

# Campagne de mesures 2018 à proximité de la plateforme aéroportuaire de Paris-Orly

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





# CAMPAGNE DE MESURES 2018 À PROXIMITÉ DE LA PLATEFORME AÉROPORTUAIRE DE PARIS-ORLY

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

**Juin 2019**

### 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 mesure 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-IF) dans le cadre du PRSE3 d'Île-de-France.

Dans le cadre de cette étude, Airparif tient à remercier les 22 communes participantes, en assumant pour certaines d'entre elles la logistique associée à la mise en place des moyens de mesure (notamment les services techniques de la commune de Wissous) et confirmant ainsi leur volonté commune de coopération au projet entrepris :

Ballainvilliers, Bonneuil-sur-Marne, Champlan, Chevilly-Larue, Chilly-Mazarin, Draveil, L'Haÿ-les-Roses, Longjumeau, Massy, Morangis, Nozay, Orly, Palaiseau, Paray-Vieille-Poste, Rungis, Saulx-les-Chartreux, Thiais, Tigery, Valenton, Vigneux-sur-Seine, Villeneuve-Saint-Georges et Wissous.

À cette occasion, Airparif remercie également la Direction des Routes Île-de-France (DIRIF) et la DCCRS CRSA Sud IDF d'avoir répondu favorablement à la demande d'implantation de moyens de mesure sur leurs sites respectifs.

Enfin, Airparif remercie les Aéroports de Paris pour la mise à disposition des données relevées sur les deux stations de mesures implantées sur la plateforme aéroportuaire de Paris-Orly.

Ce rapport est librement accessible depuis [le site internet d'Airparif](#) et [le site de l'observatoire SURVOL](#).



# SOMMAIRE

PRÉAMBULE .....	5
SOMMAIRE .....	7
GLOSSAIRE .....	9
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	11
2. DESCRIPTIF DE L'ÉTUDE .....	13
2.1. PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE.....	13
2.2. LES POLLUANTS SUIVIS .....	14
2.3. DISPOSITIFS DE MESURES.....	15
2.4. QUALITE DES MOYENS UTILISES .....	18
2.5. CHOIX DES SITES DE MESURES .....	18
2.6. PERIODE DE MESURES .....	20
3. MÉTÉO & QUALITE DE L'AIR DURANT LA CAMPAGNE .....	21
4. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE.....	24
4.1. VARIABILITE DES NIVEAUX SELON LA TYPOLOGIE DES SITES .....	24
4.2. UNE DECROISSANCE DES NIVEAUX DE POLLUTION LIEE A LA DISTANCE AUX SOURCES CONFIRMEE.....	28
4.3. AUTRES PARAMETRES D'INFLUENCE IMPACTANT LA VARIABILITE DES NIVEAUX DE POLLUTION.....	34
4.4. VARIABILITES TEMPORELLES.....	36
5. ESTIMATION DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS.....	42
6. ÉVALUATION DU SYSTÈME DE MODÉLISATION.....	47
6.1. DIOXYDE D'AZOTE .....	48
6.2. PARTICULES .....	52
6.3. BENZENE.....	57
6.4. VERIFICATION DE LA DECROISSANCE DES NIVEAUX A PROXIMITE DU TRAFIC .....	60
6.5. ZOOM SUR L'AEROPORT DE PARIS-ORLY.....	61
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	64
RÉFÉRENCES .....	66
ANNEXES.....	67
ANNEXE 1 : SITES DE MESURE INSTRUMENTES AU SEIN DU DOMAINE PARIS-ORLY .....	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

**ADP** : Aéroport de Paris ;

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

**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/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 de faire vivre et renforcer 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 mesure 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 mesure visent à vérifier la **pertinence des systèmes de modélisation** et de **proposer des éventuelles améliorations**.

La première campagne de mesure a été réalisée à l'automne 2018 sur le domaine Paris-Orly ; la zone Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget prévue d'être instrumentée à l'automne 2019. Elle a été conduite par Airparif, avec le soutien financier de la DRIEE et avec la contribution du laboratoire d'ADP (pour la mise à disposition des données de mesures relevées sur ses stations).

Afin d'optimiser les travaux et d'assurer leur co-financement, cette étude a été effectuée conjointement avec une campagne d'intérêt général menée par Airparif en 2018 sur l'ensemble de l'Île-de-France. Réalisée sur 8 semaines (4 pour les périodes estivale et hivernale, respectivement), elle avait pour objectif d'évaluer de façon la plus représentative possible les niveaux en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur la région et de valider le système de modélisation horaire général de l'association. Par conséquent, des points de campagne complémentaires ont été intégrés dans le domaine Paris-Orly.

Le présent rapport présente les principaux résultats de la campagne (niveaux rencontrés sur le secteur Paris-Orly), 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 correspond au domaine sur lequel les activités aéroportuaires de la plateforme aéroportuaire de Paris-Orly sont susceptibles d'impacter localement la qualité de l'air des riverains. Elle s'étend sur une superficie de 378 km<sup>2</sup> au sud de Paris (Figure 1). Ce domaine d'étude est réparti sur les départements des Hauts-de-Seine (92), du Val-de-Marne (94) et de l'Essonne (91).



Figure 1 : domaine d'étude Paris-Orly par vue aérienne  
(Source : Google Earth)

La zone d'étude Paris-Orly illustre un **environnement très hétérogène**. Au nord 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 sud-ouest) et urbaines (modérées, voire faibles au sud) est notable. **L'hétérogénéité des éléments d'occupation des sols a une influence sur les émissions des polluants atmosphériques, mais également sur leur dispersion dans l'air.**

Aux particularités de cette distribution spatiale urbaine, entrecoupée de parcs et de forêts importantes (Meudon et Verrières au nord-ouest ; Sénart au sud-est), s'ajoute **un réseau routier dense** (composé des autoroutes A10, A6, A86 ; des routes nationales RN6, RN7 ; des routes départementales D6 et D7), ainsi que quelques industries émettrices.

**L'aéroport de Paris-Orly** (deuxième plateforme aéroportuaire française après Roissy-CDG) **est imbriquée dans le cœur dense de l'agglomération parisienne**. Cette localisation implique que l'impact des émissions aéroportuaires se confonde avec celui des émissions globales de l'agglomération parisienne (quel que soit le polluant considéré), rendant ainsi délicates les interprétations de la variabilité des concentrations.

## 2.2. Les polluants suivis

La surveillance de la qualité de l'air sur le domaine Paris-Orly 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 réglementaires** respectives.

Pour la présente étude, les quatre polluants primaires<sup>3</sup> (NO<sub>2</sub>, particules et benzène) seront 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). **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 – Tubes à diffusion passive

L'utilisation de **tubes à diffusion passive** permet une mise en œuvre simple et rapide d'un nombre important de sites. Au total, **33 sites** répartis sur l'ensemble du domaine Paris-Orly ont été équipés de tubes passifs. Tous ont été instrumentés pour la mesure du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ; 16 d'entre eux mesurant également 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.

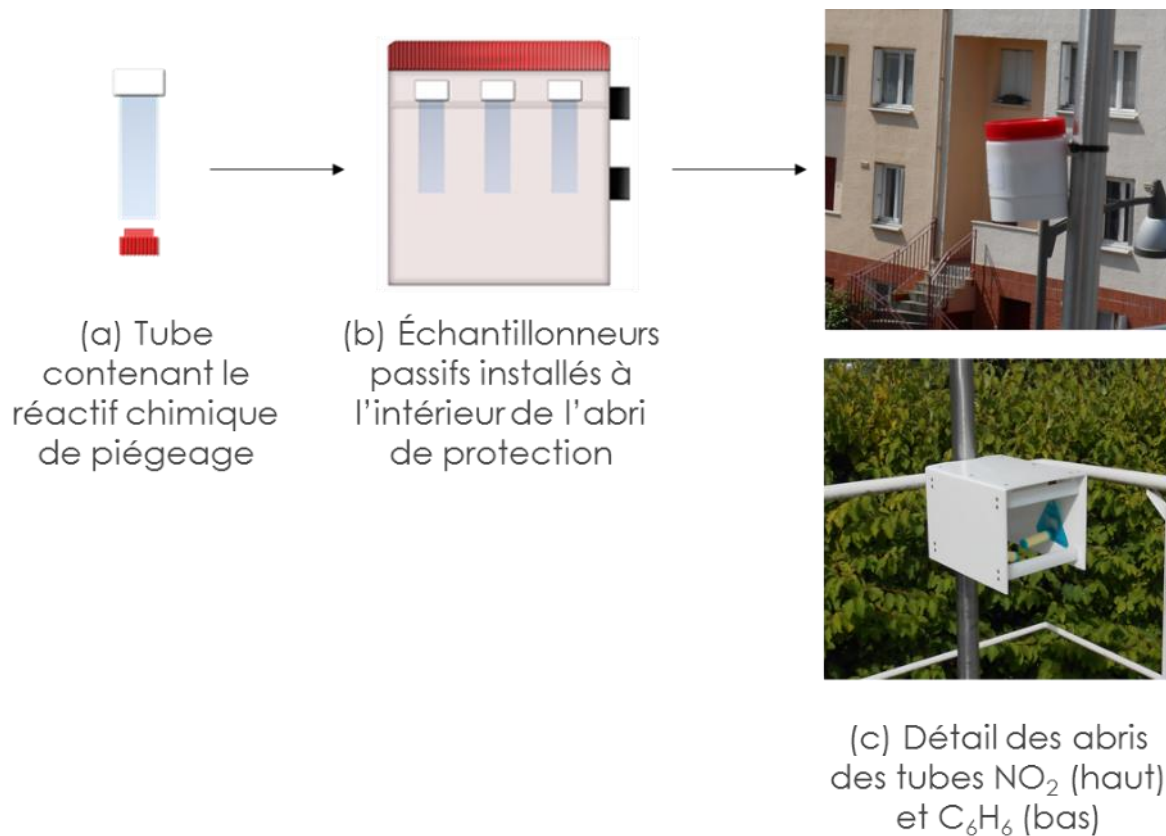


Figure 2 : schéma d'implantation des tubes à diffusion passive (a) de  $\text{NO}_2$  et de  $\text{C}_6\text{H}_6$  au sein de l'abri de protection (b) fixé sur un support (c)

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 – Laboratoires mobiles

En complément des mesures par échantillonneurs passifs, des mesures spécifiques d'oxydes d'azote et de particules ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) ont été réalisées en continu à l'aide de 3 laboratoires mobiles (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.

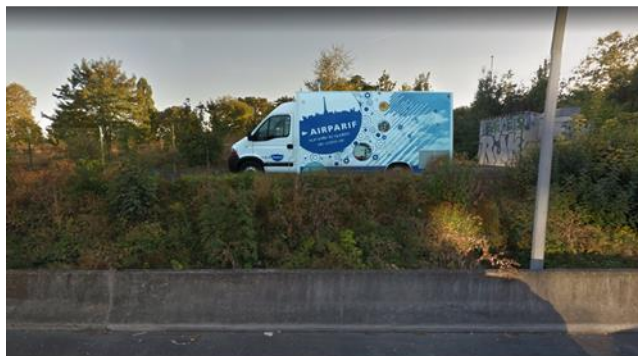




(a) Camion laboratoire à Wissous (91)



(b) Camion laboratoire à Chilly-Mazarin (91)



(c) Camion laboratoire à Rungis (94)

Figure 3 : illustration des trois laboratoires mobiles implantés par Airparif sur le domaine Paris-Orly dans le cadre de la campagne de mesure

Les laboratoires mobiles sont équipés d'analyseurs automatiques. Pour la mesure des  $\text{NO}_x$ , trois analyseurs 42i de Thermo Fischer Scientific ont été utilisés. Pour la mesure des particules ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ), trois analyseurs BAM de la marque Met One ont été déployés. Chaque préleveur BAM 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, à proximité immédiate du trafic routier**) et dans des **configurations particulières (côtes, axes encaissés, ...)**.

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 33 points de mesures provisoires sur l'ensemble du périmètre d'étude : 14 sites temporaires en situation de fond, 4 en zone influencée et 15 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, 2 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 A6** (à Chilly-Mazarin, Essonne) **et A86** (à Rungis, Val-de-Marne) (Figure 3). Un troisième camion laboratoire a été implanté à Wissous (Essonne), en situation de fond, afin de **caractériser l'ambiance générale de la qualité de l'air à proximité de l'aéroport de Paris-Orly.** Ce site de mesures avait déjà été instrumenté lors de la dernière campagne d'ampleur (Janvier - Avril 2003) et pourra être utilisé pour illustrer l'évolution des niveaux de NO<sub>x</sub> sur ce même secteur.

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-Orly au cours de la campagne de mesure. Les points rouges correspondent aux **18 sites de mesures** (passives et automatiques) sélectionnés pour cette étude. Les points bleus représentent les **14 sites** de mesures (passives) **complémentaires** considérés dans la campagne d'intérêt général.

