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> mesurés sur les sites péri-aéroportuaires sont compris entre 17 et 37 µg/m<sup>3</sup>. La moitié de ces sites enregistre des teneurs en NO<sub>2</sub> inférieures à 26 µg/m<sup>3</sup> (concentration minimale enregistrée sur les sites aéroportuaires). Les huit sites restants ont mesuré des niveaux moyens en NO<sub>2</sub> (entre 26 et 29 µg/m<sup>3</sup>) inférieurs à ceux observés sur les sites de petite couronne francilienne, exception faite pour le site du Blanc-Mesnil (37 µg/m<sup>3</sup>) pour lequel l'influence des activités urbaines (résidentiel, trafic routier) est perceptible.

- **Pour les particules PM<sub>10</sub>** : les concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> relevées aux stations CDG-Nord et CDG-Centre (respectivement 15 et 14 µg/m<sup>3</sup>) sont légèrement inférieures à celles mesurées par les sites campagne et les stations de fond du réseau permanent d'Airparif (entre 17 et 20 µg/m<sup>3</sup>).
- **Pour les particules PM<sub>2.5</sub>** : les niveaux moyens en PM<sub>2.5</sub> mesurés par les deux stations CDG-Nord et CDG-Centre (de l'ordre de 10 µg/m<sup>3</sup>) sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés par les sites de campagne Mesnil-Amelot (S41), Saint-Denis (S40) et les stations de fond Gonesse et Bobigny (11 µg/m<sup>3</sup>). Ils restent toutefois légèrement supérieurs à ceux observés sur la station rurale régionale RUR-Nord (Saint-Martin-du-Tertre).
- **Pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** : les niveaux moyens en benzène mesurés sur la plateforme aéroportuaire de Roissy-CDG sont compris entre 1.1 et 1.6 µg/m<sup>3</sup>. À l'image du NO<sub>2</sub>, le gradient de concentrations sur la zone Le Bourget est plus faible : les teneurs en benzène sont comprises entre 1.4 et 1.5 µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux maxima enregistrés par les sites aéroportuaires sont comparables aux teneurs de fond en benzène mesurées dans le centre de l'agglomération parisienne (S40 – Saint-Denis) et/ou à proximité du trafic routier (sites majoritairement influencés par les axes de desserte).

Les niveaux moyens en benzène mesurés sur les sites péri-aéroportuaires sont compris entre 1 et 1.3 µg/m<sup>3</sup>. Ces niveaux sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés sur les sites de fond localisés en périphérie du domaine et sur les sites aéroportuaires qui ne sont pas directement influencés par le trafic routier.

**Les niveaux maxima en NO<sub>2</sub> et en benzène enregistrés sur les deux plateformes aéroportuaires Paris-CDG et Paris-Le Bourget sont comparables à ceux mesurés sur des sites de fond de la petite couronne parisienne ou à proximité de certains axes routiers.** Contrairement à l'aéroport Paris-Le Bourget (du fait de son activité moindre et de son imbrication dans le cœur dense de l'agglomération parisienne), **l'impact des activités aéroportuaires** (trafic aérien et l'ensemble des activités au sol) **sur la plateforme de Paris-CDG est perceptible.**

**Autour de l'emprise des plateformes, les sites péri-aéroportuaires enregistrent des niveaux de polluants comparables à ceux observés en situation de fond** (loin de toute source directe de pollution). **L'absence de spécificité des niveaux en NO<sub>2</sub>, particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) et en benzène mesurés par les sites péri-aéroportuaires au regard de ceux observés sur les plateformes et en situation de fond montre que l'impact du trafic aérien est peu visible sur la zone pour ces polluants.**

## 4.4 Influence des sources de pollution

Le vent peut placer un site sous l'influence ou non d'une source d'émissions (trafic routier, industries, ...), permettant ainsi d'illustrer l'impact d'une source spécifique. L'exemple du site trafic de La Courneuve (Site 38) est présenté en Figure 20.

De par sa configuration, **ce site de mesures peut être plus ou moins impacté par l'Autoroute A86 en fonction des secteurs de vent rencontrés**. En effet, des niveaux en NO<sub>2</sub> plus faibles peuvent être observés lorsque le vent est de secteur sud (point de mesure au vent de l'A86). *A contrario*, des niveaux plus soutenus en NO<sub>2</sub> peuvent être enregistrés dès lors que le vent est de secteur nord (point de mesure sous le vent de l'A86).

L'amplitude de cette variation est d'autant plus importante que les teneurs en situation de fond sont faibles.

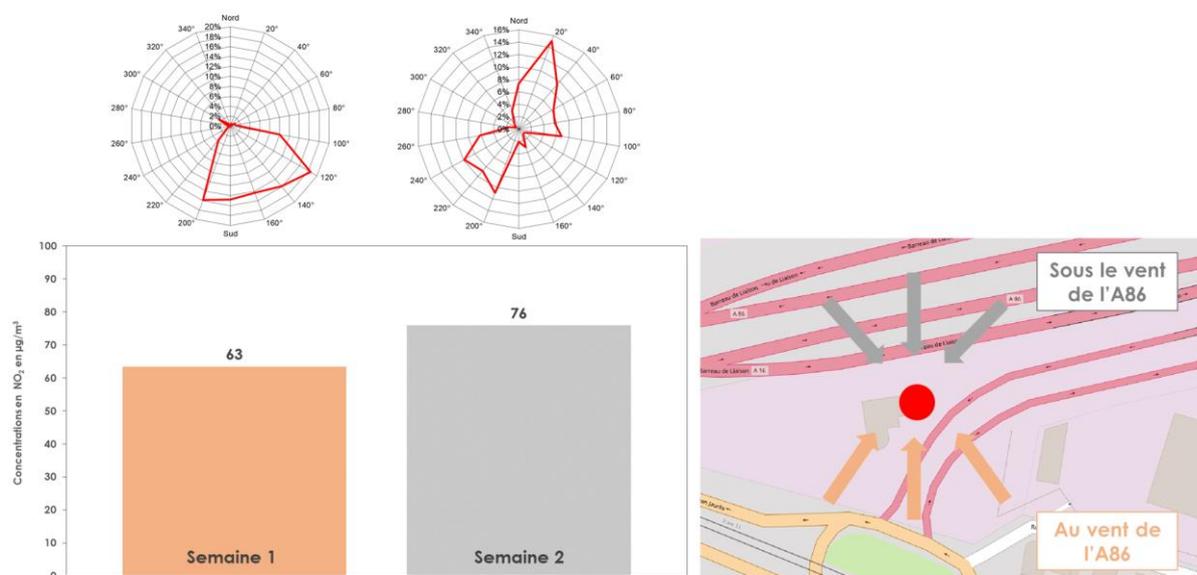


Figure 20 : impact de la direction du vent sur les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) au cours des deux premières semaines de campagne sur le site trafic de La Courneuve (Site 38)

## 4.5 Variabilités temporelles

### 4.4.1 – Variabilité des niveaux de polluants pendant la campagne de mesure

Les concentrations en NO<sub>2</sub> et particules (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) mesurées pour chacune des quatre semaines de campagne sont présentées en Figure 21.

Les concentrations mesurées ne sont, de manière générale, pas homogènes durant cette campagne et varient selon les différentes semaines de mesures. Concernant le NO<sub>2</sub>, aucune prépondérance d'une semaine par rapport à une autre n'est à noter. Il en est de même pour le benzène. En revanche, concernant les particules, **les concentrations les plus élevées ont été observées durant la semaine 3**. Durant cette semaine, les conditions météorologiques étaient alors peu dispersives, avec un vent faible de secteur nord-est.

**La variabilité des niveaux de polluants peut être différente suivant le site de mesures considéré.** Ces différences peuvent être dépendantes :

- **des polluants** (NO<sub>2</sub>, particules, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) : ils peuvent être sujets à des dynamiques différentes dans l'atmosphère. Les écarts de comportement sont vraisemblablement liés au caractère primaire ou secondaire des composés. Généralement marqué par les émissions locales, le comportement des polluants peut également être lié à des phénomènes régionaux voire à plus grande échelle, notamment pour les particules.
- **des activités à proximité des sites ;**
- **des paramètres d'influence** (vent notamment, cf. Section 4.4)

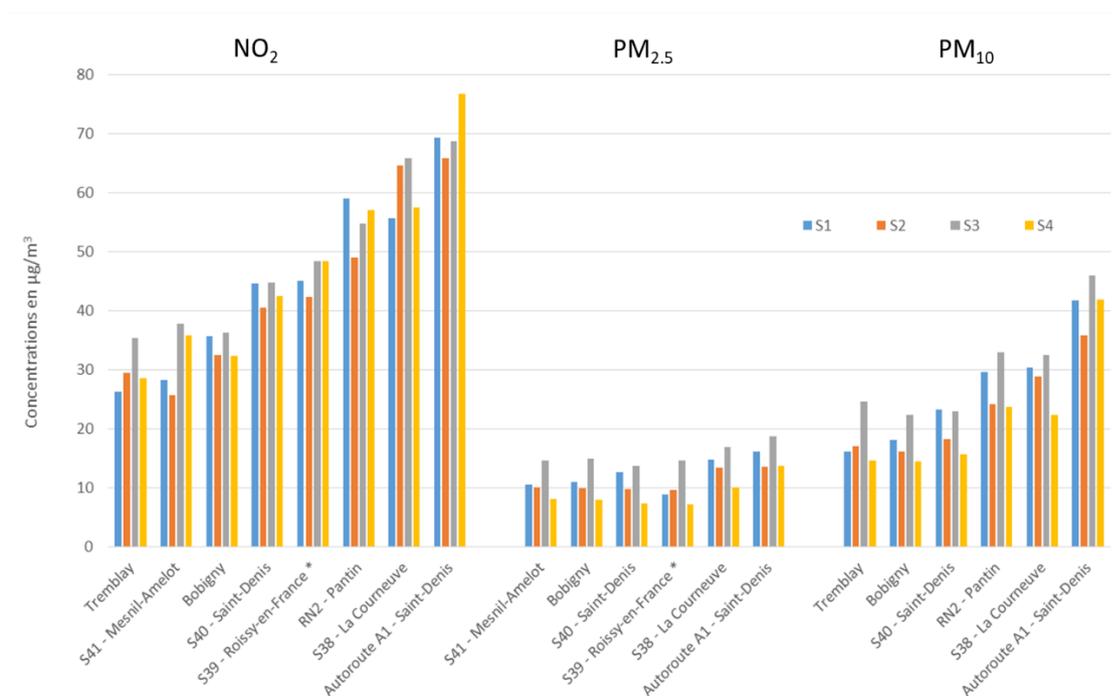


Figure 21 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> et PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> mesurées sur les stations automatiques présentes dans le domaine d'étude du 19 novembre au 17 décembre 2019.

\* taux de représentativité des données inférieur à 75 % (S2, S3 et S4 pour le NO<sub>2</sub>, S1 et S4 pour les PM<sub>2.5</sub>)

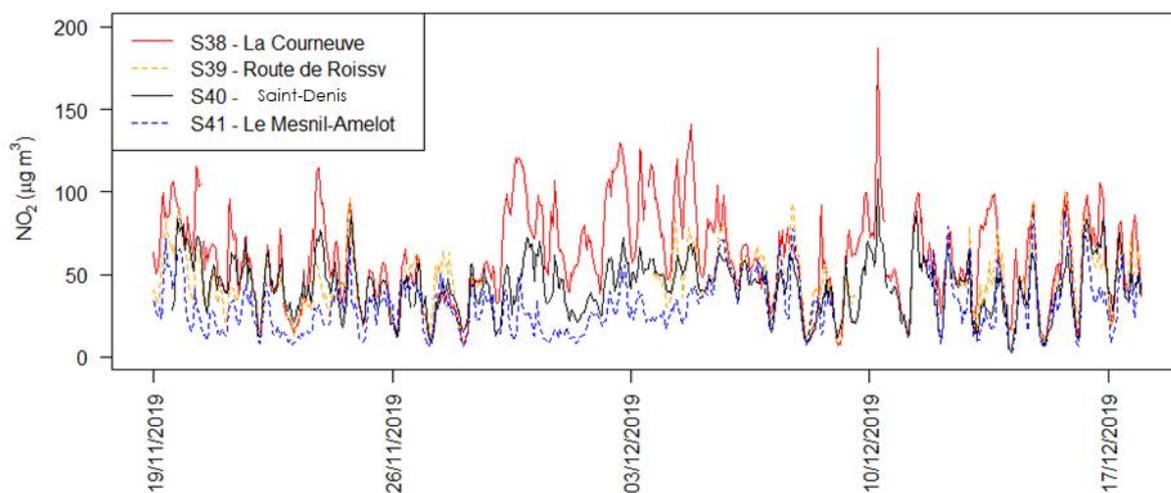
La réalisation de mesures horaires en NO<sub>2</sub> et en particules permet d'**évaluer leurs comportements à une échelle temporelle plus fine**. La variabilité des niveaux en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> mesurés sur les 4 sites automatiques du domaine (La Courneuve, Roissy-en-France, Saint-Denis, Le Mesnil Amelot) est présentée en Figure 22. **Les concentrations horaires mesurées sur les sites présentent une grande variabilité. Elles varient globalement de la même manière, avec toutefois une intensité différente selon le polluant considéré.**

#### **Pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :**

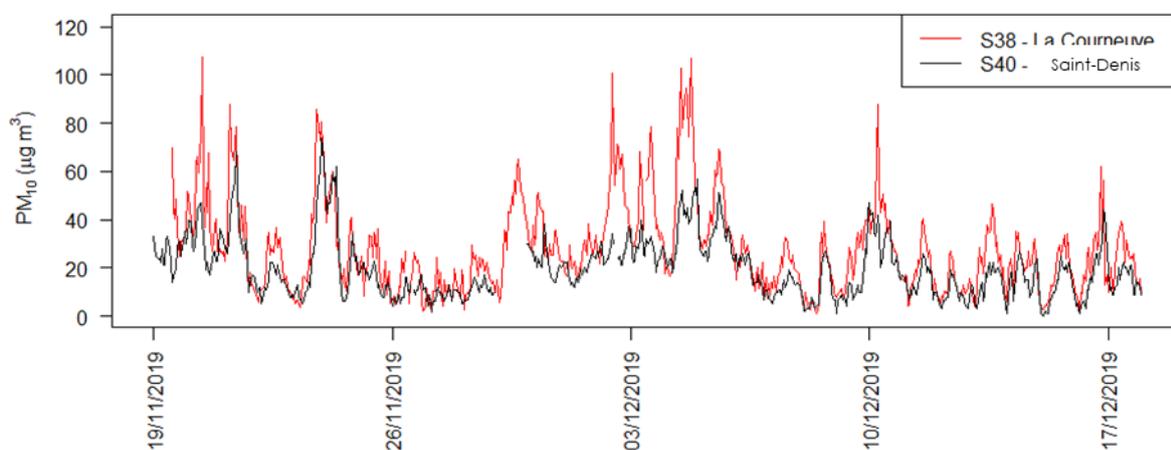
Les 2 sites trafic de La Courneuve (S38) et de Roissy-en-France (S39) enregistrent des niveaux en NO<sub>2</sub> plus forts que sur les sites de fond de Saint-Denis (S40) et celui du Mesnil-Amelot (S41). Les concentrations en NO<sub>2</sub> sur le site de La Courneuve sont toujours supérieures à celles mesurées sur le site de Roissy-en-France, du fait d'un trafic et d'une densité plus importants, ainsi que de sa proximité à l'agglomération. La Figure 22A illustre le comportement plus variable des sites trafics par rapport aux sites de fond. Le site du Mesnil-Amelot présente des concentrations plus faibles que le site de fond de Saint-Denis. Du fait de son éloignement à l'agglomération, il ne présente pas de spécificité malgré sa situation périurbaine.

**Sur la période de campagne, aucun dépassement de la valeur limite réglementaire associée au NO<sub>2</sub> (valeur limite horaire fixée à 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne) n'a été constaté.**

### (A) NO<sub>2</sub>



### (B) PM<sub>10</sub>



### (C) PM<sub>2.5</sub>

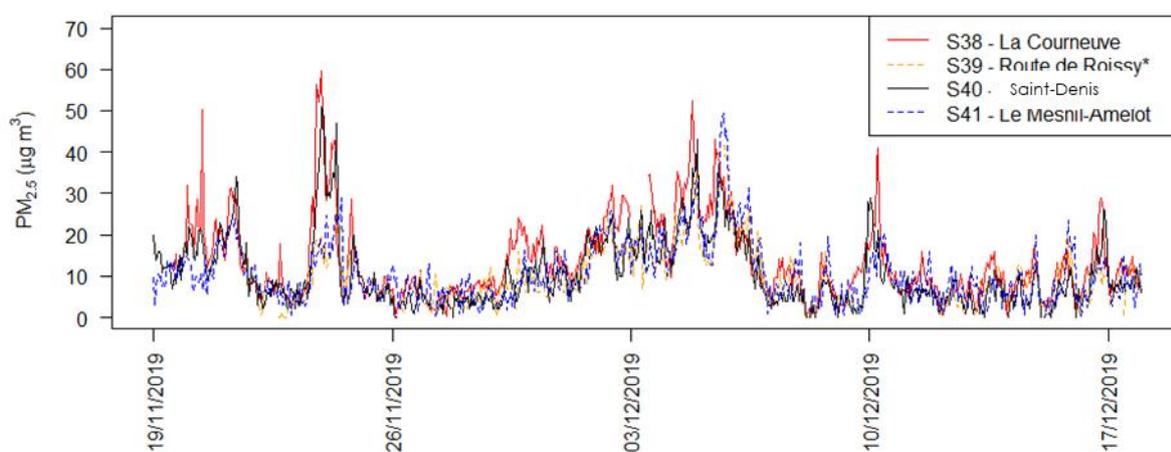


Figure 22 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> mesurées sur les sites automatiques de La Courneuve (Site 38), de Roissy-en-France (Site 39), de Saint-Denis (Site 40) et du Mesnil-Amelot (Site 41) du 19 novembre au 17 décembre 2019

### Pour les particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) :

La **variabilité des niveaux horaires en particules** (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) pour chaque site instrumenté est **similaire**. Elle reste néanmoins **plus ou moins marquée suivant la typologie des sites considérés** (situation de fond versus proximité au trafic routier). Les niveaux en particules sont plus élevés sur les sites à proximité du trafic routier.

La Figure 22 illustre des niveaux assez soutenus en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> au cours de la troisième semaine (03-10/12/2019). Cette semaine de campagne se démarque des trois autres, durant lesquelles des niveaux plus faibles ont été observés.

**Sur la période de campagne, aucun dépassement du seuil journalier** (fixé à 50 µg/m<sup>3</sup>) **en particules PM<sub>10</sub> n'a été observé**. Les niveaux moyens journaliers les plus élevés ont été mesurés au cours de la journée du 4 décembre 2019 (43 µg/m<sup>3</sup>).

En revanche, **la zone d'étude n'a pas été concernée par le dépassement de la recommandation de l'OMS sur les niveaux journaliers pour les particules PM<sub>2.5</sub>** (25 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours dans l'année). Durant la campagne, ce seuil journalier a été dépassé pendant 2 journées sur certains sites de proximité au trafic routier en Ile-de-France.

La Figure 23 illustre la variabilité temporelle similaire des niveaux de PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> mesurés sur le site trafic de La Courneuve. Les niveaux en PM<sub>2.5</sub> enregistrés sont systématiquement inférieurs à ceux des PM<sub>10</sub>, les PM<sub>2.5</sub> étant une fraction des PM<sub>10</sub>. **La concentration moyenne en PM<sub>2.5</sub> correspond à environ 50 % de la concentration en PM<sub>10</sub>**. Ce ratio est similaire au ratio moyen obtenu à la station de référence d'Airparif Autoroute A1 (0.4) et celui calculé à la station de fond de Bobigny (ratio 0.6).