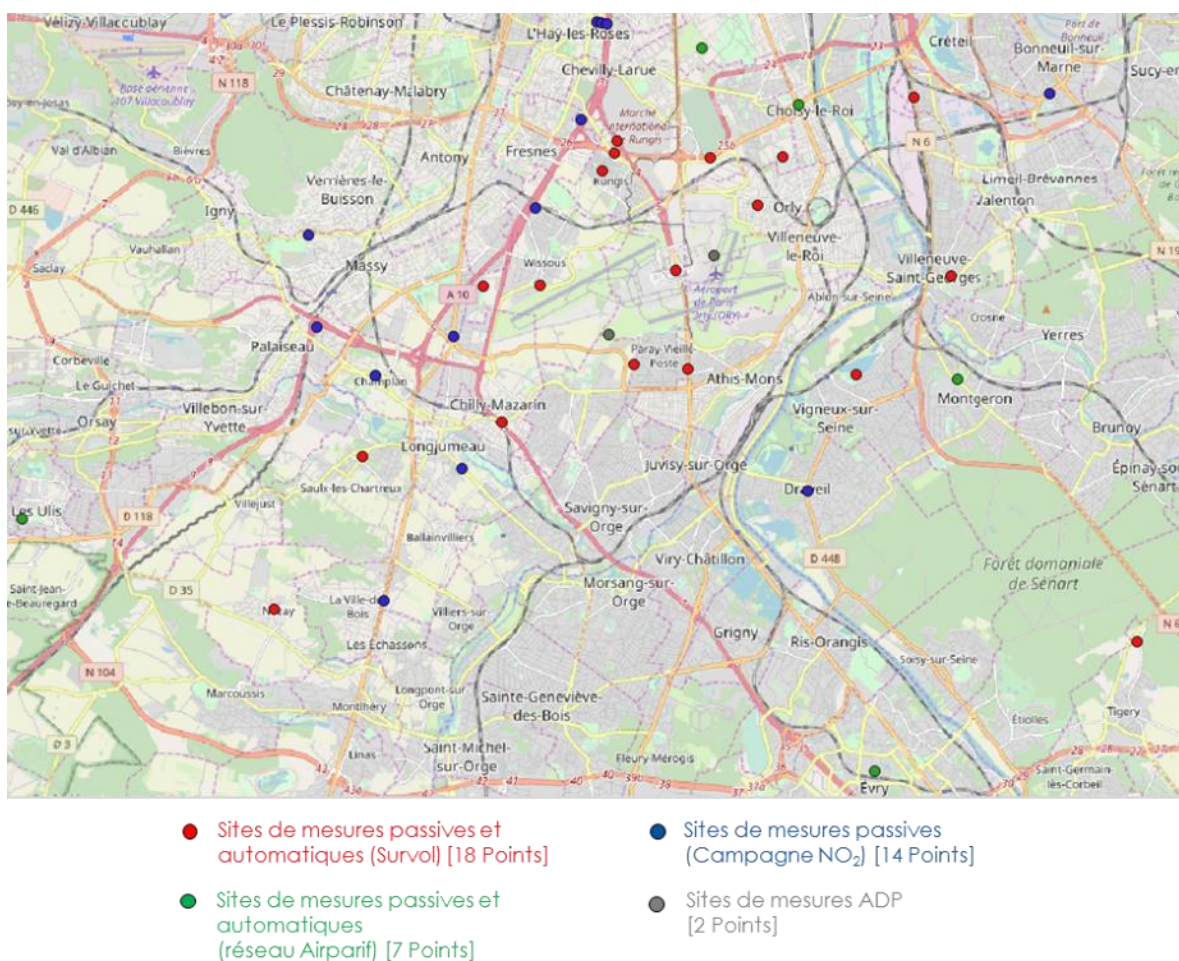


Figure 4 : carte de localisation des sites de mesures instrumentés au sein du domaine Paris-Orly

Sur le domaine Paris-Orly, **sept stations de référence Airparif** sont également présentes (illustrées par des points verts). Quatre d'entre elles permettent de fournir des mesures continues en NO<sub>x</sub> (Vitry-sur-Seine, Montgeron, Evry), O<sub>3</sub> (Montgeron, Les Ulis), PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub> et SO<sub>2</sub> (Vitry-sur-Seine) à un pas de temps horaire. Les trois autres stations mettent à disposition des mesures discontinues en NO<sub>2</sub> (Cachan, A6a Arcueil et RN186 Choisy-le-Roi).

En complément, les résultats des deux stations permanentes exploitées par la section Air du Laboratoire Groupe ADP, fournies par ADP, ont été utilisées.

Les deux stations du groupe ADP (représentées par des points gris) sont les suivantes :

- 1) **Paris-Orly Nord**, située en zone de fret à environ 500 m de la piste 2 et 400 mètres de l'aérogare d'Orly Sud ;
- 2) **Paris-Orly Sud**, située dans l'axe de la piste 3.

Ces deux stations mesurent les oxydes d'azote, les particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>) et l'ozone (uniquement sur Paris-Orly Nord).

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 **13 novembre au 17 décembre 2018**, soit 5 semaines. Le Tableau 1 définit pour chaque semaine/série (S1 à S5) les jours associés.

N° série	Période de mesure
S1	13 au 20/11/2018
S2	20 au 27/11/2018
S3	27/11 au 04/12/2018
S4	04 au 11/12/2018
S5	11 au 17/12/2018

Tableau 1 : périodes associées à chaque semaine de campagne

### 3. MÉTÉO & QUALITE 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 d'Orly** 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 de **vents de secteurs Est** (vitesse faible) **et Sud-Ouest** (vitesse modérée à forte). En ce qui concerne les températures, les mois de novembre et décembre 2018 ont été plutôt cléments. Certaines journées de la campagne se démarquent néanmoins, marquées par des conditions météorologiques peu dispersives (températures inférieures à 0°C, faible pluviométrie,...).

**La rose de vent enregistrée durant la campagne de mesures n'est pas tout à fait représentative de l'année 2018** (étant elle-même atypique par rapport aux années précédentes). Une **sur-représentation des vents de secteur est**, ainsi qu'**une carence de vents en provenance du nord-est** sont notables, tant par rapport à l'année complète que sur les dix-sept dernières années (Figure 5).

---

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

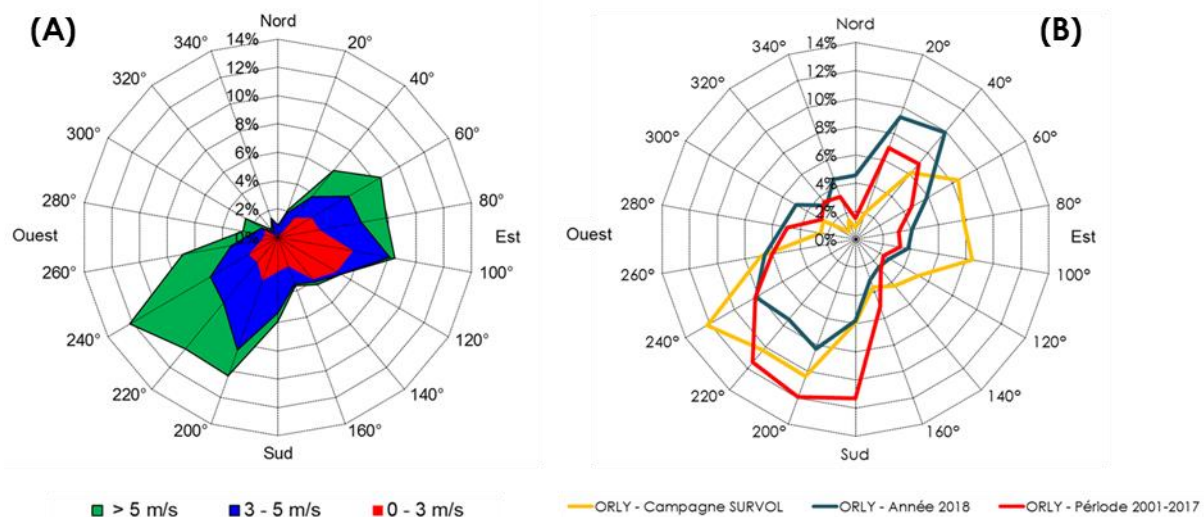


Figure 5 : (A) Rose de vent moyenne (représentative des différentes vitesses de vent) sur la période de la campagne pour la station Paris-Orly ; (B) Rose de vent à Paris-Orly durant la campagne 2018 (jaune), sur l'année 2018 (bleu) et sur la période 2001-2017 (du 13 novembre au 17 décembre) (rouge). 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 2001-2017. La comparaison avec les relevés des dix-sept dernières années montre que **les conditions météorologiques survenues ont été, série par série, alternativement plus favorables ou défavorables à une meilleure dispersion** (Figure 6). Pendant les semaines 2 et 5, les vitesses de vent observées durant la campagne ont été presque 20 % inférieures à la vitesse relevée à la même période de 2001 à 2017. *A contrario*, la vitesse de vent moyenne enregistrée pour S1, S3 et S4 a été entre 10 et 25 % supérieure aux observations 2001-2017, illustrant ainsi que **ces trois semaines ont été plus dispersives que sur l'historique** (dans une moindre mesure pour S1).

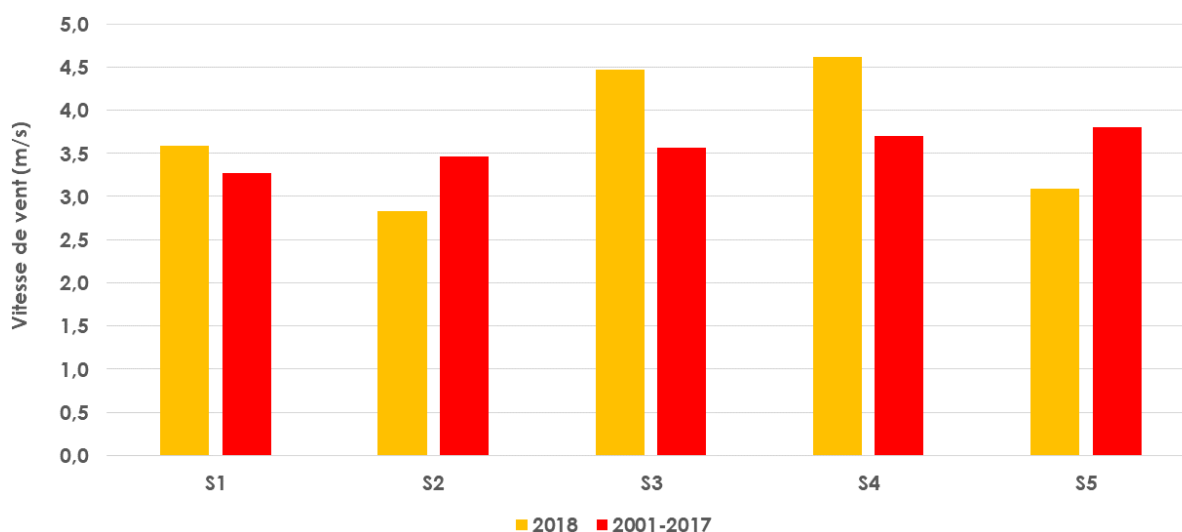


Figure 6 : comparaison des vitesses de vent relevées sur les cinq semaines de campagne (jaune) avec les observations historiques des dix-sept dernières années (rouge). Source : Météo-France

La variabilité des niveaux de pollution atmosphérique au cours de la campagne de mesure 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 13 novembre au 17 décembre 2018. 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 pendant 80 % des journées de la campagne** (28 jours sur 35). Toutefois, **les indices compris entre 50 et 70 (associés au qualificatif « moyen ») ont été enregistrés sur 7 journées, essentiellement pendant la deuxième semaine de campagne**. Aucun épisode de pollution atmosphérique n'a été enregistré.

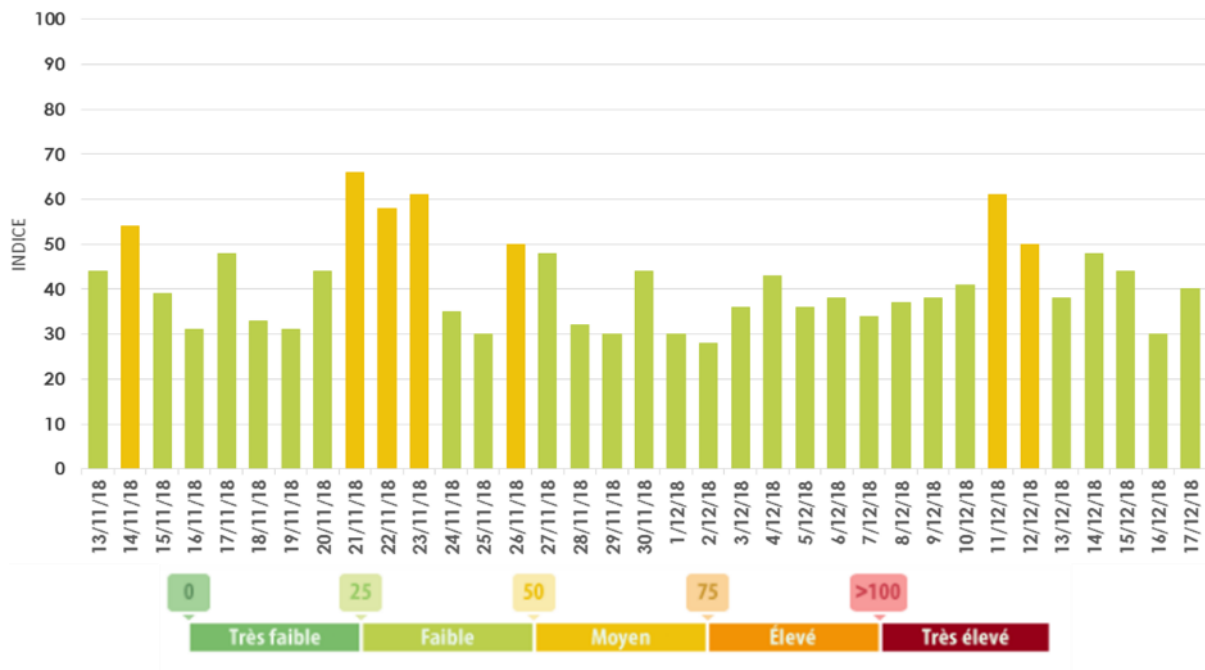


Figure 7 : évolution de l'indice de qualité de l'air CITEAIR pour l'agglomération parisienne du 13 novembre au 17 décembre 2018

## 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-Orly (comme sur le reste de l'Île-de-France) dépend majoritairement de **l'intensité des émissions polluantes**, ainsi que de **la météorologie qui conditionne 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 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 31 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 31 et 68 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 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 28 et 37 µg/m<sup>3</sup>.