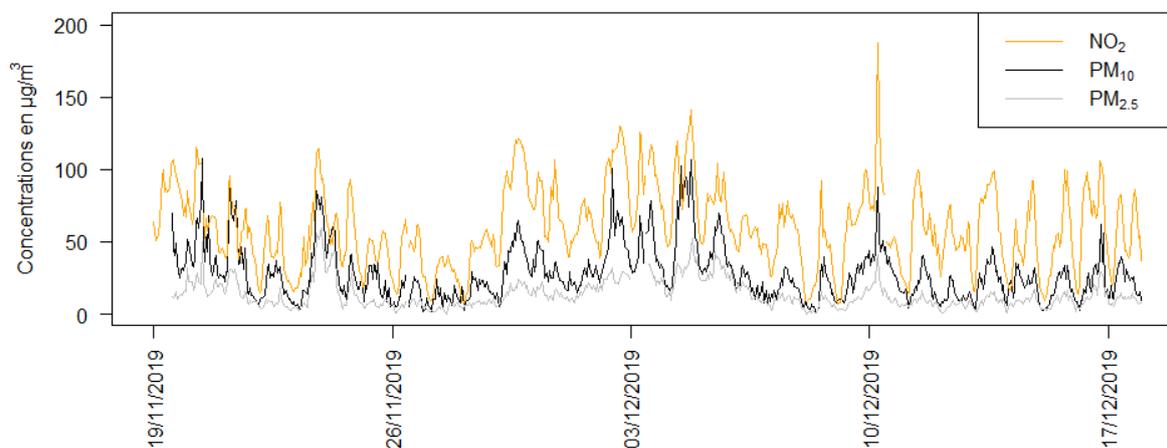


Figure 23 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> mesurées sur le site de La Courneuve (Site 38) du 19 novembre au 17 décembre 2019

#### 4.4.2 – Variabilité hebdomadaire

Tous les sites de mesures présentent globalement un **profil hebdomadaire comparable** (Figure 24).

Des **niveaux soutenus en NO<sub>2</sub> sont observés en début de semaine** et diminuent progressivement jusqu'à dimanche ; **les plus faibles concentrations étant enregistrées le week-end**. Cette diminution des concentrations en NO<sub>2</sub> est en grande partie due à **la baisse du trafic routier** observée sur l'ensemble de la région Île-de-France.

Pour les particules PM<sub>2.5</sub>, la variabilité hebdomadaire des niveaux est globalement comparable à celle du NO<sub>2</sub>. Elle reste néanmoins moins prononcée. Généralement marqué par les émissions locales, le comportement des particules peut également être lié à des phénomènes régionaux voire à plus grande échelle.

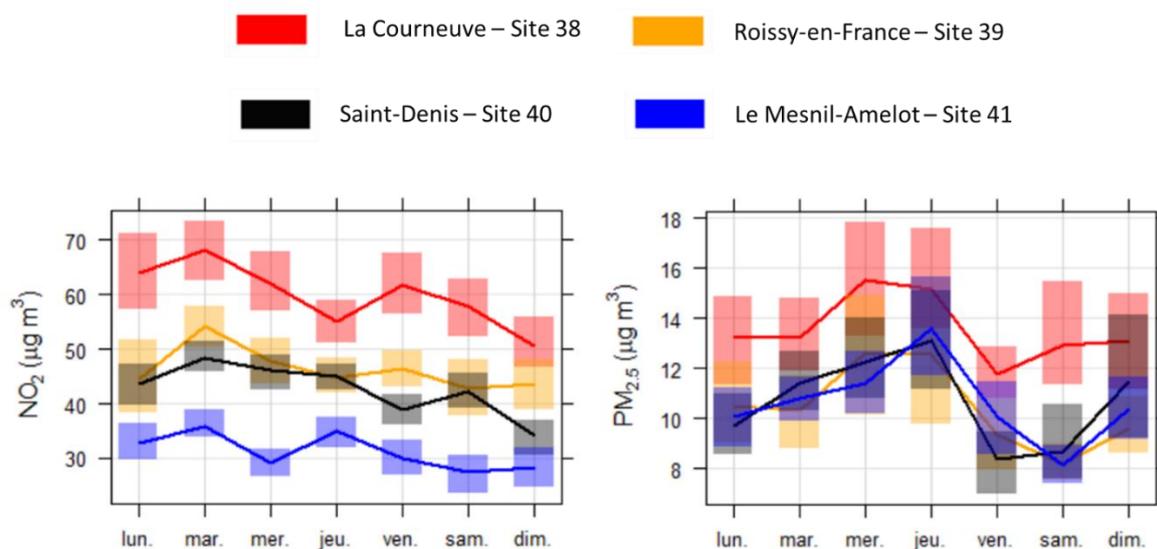


Figure 24 : évolution hebdomadaire des concentrations en NO<sub>2</sub> et PM<sub>2.5</sub> mesurées sur les sites automatiques de La Courneuve (Site 38), Roissy-en-France (Site 39), Saint-Denis (Site 40) et du Mesnil-Amelot (Site 41) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019. Le trait épais représente les niveaux moyens ; les zones colorées représentant la variabilité des niveaux mesurés.

#### 4.4.3 – Variabilité journalière

La Figure 25 illustre la variabilité journalière des niveaux en NO<sub>2</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur la période de la campagne.

Les profils journaliers en NO<sub>2</sub> sont bien reproductibles sur les différents sites de mesures. Ces profils bien documentés illustrent **deux points de circulation**, celle du matin (centrée sur 7-9 h) et celle plus étalée et prononcée le soir entre 17-21 h. Les heures mentionnées sont en heures locales. L'**influence des activités humaines** (trafic routier, heures de travail, ...) sont autant visibles sur les profils hebdomadaires que journaliers. Par ailleurs, **certains paramètres météorologiques** (notamment les hauteurs de couche de mélange) **conditionnent cette variabilité**.

Après 21 h, les concentrations en NO<sub>2</sub> peuvent rester assez élevées. De tels niveaux résultent d'une combinaison de deux facteurs :

- la temporalité des émissions (avec un second pic atteignant le max. des concentrations entre 17 et 18 h) ;
- les conditions météorologiques globalement moins dispersives, conduisant à une accumulation des polluants durant la nuit.

Les niveaux les plus faibles sont relevés la nuit, entre minuit et 6h00 du matin.

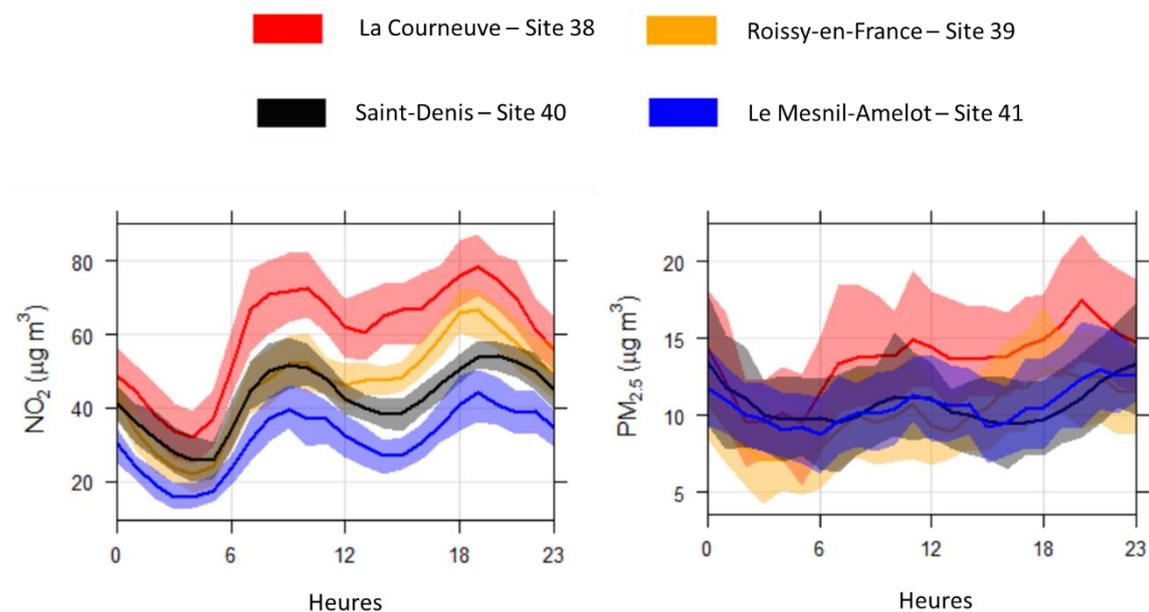


Figure 25 : évolution journalière des concentrations en NO<sub>2</sub> et PM<sub>2.5</sub> mesurées sur les sites automatiques de La Courneuve (Site 38), Roissy-en-France (Site 39), Saint-Denis (Site 40) et du Mesnil-Amelot (Site 41) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019. Le trait épais représente les niveaux médians ; les zones colorées représentant la variabilité des niveaux mesurés.

Les particules ont des **profils journaliers plutôt proches suivant les sites considérés**. Les maxima horaires sont enregistrés lors des **heures de pointe pour les particules** : le matin (9-11h) et le soir (19-23h). Un **léger décalage** des niveaux maxima horaires est observé entre le NO<sub>2</sub> et les particules (pics plus tardifs). Contrairement au NO<sub>2</sub>, le profil des particules présente une variabilité des concentrations moins prononcée ; **les profils en particules étant plus stables dans la journée**. Des fortes concentrations en particules peuvent être observées en début de soirée et durant la nuit (en raison des facteurs évoqués ci-dessus pour le NO<sub>2</sub>).



Le Tableau 3 illustre l'estimation des moyennes annuelles établies pour le NO<sub>2</sub> pour les sites de mesures temporaires instrumentés au sein du domaine d'étude.

NO <sub>2</sub>		Moyenne campagne	Moyenne 2019 estimée	Intervalle incertitude	
		en µg/m <sup>3</sup>	en µg/m <sup>3</sup>	Min	Max
Sites de fond	S1 - Attainville	22	19	16	21
	S2 - Saint-Brice-sous-Forêt	26	23	20	26
	S3 - Villiers-le-Bel	27	23	21	26
	S15 - Claye-Souilly	18	14	12	16
	S19 - Montfermeil	22	18	16	20
	S20 - Sevran	25	22	19	24
	S21 - Aulnay-sous-Bois	33	30	26	33
	S23 - Le Blanc-Mesnil	35	32	28	36
	S24 - Bobigny	30	27	24	30
	S27 - Villiers	32	29	26	33
	S34 - La Courneuve	36	33	29	37
	S36 - Villepinte	32	30	26	33
	S37 - Villepinte	30	27	24	30
	S40 - Saint-Denis	38	35	31	40
S42 - Tremblay-en-France	25	22	19	24	
Sites péri-aéroportuaires	S4 - Garges-lès-Gonesse	29	26	23	29
	S5 - Le Thillay	26	23	20	26
	S6 - Goussainville	26	23	20	26
	S7 - Goussainville (Vieux Village)	26	22	20	25
	S8 - Louvres	20	16	14	18
	S9 - Roissy-en-France	29	26	23	29
	S10 - Epiais-les-Louvres	26	22	20	25
	S11 - Vémars	21	17	15	19
	S12 - Mauregard	24	21	18	23
	S13 - Moussy-le-Vieux	17	13	11	14
	S14 - Dammartin-en-Goële	18	14	12	16
	S16 - Mitry-Mory	26	22	19	25
	S18 - Tremblay-en-France	25	22	19	24
	S22 - Le Blanc-Mesnil	37	34	30	38
S41 - Le Mesnil-Amelot	27	24	21	27	
S66 - Mesnil-Amelot	24	20	18	23	
Sites influencés trafic routier	S17 - Mitry-Mory	22	18	16	20
	S25 - Bondy	43	42	37	47
Sites trafic	S26 - Pierrefitte-sur-Seine	53	52	46	58
	S28 - Louvres	48	47	41	52
	S29 - Saint-Mard	29	26	23	29
	S30 - Vaujours	41	39	34	43
	S31 - Aulnay-sous-Bois	51	50	44	56
	S32 - Le Bourget	56	56	49	62
	S33 - La Courneuve	53	53	46	59
	S35 - Villepinte	45	43	38	48
	S38 - La Courneuve	72	73	64	82
	S39 - Roissy-en-France	47	46	41	52
S43 - Saint-Denis	71	72	63	81	
Sites aéroportuaires	S50 - D317	34	31	27	35
	S51- Poste Avion	29	26	23	29
	S52 - Future station	30	26	23	30
	S53 - D84a	30	27	23	30
	S54 - Réserve kérosène	26	22	20	25
	S55 - Aire Fedex	30	27	23	30
	S56 - Laboratoire	31	28	25	31
	S57 - Fret	39	37	33	42
	S58 - Renardières	26	22	20	25
	S59 - Bassin Versant Seine	26	23	20	26
	S61 - Aire Q	33	30	27	34
	S62 - TGV	41	39	35	44
S63 - Poste avion TE	39	37	33	41	
S64 - S4	37	35	31	39	

Tableau 3 : estimation de la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> sur les sites de mesure instrumentés lors de la campagne

Les concentrations moyennes annuelles estimées en NO<sub>2</sub> sur les sites temporaires de fond et péri-aéroportuaires sont conformes aux moyennes relevées sur le réseau permanent d'Airparif et respectent la valeur limite annuelle, en tenant de l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles.

Les deux sites influencés, situés à Mitry-Mory (site 17) et à Bondy (site 25) enregistrent des concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> respectives de 18 et 42 µg/m<sup>3</sup>, estimées en prenant en compte l'incertitude. Le site de Mitry-Mory ne présente pas de risque de dépassement de la valeur limite annuelle. Avec une concentration moyenne annuelle évaluée à 42 µg/m<sup>3</sup>, il n'est pas possible d'affirmer que le site de Bondy respecte le seuil réglementaire sur l'année. Pour ce site, le dépassement de la norme est qualifié comme « vraisemblable ».

Le dépassement de la valeur limite est avéré sur la majorité des sites au droit des principaux axes du domaine d'étude, comme sur l'ensemble des axes majeurs de l'Ile-de-France. Certains sites situés en bordure immédiate des grandes voies de communication, peuvent présenter des niveaux comparables aux grands axes routiers du cœur de l'agglomération parisienne, sur lesquels la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub> est largement dépassée.

Contrairement aux sites de fond, la décroissance des concentrations avec l'éloignement du centre de l'agglomération en situation de proximité au trafic n'est pas avérée. En effet, les concentrations mesurées au droit et voisinage de certains axes du domaine peuvent être aussi importants que celles mesurées dans le cœur de l'agglomération. Les niveaux en NO<sub>2</sub> enregistrés dépendent en effet d'autres critères, tels que le nombre de véhicules, la configuration de l'infrastructure et son environnement, la congestion, ...

#### **Pour les particules (PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>) :**

Pour les particules PM<sub>10</sub>, la réglementation française fixe une valeur limite et un objectif de qualité annuels de 40 µg/m<sup>3</sup> et 30 µg/m<sup>3</sup>, respectivement. Depuis 2015, la valeur limite européenne applicable aux particules PM<sub>2.5</sub> est fixée à 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. La valeur cible française est définie à 20 µg/m<sup>3</sup>. Le [décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air](#) fixe un objectif de qualité annuel à 10 µg/m<sup>3</sup>.

Les valeurs limites étant largement respectées en situation de fond, le Tableau 4 et le Tableau 5 donnent les codes couleurs associés au risque de dépassement des **objectifs de qualité** pour les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, respectivement. Les incertitudes associées à l'estimation de la moyenne annuelle des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2.5</sub> sont respectivement de 8% et de 4%.

Niveau de risque de dépassement	<b>Pas de risque</b>	<b>Peu probable</b>	<b>Vraisemblable</b>	<b>Certain</b>
Code couleur				
		↑ 28 µg/m <sup>3</sup>	↑ 30 µg/m <sup>3</sup>	↑ 32 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 4 : qualificatif associé au risque de dépassement de la concentration moyenne annuelle en particules PM<sub>10</sub> au regard de sa position vis-à-vis de l'objectif de qualité

Niveau de risque de dépassement	<b>Pas de risque</b>	<b>Peu probable</b>	<b>Vraisemblable</b>	<b>Certain</b>
Code couleur				
		↑ 9 µg/m <sup>3</sup>	↑ 10 µg/m <sup>3</sup>	↑ 11 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 5 : qualificatif associé au risque de dépassement de la concentration moyenne annuelle en particules PM<sub>2.5</sub> au regard de sa position vis-à-vis de l'objectif de qualité

Le Tableau 6 illustre, pour les trois sites de mesure temporaires instrumentés au sein du domaine d'étude, l'estimation des moyennes annuelles établies pour les particules PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub>.

PM <sub>10</sub>		Moyenne campagne	Moyenne 2019 estimée	Intervalle incertitude	
		en µg/m <sup>3</sup>	en µg/m <sup>3</sup>	Min	Max
Site de fond	S40 - Saint-Denis	20	21	20	23
Site trafic	S38 - La Courneuve	28	30	27	32

PM <sub>2.5</sub>		Moyenne campagne	Moyenne 2019 estimée	Intervalle incertitude	
		en µg/m <sup>3</sup>	en µg/m <sup>3</sup>	Min	Max
Site de fond	S40 - Saint-Denis	11	12	12	13
Site péri-aéroportuaire	S41 - Le Mesnil-Amelot	11	12	12	13
Sites trafic	S38 - La Courneuve	14	15	15	16
	S39 - Roissy-en-France	10	12	11	12

Tableau 6 : estimation de la concentration moyenne en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) sur les sites instrumentés sur la période de campagne

Pour les particules PM<sub>10</sub>, les concentrations moyennes relevées sur les sites de La Courneuve (site 38 – trafic) et de Saint-Denis (site 40 – fond) sur la campagne sont respectivement de 30 et 21 µg/m<sup>3</sup>. Le site de Saint-Denis ne présente pas de risque de dépassement de l'objectif de qualité. Avec une concentration moyenne annuelle évaluée à 30 µg/m<sup>3</sup>, il n'est pas possible d'affirmer que les sites de La Courneuve respectent l'objectif de qualité sur l'année. Pour ce site, le dépassement de la norme est qualifié comme « peu probable ».

Cependant, ces deux sites dépassent les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, fixées à 20 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) comme pour l'ensemble des axes routiers et certains sites de fond présents en Île-de-France.

Pour les PM<sub>2.5</sub>, les concentrations moyennes estimées en 2019 pour les sites de campagne sont comprises entre 12 et 15 µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux moyens annuels en situation de fond et à proximité du trafic respectent la valeur limite et la valeur cible. En revanche, l'objectif de qualité, qui correspond également à la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé, est dépassé comme en tout point de Paris et de la petite couronne francilienne.

### Pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) :

Pour le benzène, la réglementation française fixe une valeur limite et un objectif de qualité annuels de 5 µg/m<sup>3</sup> et 2 µg/m<sup>3</sup>, respectivement. La valeur limite annuelle est largement respectée sur l'ensemble de l'Île-de-France depuis 2006.

Le Tableau 7 donne les codes couleurs associés au risque de dépassement de **l'objectif de qualité** en benzène. L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle en benzène est de 19%.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 1.6 µg/m <sup>3</sup>	↑ 2 µg/m <sup>3</sup>	↑ 2.4 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 7 : qualificatif associé au risque de dépassement de la concentration moyenne annuelle en benzène au regard de sa position vis-à-vis de l'objectif de qualité

Le Tableau 8 illustre l'estimation des moyennes annuelles établies pour le benzène pour les sites de mesures temporaires instrumentés au sein de la zone d'étude.

Benzène		Moyenne campagne	Moyenne 2019 estimée	Intervalle incertitude	
		en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
Sites de fond	S3 - Villiers-le-Bel	1.3	1.1	0.9	1.3
	S15 - Claye-Souilly	1.2	1.0	0.8	1.2
	S40 - Saint-Denis	1.6	1.3	1.1	1.6
Sites péri-aéroportuaires	S7 - Goussainville (Vieux Village)	1.2	1.0	0.8	1.2
	S9 - Roissy-en-France	1.3	1.0	0.8	1.2
	S10 - Epiais-les-Louvres	1.2	0.9	0.8	1.1
	S16 - Mitry-Mory	1.0	0.8	0.7	1.0
	S41 - Le Mesnil-Amelot	1.2	1.0	0.8	1.2
	S66 - Mesnil-Amelot	1.3	1.1	0.9	1.3
Site influencé trafic routier	S17 - Mitry-Mory	1.2	1.0	0.8	1.1
Sites trafic	S39 - Roissy-en-France	1.5	1.2	1.0	1.5
	S38 - La Courneuve	1.9	1.6	1.3	1.9
	S43 - Saint-Denis	2.4	2.1	1.7	2.5
Sites aéroportuaires	S50 - D317*	1.5	1.3	1.0	1.5
	S51 - Poste Avion	1.4	1.2	1.0	1.4
	S52 - Future station	1.6	1.3	1.0	1.5
	S53 - D84a	1.5	1.2	1.0	1.4
	S54 - Réserve kérosène	1.2	1.0	0.8	1.2
	S55 - Aire Fedex*	1.4	1.1	0.9	1.3
	S56 - Laboratoire	1.2	1.0	0.8	1.2
	S57 - Fret	1.5	1.2	1.0	1.5
	S58 - Renardières	1.1	0.9	0.7	1.1
	S59 - Bassin Versant Seine*	1.1	0.9	0.7	1.1
	S60 - CTFE	1.3	1.1	0.9	1.3
	S61 - Aire Q	1.3	1.0	0.8	1.2
	S62 - TGV	1.5	1.3	1.0	1.5
	S63 - Poste avion TE*	1.7	1.4	1.1	1.7
	S64 - S4*	1.5	1.2	1.0	1.5
S65 - CDG N*	1.3	1.0	0.8	1.2	

Tableau 8 : estimation de la concentration moyenne en benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) sur les sites de mesure instrumentés lors de la campagne

Les concentrations moyennes annuelles estimées en benzène sur les sites temporaires sont comprises entre 0.8 et 1.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en situation de fond et péri-aéroportuaire, entre 1.2 et 2.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à proximité du trafic routier. Elles sont en-deçà des teneurs moyennes rencontrées au cours de la campagne de mesure, et sont cohérentes avec les moyennes annuelles relevées sur le réseau permanent d'Airparif (Airparif, 2019). Pour ces sites, la valeur limite et l'objectif de qualité en benzène sont largement respectés, excepté pour le site trafic S43 de Saint-Denis, à proximité de l'autoroute A1.

## 6. ÉVALUATION DU SYSTÈME DE MODÉLISATION

L'observatoire SURVOL permet de surveiller et d'informer jour après jour les riverains de l'évolution des concentrations de polluants. Il permet également de calculer l'impact potentiel des plateformes aéroportuaires sur un large domaine. Cet observatoire de la qualité de l'air constitue un outil de surveillance unique en son genre pour une plateforme aéroportuaire.

La surveillance de la qualité de l'air autour des deux aéroports Paris-Charles-de-Gaulle et Le Bourget repose sur **l'exploitation d'une chaîne de modélisation de la qualité de l'air** et sur des **mesures en temps réel**, fournissant des cartographies journalières.

Pour tout système de modélisation, la chaîne de calcul mise en place s'appuie sur des modèles numériques permettant de caractériser différents paramètres au sein du domaine d'étude : la météorologie, les émissions (intensité, répartition,...), le transport et les transformations chimiques des polluants atmosphériques au sein du domaine d'étude. La modélisation permet *in fine* de documenter les niveaux de divers polluants atmosphériques sur l'ensemble du domaine d'étude.

Une cartographie fine des concentrations en dioxyde d'azote, particules et benzène sur la durée de la campagne (4 semaines) sur le domaine Paris-CDG/Le Bourget a été réalisée. La comparaison entre les sorties de modélisation et les résultats de la campagne de mesures a permis, d'une part, de conforter la qualité de cet outil et, d'autre part, d'évaluer et d'identifier des pistes d'amélioration.

Le fonctionnement du modèle est précisé en Annexe 3.

Des précisions sur le travail de validation du modèle sont présentées en Annexe 4.

## 6.1 Dioxyde d'azote

### 6.1.1 – État de la qualité de l'air modélisée durant la campagne de mesure

La Figure 26 illustre les teneurs moyennes modélisées en NO<sub>2</sub> rencontrées sur le domaine d'étude du 19 novembre au 17 décembre 2019. Les cartographies des niveaux de NO<sub>2</sub> par semaine de campagne sont également présentées en Annexe 5.

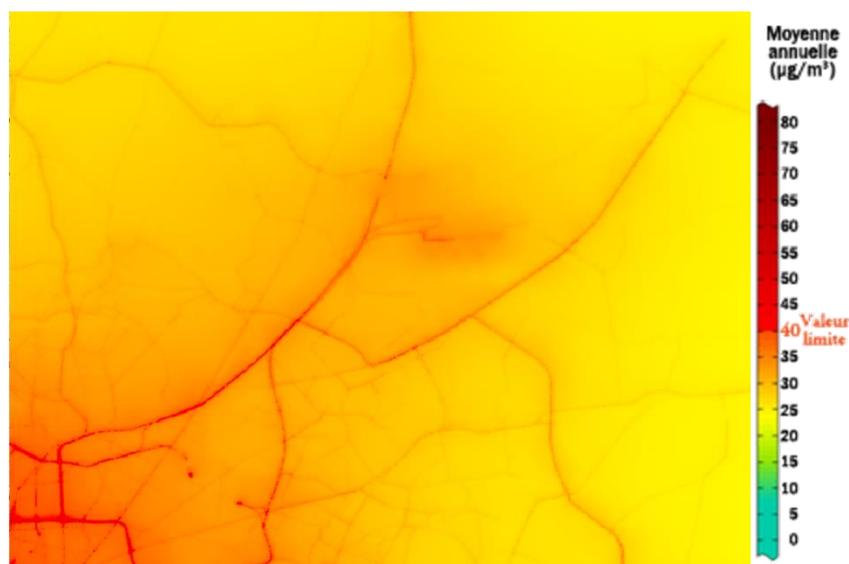


Figure 26 : cartographie du niveau moyen en dioxyde d'azote (en µg/m<sup>3</sup>) évalué sur la période de la campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG/Le Bourget

Les cartographies présentent le motif de la pollution : une décroissance des niveaux en fonction de l'éloignement du cœur de l'agglomération parisienne et de l'éloignement aux axes routiers et à la plateforme aéroportuaire de Paris Charles de Gaulle.

Conformément aux mesures, la cartographie des concentrations en dioxyde d'azote fait clairement apparaître des niveaux de fond en NO<sub>2</sub> plus élevés sur la partie sud-ouest du domaine (au plus près de Paris) que vers le nord de la zone d'étude. Cela s'explique par le fait que les émissions de NO<sub>x</sub> sont plus élevées dans le cœur de l'agglomération, où la densité de l'urbanisme et du trafic routier y sont importantes.

De manière générale, la répartition spatiale locale des émissions sur le périmètre d'étude conduit à observer des niveaux en NO<sub>2</sub> qui diminuent au fur et à mesure de l'éloignement des secteurs les plus urbanisés de l'agglomération avec des concentrations plus faibles dans les zones éloignées des sources d'émissions importantes localisées à la périphérie du domaine. La comparaison mesures-modèle confirme la capacité du modèle à reproduire cette décroissance.

Au voisinage immédiat du trafic routier et directement sous l'influence des émissions de celui-ci, les niveaux sont plus élevés et sont supérieurs aux normes règlementaires. Les plus fortes concentrations sont observées sur le réseau autoroutier (A1, A86, A3, A104) et sur les routes nationales (RN2) et dans une moindre mesure les routes départementales. L'influence du trafic routier est également visible sur la plateforme aéroportuaire (de par la présence de l'Autoroute A1 et les axes de dessertes aux différents terminaux).

Les teneurs en NO<sub>2</sub> générées par les activités de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle s'ajoutent aux niveaux de fond présents à proximité de la plateforme. Les concentrations de dioxyde d'azote modélisées dans l'emprise de la zone Paris-CDG sont relativement proches de celles mesurées en proche périphérie parisienne. En revanche, l'impact de la plateforme aéroportuaire de Paris-Le Bourget n'est pas réellement visible, compte-tenu de son activité moindre et de sa localisation plus au cœur de l'agglomération.

### 6.1.2 – Validation des niveaux en NO<sub>2</sub> modélisés

La validation des niveaux modélisés en NO<sub>2</sub> à partir des niveaux mesurés par tubes passifs sur les sites instrumentés au cours de la campagne (du 19 novembre au 17 décembre 2019) est présentée en Figure 27.

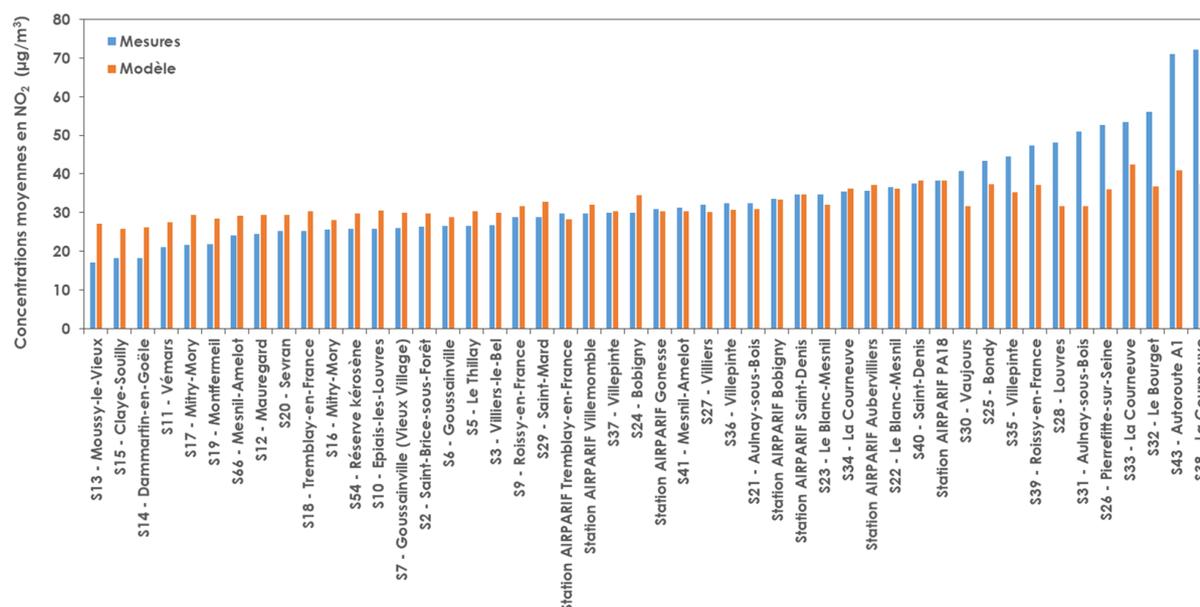


Figure 27 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites instrumentés du 19 novembre au 17 décembre 2019

**En situation de fond, le modèle reproduit globalement bien les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> sur des sites localisés en petite couronne francilienne.** Les écarts mesures-modèle sont compris entre -8 % et +20 %. Ils sont cohérents avec les incertitudes attendues pour les outils de modélisation (30 % d'après la réglementation<sup>7</sup>).

Néanmoins, **ces écarts ont tendance à augmenter en fonction de l'éloignement au cœur dense de l'agglomération parisienne.** En effet, le système de modélisation surestime les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> sur des sites situés en périphérie du domaine, notamment sur certains sites péri-aéroportuaires. Les plus forts écarts mesures-modèle sur ces sites sont compris entre 40 et 60 % pour les sites campagne S15 – Claye-Souilly, S14 Dammartin-en-Goële et S15 –Claye-Souilly, respectivement.

<sup>7</sup> Directive n°2008/50/CE du 21/05/08 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

D'importants écarts sont également observés pour les sites à proximité du trafic routier. De manière générale, **le système de modélisation a tendance à sous-estimer les concentrations moyennes en dioxyde d'azote le long des voies de circulation. Le biais moyen estimé est de l'ordre de -15 µg/m<sup>3</sup>.** La moitié des sites trafic instrumentés présente des écarts mesure-modèles supérieurs aux incertitudes attendues pour ce type d'outil ; les plus importants biais étant observés sur les sites d'Autoroute A1 et La Courneuve.

D'après la Figure 27, les plus gros écarts observés entre les mesures et le modèle sont observés pour les sites de Moussy-le-Vieux (S13), Dammartin-en-Goële (S14), Autoroute A1 (S43) et La Courneuve (S38).

Les plus fortes sous-estimations ponctuelles peuvent être expliquées par plusieurs facteurs :

- la non-prise en compte de stations situées en périphérie du domaine dans l'ajustement des niveaux de NO<sub>2</sub> en situation de fond (cas de Moussy-le-Vieux et Dammartin-en-Goële) ;
- la configuration particulière de certains sites, notamment à proximité de plusieurs axes routiers majeurs et de bretelles d'autoroute (cas de l'Autoroute A1 et La Courneuve) ;
- la prise en compte de l'effet des bâtiments (cas de l'Autoroute A1) ;
- des données trafic moins bien renseignées dans certaines zones (pour les autres sites trafic)

Ces phénomènes micro-locaux ne sont actuellement pas très bien reproduits par le système de modélisation.

### 6.1.3 – Séries temporelles

La Figure 28 présente l'évolution hebdomadaire des concentrations en NO<sub>2</sub> modélisées et mesurées sur les sites automatiques du Mesnil-Amelot, Saint-Denis, La Courneuve et Autoroute A1 sur la période de la campagne.

**Pour le dioxyde d'azote, le système de modélisation reproduit bien les variabilités temporelles des niveaux sur ces quatre sites. La variabilité des niveaux en NO<sub>2</sub> modélisés par semaine est similaire à ceux mesurés. En revanche, l'intensité des niveaux hebdomadaires en NO<sub>2</sub> sur les sites à proximité du trafic routier (La Courneuve, Autoroute A1) est sous-estimée par le modèle.**

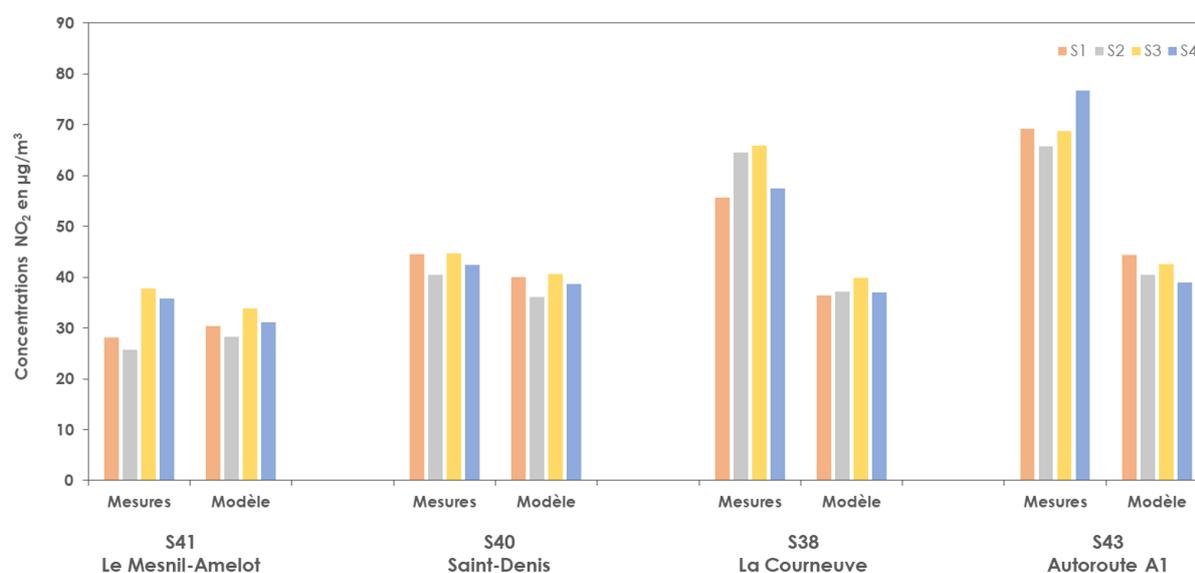


Figure 28 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> modélisées et mesurées sur les stations automatiques du Mesnil-Amelot, Saint-Denis, La Courneuve et Autoroute A1 par semaine de campagne

La Figure 29 montre également que **la variabilité des niveaux en NO<sub>2</sub> modélisés et mesurés sur ces sites est cohérente à une échelle temporelle plus fine** (pas de temps horaire). L'amplitude des niveaux en NO<sub>2</sub> modélisés est globalement bien reproduite sur le site de fond S40 (Saint-Denis), contrairement au site trafic S38 (A86- La Courneuve). Sur ce site, les pics de concentrations sont sous-estimés.

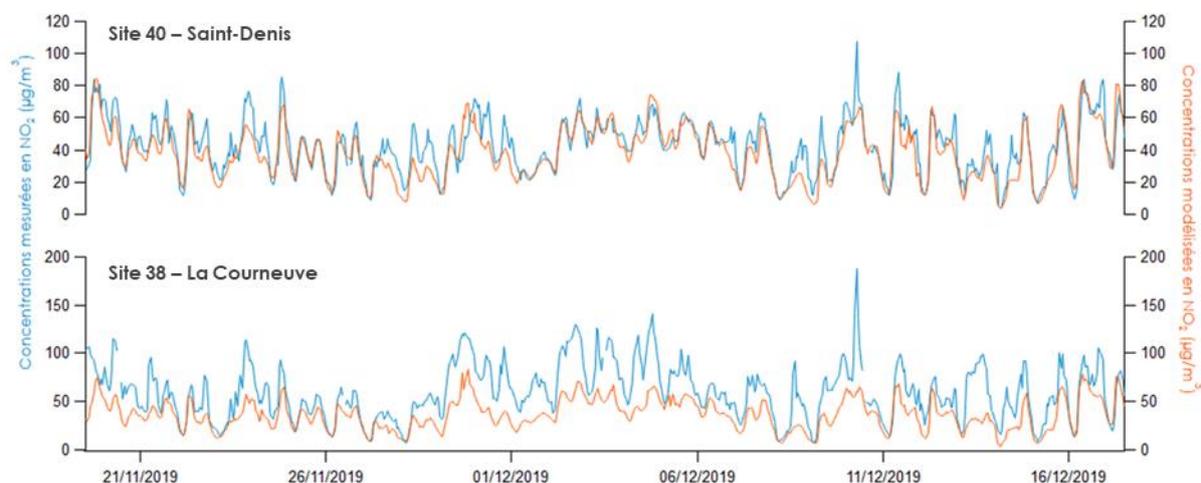


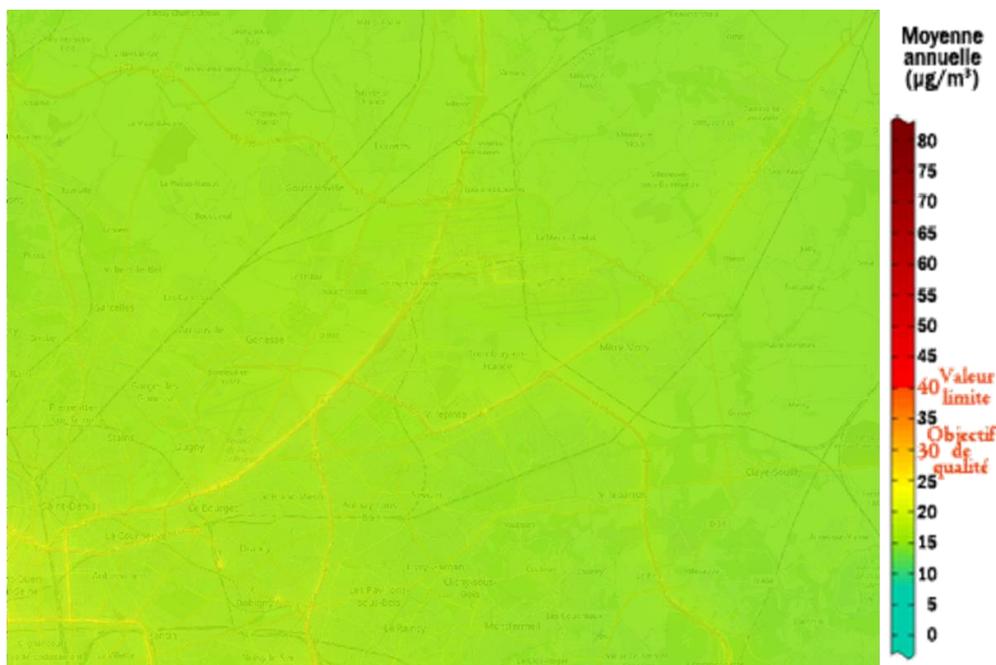
Figure 29 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub> modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les sites automatiques de Saint-Denis (Site 40) et de l'A86- La Courneuve du 19 novembre au 17 décembre 2019

**Ces résultats montrent que le modèle est globalement apte à reproduire les niveaux de fond en NO<sub>2</sub> au sein de l'agglomération parisienne, en accord avec les incertitudes maximales attendues. Une surestimation des niveaux en NO<sub>2</sub> est néanmoins notable pour des sites localisés en périphérie du domaine et ceux présentant certaines conditions particulières. Bien que le système de modélisation sous-estime dans certaines situations spécifiques les niveaux mesurés en situation de proximité du trafic routier, il est néanmoins capable d'évaluer correctement le dépassement de la valeur limite annuelle sur les principaux axes routiers de la zone d'étude. Ces résultats sont conformes aux observations réalisées dans le cadre du bilan annuel de la qualité de l'air.**

## 6.2 Particules

### 6.2.1 – État de la qualité de l'air modélisée durant la campagne de mesure

Les Figure 30 et Figure 31 illustrent respectivement les teneurs moyennes modélisées en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> rencontrées sur le domaine d'étude du 19 novembre au 17 décembre 2019. Les cartographies des niveaux de particules par semaine de campagne sont présentées en Annexe 4.