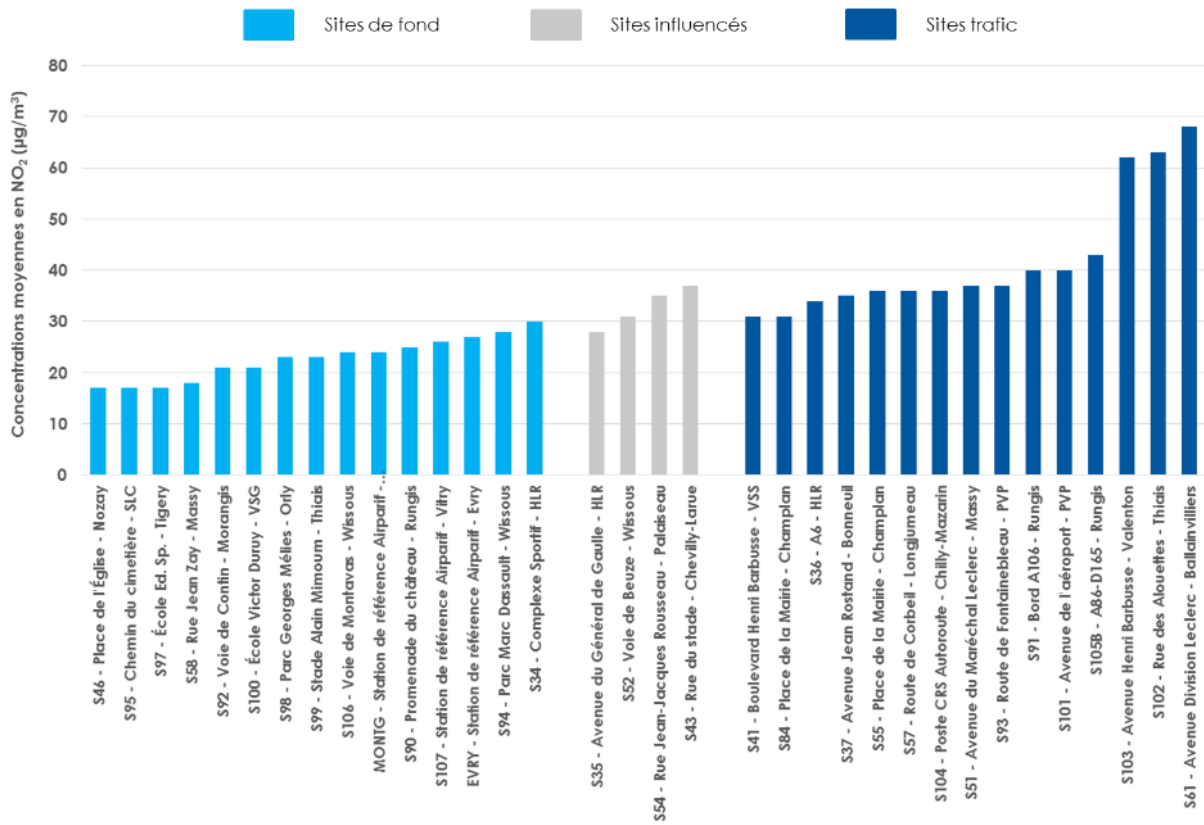


Figure 8 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur l'ensemble des sites instrumentés du 13 novembre au 11 décembre 2018

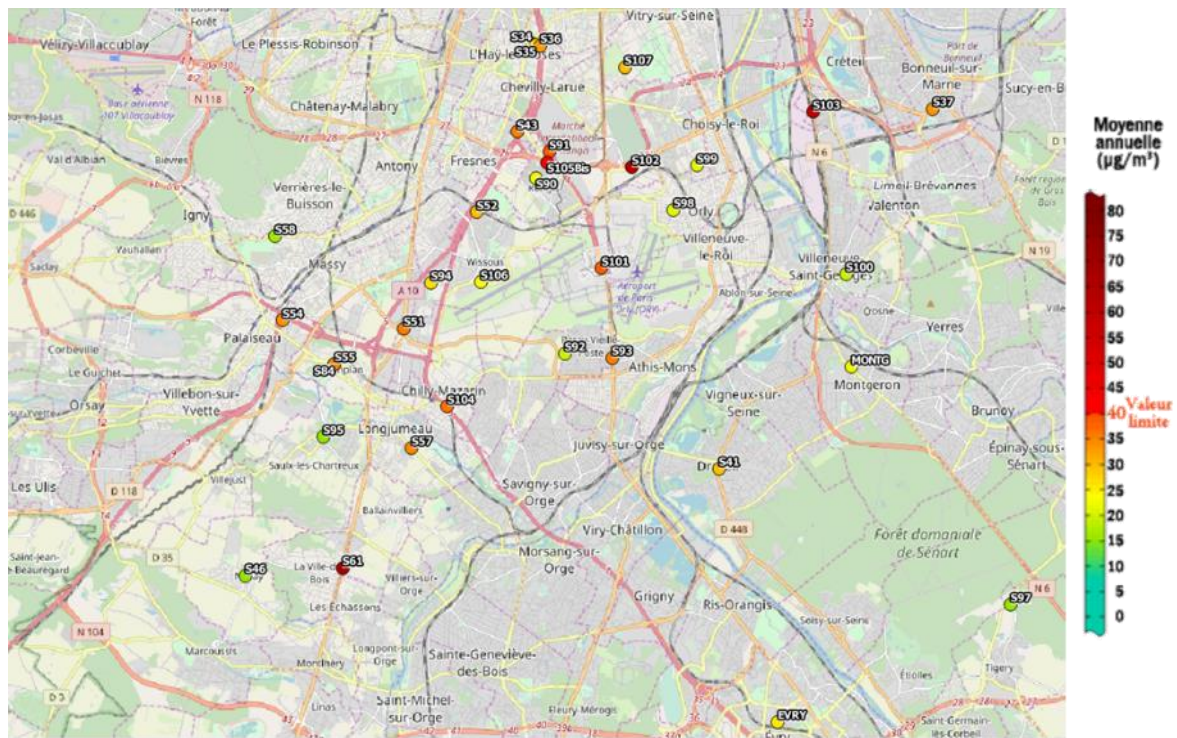


Figure 9 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> pour chaque site instrumenté sur l'ensemble de la campagne (S1-S4)

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

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

**Contrairement au NO<sub>2</sub>, les concentrations moyennes en PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> sont globalement homogènes (~15 µg/m<sup>3</sup> et 20 µg/m<sup>3</sup>, respectivement) sur les sites de fond et à proximité du trafic routier.** À la différence des PM<sub>2.5</sub>, les teneurs en PM<sub>10</sub> sont légèrement plus soutenues sur les deux sites trafic (entre +5 et +15 % par rapport aux niveaux de fond).

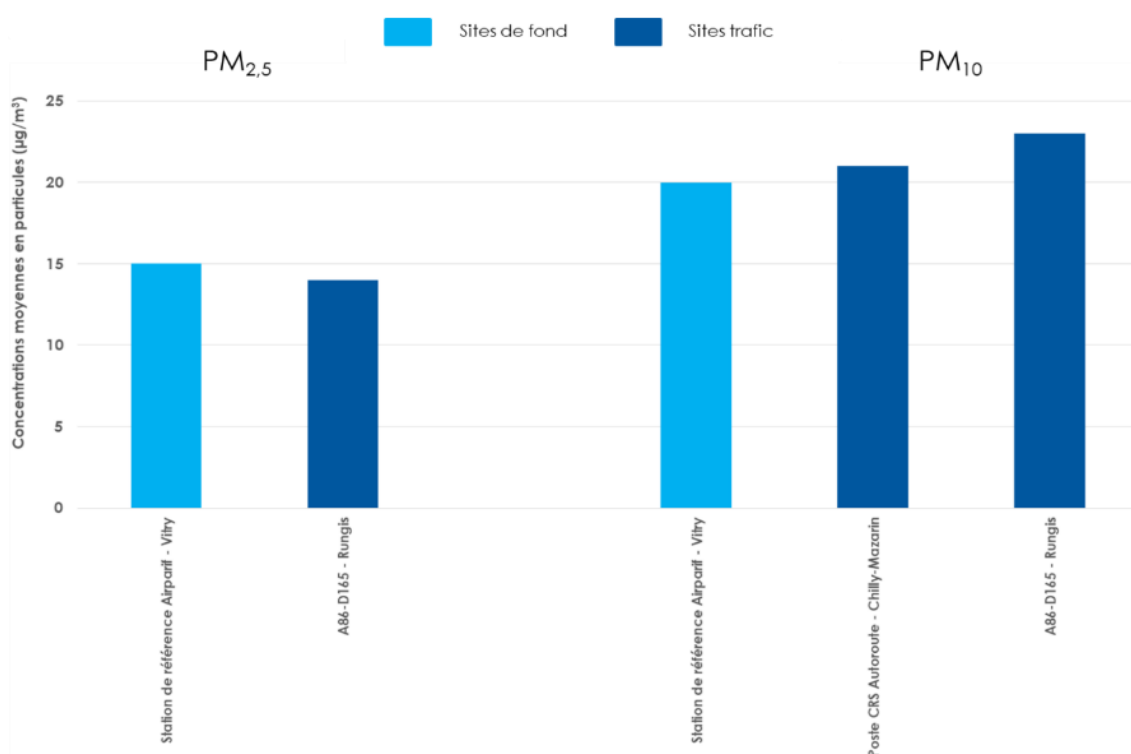


Figure 10 : concentrations moyennes en particules PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) mesurées sur trois sites instrumentés (Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin, Rungis) du 13 novembre au 17 décembre 2018

### 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 0.8 et 1.2 µg/m<sup>3</sup>). Comme attendu, les teneurs les plus élevées sont observées au droit des axes routiers (entre 1.2 et 1.7 µg/m<sup>3</sup>), notamment en raison de conditions de circulation souvent congestionnées, couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants. En revanche, **la variabilité des niveaux moyens en benzène rencontrés sur les sites trafic est beaucoup moins importante que pour le NO<sub>2</sub>.** Ces niveaux sont cohérents avec ceux mesurés sur les stations de référence d'Airparif.

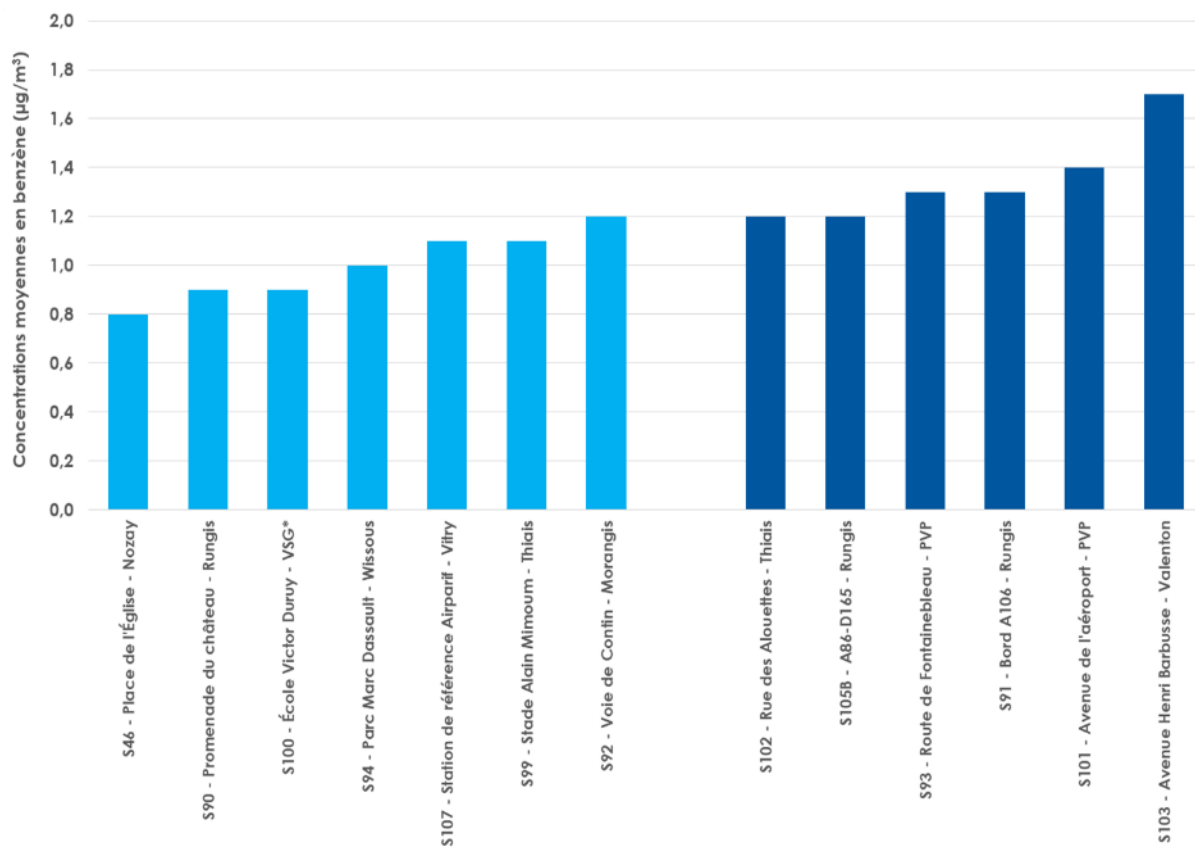


Figure 11 : concentrations moyennes en benzène (exprimées en µg/m³) mesurées sur l'ensemble des sites instrumentés du 13 novembre au 11 décembre 2018