Conformément aux observations du réseau de mesures fixe, **les niveaux en fond en PM<sub>10</sub> sont globalement homogènes sur le domaine**. Alors que les niveaux moyens en PM<sub>10</sub> observés au sein de l'agglomération parisienne sont compris entre 15 et 20 µg/m<sup>3</sup>, le niveau moyen de fond rural (en périphérie du domaine) est plutôt compris entre 10 et 15 µg/m<sup>3</sup>. Une **légère décroissance des concentrations de fond en PM<sub>10</sub> entre le centre de l'agglomération parisienne et la périphérie de la région Île-de-France** est observée. Au regard du NO<sub>2</sub>, cette baisse est moins marquée pour les PM<sub>10</sub>. La réglementation en vigueur est respectée en situation de fond.

**Les niveaux les plus élevés sont observés au droit et au voisinage des grands axes de circulation** (A1, A86, A3, A104, RN2). La valeur limite peut être ponctuellement dépassée sur certaines portions de ces axes.

Les plateformes aéroportuaires (trafic aérien et l'ensemble des activités de la plateforme, hors trafic induit) ne contribuant pas à des niveaux d'émission de particules PM<sub>10</sub> aussi élevés que le trafic routier et/ou le secteur résidentiel et tertiaire, **les surconcentrations en PM<sub>10</sub> liées aux activités aéroportuaires sont faibles autour des plateformes**.

En situation de fond, les niveaux en particules PM<sub>2.5</sub> sont de l'ordre de 10 µg/m<sup>3</sup>. **Une légère décroissance des concentrations de fond en PM<sub>2.5</sub> entre le centre dense de l'agglomération parisienne et la périphérie de la région Île-de-France** est constatée (différence entre le sud-ouest et le nord-est du domaine). La valeur limite annuelle et la valeur cible sont respectées ; ce qui n'est pas le cas pour l'objectif de qualité.

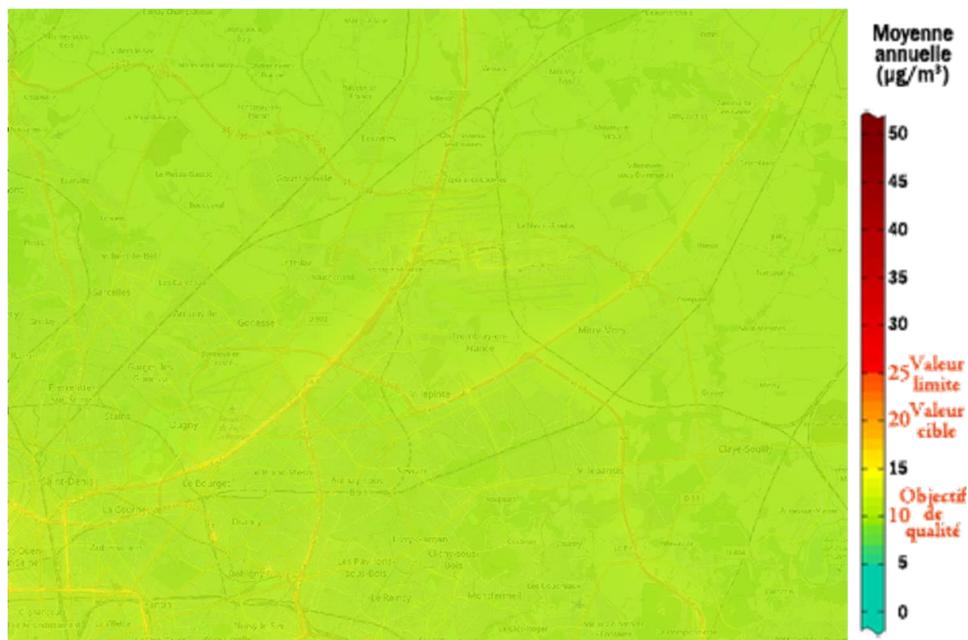


Figure 31 : cartographie du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué sur les quatre semaines de campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG/Le Bourget

**Les niveaux de PM<sub>2.5</sub> les plus élevés sont enregistrés au droit et au voisinage des grands axes routiers du domaine d'étude.** Sur la période de la campagne, trois sites mesurant les PM<sub>2.5</sub> ont été instrumenté sur le domaine d'étude (Site n°39, Site n°38 – La Courneuve, Station de référence Autoroute A1) : les niveaux moyens en PM<sub>2.5</sub> observés sur ces sites sont compris entre 10 et 15 µg/m<sup>3</sup>. Comme en témoigne la Figure 31, les valeurs limite et cible sont largement respectées à proximité du trafic routier.

L'influence du trafic sur les concentrations en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) rencontrées sur les plateformes aéroportuaires de Paris-CDG et Paris-Le Bourget est peu notable sur la période de la campagne. L'influence des activités aéroportuaires est également peu perceptible.

## 6.2.2 – Validation des niveaux en particules modélisés

La comparaison des niveaux modélisés en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> aux niveaux mesurés par les moyens automatiques sur les sites instrumentés au cours de la campagne (du 19 novembre au 17 décembre 2019) est présentée en Figure 32.

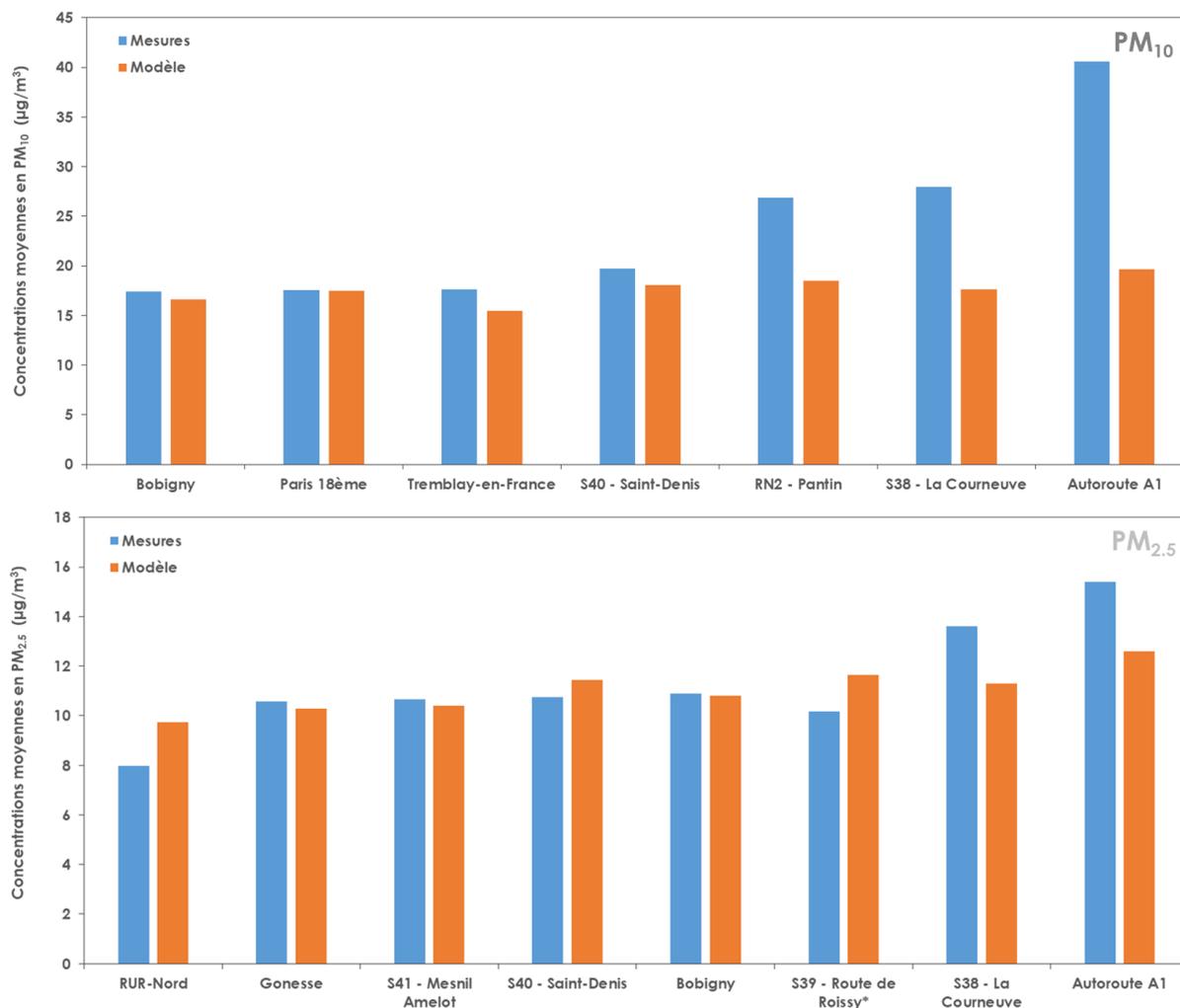


Figure 32 : concentrations moyennes en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites campagne et les stations de référence du réseau permanent d'Airparif du 19 novembre au 17 décembre 2019

Pour les particules PM<sub>10</sub>, les écarts modèle-mesures sont tout-à-fait satisfaisants pour les sites de fond Bobigny, Paris18<sup>ème</sup>, Tremblay-en-France, S40- Saint-Denis : ils sont compris entre -5 et -12 %. **Au vu de ces valeurs, un bon accord entre le modèle et les mesures est observé.** En revanche, **une sous-estimation des niveaux modélisés sur les sites trafic** (RN2-Pantin, S38 – La Courneuve et Autoroute A1) **est notable** : les écarts modèle-mesures sont compris entre -30 et -50 %.

Comme pour les particules PM<sub>10</sub>, les écarts entre le modèle et les mesures pour les PM<sub>2.5</sub> sont satisfaisants pour les sites de fond et le site péri-aéroportuaire du Mesnil-Amelot (entre -1 et +6 % suivant les sites). **Le modèle sous-estime également les niveaux en PM<sub>2.5</sub> modélisés aux abords des sites trafic** (jusqu'à moins 20 %). Ces écarts sont moins importants que pour les PM<sub>10</sub>, illustrant ainsi que le modèle reproduit un peu mieux les niveaux en PM<sub>2.5</sub> sur les sites trafic par rapport aux PM<sub>10</sub>. *A contrario*, le modèle surestime les niveaux en PM<sub>2.5</sub> en zone rurale de l'ordre de 20 %. Les incertitudes maximales attendues sont de l'ordre de 50 %, d'après les textes réglementaires.

### 6.2.3 – Séries temporelles

La Figure 33 présente l'évolution horaire des concentrations en particules ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) sur les sites campagne de Saint-Denis (S40) et La Courneuve (S38), ainsi que sur la station trafic Autoroute A1 sur la période de la campagne.

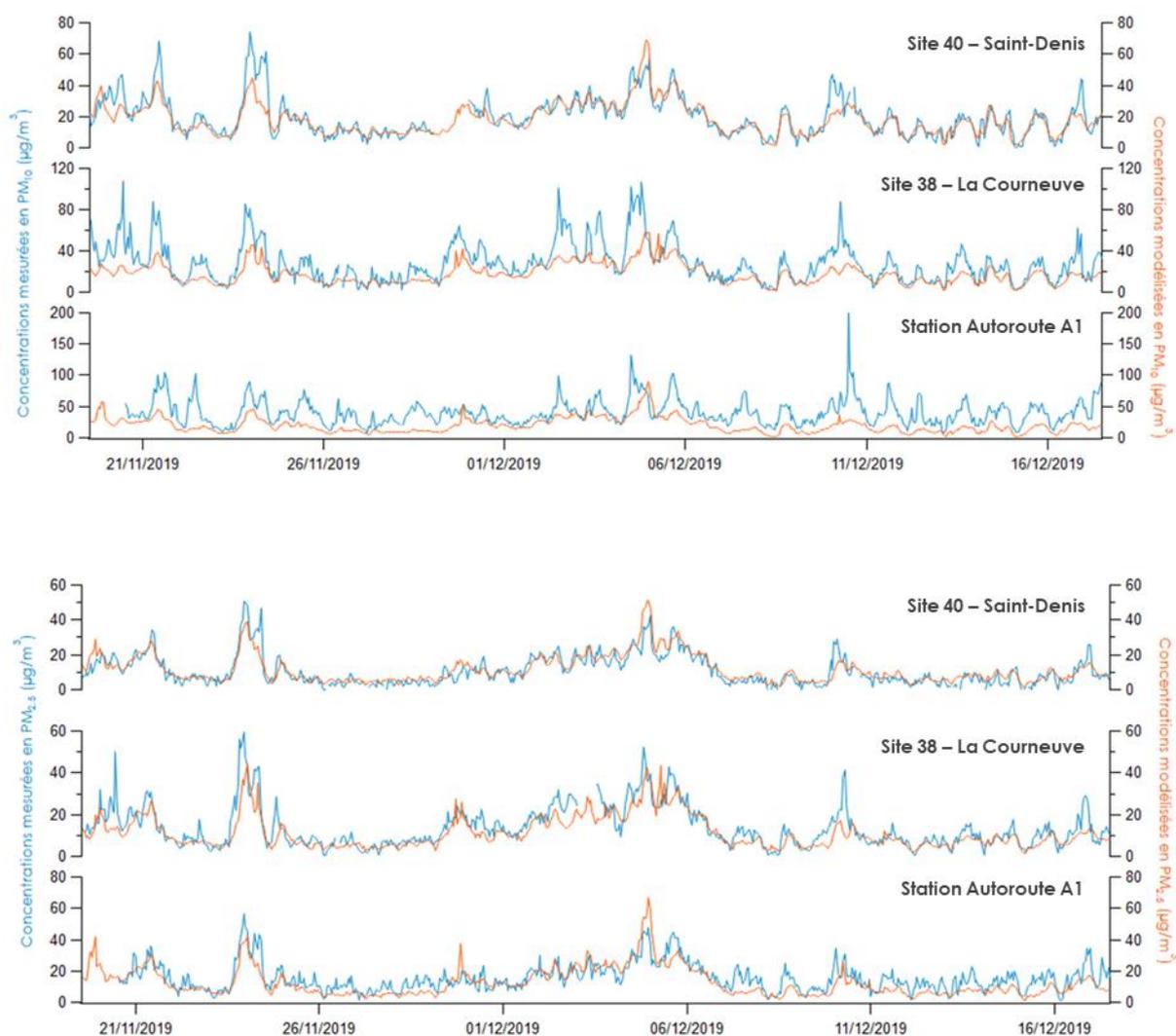


Figure 33 : évolution temporelle des concentrations horaires en particules  $PM_{10}$  (haut) et  $PM_{2.5}$  (bas) modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les sites automatiques de Saint-Denis (Site 40), La Courneuve (Site 38) et Station Autoroute A1 du 19 novembre au 17 décembre 2019

**Comme pour le  $NO_2$ , le système de modélisation reproduit bien les variabilités temporelles des niveaux en particules  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  sur ces trois sites.**

La Figure 33 montre également que **le système de modélisation reproduit globalement bien les niveaux horaires en particules ( $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ ) sur ces sites.** La reconstitution des niveaux en particules par le modèle est meilleure en  $PM_{2.5}$  qu'en  $PM_{10}$ . Ce résultat semble indiquer que les émissions de la fraction grossière des particules  $PM_{10}$  sont moins bien reproduites que celles des  $PM_{2.5}$ . **La remise en suspension des particules, mal prise en compte dans le système de modélisation, pourrait en être la raison.**

La Figure 34 présente les concentrations hebdomadaires en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) modélisées et mesurées sur une sélection de stations. **La variabilité des niveaux en particules modélisés par semaine est similaire à ceux mesurés.**

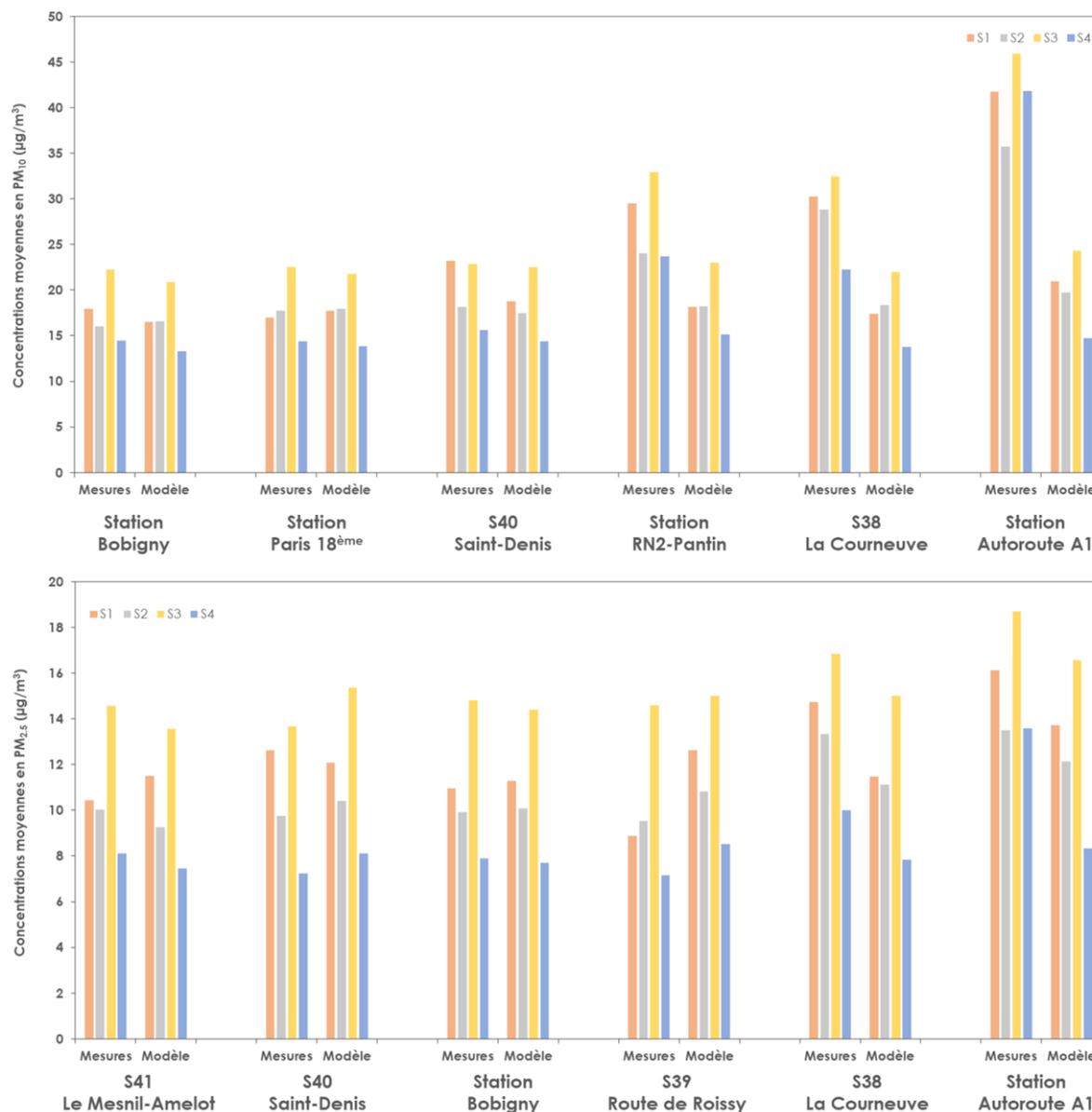


Figure 34 : concentrations moyennes en particules PM<sub>10</sub> (haut) et PM<sub>2.5</sub> (bas) modélisées et mesurées sur certains sites campagne et stations de référence du réseau permanent d'Airparif par semaine de campagne

Ces résultats montrent que le modèle est apte à bien reproduire la temporalité des niveaux en PM<sub>10</sub>, autant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. En revanche, l'intensité des niveaux hebdomadaires en PM<sub>10</sub> sur les trois sites à proximité du trafic routier (RN2-Pantin, La Courneuve, Autoroute A1) est sous-estimée par le modèle. Pour ces sites, le modèle présente quelques difficultés à reproduire les écoulements d'air liés aux configurations particulières qui leur sont propres.