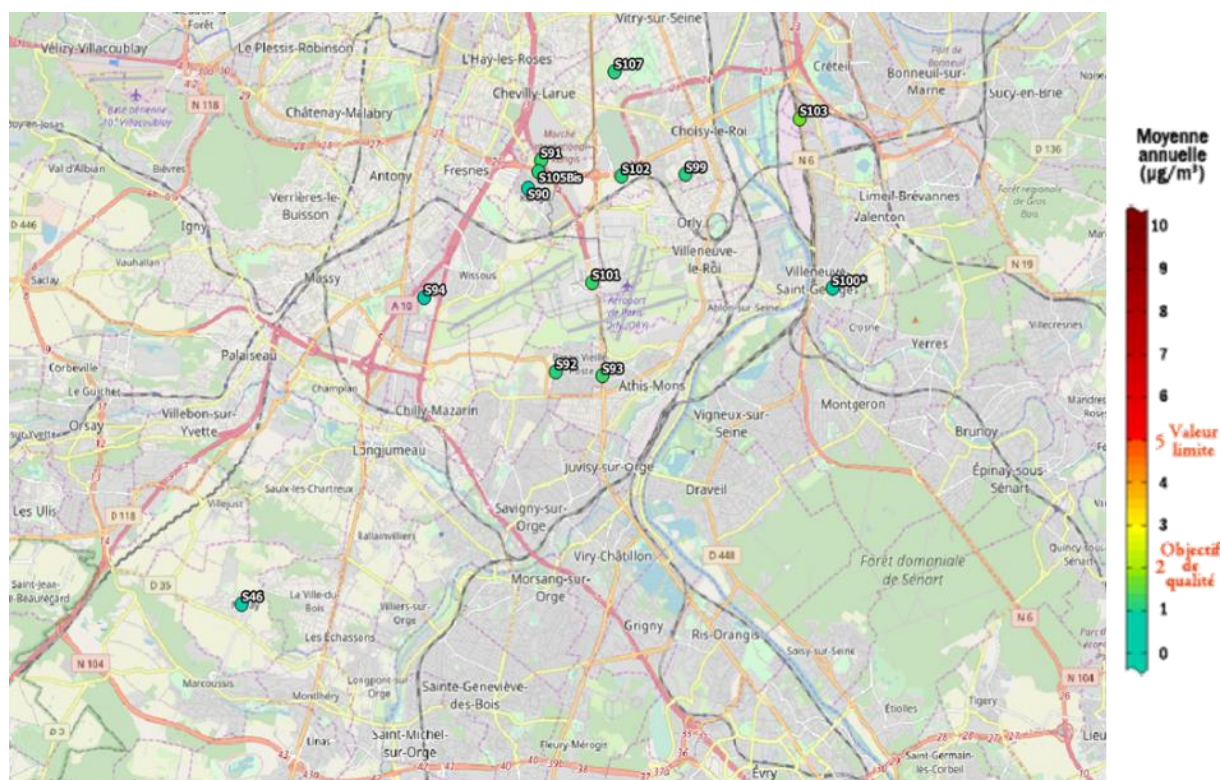


Figure 12 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en benzène pour chaque site instrumenté sur l'ensemble de la campagne (S1-S4)

## 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.

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

Les niveaux 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 couronne périurbaine, les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> diminuent. **De ce fait, les niveaux ambiants sont globalement plus importants au nord du domaine** (Figure 13). **Les niveaux relevés en périphérie de la zone d'étude représentent les concentrations les plus faibles en NO<sub>2</sub>**. Ils sont environ 45 % inférieurs à ceux relevés dans le nord du domaine.

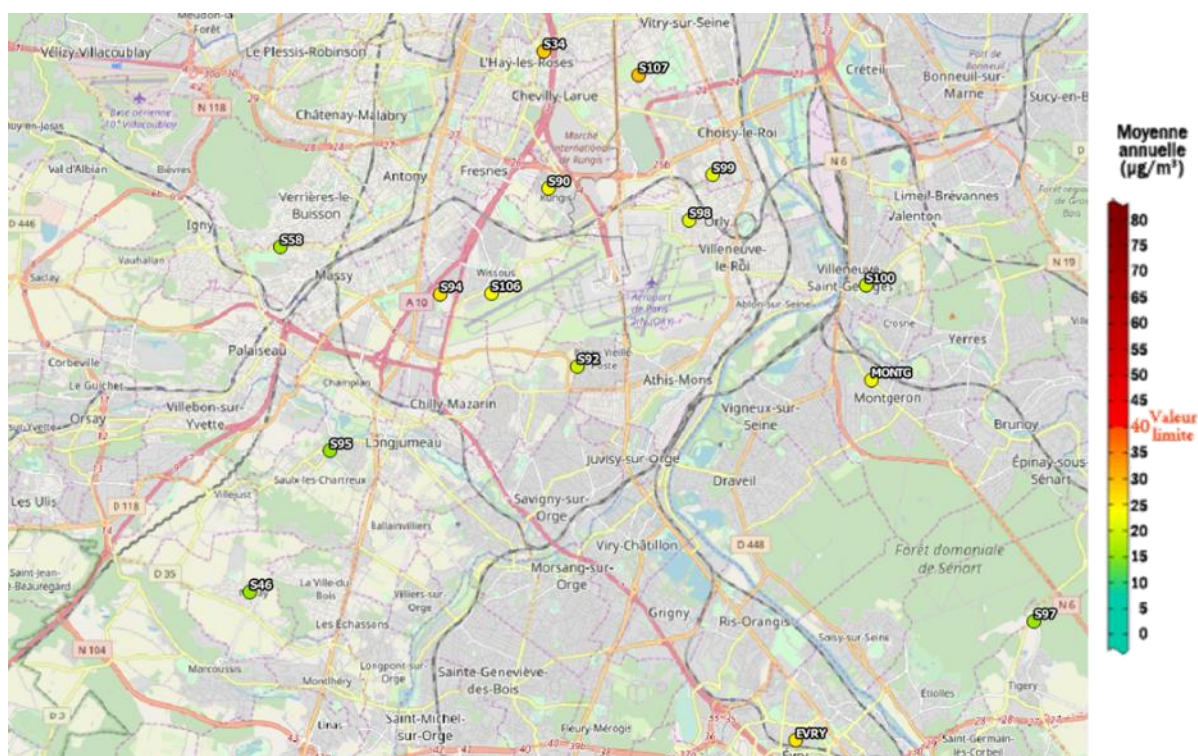


Figure 13 : carte du domaine représentant les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> en situation de fond sur l'ensemble de la campagne (S1-S4)

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.

La Figure 14 illustre les niveaux de fond en NO<sub>2</sub> ordonnés de manière croissante (sur la base du calcul de la moyenne), par site de mesures instrumenté. 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>.

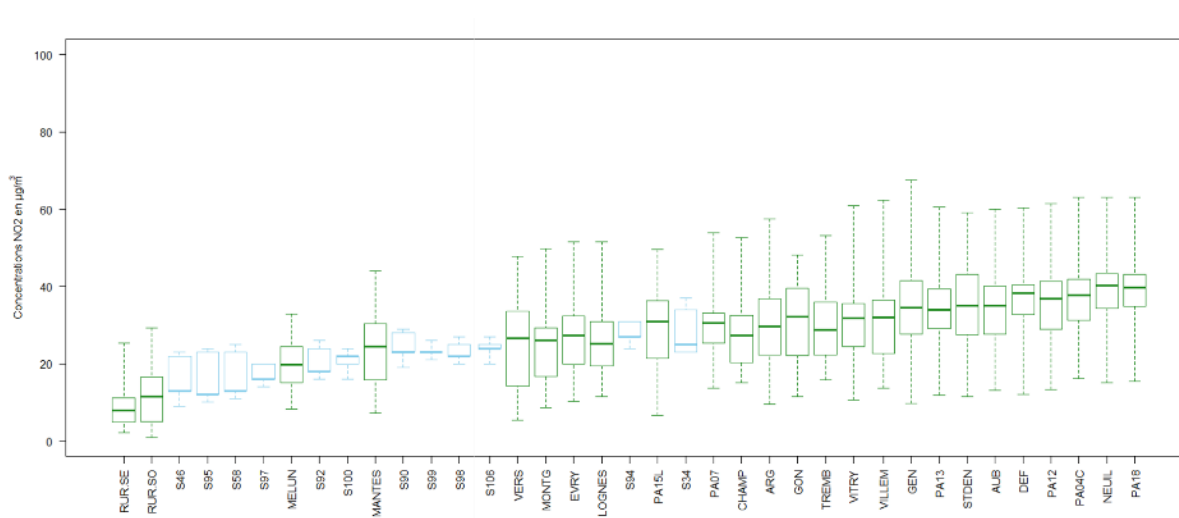


Figure 14 : concentrations en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites de la région (sites de campagne en bleu, stations de référence du réseau d'Airparif en vert) du 13 novembre au 11 décembre 2018

Les concentrations médianes en NO<sub>2</sub> (représentées par un trait horizontal épais) ont été calculées pour chaque site de mesures du 13 novembre au 11 décembre 2018. Pour les sites de campagne (en bleu), la médiane a été calculée à partir de mesures hebdomadaires (utilisation de tubes à diffusion passive). 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 min. et max. (représentées par des traits horizontaux peu épais) sont éloignées de la boîte, plus les niveaux mesurés sont variables.

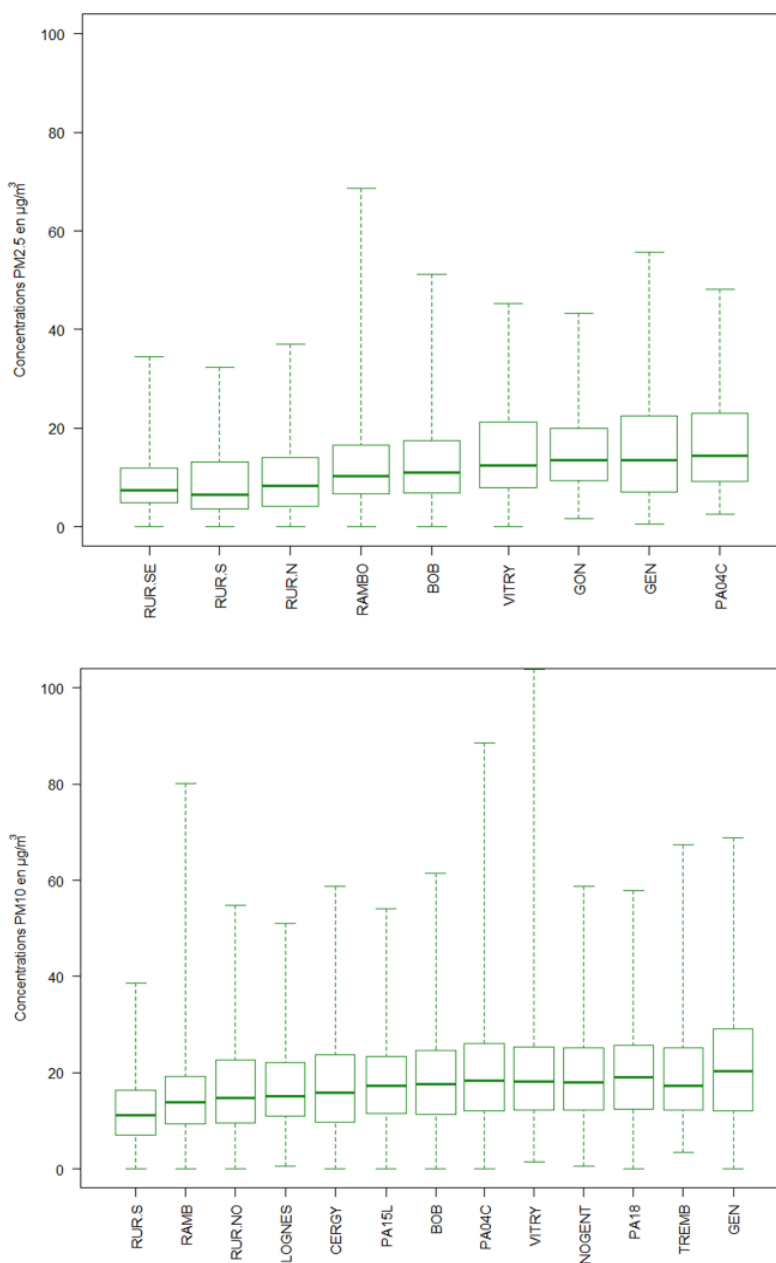
Sur l'ensemble des sites instrumentés en Île-de-France, les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> sont comprises entre 9 et 38 µg/m<sup>3</sup> (stations RUR-SE et PA18, respectivement) sur la période de la campagne. La Figure 14 montre bien le **gradient important** entre les zones rurales franciliennes 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 sont relevés sur les stations rurales et les sites péri-urbains de grande couronne** (dont la majorité des sites de la campagne).

**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> La représentation des niveaux moyens induit la prise en compte de valeurs extrêmes (pouvant être aberrantes ou atypiques). *A contrario*, la représentation des niveaux médians permet de ne pas être influencé par des valeurs extrêmes.

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

Sur l'ensemble des sites instrumentés en Île-de-France, les concentrations moyennes en particules sont comprises entre 9 et 16 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub> et entre 12 et 21 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</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 (PA04C, GEN,...) et la périphérie de la région (RUR-SE, RUR-S, ...)** est observée. Au regard du NO<sub>2</sub>, **cette baisse est beaucoup moins marquée pour les particules** : le gradient « agglomération-périphérie » est estimé à 7 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2.5</sub> et 9 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> (contre 29 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub>).