Le système de modélisation est apte à bien reproduire les niveaux en PM<sub>2.5</sub> en situation de fond. La temporalité des niveaux modélisés en PM<sub>2.5</sub> pour les sites à proximité du trafic est cohérente avec celle associée aux mesures. Une sous-estimation des niveaux en PM<sub>2.5</sub> modélisés est perceptible ; elle reste toutefois plus faible que celle observées pour les PM<sub>10</sub>. La partie grossière des particules comprises entre 2.5 et 10 µm semble sous-estimée. Le phénomène de remise en suspension des particules, mal pris en compte par le système de modélisation, pourrait expliquer cette sous-estimation. Le modèle est cependant capable d'évaluer les éventuels dépassements des valeurs règlementaires en PM<sub>2.5</sub>.

## 6.3 Benzène

### 6.3.1 – État de la qualité de l'air modélisée durant la campagne de mesure

La Figure 35 illustre les teneurs moyennes modélisées en benzène ( $C_6H_6$ ) rencontrées sur le domaine d'étude du 19 novembre au 17 décembre 2019. Les cartographies des niveaux moyens en benzène par semaine de campagne sont présentées en Annexe 7.

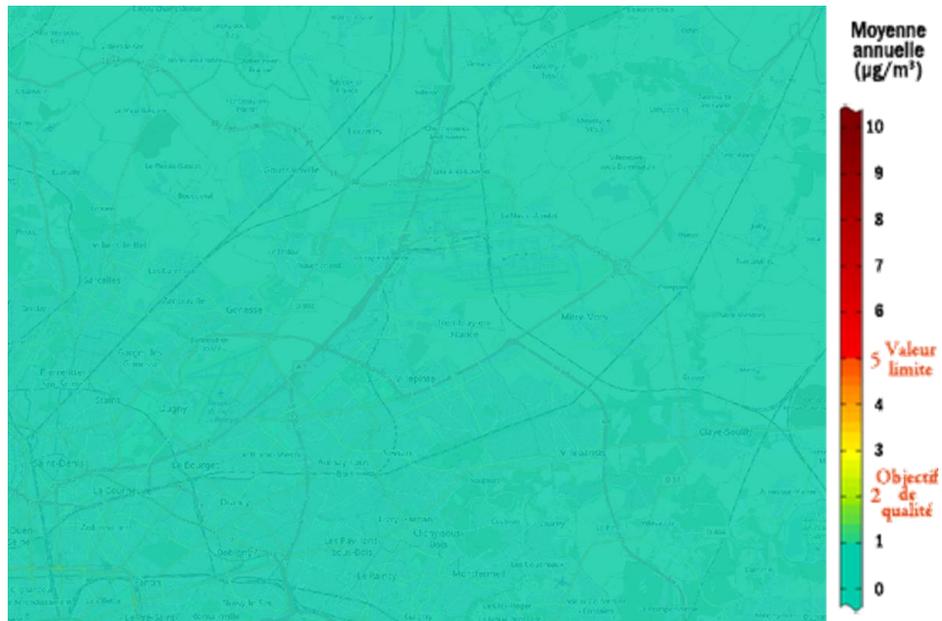


Figure 35 : cartographie du niveau moyen en benzène (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) évalué sur la période de la campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG/Le Bourget

Les niveaux moyens en benzène sont globalement homogènes sur l'ensemble du domaine d'étude, autant en situation de fond urbain qu'à proximité du trafic routier et qu'aux abords des plateformes aéroportuaires Paris-CDG et Paris-Le Bourget.

Sur la période de campagne, la valeur limite est largement respectée. Comme le système de modélisation sous-estime les niveaux, il n'est pas exclu que des dépassements ponctuels de l'objectif de qualité français (fixé à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se produisent au droit de certains axes routiers (comme c'est le cas à la station Autoroute A1), en raison de conditions de circulation souvent congestionnées couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants.

Ces résultats sont conformes aux observations réalisées dans le cadre du bilan annuel de la qualité de l'air.

### 6.3.2 – Validation des niveaux en benzène modélisés

La validation des niveaux modélisés en benzène est réalisée à partir des niveaux mesurés par les tubes passifs sur les sites instrumentés au cours de la campagne, du 19 novembre au 17 décembre 2019.

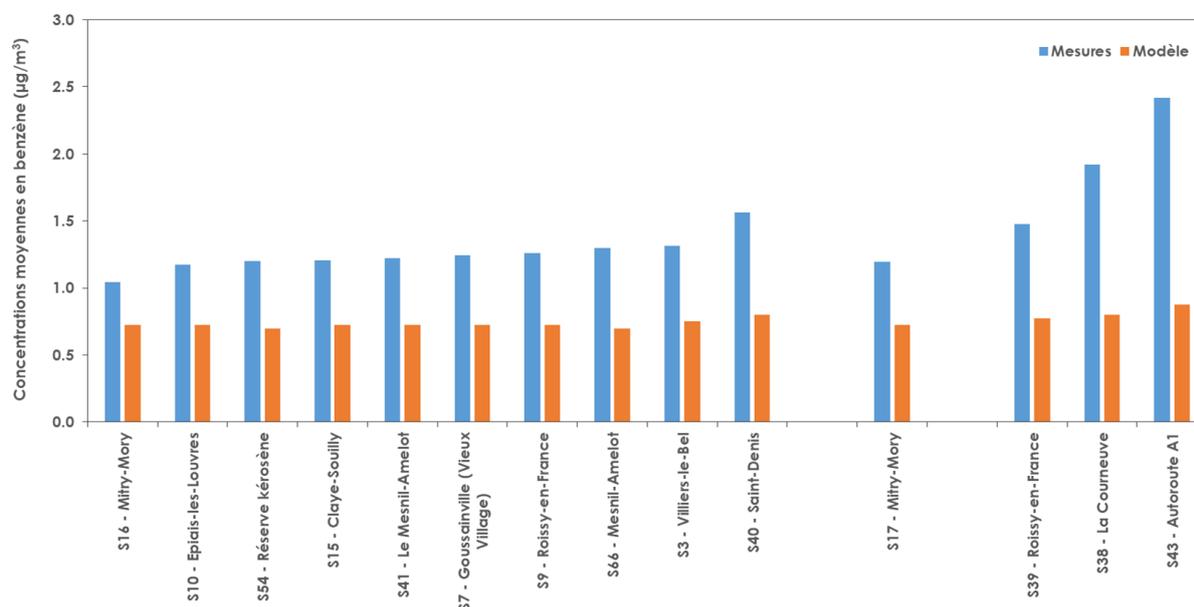


Figure 36 : concentrations moyennes en benzène mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites instrumentés par Airparif du 19 novembre au 17 décembre 2019

Les comparaisons mesures-modèle montrent **une sous-estimation généralisée du modèle au regard des niveaux mesurés** (Figure 36).

En situation de fond, les écarts entre le modèle et les mesures peuvent être compris entre -30 et -50 % (pour les sites S16 et S40, respectivement). **En moyenne, ils sont de l'ordre de -40 %. Ils sont supérieurs à l'incertitude maximale autorisée par la directive (30 %).**

Des écarts plus importants sont observés pour les sites à proximité du trafic routier. Les outils de modélisation sous-estiment les niveaux mesurés le long des axes routiers, avec des écarts pouvant aller jusqu'à -60 % (pour les sites S38 – La Courneuve et S43 – Autoroute A1).

Les plus fortes sous-estimations observées peuvent être expliquées par les mêmes facteurs que pour le NO<sub>2</sub>.

### 6.3.3 – Séries temporelles

La Figure 37 présente les concentrations hebdomadaires en benzène modélisées et mesurées sur une sélection de stations. Une variabilité des niveaux modélisés par semaine plus ou moins comparable à celles mesurées pour chaque site instrumenté est relevée. **Le modèle ne reproduit pas clairement la variabilité des niveaux de pollution à l'échelle de la semaine.**

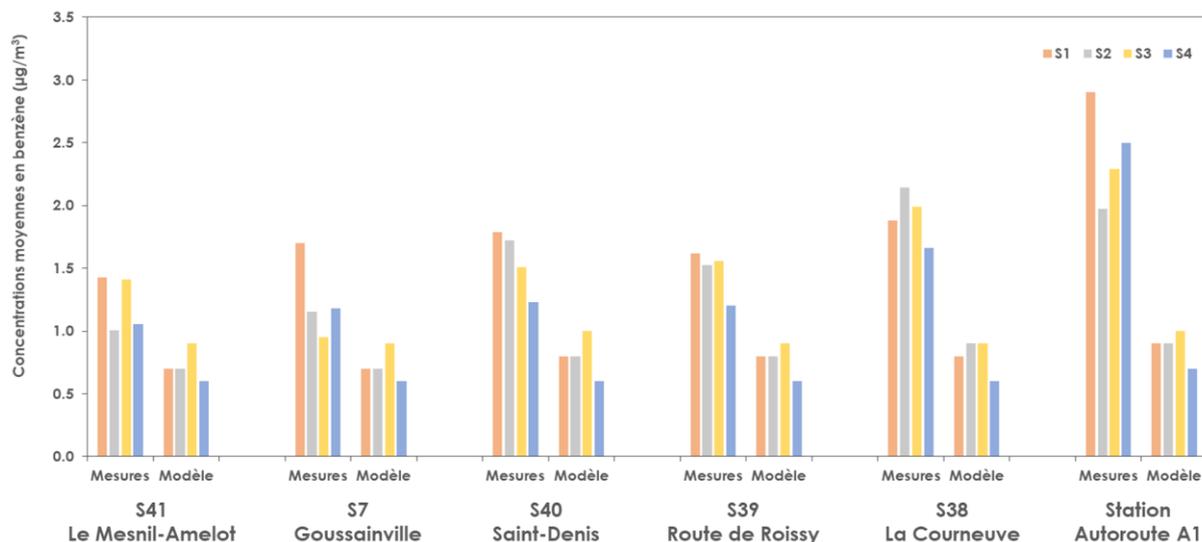


Figure 37 : concentrations moyennes en benzène modélisées et mesurées sur une sélection de site par semaine de campagne

Les résultats sont conformes aux observations réalisées dans le cadre du bilan annuel de la qualité de l'air, malgré une sous-estimation générale du modèle. Même si cette sous-estimation a moins de conséquences que sur les autres polluants (compte-tenu du respect de la valeur limite réglementaire sur tout le territoire), des améliorations du modèle pourront être envisagées pour le benzène (notamment sur les émissions et leur temporalité) si la surveillance de ce polluant via la plateforme SURVOL est maintenue.

## 6.4 Vérification de la décroissance des niveaux à proximité du trafic

Des points de mesure ont été placés à différentes distances des axes de circulation pour vérifier les résultats de la modélisation à proximité des axes routiers. Sur la Figure 38, sont représentés en rouge les points de mesure placés à proximité de l'Autoroute A104 (La Francilienne), à hauteur de la commune de Villepinte.

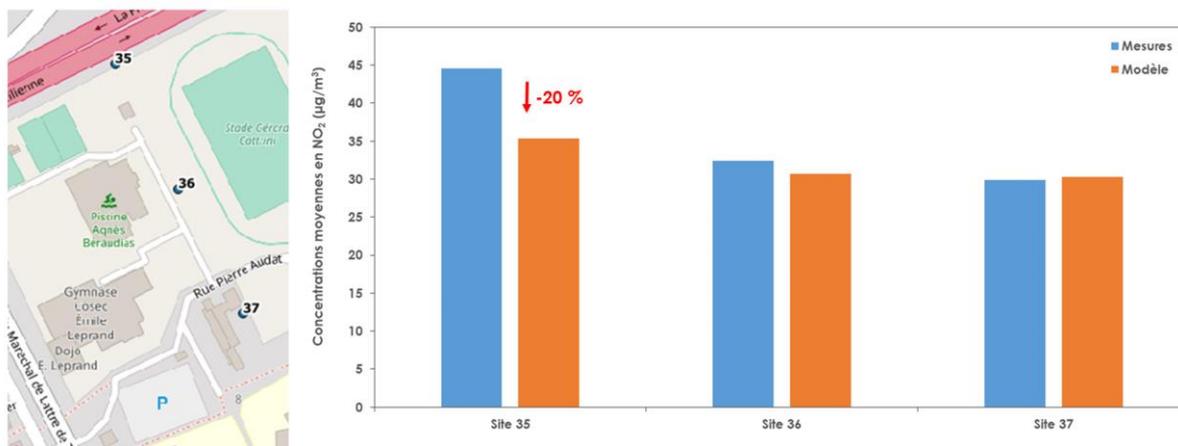


Figure 38 : carte de localisation des trois sites instrumentés à proximité de l'A104 (gauche) et illustration de la décroissance des niveaux de NO<sub>2</sub> mesurés (en bleu) et modélisés (en orange) en fonction de l'éloignement à l'axe routier (droite)

La Figure 38 illustre le comportement des niveaux mesurés (en bleu) et modélisés (en orange) en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en fonction de l'éloignement de l'Autoroute A104. **Les niveaux maxima sont relevés au droit de l'axe routier (0 m) et diminuent progressivement en s'en éloignant.** Au-delà de 100 m, l'influence de l'axe routier est moindre.

Comme en témoigne la Figure 38, **le modèle reproduit bien cette décroissance des concentrations en NO<sub>2</sub> à distance de l'axe routier.** En revanche, **il sous-estime les niveaux en NO<sub>2</sub> au droit de l'axe** (section 6.1.2) : l'écart modèle-mesures est de l'ordre de -20 % (et reste conforme aux 30 % maximum d'incertitude attendues pour les systèmes de modélisation).

## 6.5 Zoom sur les plateformes aéroportuaires du domaine

### 6.5.1 – Validation des niveaux modélisés sur la plateforme aéroportuaire

La validation des niveaux modélisés en NO<sub>2</sub>, en particules et en benzène est également réalisée à partir des niveaux mesurés à l'aide des sites temporaires et permanents instrumentés par le Groupe ADP au cours de la campagne, du 19 novembre au 17 décembre 2019 (Figure 39).

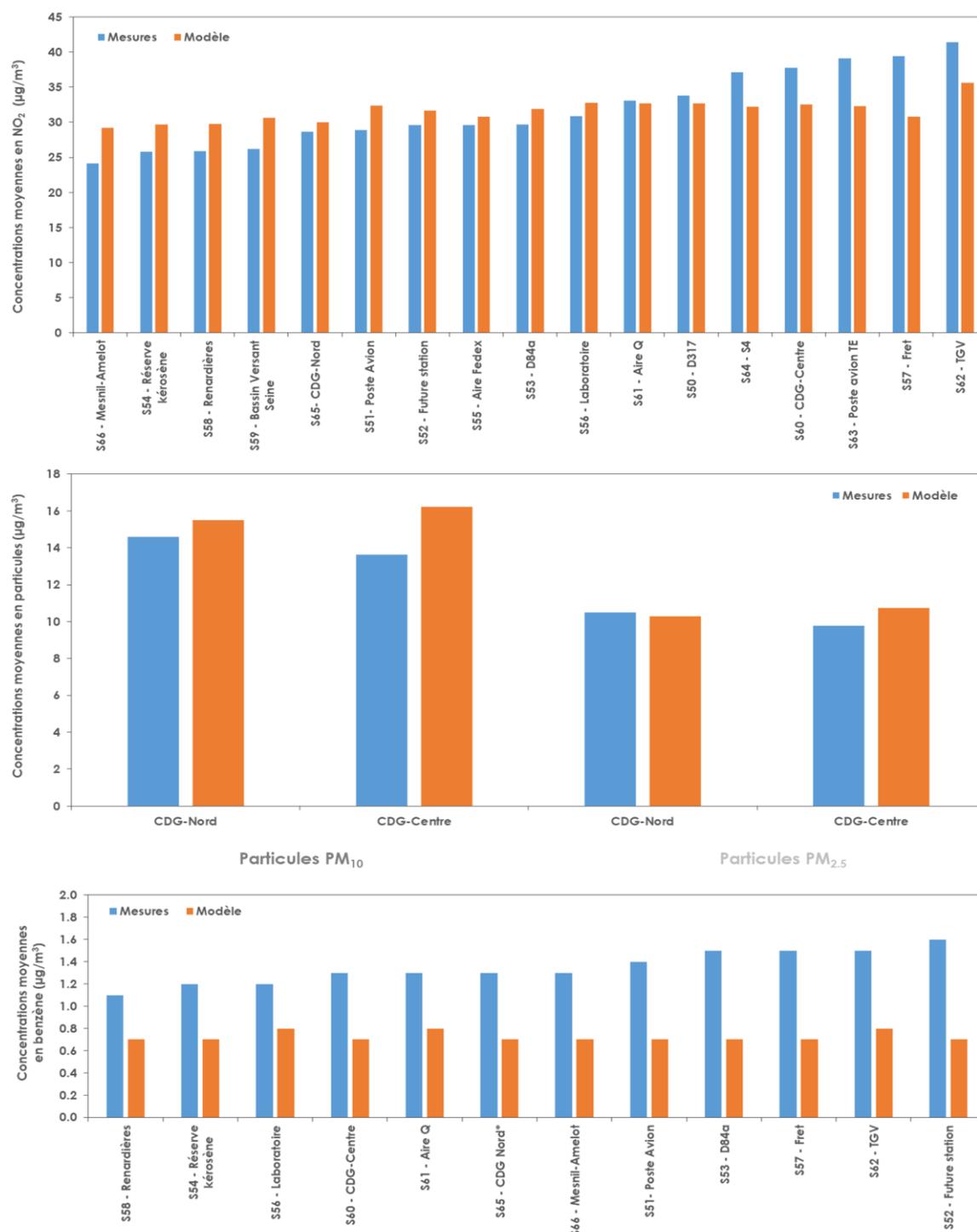
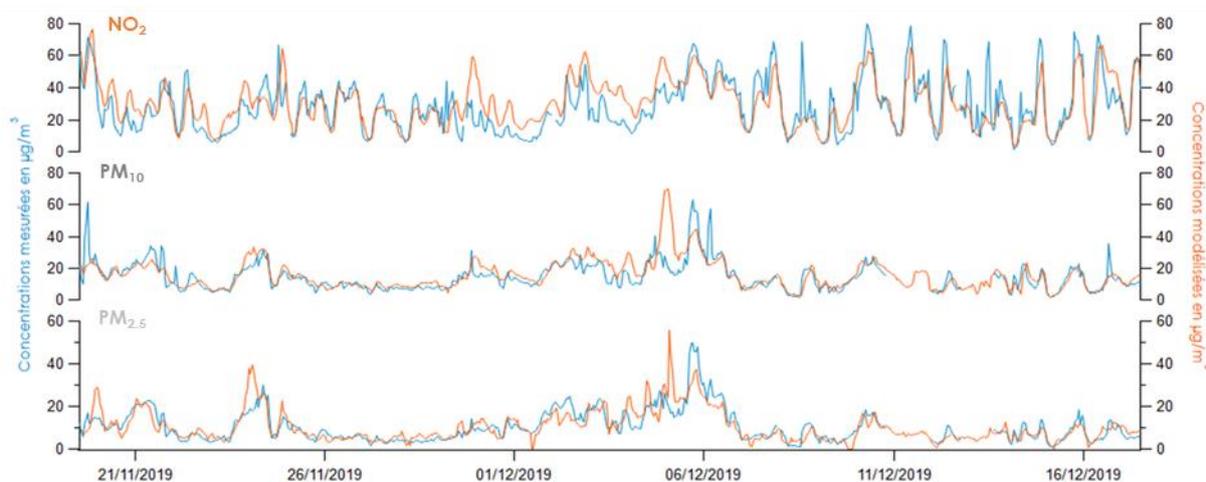


Figure 39 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (haut), en particules (milieu) et en benzène (bas) mesurées (en bleu) et modélisées (en orange) sur les sites temporaires et permanents du Groupe ADP sur la période de la campagne

- **Pour le NO<sub>2</sub>** : les écarts modèle-mesures sont de l'ordre de  $\pm 20\%$  sur les sites des plateformes aéroportuaires de Paris-Le Bourget et Roissy-CDG (cohérent avec les incertitudes maximales de 30 % attendues pour ce type d'outils). Les biais positifs maxima (correspondant à la surestimation du modèle) sont observés sur les sites généralement localisés à la périphérie des aéroports. Les points de mesure situés au cœur des plateformes aéroportuaires présentent un écart plus faible (inférieur à 10 %). Les biais négatifs maxima (correspondant à une sous-estimation du modèle) sont majoritairement relevés sur des sites pouvant notamment être influencés par le trafic routier (S4, CDG-Centre, S63, S57 et S62).
- **Pour les particules** : la comparaison modèle-mesures sur les deux sites CDG-Nord et CDG-Centre est tout-à-fait satisfaisante. Une légère surestimation des niveaux en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur la station CDG-Centre est à noter (+10 à +20 %, respectivement), mais tout à fait dans les incertitudes attendues de ce type d'outil (50 % d'après la réglementation).
- **Pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** : une sous-estimation générale du système de modélisation sur les sites aéroportuaires au regard des niveaux mesurés est notable, comme sur l'ensemble du domaine d'étude. Les écarts modèle-mesures sur ces sites sont estimés entre -30 et -55 % (pour une incertitude attendue de 30 % pour ces outils de modélisation). Cette sous-estimation ne constitue pas un problème critique, puisque les valeurs réglementaires sont respectées.

### 6.5.2 – Séries temporelles

La Figure 40 présente l'évolution horaire des concentrations en NO<sub>2</sub>, particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) modélisées et mesurées sur les deux stations automatiques d'ADP (CDG-Nord et CDG-Centre) sur la période de la campagne.



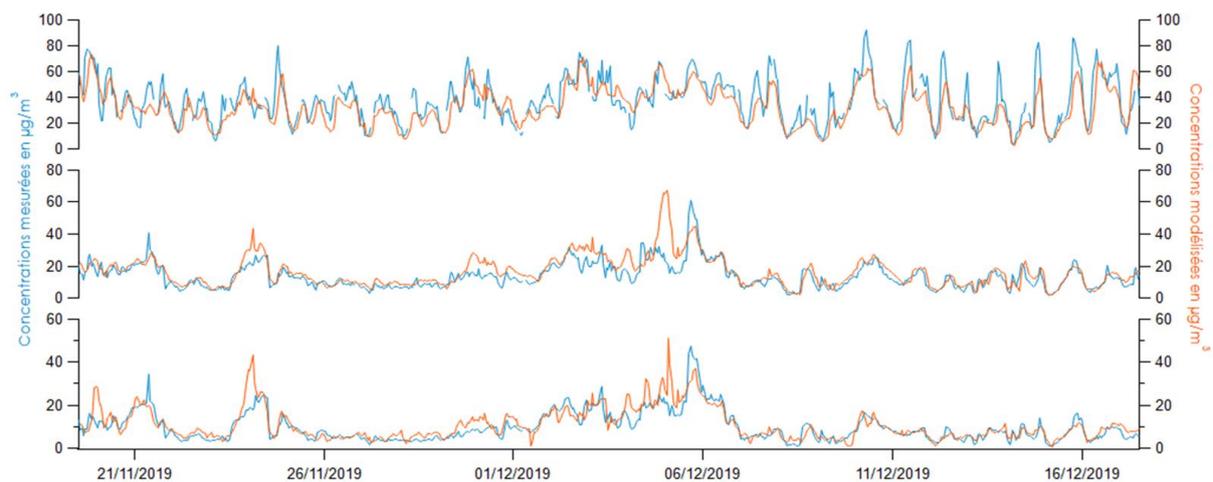


Figure 40 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les deux sites automatiques CDG-Nord (haut) et CDG-Centre (bas) sur la période du 19 novembre au 17 décembre 2019

Les conclusions sont comparables à celles tirées à partir de la comparaison des niveaux modélisés avec les niveaux mesurés sur les sites de fond du réseau permanent d'Airparif (Cf. Section correspondante). La reproduction des variations temporelles par le modèle sur ces 2 sites est plutôt bonne tant pour le NO<sub>2</sub> que pour les particules. L'intensité est globalement un peu plus forte sur les modèles. **La variabilité temporelle (horaire et hebdomadaire) des niveaux est bien reproduite par le système de modélisation.**

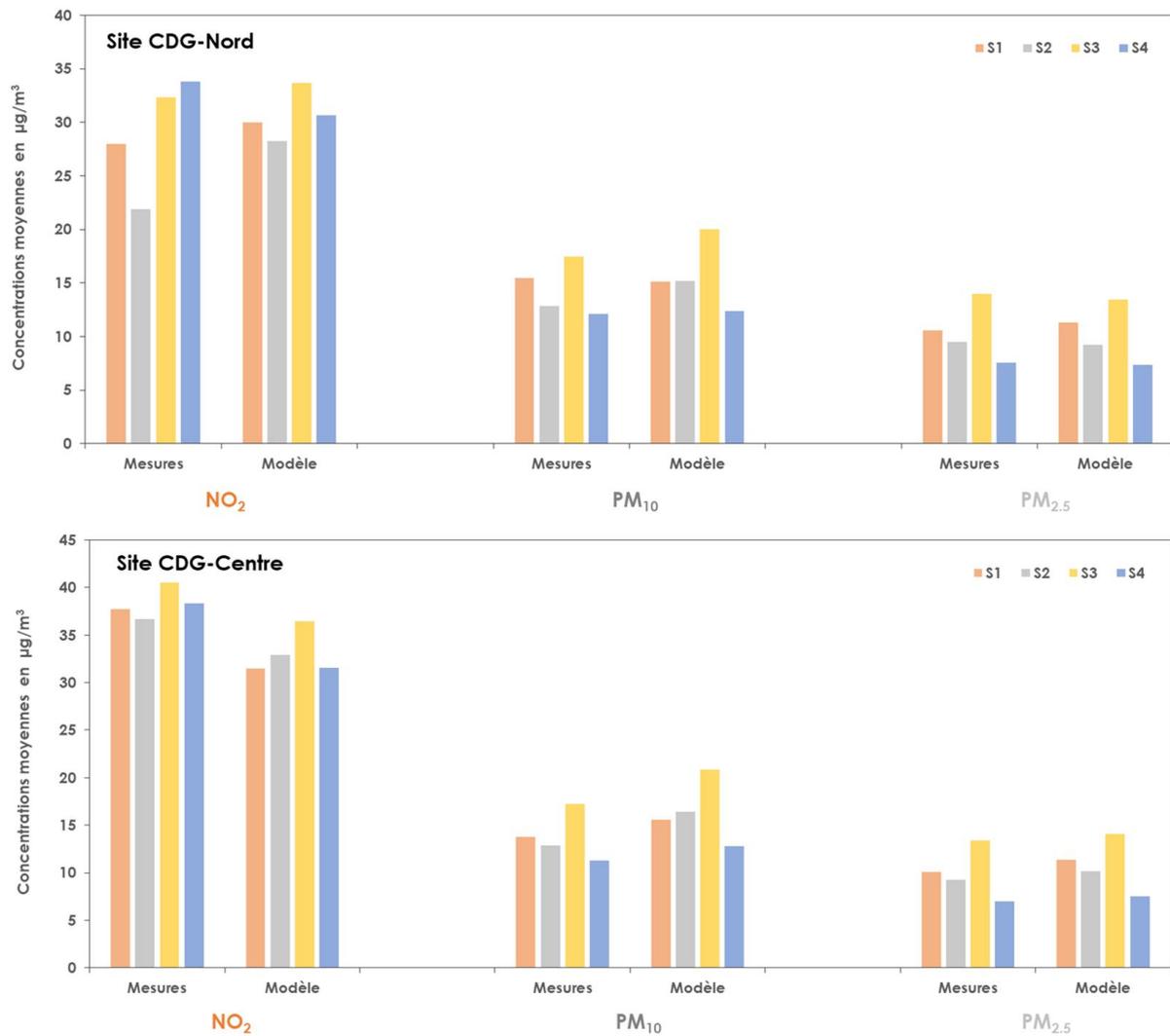


Figure 41 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> modélisées et mesurées sur les deux sites automatiques d'ADP (Nord et Sud) par semaine de campagne

Des conclusions similaires à celles tirées à partir de la comparaison des niveaux modélisés avec les niveaux mesurés sur les sites permanents et temporaires d'Airparif sont trouvées (Cf. Section correspondante) semaine par semaine (Figure 41).

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cadre du PRSE3, deux campagnes de mesures avaient été planifiées afin de vérifier que le système de modélisation et de cartographie de la qualité de l'air existant sur les domaines d'étude de Paris-Orly et de Paris-CDG/Le Bourget fournit des niveaux comparables à ceux mesurés par différents moyens de prélèvement.

La dernière campagne de mesure réalisée par Airparif a permis de mesurer des concentrations en NO<sub>2</sub>, en particules (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) et benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) pendant une durée de 4 semaines sur le domaine de Paris-Charles de Gaulle / Le Bourget de mi-novembre à mi-décembre 2019.

Les teneurs moyennes mesurées sur la période de campagne sont cohérentes avec les résultats du dispositif de surveillance d'Airparif, avec une décroissance des niveaux en situation de fond en s'éloignant du cœur de l'agglomération. Les niveaux maxima sont relevés au sud-ouest du domaine d'étude et décroissant sur le reste de la zone.

Les niveaux moyens mesurés aux différents **sites temporaires et permanents instrumentés autour des plateformes aéroportuaires de Paris-Le Bourget et Roissy-CDG sont cohérents au regard des concentrations observées sur les autres sites de la campagne et sur les stations de référence du réseau permanent d'Airparif**. Pour les sites péri-aéroportuaires, les gammes de concentrations mesurées en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> et benzène sont comparables à celles observées en situation de fond. **Les sites péri-aéroportuaires ne présentent pas de spécificités particulières par rapport aux sites de fond.**

Pour ce qui est des plateformes aéroportuaires Paris-CDG et Paris-Le Bourget, les niveaux maxima en NO<sub>2</sub> et en benzène enregistrés sont relativement comparables à ceux mesurés sur des sites de fond localisés au sein de la petite couronne parisienne et/ou à proximité du trafic routier. Contrairement à l'aéroport Paris-Le Bourget (du fait de son activité moindre et de son imbrication dans le cœur dense de l'agglomération parisienne), **l'impact des activités aéroportuaires** (trafic aérien et l'ensemble des activités au sol) **sur la plateforme de Paris-CDG est perceptible.**

Les sites de mesures implantés en bordure d'axes routiers présentent les niveaux moyens les plus élevés, tous polluants confondus. Les concentrations les plus élevées sont observées sur les voies de circulation dotées d'une configuration particulière (au carrefour de plusieurs axes routiers, au sein d'une bretelle d'autoroute,...). À proximité du trafic routier, les niveaux en polluants décroissent à mesure de l'éloignement de l'axe routier. Pour le NO<sub>2</sub>, la distance d'influence du trafic routier est estimée à 100 m. Au-delà de 100 m, l'impact des axes routiers est moindre.

Cette étude a également permis d'évaluer les performances du système de cartographie spécifique du domaine de Paris-CDG/Le Bourget, ainsi que la représentativité des variabilités spatiales et temporelles représentées. Les sites équipés d'échantillonneurs passifs et d'analyseurs automatiques durant la campagne ont été exploités dans ce cadre.

De manière générale, cette évaluation a mis en évidence les capacités du système de modélisation SURVOL à **bien reproduire l'évolution temporelle des concentrations hebdomadaires et journalières pour les polluants d'intérêt.**

La validation de la plateforme SURVOL avec les résultats de la campagne de mesures a montré des **résultats satisfaisants entre les mesures et les sorties du modèle pour la plupart des sites instrumentés en situation de fond**. En NO<sub>2</sub>, les comparaisons mesures-modèles confirment la capacité du modèle à décrire les variations des niveaux, notamment la décroissance en s'éloignant de l'agglomération ainsi que les niveaux en zone péri-aéroportuaire. En proximité au trafic, le système de modélisation a tendance à sous-estimer les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, tout en évaluant correctement les dépassements des valeurs réglementaires. C'est notamment le cas pour des sites présentant une configuration particulière (au carrefour de plusieurs axes routiers, à proximité immédiate d'une bretelle d'autoroute, ...). Ce type de configuration très spécifique nécessite des données fines de trafic, pas toujours disponibles ou bien renseignées par le modèle. De plus, les phénomènes micro-locaux ne sont actuellement pas toujours précisément pris en compte par les modèles.

Pour les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), **un bon accord entre le modèle et les mesures a été constaté**, tant sur les sites de fond, ceux en zone péri-aéroportuaire que ceux implantés sur la plateforme aéroportuaire de Paris-Charles de Gaulle. À l'image du NO<sub>2</sub>, une sous-estimation des niveaux modélisés en particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) sur les sites à proximité du trafic routier est observée.

Pour le benzène, les niveaux modélisés sont actuellement sous-estimés sur l'ensemble du domaine d'étude, que ce soit en situation de fond, à proximité du trafic routier, en zone influencée aéroportuaire et sous l'emprise des deux aéroports Paris-Le Bourget et Paris-CDG, sans enjeu toutefois sur l'évaluation des risques de dépassement de la valeur limite réglementaire, respectée partout en Île-de-France. La poursuite du suivi de ce polluant par la plateforme SURVOL est à réétudier, le modèle général d'Airparif, HOR' AIR étant plus performant pour ce polluant.

Ces analyses ont permis de conforter les forces du système de modélisation, ainsi que ses faiblesses dans certaines configurations spécifiques. Les améliorations identifiées, notamment pour limiter les sous-estimations au carrefour de plusieurs grands axes routiers, seront poursuivies.

**Fournissant déjà une information fiable sur les niveaux de pollution aux alentours de la plateforme aéroportuaire, ces actions permettront d'affiner le système de modélisation déjà performant.**

**Cette étude a permis de confirmer que l'impact de la plateforme aéroportuaire sur la zone d'étude est bien reproduit par le système de modélisation.**

# RÉFÉRENCES

Airparif, Campagne de mesure autour de l'aéroport de Paris Charles de Gaulle – Campagne 2007/2008, Mars 2009.

Airparif Actualités, N°39 - La pollution près du trafic, Décembre 2012.

Airparif, Mise en œuvre d'un observatoire de la qualité de l'air autour des aéroports franciliens dans le cadre du projet SURVOL – Système de cartographie de la qualité de l'air, Mai 2013.

Airparif, Campagne de mesure du dioxyde d'azote en Île-de-France, 2020.

Airparif, Bilan de la qualité de l'air en Île-de-France – Année 2019, Juin 2020.

Airparif, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre – Année 2015, 2019.

Baudic, A. et al., Seasonal variability and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in the Paris megacity (France), *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 11961-11989, doi :10.5194/acp-16-11961-2016, 2016.

Languille B. et al., Wood burning : a major source of Volatile Organic Compounds during wintertime in the Paris region, *Science of The Total Environment*, Volume 711, doi :10.1016/j.scitotenv.2019.135055, Avril 2020.

LCSQA, Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air, Février 2017.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Sites de mesure instrumentés au sein du domaine Paris-CDG / Le Bourget

Numéro_site	Typologie_site	Adresse	Ville	Département	Longitude	Latitude	Analyseurs (Auto/Tube)
1	Fond	Jardin des Passereaux	Attainville	95	2.341468	49.057648	Tube (NO <sub>2</sub> )
2	Fond	8 allée Jean de la Fontaine	Saint-Brice-sous-Forêt	95	2.358379	48.997927	Tube (NO <sub>2</sub> )
3	Fond	Parc Louis Jouvét	Villiers-le-Bel	95	2.389425	49.006097	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
4	Fond	Complexe sportif Pierre de Coubertin	Garges-lès-Gonesses	95	2.406387	48.976418	Tube (NO <sub>2</sub> )
5	Fond	Stade Municipal Chemin de St-Denis	Le Thillay	95	2.476797	49.006294	Tube (NO <sub>2</sub> )
6	Fond	Parc des Grandes Bornes	Goussainville	95	2.462255	49.035110	Tube (NO <sub>2</sub> )
7	Fond	1 rue Brûlée	Goussainville (Vieux Village)	95	2.465817	49.013730	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
8	Fond	Stade rue André Malraux	Louvres	95	2.509881	49.050697	Tube (NO <sub>2</sub> )
9	Fond	Complexe sportif des Tournelles	Roissy-en-France	95	2.512820	49.006519	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
10	Fond	5 chemin du Marlinet	Epiais-les-Louvres	95	2.558201	49.031505	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
11	Fond	Chemin Rural 6 la Croix Boissée	Vémars	95	2.568893	49.067048	Tube (NO <sub>2</sub> )
12	Fond	6 allée du Château	Mauregard	77	2.581855	49.033924	Tube (NO <sub>2</sub> )
13	Fond	Stade de Moussy-le-Vieux	Moussy-le-Vieux	77	2.631334	49.045801	Tube (NO <sub>2</sub> )
14	Fond	Skate Park	Dammartin-en-Goële	77	2.684287	49.055503	Tube (NO <sub>2</sub> )
15	Fond	Rue Pasteur	Claye-Souilly	77	2.678200	48.941493	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
16	Fond	Stade Jules Ladoumègue, rue Marcel Paul	Milly-Mory	77	2.611215	48.980697	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
17	Influencé	Concorde Memorial	Milly-Mory	77	2.589482	48.990372	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
18	Fond	Chemin des Saints-Pères	Tremblay-en-France	93	2.550204	48.981649	Tube (NO <sub>2</sub> )
19	Fond	Parc de Jean Valjean	Montfermeil	93	2.569365	48.896444	Tube (NO <sub>2</sub> )
20	Fond	Stade de foot rue Gabriel Péri	Sevran	93	2.535110	48.940561	Tube (NO <sub>2</sub> )
21	Fond	Parc Robert Ballanger	Aulnay-sous-Bois	93	2.490455	48.958145	Tube (NO <sub>2</sub> )
22	Fond	4 rue Védérines	Le Blanc-Mesnil	93	2.40619	48.947753	Tube (NO <sub>2</sub> )
23	Fond	Complexe sportif avenue de Bruxelles	Le Blanc-Mesnil	93	2.474658	48.930131	Tube (NO <sub>2</sub> )
24	Fond	50 rue d'Alésia	Bobigny	93	2.420429	48.910603	Tube (NO <sub>2</sub> )
25	Influencé	6 Villa Gabriel Seailles	Bondy	93	2.471262	48.902059	Tube (NO <sub>2</sub> )
26	Trafic	11 avenue Lénine	Pierrefitte-sur-Seine	93	2.359282	48.962234	Tube (NO <sub>2</sub> )
27	Trafic	La Francilienne	Villiers-le-Sec	95	2.377328	49.067116	Tube (NO <sub>2</sub> )
28	Trafic	Chemin d'Orville	Louvres	95	2.486440	49.036439	Tube (NO <sub>2</sub> )
29	Trafic	ZAC de la Fontaine du Berger	Saint-Mard	77	2.672661	49.029773	Tube (NO <sub>2</sub> )
30	Trafic	108 rue de Meaux	Vaujours	93	2.571223	48.935212	Tube (NO <sub>2</sub> )
31	Trafic	Rue Paul Cézanne	Aulnay-sous-Bois	93	2.492953	48.952783	Tube (NO <sub>2</sub> )
32	Trafic	123 avenue de la Division Leclerc	Le Bourget	93	2.429319	48.938687	Tube (NO <sub>2</sub> )
33	Trafic	Cimetière, 92 avenue Waldeck Robert	La Courneuve	93	2.407679	48.936950	Tube (NO <sub>2</sub> )
34	Fond	Cimetière, 92 avenue Waldeck Robert	La Courneuve	93	2.406579	48.937915	Tube (NO <sub>2</sub> )
35	Trafic	Parc des Sports, rue Pierre Audat	Villepinte	93	2.544698	48.961376	Tube (NO <sub>2</sub> )
36	Fond	Parc des Sports, rue Pierre Audat	Villepinte	93	2.545313	48.960572	Tube (NO <sub>2</sub> )
37	Fond	Parc des Sports, rue Pierre Audat	Villepinte	93	2.545941	48.959769	Tube (NO <sub>2</sub> )
38	Trafic	1 rue Gambetta	La Courneuve	93	2.400174	48.925668	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> )
39	Trafic	Route de Roissy	Roissy-en-France	95	2.515971	48.995696	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, PM <sub>2.5</sub> )
40	Fond	Site Engie, à proximité du bâtiment O	Saint-Denis	93	2.353058	48.924054	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> )
41	Fond	13 rue du Stade Sauvane	Le Mesnil-Ameil	77	2.591116	49.015858	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, PM <sub>2.5</sub> )
42	Fond	Rue du Chemin Joune	Tremblay-en-France	93	2.574542	48.955546	Tube (NO <sub>2</sub> )
43	Trafic	361 Avenue du Président Wilson	Saint-Denis	93	2.356464	48.925185	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
50	Aéro	D317	Le Bourget		2.443823	48.957671	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
51	Aéro	Paste Avion	Le Bourget		2.438064	48.959280	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
52	Aéro	Future station	Le Bourget		2.452131	48.974058	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
53	Aéro	D84a	Le Bourget		2.418336	48.963688	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
54	Aéro	Réservé károsène	Roissy-CDG		2.549589	49.037017	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
55	Aéro	Aire Fedex	Roissy-CDG		2.496530	49.019250	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
56	Aéro	Laboratoire	Roissy-CDG		2.531671	49.013089	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
57	Aéro	Fret	Roissy-CDG		2.525490	48.989620	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
58	Aéro	Renardières	Roissy-CDG		2.616810	48.993150	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
59	Aéro	Bassin Versant Seine	Roissy-CDG		2.543550	48.985650	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
60	Aéro	CITE	Roissy-CDG		2.536604	49.007117	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> )
61	Aéro	Aire Q	Roissy-CDG		2.554985	49.012558	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
62	Aéro	TGV	Roissy-CDG		2.571205	49.003715	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
63	Aéro	Paste avion TE	Roissy-CDG		2.577518	49.002664	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
64	Aéro	S4	Roissy-CDG		2.590524	49.007006	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
65	Aéro	CDG N	Roissy-CDG		2.582780	49.024884	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> ) - Auto (NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> )
66	Aéro	Mesnil-Ameil	Roissy-CDG		2.62015	49.021702	Tube (BTEX, NO <sub>2</sub> )
PA18	fond	Station réseau	Paris	75	2.345571	48.891725	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> )
SIDENIS	fond	Station réseau	Saint-Denis	93	2.358526	48.936122	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> )
AUBER	fond	Station réseau	Aubervilliers	93	2.384719	48.903947	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> )
BOB	fond	Station réseau	Bobigny	93	2.452616	48.902406	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
VILLEM	fond	Station réseau	Villemonble	93	2.506341	48.881614	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )
TREM	fond	Station réseau	Tremblay-en-France	93	2.574542	48.955545	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> )
GON	fond	Station réseau	Gonnesse	95	2.444770	48.990858	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
RUR_NE	fond	Station réseau	Montge-en-Goële	77	2.748851	49.028289	Auto (O <sub>3</sub> )
RUR_N	fond	Station réseau	Saint-Martin-du-Tertre	95	2.343774	49.100266	Auto (O <sub>3</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
A1	trafic	Station réseau	Saint-Denis	93	2.356464	48.925184	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
RN2PANIN	trafic	Station réseau	Pantin	93	2.390635	48.902008	Auto (NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> )
CLIGN	trafic	Station réseau	Paris	75	2.344924	48.897576	Tube (NO <sub>2</sub> )
RN302	trafic	Station réseau	Villemonble	93	2.507607	48.884650	Tube (NO <sub>2</sub> )

## Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle: méthodologie de calcul et incertitude associée

Les conditions météorologiques et dispersives observées lors de la réalisation des séries de mesure n'étant que partiellement représentatives des situations à l'échelle de l'année, l'évaluation de la concentration moyenne annuelle ne peut se faire que par le biais d'un calcul prenant en compte la différence entre les conditions météorologiques et les autres facteurs environnementaux observés lors des séries de mesure d'une part, et ceux observés tout au long de l'année d'autre part.

Pour cela, les résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif sont utilisés.

Une comparaison directe entre les niveaux relevés lors des six semaines de mesure aux stations permanentes de fond et le niveau moyen annuel de ces stations permet de déterminer la fonction de transfert qui reflète au mieux les différences météorologiques entre les deux périodes de mesure. Cette fonction de transfert est appliquée aux résultats obtenus pour chacun des sites de mesure instrumentés autour de la zone industrielle durant la campagne afin d'évaluer la concentration moyenne annuelle de chaque point de mesure.

Le niveau annuel évalué représente l'estimation la plus probable de la concentration moyenne annuelle du site de mesure qui aurait été obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long d'une année. La concentration annuelle ainsi déterminée est nécessairement obtenue avec une incertitude plus forte que si les mesures avaient eu lieu toute l'année. Celle-ci provient non seulement de l'incertitude des appareils de mesure, mais également de celle associée au calcul qui permet de déduire la moyenne annuelle à partir des résultats de l'étude.

Pour évaluer précisément le risque de dépassement de l'objectif de qualité (OQ) ou de la valeur limite (VL) sur les différents sites de mesure, il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude associée à l'évaluation de la moyenne annuelle (X%). Ainsi, la moyenne annuelle que l'on aurait obtenue si on avait mesuré le polluant considéré en continu tout au long de l'année est comprise dans l'intervalle [Moyenne annuelle estimée du polluant  $\pm$  X%].

L'identification des points de mesure dépassant l'OQ ou la VL est ainsi présentée en termes de « risque de dépassement ». Ce risque est minimal, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de risque de dépassement, lorsque le niveau annuel évalué est d'au moins X% inférieur à l'OQ/la VL. Le risque est maximal, c'est-à-dire que le dépassement de l'objectif de qualité est certain, lorsque le niveau annuel estimé est supérieur de X% à l'OQ/la VL. Entre ces deux extrêmes, le risque de dépassement augmente statistiquement et de façon continue avec le niveau moyen annuel estimé. Deux grandes classes de risque permettent de qualifier globalement la situation au regard de l'objectif de qualité. Un risque de dépassement dit « peu probable » existe lorsque le niveau moyen annuel estimé se situe entre [OQ - X% $\times$ OQ ; OQ] et un risque de dépassement dit « vraisemblable » est identifié pour un niveau annuel estimé compris entre [OQ ; OQ + X% $\times$ OQ] (idem pour la VL).

Pour la campagne de mesure, objet du présent rapport, les incertitudes calculées pour les moyennes annuelles estimées du NO<sub>2</sub>, des PM<sub>10</sub>, des PM<sub>2.5</sub> et du benzène sont présentées dans le Tableau A1.

	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Benzène
<i>Incertitude</i>	10%	12%	20%	10%

Tableau A 1 : Incertitudes associées à l'estimation de la moyenne annuelle pour chaque polluant

Le Tableau A2 présente les codes couleur et les qualificatifs correspondants, relatifs au risque de dépassement des normes, en fonction de la valeur de la moyenne annuelle estimée.

Niveau de risque de dépassement	<b>Pas de risque</b>	<b>Peu probable</b>	<b>Vraisemblable</b>	<b>Certain</b>
Code couleur				
		↑	↑	↑
		$VL - X\% \cdot VL$	$VL$	$VL + X\% \cdot VL$

Tableau A 2 : Codes couleur relatifs au risque de dépassement des normes, en fonction de la valeur moyenne annuelle estimée

## Annexe 3 : Présentation de la chaîne de modélisation de la qualité de l'air

Pour tout système de modélisation, la chaîne de calcul mise en place s'appuie sur **des modèles numériques permettant de caractériser la météorologie, les émissions (intensité, répartition...), le transport et les transformations chimiques des polluants atmosphériques au sein du domaine d'étude.**

Le principe général de la chaîne de modélisation développée pour l'observatoire est illustré en Figure 42. Les différents modèles intervenant dans la chaîne ont été choisis en fonction des caractéristiques de la zone d'étude, en termes de situation géographique (topographie, occupation des sols, démographie, position par rapport aux métropoles,...) et de sources de pollution. **Les champs météorologiques et les émissions modélisés sur le domaine d'étude alimentent le modèle de dispersion des polluants en vue d'obtenir les concentrations liées aux sources locales. Les concentrations finales sont calculées à partir des teneurs issues des sources de pollution, auxquelles sont ajoutés les niveaux de fond en provenance de l'extérieur du domaine.**

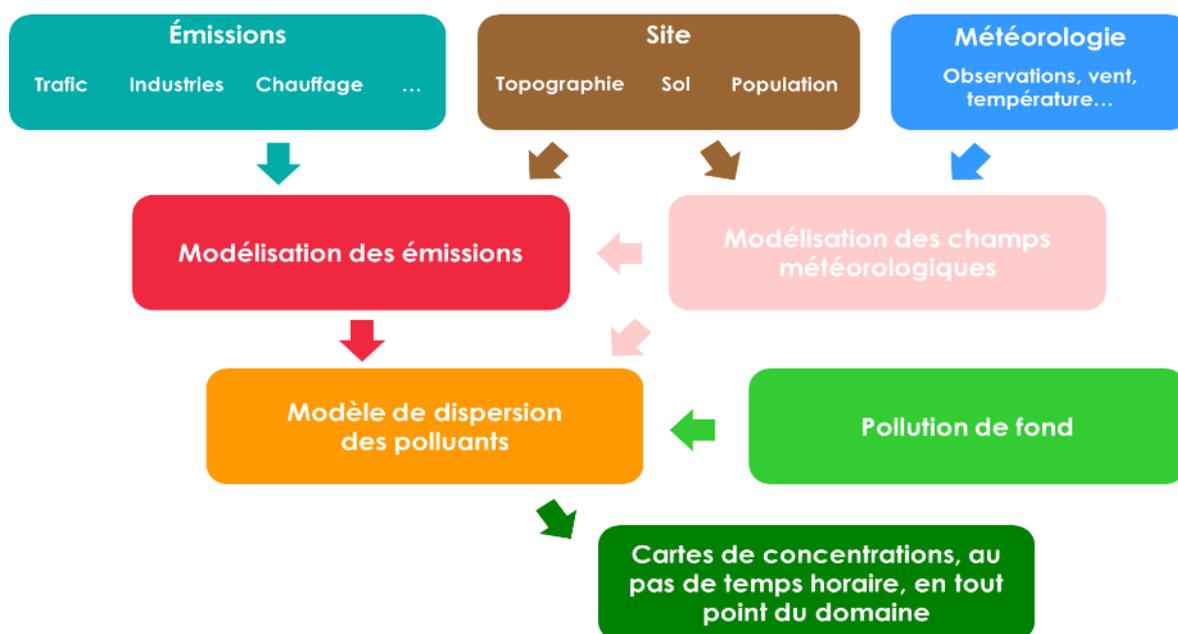


Figure 42 : principe général de la chaîne de modélisation de la qualité de l'air dans le cadre de l'observatoire SURVOL

### 3.1. Météorologie de la zone d'étude

Pour renseigner les conditions météorologiques sur le domaine d'étude, les logiciels **MM5** (Mesoscale Meteorological Model version 5, développé par le *National Center for Atmospheric Research* [NCAR]) et **CALMET** (développé par les scientifiques de l'*Atmospheric Studies Group* [ASG] de la firme TRC) ont été utilisés.

Pour chaque domaine d'étude, le modèle MM5 permet de prendre en compte la topographie, l'hétérogénéité de l'occupation des sols et surtout l'influence de l'agglomération parisienne. Ces paramètres peuvent avoir une influence sur les conditions de dispersion des polluants. Ce modèle est un modèle dit « pronostic », dans la mesure où il permet de modéliser explicitement les écoulements atmosphériques par la résolution d'équations physiques des phénomènes existants.

À l'opposé, le modèle CALMET est un modèle dit « diagnostic ». Il permet de reconstruire par interpolation un champ météorologique en 3D à partir de quelques points (correspondant dans le système aux sorties du modèle MM5 et des valeurs de mesures). Ainsi, ce modèle permet d'interpoler les champs météorologiques contribuant à la dispersion des émissions locales sur l'ensemble du domaine de calcul.

Enfin, les données météorologiques des stations Météo-France sont également intégrées au système de modélisation afin de mieux caractériser les conditions météorologiques sur les plateformes aéroportuaires (Roissy et Orly).

### 3.2. Émissions sur le domaine d'étude

Afin de décrire le plus finement possible la qualité de l'air observée sur la zone d'étude, les différentes sources d'émissions présentes sur le domaine sont prises en compte dans le système de modélisation et de cartographie. Dans le cadre de l'observatoire SURVOL, trois types d'émissions (trafic routier, activités aéroportuaires et autres secteurs) sont ainsi considérés par des chaînes de calcul bien distinctes.

**Les émissions liées au trafic routier sont estimées à partir des sorties d'un modèle de trafic, développé dans le cadre du projet européen HEAVEN<sup>8</sup>.** Cette chaîne complète de calcul permet d'évaluer en temps quasi-réel (avec un délai de l'ordre de deux heures) la situation du trafic sur l'ensemble de la région Île-de-France et d'en déduire les émissions routières associées.

**Les émissions liées aux avions** sont estimées sur les plateformes Paris-Charles de Gaulle/Le Bourget et Paris-Orly à partir des **informations quotidiennes relatives aux différents mouvements aériens fournies la veille par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC). Les émissions au sol des plateformes aéroportuaires sont, quant à elles, fournies par les Aéroports de Paris (ADP).** Airparif prend en compte les émissions des aéronefs, dont les activités peuvent impacter localement la qualité de l'air. Ces émissions sont comprises au sein de la couche limite effective (volume dans lequel les polluants atmosphériques se mélangent et se dispersent)<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> For a Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emissions and Noise (Vers un environnement plus sain grâce à la réduction du bruit et des émissions des véhicules).

<sup>9</sup>La hauteur de la couche limite varie très fortement au cours de la journée et d'un jour à l'autre (de quelques centaines de mètres en période hivernale à quelques milliers de mètres en période estivale).

Les autres émissions anthropiques et biotiques (sources d'origine naturelle) sont construites sur la base du **cadastre annuel des émissions de polluants de la région Île-de-France**. Le cadastre francilien des émissions (version spatialisée et temporalisée de l'inventaire régional des émissions) permet **la prise en compte de sources ponctuelles** (dont les émissions sont précisément localisées et spécifiquement mesurées) **et de sources surfaciques ou volumiques** (correspondant aux émissions de type « diffus » : chauffage résidentiel et tertiaire, émissions biogéniques ?...). Une extraction du cadastre des émissions a été réalisée sur le domaine de calcul (à 500 mètres de résolution).

### 3.3. Modélisation des émissions liées au trafic routier

Le calcul des émissions liées au trafic routier résulte du **croisement entre les sorties du modèle HEAVEN et les facteurs d'émissions (FE) issus de la base de données européennes COPERT IV**. Ces facteurs d'émissions dépendent d'un certain nombre de paramètres, dont le parc roulant (correspondant aux grandes catégories de véhicule : véhicules particuliers/utilitaires légers, poids lourds, bus/cars et deux-roues), le parc technologique (normes EURO...), la vitesse des véhicules, la part des véhicules circulant avec un moteur froid (au démarrage) ou chaud et la température ambiante.

La Figure 43 présente le schéma d'évaluation des émissions liées au trafic routier.

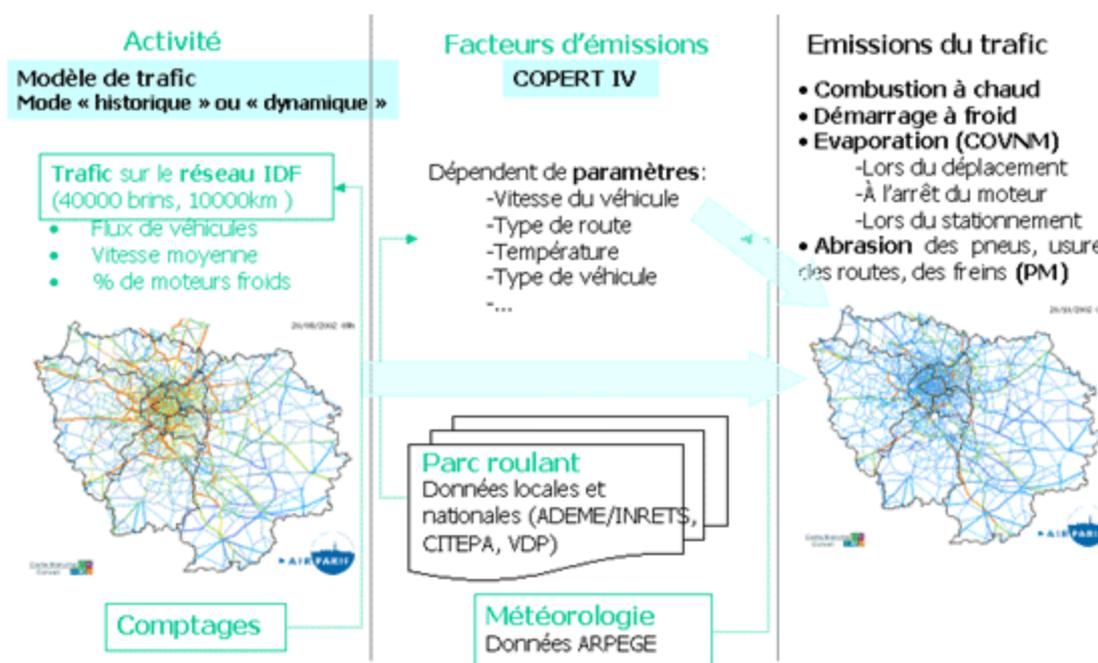


Figure 43 : schéma de fonctionnement de la chaîne de calcul des émissions routières

Sur la base de matrices « origine-destination »<sup>10</sup> à l'échelle de l'Île-de-France et d'un certain nombre de postes de comptage, le modèle de trafic HEAVEN estime les conditions de trafic sur un réseau comprenant environ 40 000 brins et 10 000 km d'axes routiers.

En sortie du module de calcul (après avoir couplé les sorties du modèle et les FE), les émissions relatives au trafic routier sont évaluées sur l'ensemble du réseau francilien, et plus spécifiquement sur les brins présents dans le domaine d'étude.

<sup>10</sup> Données issues de l'Enquête Globale des Transports (EGT) fournies par l'INSEE et le STIF (IDF Mobilités).

Pour les besoins du système de modélisation et de cartographie de l'observatoire SURVOL, plusieurs évolutions ont été apportées. À titre d'exemple, le réseau routier a été remis à jour de manière à intégrer plus finement les brins au voisinage des plateformes aéroportuaires. Des données de comptage du réseau public sur les aéroports franciliens fournies par ADP sont également prises en compte.

### 3.4. Modélisation des émissions associées au trafic aérien

Dans le cadre du projet SURVOL, une chaîne de calcul spécifique destinée à l'évaluation des émissions du trafic aérien a été développée. **Les émissions liées au trafic des avions sont estimées suivant le « cycle LTO »** (Landing Take Off), défini par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Illustré en Figure 44, ce cycle standard se décompose en quatre phases : l'approche (descente), le roulage (vers et depuis l'aérogare), le décollage et la montée.

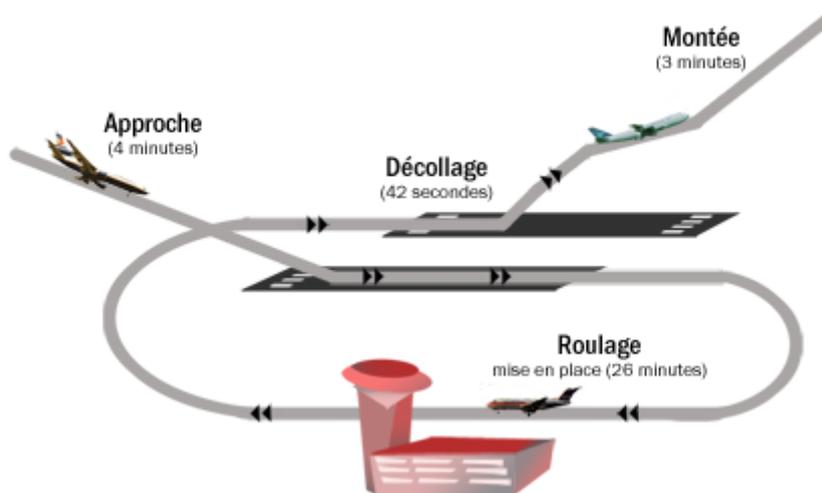


Figure 44 : schéma des différentes phases d'un cycle LTO (Source : OACI)

### 3.5. Modélisation de la dispersion sur le domaine d'étude

Le calcul de dispersion des polluants est réalisé sur la base des résultats issus de la modélisation des champs météorologiques et des émissions. Pour simuler cette dispersion, le **modèle lagrangien CALPUFF** (également développé par les scientifiques de l'ASG de la firme TRC) a été utilisé.