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

En situation de fond, **les concentrations moyennes en benzène sont globalement stables sur l'ensemble du domaine** (entre 0.8 et 1.2 µg/m<sup>3</sup>), comme sur l'ensemble de la région Île-de-France (Airparif, 2018).

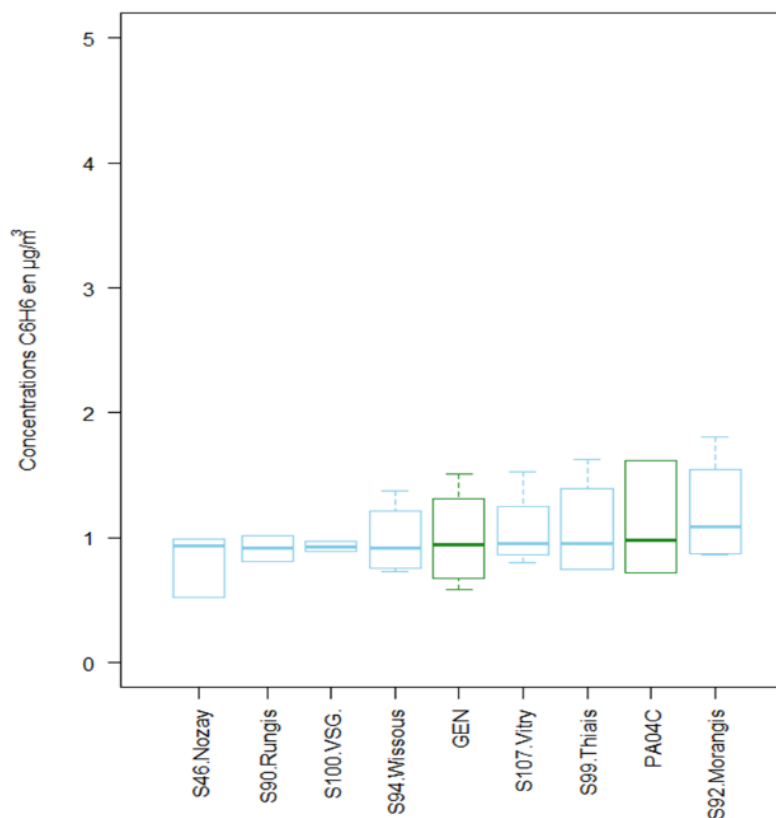


Figure 16 : concentrations en benzène (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites instrumentés (comprenant les sites de campagne en bleu et les stations de référence du réseau d'Airparif en vert) du 13 novembre au 11 décembre 2018

#### 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 A6, à hauteur de la commune de L'Haÿ-les-Roses, 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).

Au cours de la campagne d'intérêt général (mutualisée avec la présente étude), des mesures de NO<sub>2</sub> sur 8 semaines ont été obtenues. Les résultats illustrent **une diminution globale des concentrations en NO<sub>2</sub> de 26 % en fonction de l'éloignement à l'Autoroute A6** (de 0 à 200 mètres). **Les niveaux de concentrations en NO<sub>2</sub> enregistrent une importante baisse jusqu'à 100 mètres de l'A6** (-24 %) ; cette diminution des teneurs en NO<sub>2</sub> étant beaucoup moins prononcée entre 100 et 200 mètres de l'axe routier (-2 %). Au-delà de 200 mètres, les niveaux en NO<sub>2</sub> s'homogénéisent.

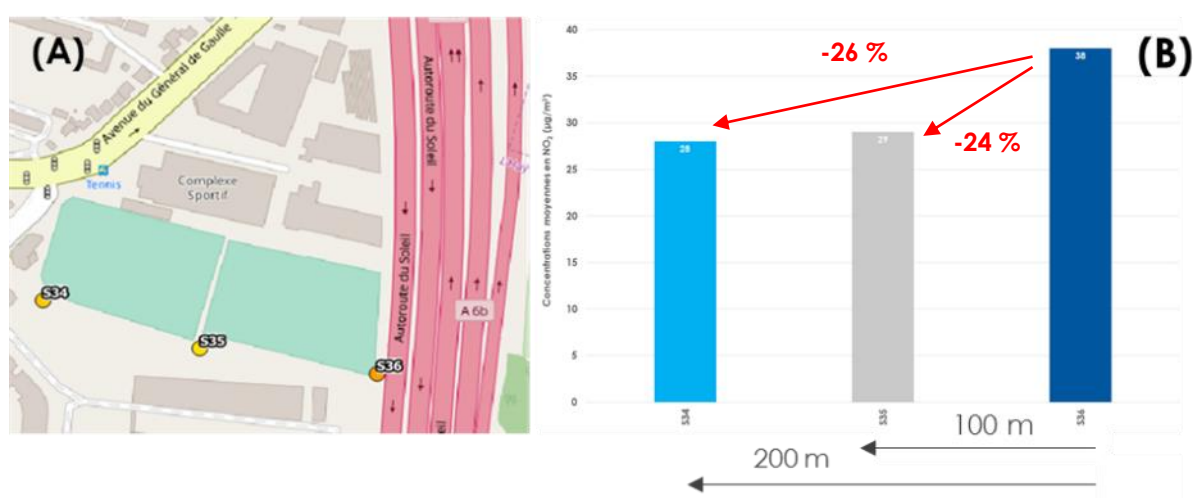


Figure 17 : carte de localisation des trois sites instrumentés à proximité de l'A6 (A) et évolution des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> par rapport à l'axe routier (B) sur 8 semaines

#### 4.2.3 – Influence du trafic aérien

Au sein de l'aéroport Paris-Orly, deux stations permanentes ont été installées par le Groupe ADP : **ADP-Nord et ADP-Sud**. Ces stations mesurent en temps quasi-réel les concentrations en oxydes d'azote, particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) et en ozone (uniquement sur la station ADP-Nord).

La Figure 18 présente les niveaux de concentrations en NO<sub>2</sub> et en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) sur l'ensemble des sites instrumentés (sites de campagne, stations de référence d'Airparif et stations permanentes du Groupe ADP) sur la période de campagne.

**Les niveaux moyens enregistrés par les stations ADP-Nord et ADP-Sud sont relativement comparables à ceux mesurés par certaines stations de référence du réseau permanent d'Airparif sur toute la période de la campagne :**



- **Pour le NO<sub>2</sub>** : les teneurs mesurées aux stations ADP-Nord et ADP-Sud sont similaires à celles obtenues sur les stations de fond de Vitry-sur-Seine et Wissous (31 et 24 µg/m<sup>3</sup>, respectivement) ;
- **Pour les particules PM<sub>10</sub>** : les concentrations relevées aux stations ADP-Nord et ADP-Sud sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par les stations localisées en petite couronne francilienne (17 et 18 µg/m<sup>3</sup>, respectivement) ;
- **Pour les particules PM<sub>2.5</sub>** : les niveaux mesurés par les deux stations du Groupe ADP sont comparables à ceux enregistrés par la station de fond urbain Vitry-sur-Seine (14 µg/m<sup>3</sup>).

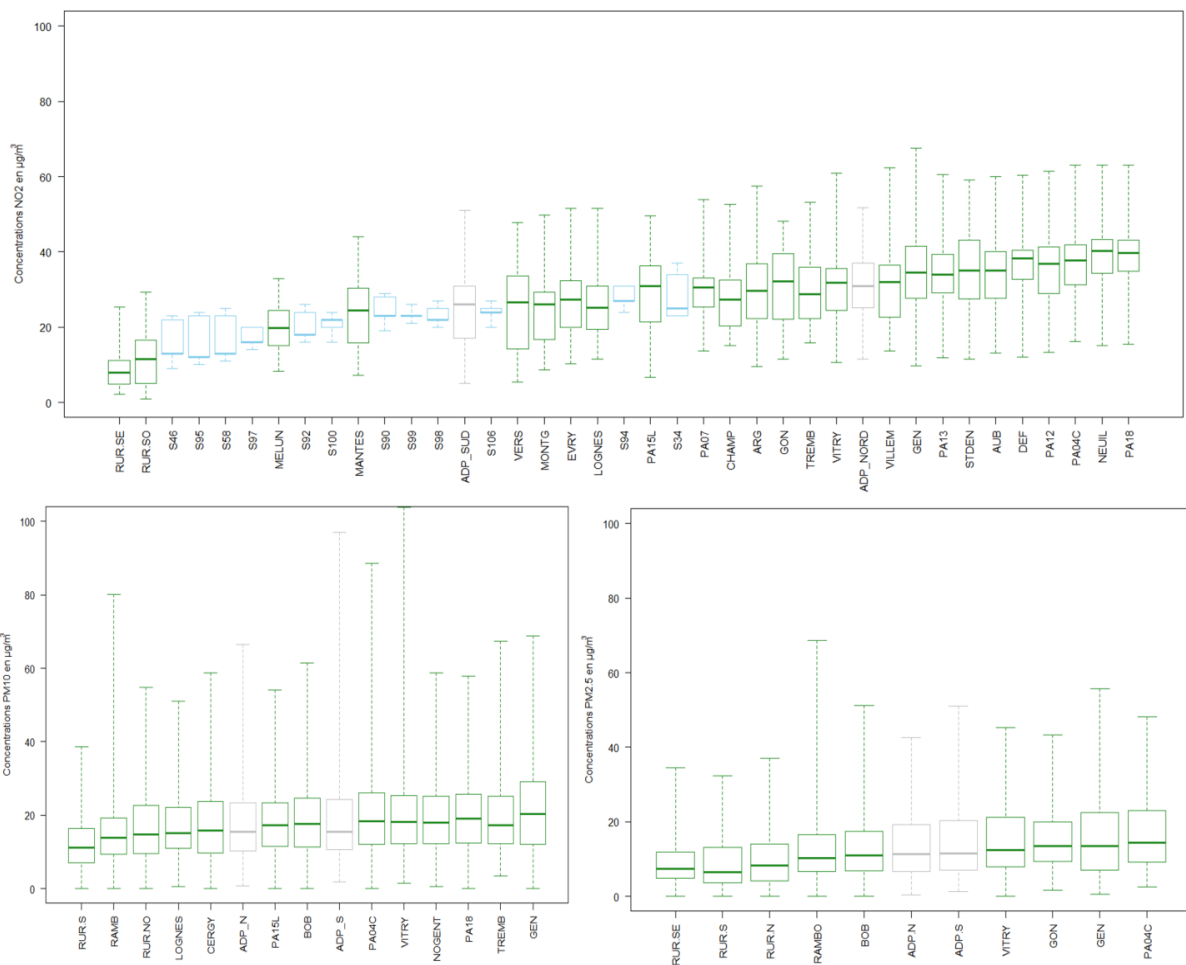


Figure 18 : concentrations en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des sites de la région (sites de compagne en bleu, stations de référence du réseau d'Airparif en vert, stations permanentes du Groupe ADP en gris) du 13 novembre au 11 décembre 2018

L'absence de spécificité des niveaux en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> enregistrés par les stations permanentes du Groupe ADP avec celles du réseau permanent d'Airparif montre que l'impact du trafic aérien est peu perceptible sur la zone pour ces polluants, compte-tenu notamment des autres sources émettrices sur le secteur.

## 4.3. Autres paramètres d'influence impactant la variabilité des niveaux de pollution

### 4.3.1 – Influence de la topographie sur les niveaux mesurés

Les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> les plus importantes sont mesurées sur les sites trafic présentant une topographie particulière. **Quel que soit le type de voie, les sites présentant une pente ascendante plus ou moins prononcée (contraignant les véhicules à une forte accélération) sont sujets à des émissions de polluants plus importantes.**

L'influence de la topographie de l'axe est mise en évidence le long de la RN20 (Figure 19). Le site de Ballainvilliers (Avenue Division Leclerc) présente des concentrations moyennes élevées (de l'ordre de 70 µg/m<sup>3</sup>). Sur ce site, la route est légèrement en côte. De plus, le site de Ballainvilliers est bordé de bâtiments assez élevés, pouvant entraîner une légère accumulation des polluants par rapport à un site se trouvant dans un environnement plus dégagé et sans pente. En effet, le bâti limite la dispersion des polluants. À l'inverse, le site trafic de Massy (Avenue du Maréchal Leclerc), situé dans un environnement dégagé et sans pente, relève une moyenne près de deux fois plus faible (37 µg/m<sup>3</sup>), bien que situé plus près de l'agglomération parisienne et avec un trafic équivalent.



Figure 19 : illustration de l'influence de la topographie sur les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) le long de la Route Nationale RN20

#### 4.3.2 – Influence de la direction du vent

Le vent peut placer un site sous l'influence ou pas d'une source d'émission (trafic routier, industries, ...). L'exemple du site trafic de Chilly-Mazarin (Site 104) est ici illustré (Figure 20).

De par sa configuration, **ce site de mesure peut être plus ou moins impacté par l'Autoroute A6 en fonction des secteurs de vent rencontrés**. En effet, des niveaux en NO<sub>2</sub> plus faibles ont pu être observés lorsque le vent était de secteur nord à est (point de mesure au vent de l'A6). *A contrario*, des niveaux plus soutenus en NO<sub>2</sub> (de l'ordre de 30 %) ont pu être enregistrés dès lors que le vent était de secteur sud à sud-ouest (point de mesure sous le vent de l'A6).