Le modèle CALPUFF est un modèle dit « instationnaire », puisqu'il permet de modéliser des phénomènes variant dans le temps et dans l'espace (accumulation des polluants par absence de vent au sol, effets liés à la présence de singularités topographiques...). Ce modèle de dispersion permet également de prendre en compte l'ensemble des sources d'émissions présentes sur le domaine d'étude. Sont considérées les sources ponctuelles (cheminées industrielles...), diffuses (émissions résidentielles...) et surfaciques (trafic routier...).

### 3.6. Évaluation de la pollution de fond sur le domaine d'étude

Compte-tenu de sa position géographique (en périphérie de l'agglomération parisienne), **chaque domaine d'étude est potentiellement soumis à des niveaux de pollution soutenus importés de Paris et sa petite couronne**. Une attention particulière a été portée à évaluer le plus précisément possible la pollution de fond (en provenance de l'extérieur du domaine) susceptible de pénétrer, stagner et/ou parcourir la zone d'étude. **Les données de pollution de fond sont apportées par la plateforme interrégionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air ESMERALDA.**

***In fine*, la chaîne complète de modélisation déployée dans le cadre de l'observatoire SURVOL reconstitue les niveaux de pollution de la veille autour des trois grands aéroports franciliens. Les informations sont délivrées sous forme de cartes de concentrations, calculées sur un pas de temps horaire en tout point du domaine d'étude.**

## Annexe 4 : Validation de la chaîne de modélisation SURVOL avec les données de mesures

La validation porte sur les résultats de la chaîne de modélisation SURVOL. Dans cette étude, les concentrations horaires en polluants NO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> et benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) calculées par la chaîne SURVOL sont considérées.

### Récepteurs utilisés pour la validation

La chaîne SURVOL utilise des points récepteurs pour les calculs. Par défaut, il y a 64 719 récepteurs sur le domaine ROISSY. Les calculs ont été réalisés sur la période de mesures pour disposer des points récepteurs adaptés à la validation. Pour éviter de réaliser des calculs sur tous les points récepteurs, le nombre de récepteurs a été réduit pour ne prendre en compte que des récepteurs à proximité des sites de mesure de la campagne (Figure 45).

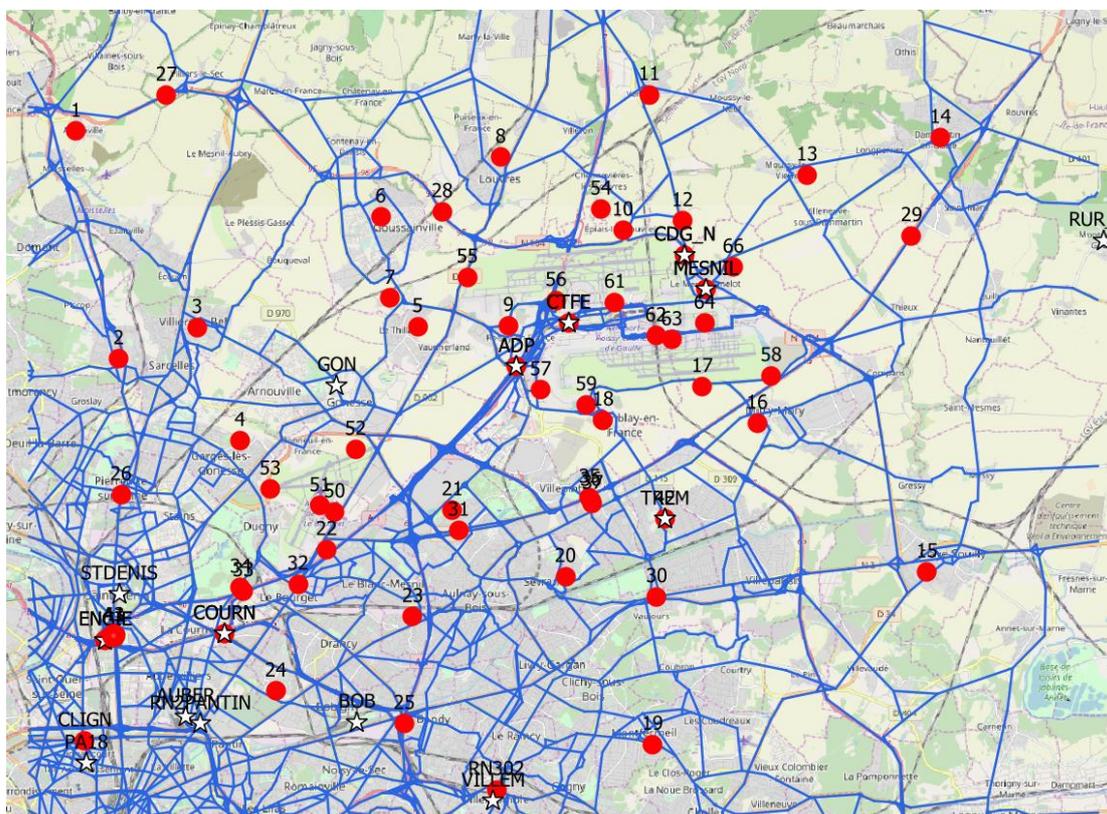


Figure 45 : emplacement des sites de mesures par tubes passifs (rouge) et par mesures automatiques (bleu). Le réseau routier modélisé est également représenté par les lignes bleues.

Pour chaque site de mesure, 7 récepteurs ont été utilisés :

- le récepteur et son altitude correspondant à un site de mesure (information fournie en Annexe 1) ;
- le récepteur correspondant au site de mesure au sol ;
- le récepteur correspondant au site de mesure à 2 mètres du sol ;
- le récepteur correspondant au site de mesure à 10 mètres du sol ;
- 4 récepteurs situés à 10 mètres du site de mesure dans la direction des 4 points cardinaux

L'utilisation de plusieurs récepteurs pour un même site permet de quantifier des incertitudes spatiales de la plateforme SURVOL.

En plus de ces récepteurs aux points de mesure de la campagne, les sites à proximité de l'Autoroute A104 – La Francilienne ont également été étudiés.

Pour la validation du modèle, 482 récepteurs décomposés comme suit ont été utilisés :

- 15 récepteurs sur le transect de l'A104 à 3 altitudes : 0, 2 et 10 mètres ;
- 55 récepteurs correspondant aux emplacements réels des mesures à 4 altitudes : altitude réelle, 0, 2 et 10 mètres ;
- 4 récepteurs fictifs par site de mesure décalés de  $\pm 10$  mètres dans la direction des 4 points cardinaux par rapport au site de mesure et à l'altitude réelle du site de mesure.

# Annexe 5 : Cartographies des niveaux modélisés en NO<sub>2</sub> par semaine de campagne

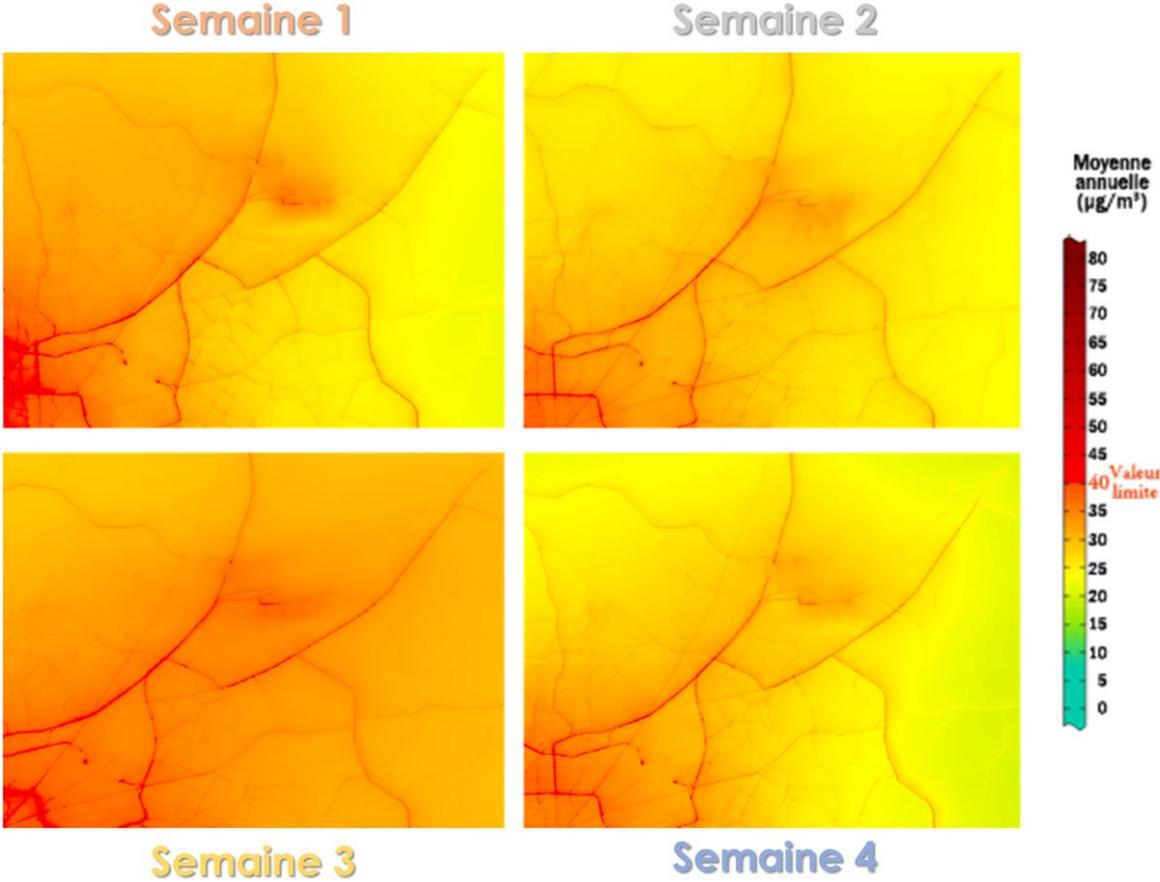


Figure 46 : cartographies du niveau moyen en dioxyde d'azote (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG / Le Bourget

# Annexe 6 : Cartographies des niveaux modélisés en particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) par semaine de campagne

Particules PM<sub>10</sub> :

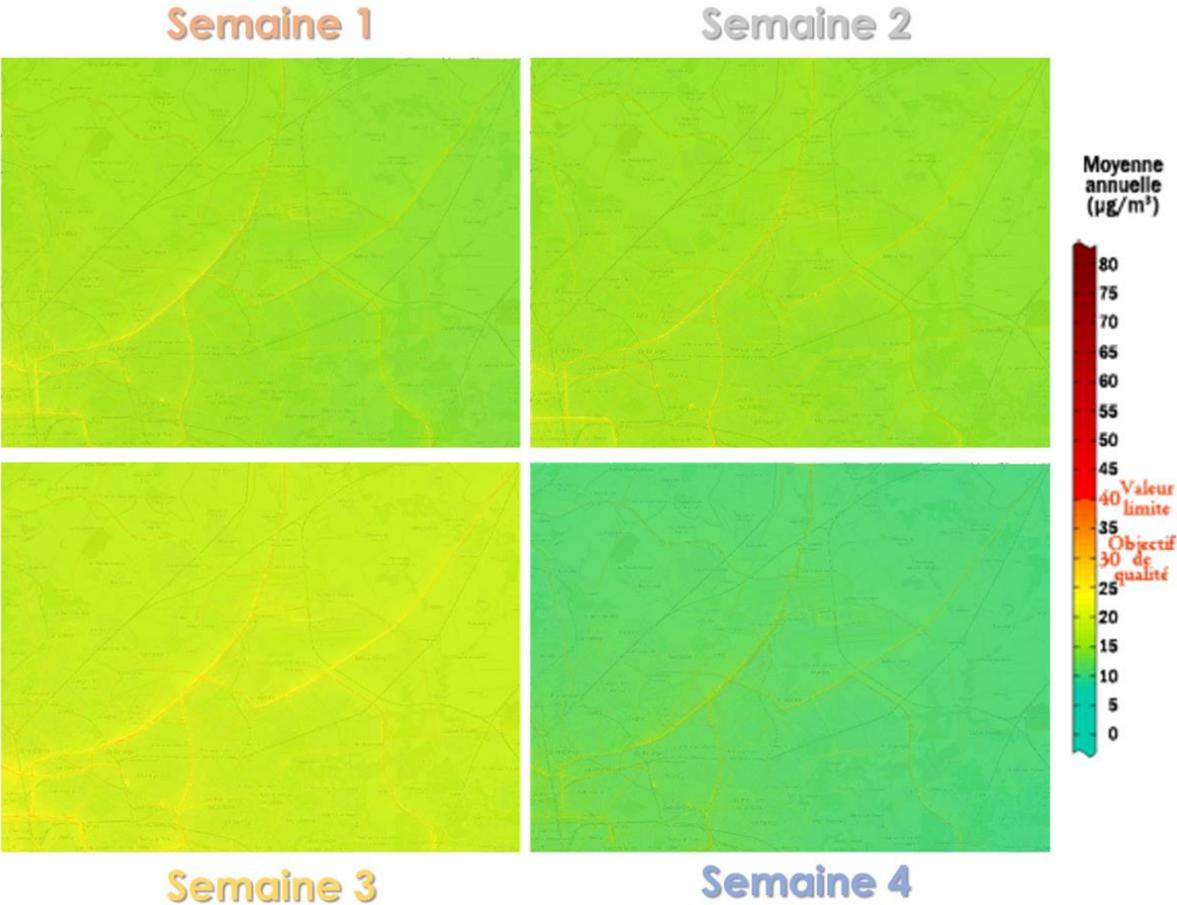


Figure 47 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>10</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG / Le Bourget

Particules PM<sub>2.5</sub> :

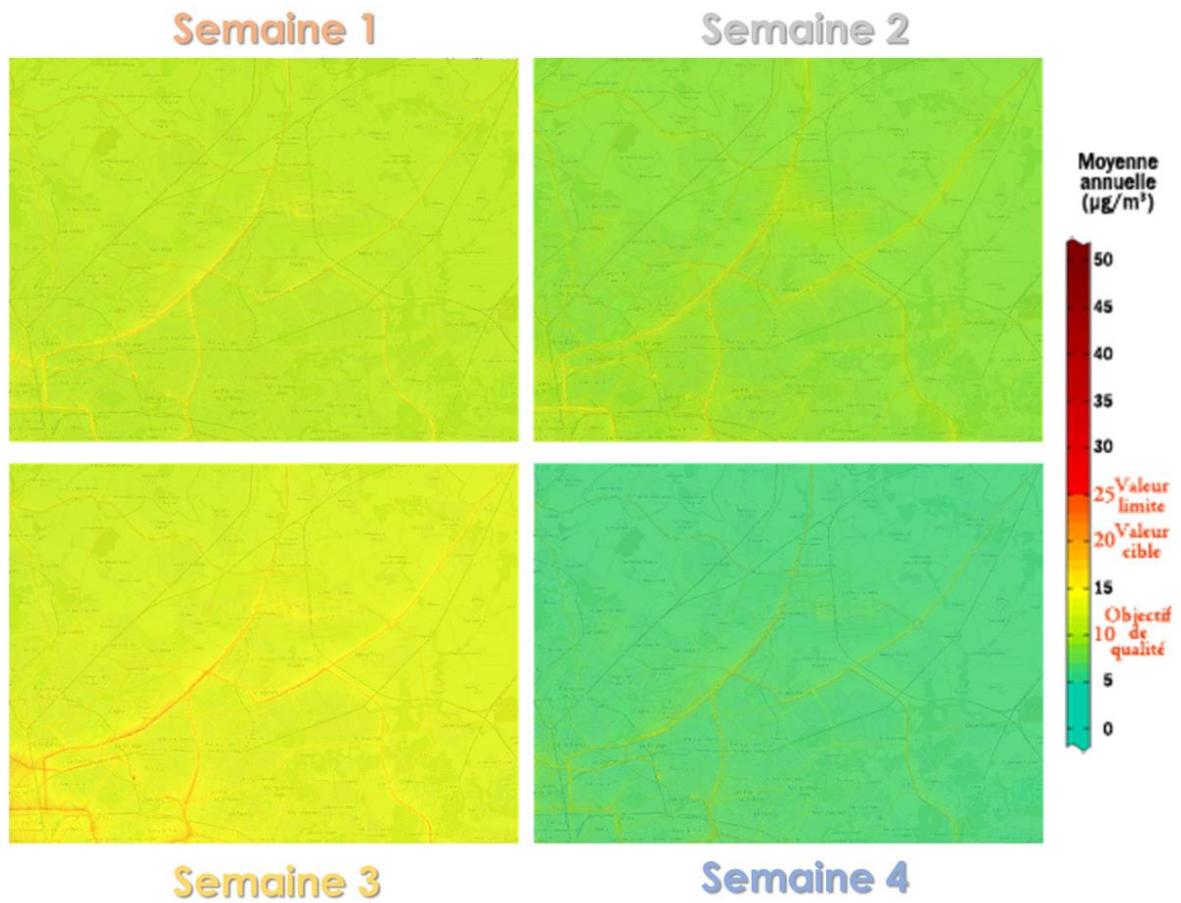


Figure 48 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG / Le Bourget

# Annexe 7 : Cartographies des niveaux modélisés en benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) par semaine de campagne

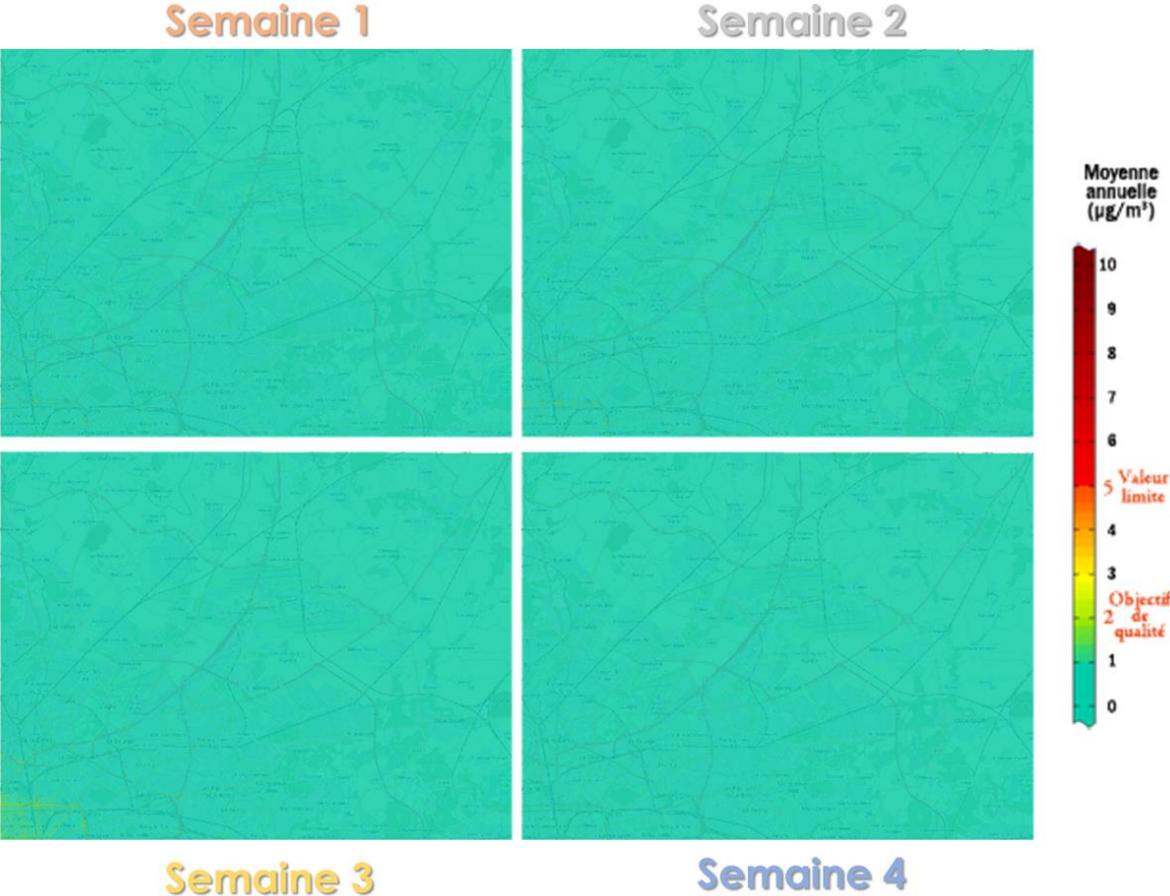


Figure 49 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-CDG / Le Bourget