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

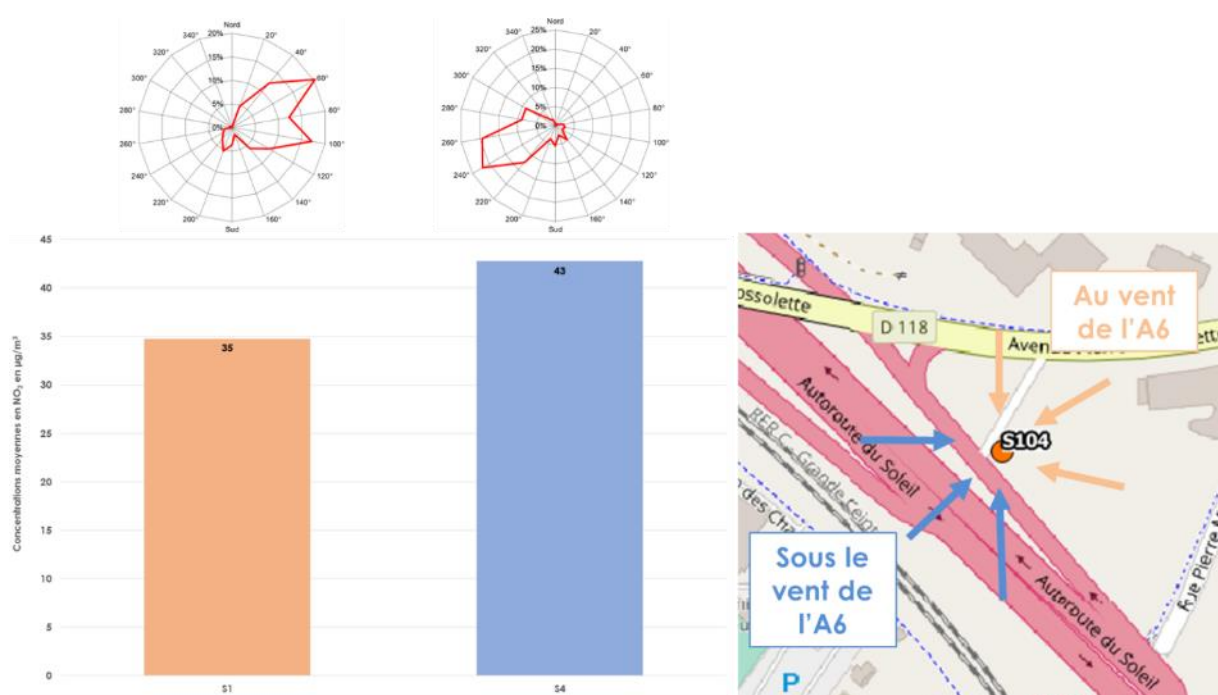


Figure 20 : impact de la direction du vent sur les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> (exprimées en µg/m<sup>3</sup>) entre la première et quatrième semaine sur le site de Chilly-Mazarin (Site 104)

## 4.4. Variabilités temporelles

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

Les concentrations en NO<sub>2</sub>, particules (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) et benzène mesurées pour chacune des cinq 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. Tous polluants confondus, **les concentrations les plus élevées ont été observées pour la majorité des sites durant les semaines 1, 2 et 5**. Durant ces semaines, les conditions météorologiques étaient alors peu dispersives, avec un vent faible de secteur est à nord-est. Les sites de mesures ont été le plus souvent sous le vent de l'agglomération parisienne et/ou sous l'influence d'une source spécifique. *A contrario*, **les niveaux les plus faibles en NO<sub>2</sub> ont été plutôt relevés au cours des semaines 3 et 4**, durant lesquelles les conditions météorologiques ont été plutôt favorables à la dispersion des émissions de polluants (vent modéré en provenance du sud-ouest).

**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** (topographie, vent, ...) (Section 4.3)

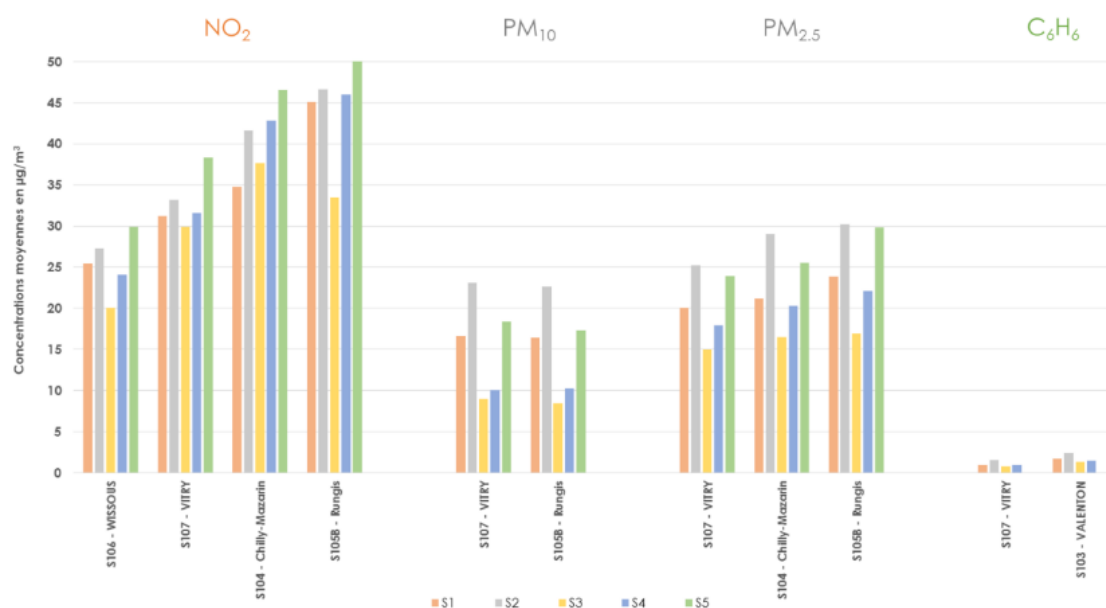


Figure 21 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> et C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> mesurées sur une sélection de stations présentes dans le domaine d'étude du 13 novembre au 17 décembre 2018.

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 trois sites du domaine (Wissous, Chilly-Mazarin et Rungis) 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>) :**

Le site de Wissous (S106) enregistre des niveaux en NO<sub>2</sub> plus faibles qu'à Vitry-sur-Seine (site de fond également), à Rungis et à Chilly-Mazarin (sites localisés à proximité des autoroutes A10 et A6, respectivement). La Figure 22A illustre le comportement atypique du site trafic de Chilly-Mazarin. **L'impact du trafic routier est plus ou moins perceptible sur ce site en fonction des secteurs de vent rencontrés.** En effet, des niveaux comparables voire légèrement supérieurs à ceux mesurés à Wissous ont été observés durant les deux premières semaines de campagne. *A contrario*, des concentrations plutôt semblables à celles de Rungis ont été relevées au cours des semaines 3 et 4.

Des variations locales importantes sont mises en évidence aux sites se trouvant globalement sous le vent de l'axe de circulation considéré (Section 4.3).

**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.**

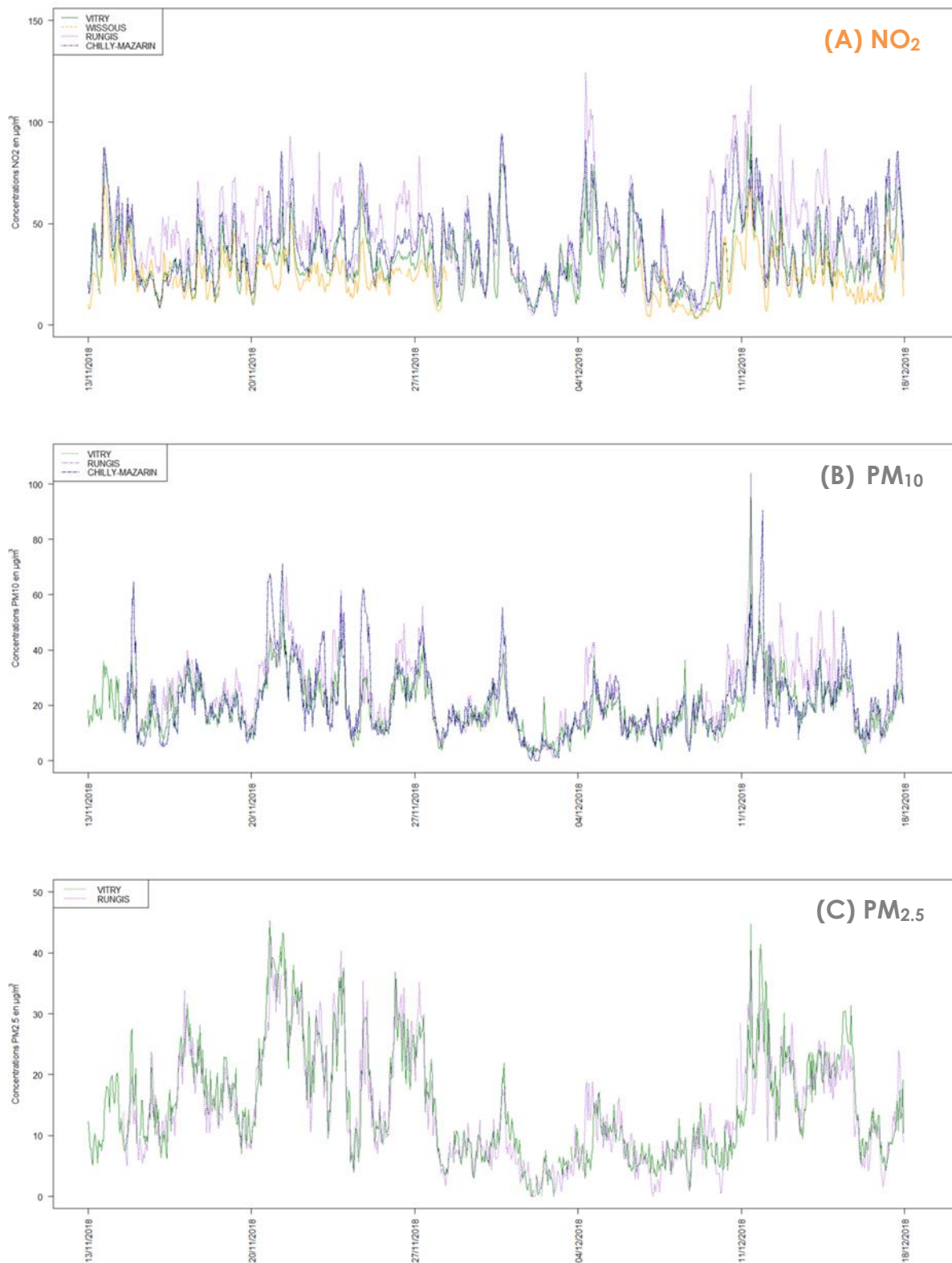


Figure 22 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> mesurées sur les sites automatiques de Wissous (Site 106), de Chilly-Mazarin (Site 104), de Rungis (Site 105B) et de Vitry (station de référence Airparif) du 13 novembre au 17 décembre 2018

### 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). Dans cette étude, les niveaux en particules sont globalement du même ordre de grandeur.

La Figure 22 illustre des niveaux assez soutenus en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> au cours de la deuxième (20-27/11/2018) et cinquième semaine (11-18/12/2018). Ces deux semaines de campagne se démarquent 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 21 novembre et 11 décembre 2018 (45 et 46 µg/m<sup>3</sup>, respectivement).

En revanche, **la zone d'étude a 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 5 journées (majoritairement la deuxième semaine).

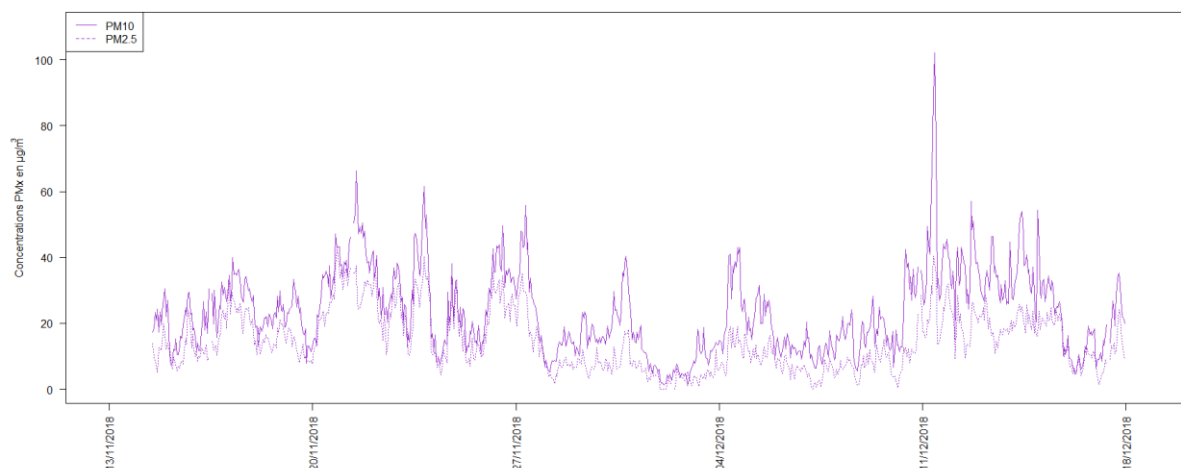


Figure 23 : évolution temporelle des concentrations horaires en PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> mesurées sur le site de Rungis (Site 105B) du 13 novembre au 17 décembre 2018

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 Rungis. Les niveaux en PM<sub>2.5</sub> enregistrés sont 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 60 % de la concentration en PM<sub>10</sub>**. Ce ratio est similaire au ratio moyen obtenu la station de référence d'Airparif Vitry-sur-Seine mesurant à la fois les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2.5</sub> pendant la campagne (ratio 0.7).

#### 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** (excepté le lundi) 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> et PM<sub>10</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.

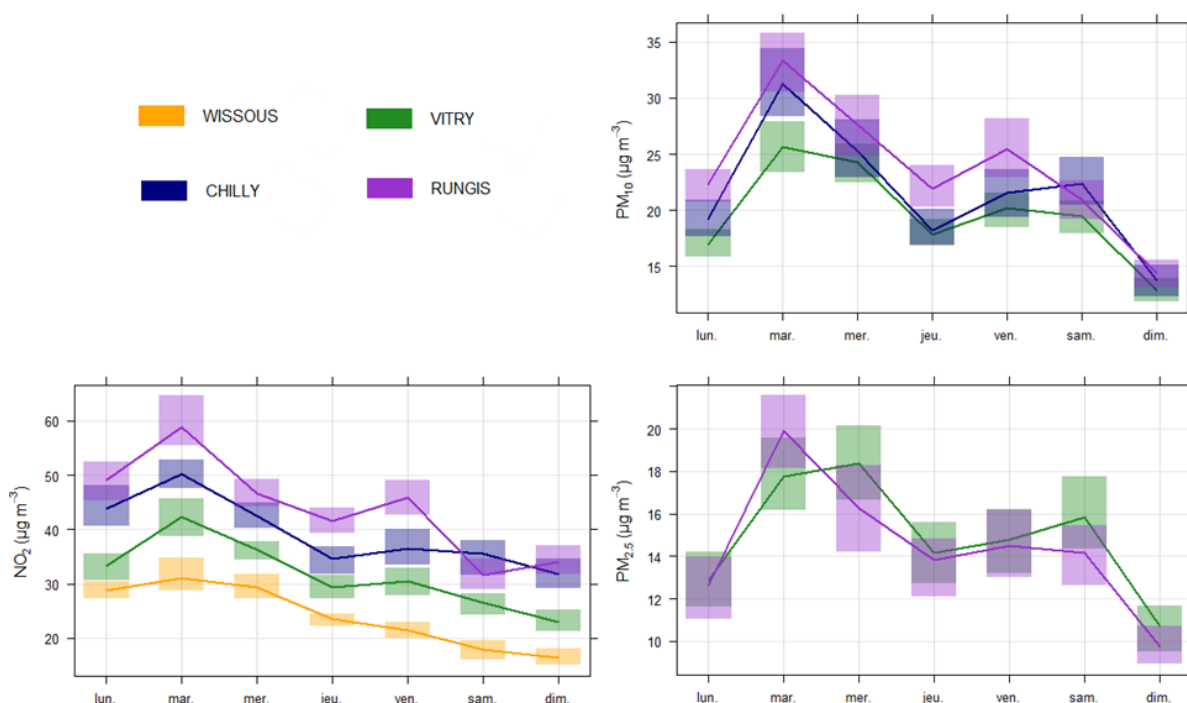


Figure 24 : évolution hebdomadaire des concentrations en NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> mesurées sur les sites automatiques de Wissous (Site 106), de Chilly-Mazarin (Site 104), de Rungis (Site 105B) et de Vitry (station de référence Airparif) sur la période du 13 novembre au 17 décembre 2018. 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 particules 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 pointes de circulation**, celle du matin (centrée sur 7-9 heures TU) et celle plus étalée et prononcée le soir entre 17-21 heures TU. 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 heures, 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 TU) ;
- 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.

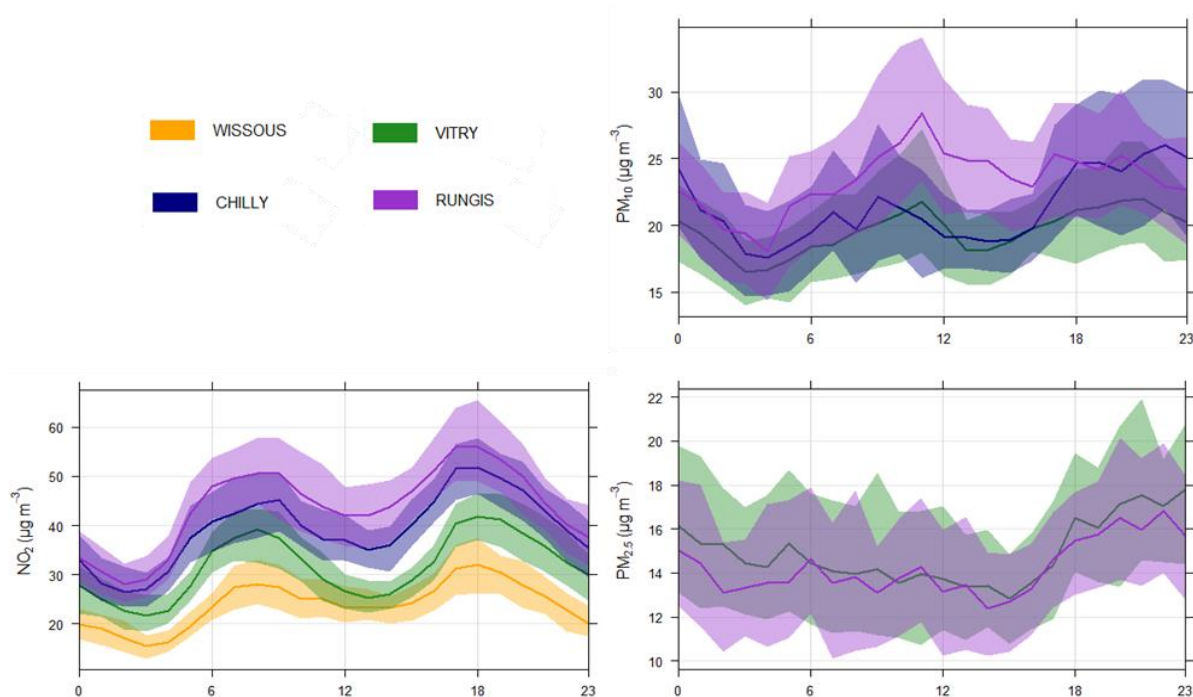


Figure 25 : évolution journalière des concentrations en NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> mesurées sur les sites automatiques de Wissous (Site 106), de Chilly-Mazarin (Site 104), de Rungis (Site 105B) et de Vitry (station de référence Airparif) sur la période du 13 novembre au 17 décembre 2018. 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 TU) et le soir (19-23h TU). 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>).

# 5. ESTIMATION DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS

Les réglementations française et européenne définissent, en matière de qualité de l'air ambiant, essentiellement des normes relatives à des niveaux moyens annuels. Afin de pouvoir situer les niveaux aux points de mesure de la campagne par rapport à ces normes, il est nécessaire d'**estimer** quel serait **le niveau moyen du secteur sur une période d'un an**.

La campagne d'intérêt général de mesure du dioxyde d'azote (réalisée en été et sur la même période que cette étude) a permis d'estimer les niveaux moyens annuels en NO<sub>2</sub> puisque les conditions météorologiques sur les 8 semaines d'étude étaient représentatives de l'année 2018. Disposant de points en commun, **il est également possible de pouvoir estimer les niveaux annuels sur les autres points de mesure** (chaque site instrumenté a été sensiblement influencé de la même manière qu'au cours de l'année entière).

L'évaluation de la concentration moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub>, PM et benzène peut se faire par le biais d'un calcul prenant en compte la différence observée lors des séries de mesure d'une part, et ceux observée tout au long de l'année d'autre part. La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles à partir des mesures réalisées lors des campagnes de mesure est détaillée en Annexe 2. L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est l'année 2018, intervalle incluant la période de mesure.

## Pour le dioxyde d'azote :

Pour le dioxyde d'azote, la réglementation française fixe une valeur limite et un objectif de qualité annuels de 40 µg/m<sup>3</sup>.

Le Tableau 2 donne les codes couleurs associés au risque de dépassement de la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub>. Les bornes des différentes couleurs sont déterminées en prenant en compte l'incertitude de l'estimation des moyennes annuelles. Ce code couleur est ensuite appliqué au Tableau 3, en situant les moyennes annuelles estimées par rapport aux bornes calculées. L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du NO<sub>2</sub> est de 14 %.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				

↑                      ↑                      ↑  
34 µg/m<sup>3</sup>      40 µg/m<sup>3</sup>      46 µg/m<sup>3</sup>

Tableau 2 : qualificatif du risque de dépassement de la concentration moyenne annuelle estimée en NO<sub>2</sub> au regard de sa position vis-à-vis de la valeur limite et de l'objectif de qualité annuels

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.

Site	Typologie	Moyenne campagne	Moyenne annuelle 2018 estimée	Intervalle incertitude	
		en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
34-L'Haÿ-les-Roses	fond	28	31	26	35
46-Nozay	fond	15	16	14	19
58*-Massy	fond	16	17	15	20
90-Rungis	fond	25	28	24	32
92-Morangis	fond	21	23	20	27
94-Wissous	fond	28	31	27	36
95-Saulx-les-Chartreux	fond	17	19	16	22
96-Vigneux-sur-Seine	fond	21	23	20	27
97-Tigery	fond	17	19	16	22
98-Orly	fond	23	26	22	30
99-Thiais	fond	23	26	22	30
100-Villeneuve-Saint-George	fond	21	23	20	26
106-Wissous	fond	24	27	23	31
107-Vitry-sur-Seine	fond	26	30	25	34
35-L'Haÿ-les-Roses	influencé	29	33	28	37
43-Chevilly-Larue	influencé	32	35	30	41
52*-Wissous	influencé	31	35	30	40
54*-Palaiseau	influencé	42	46	39	52
36-L'Haÿ-les-Roses	trafic	38	43	37	49
37-Bonneuil-sur-Marne	trafic	42	47	40	53
41-Vigneux-sur-Seine	trafic	33	37	32	42
51-Massy	trafic	39	43	37	49
55*-Champlan	trafic	39	43	37	49
57*-Longjumeau	trafic	43	47	41	54
61*-Ballainvilliers	trafic	76	80	69	92
84-Champlan	trafic	31	35	30	40
91-Rungis	trafic	40	45	38	51
93-Paray-Vieille-Poste	trafic	37	41	35	47
101-Paray-Vieille-Poste	trafic	40	44	38	50
102-Thiais	trafic	63	68	58	78
103-Valenton	trafic	62	66	56	76
104-A6 Chilly-Mazarin	trafic	36	40	34	46
105Bis-Rungis	trafic	43	47	40	54

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 sont conformes aux moyennes relevées sur le réseau permanent d'Airparif et respectent la valeur limite annuelle, tout en tenant de l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles.

Les sites influencés enregistrent des concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> comprises entre 28 et 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estimées en prenant en compte l'incertitude. Le site de L'Haÿ-les-Roses, situé à environ 100 m de l'Autoroute A6, ne présente pas de risque de dépassement de la valeur limite annuelle. Avec des concentrations moyennes annuelles évaluées respectivement en fourchette haute à 41 et 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , il n'est pas possible d'affirmer que les sites de Chevilly-Larue (site 43) et Wissous (site 52) respectent le seuil réglementaire sur l'année. Pour ces deux sites, le dépassement de la norme est qualifié comme « peu probable ». Seul le site influencé de Palaiseau (enregistrant une concentration moyenne annuelle évaluée entre 39 et 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dépasse très probablement le seuil réglementaire en NO<sub>2</sub>.

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'Île-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>.

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 6% et de 5%.

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>	↑ 32µg/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>	↑ 11µg/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>.

site	typologie	polluant	Moyenne campagne	Moyenne annuelle 2018 estimée	Intervalle incertitude	
			en µg/m <sup>3</sup>	en µg/m <sup>3</sup>	Min	Max
105Bis-Rungis	trafic	PM <sub>10</sub>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>26</b>
	trafic	PM <sub>2.5</sub>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
104	trafic	PM <sub>10</sub>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>24</b>

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

Pour les particules PM<sub>10</sub>, les concentrations moyennes relevées sur la station de Vitry-sur-Seine (en situation de fond) sur la campagne et sur l'ensemble de l'année 2018 sont respectivement de 26 et 21 µg/m<sup>3</sup>. À proximité du trafic routier, les deux sites de mesure Chilly-Mazarin et Rungis enregistrent des concentrations moyennes annuelles qui dépassent légèrement les niveaux de fond. Bien qu'elles respectent l'objectif de qualité, elles 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 relevées sur la station de Vitry-sur-Seine durant la période de la campagne et sur l'année 2018 sont respectivement de 14 et 13 µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux moyens annuels en situation de fond et à proximité du trafic (site de Rungis) respectent la valeur limite et la valeur cible. En revanche, l'objectif de qualité 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 22%.

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.

Site	Typologie	Moyenne campagne	Moyenne annuelle 2018 estimée	Intervalle incertitude	
		en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
46 - Nozay	fond	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>
90 - Rungis	fond	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>
100* - Villeneuve-St-Georges	fond	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>
94 - Wissous	fond	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>
107 - Vitry-sur-Seine	fond	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>
99 - Thiais	fond	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>
92 - Morangis	fond	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>
102 - Thiais	trafic	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>
105Bis - Rungis	trafic	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>
93 - Paray-Vieille-Poste	trafic	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>
91 - Rungis	trafic	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>
101 - Paray-Vieille-Poste	trafic	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,3</b>
103 - Valenton	trafic	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>

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 0,6 et 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en situation de fond, entre 0,9 et 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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, 2018). Pour ces sites, la valeur limite et l'objectif de qualité en benzène sont largement respectés.

## 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 novateur et unique en son genre pour une plateforme aéroportuaire.

La surveillance de la qualité de l'air autour de l'aéroport de Paris-Orly 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) 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 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 13 novembre au 11 décembre 2018. Les cartographies des niveaux de NO<sub>2</sub> par semaine de campagne sont présentées en Annexe 5.

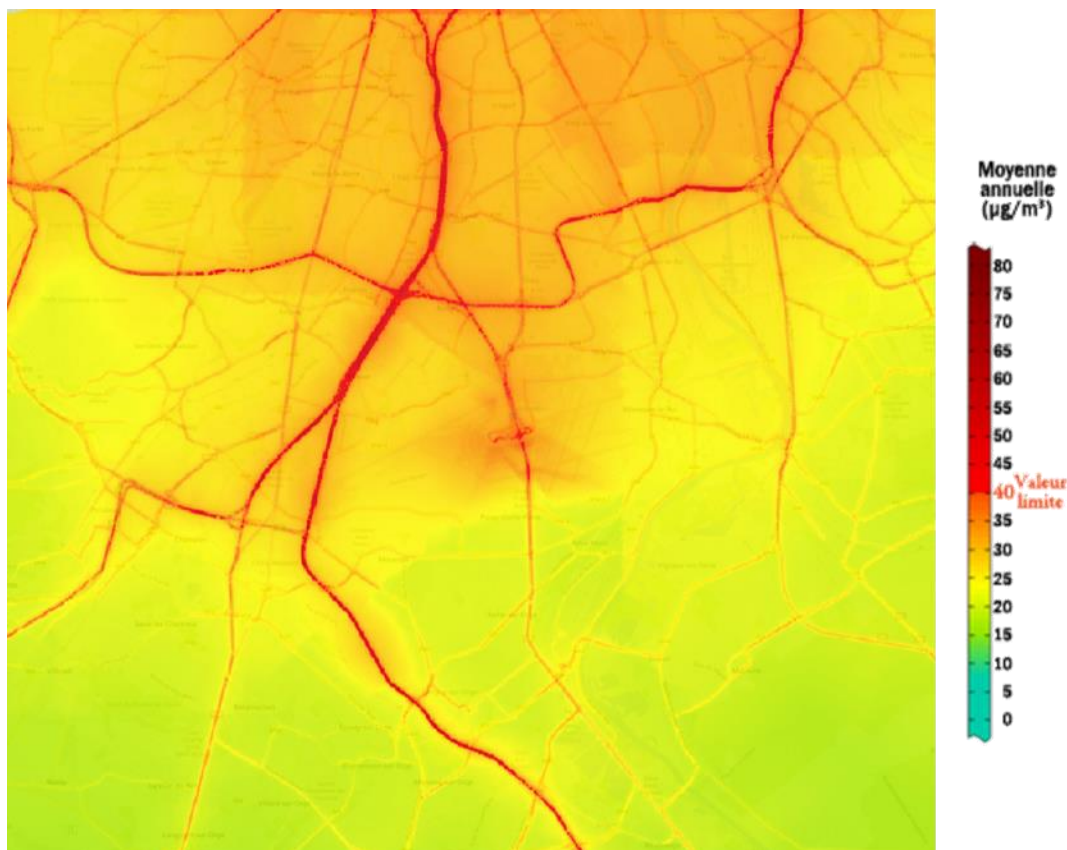


Figure 26 : cartographie du niveau moyen en dioxyde d'azote (en µg/m<sup>3</sup>) évalué sur la période de la campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

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.

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 Nord du domaine (au plus près de Paris) que vers le sud 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 denses.



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 bonne capacité du modèle à reproduire cette décroissance.

L'empreinte du réseau routier francilien est visible sur la carte. Au voisinage immédiat du trafic routier et directement sous l'influence des émissions de celui-ci, les niveaux augmentent et sont supérieurs aux normes règlementaires. Les plus fortes concentrations sont observées sur le réseau autoroutier (A6, A10, A86) et sur les routes nationales (RN20, RN6) et dans une moindre mesure les routes départementales. L'influence du trafic routier peut également être visible sur les niveaux de fond (par ex. au niveau du nœud autoroutier de l'A6-A10) et sur la plateforme aéroportuaire (de par la présence de la RN7).

### 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 13 novembre au 11 décembre 2018) est présentée en Figure 27.

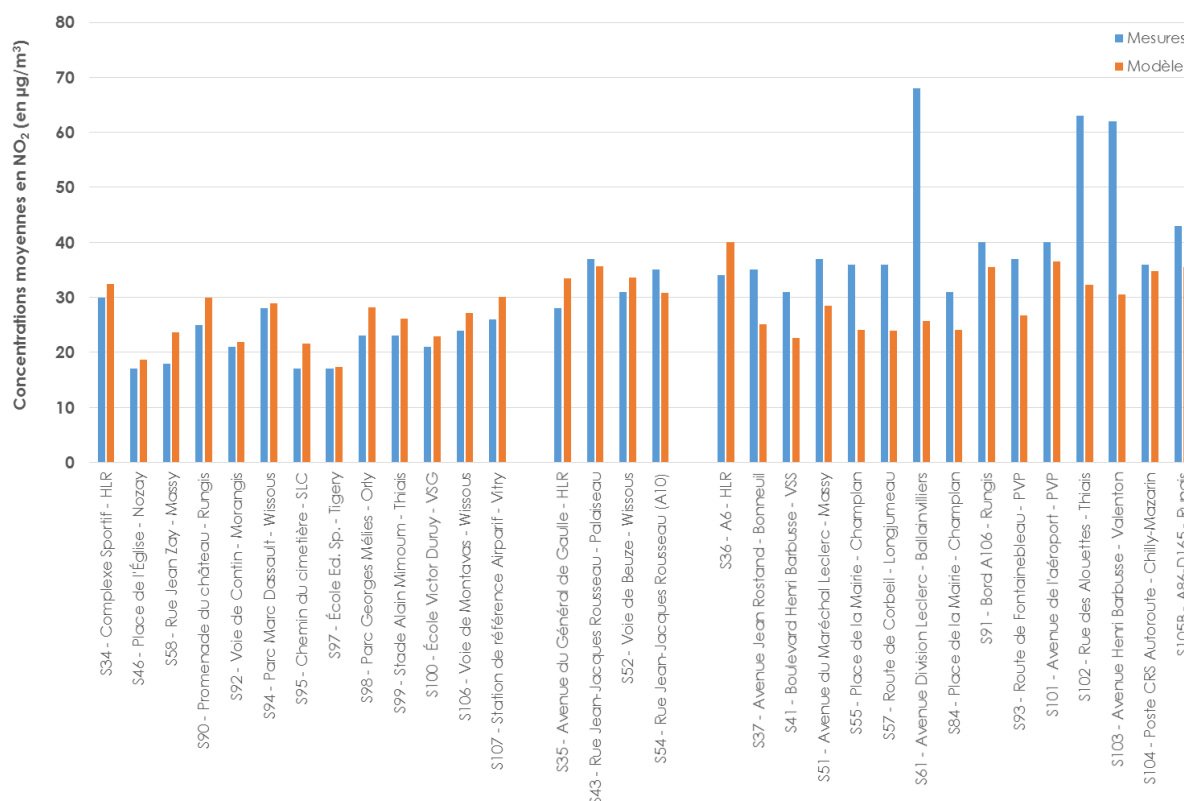


Figure 27 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites instrumentés du 13 novembre au 11 décembre 2018

**En situation de fond**, les écarts observés entre le modèle et les mesures sont compris entre +2 et +32 %. **Le biais moyen estimé est de l'ordre de 3 µg/m<sup>3</sup>.**

Sur les sites influencés, les écarts modèle-mesures sont compris entre -12 et +20 % (deux sites qui sont légèrement sous-estimés ; les deux autres étant surestimés par la modélisation). **Les biais évalués sont évalués entre -1 et +5 µg/m³.**

Des écarts plus importants sont 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 sur des sites spécifiques localisés le long des voies de circulation.** Des différences relatives entre le modèle et les mesures peuvent atteindre jusqu'à - 62 %. **Le biais moyen estimé est de l'ordre de -10 µg/m³.**

D'après la Figure 27, **les plus gros écarts observés entre les mesures et le modèle sont observés pour les sites de Ballainvilliers Thiais et Valenton.**

Les plus fortes sous-estimations ponctuelles peuvent être expliquées par plusieurs facteurs : **des particularités en termes de topographie** (difficulté à prendre en compte les côtes, les rues canyon, ...), **la prise en compte de l'effet des bâtiments** (cas de Ballainvilliers), **la localisation fine des voies dans le modèle** (cas de Thiais) **et des données trafic moins bien renseignées dans certaines zones** (cas de Valenton).

### 6.1.3 – Séries temporelles

La Figure 28 présente l'évolution horaire des concentrations en NO<sub>2</sub> modélisées et mesurées sur les sites de Wissous, Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis 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** (sous-section 4.4.1).

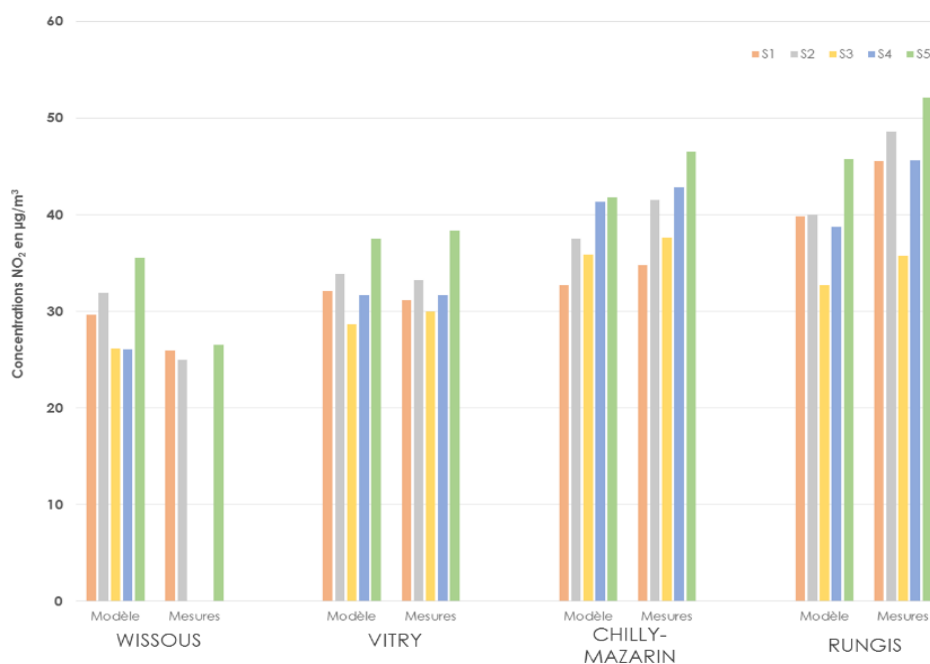


Figure 28 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> modélisées et mesurées sur les stations de Wissous, Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis par semaine de campagne

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).

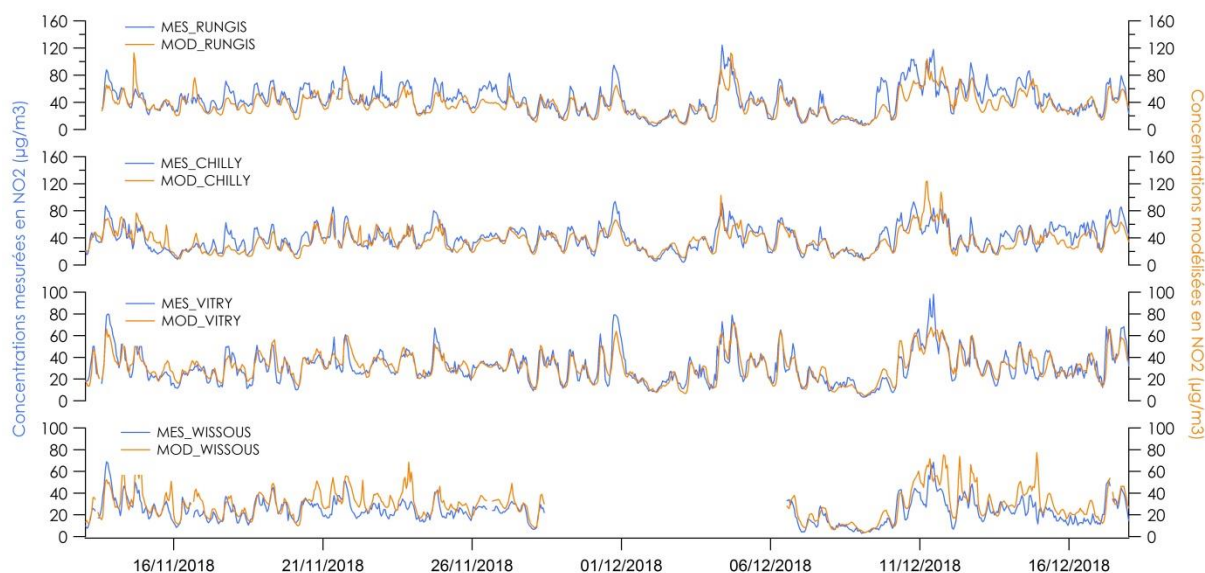


Figure 29 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub> modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les sites automatiques de Wissous (Site 106), Vitry (station de référence Airparif), de Chilly-Mazarin (Site 104), de Rungis (Site 105B) du 13 novembre au 17 décembre 2018

**Ces résultats montrent que le modèle est apte à représenter la décroissance des niveaux de fond en NO<sub>2</sub>. Bien que le système de modélisation sous-estime dans certaines situations spécifiques les niveaux mesurés en situation de proximité de trafic routier, il est capable d'évaluer correctement le dépassement de la valeur limite annuelle sur les principaux axes routiers de la zone d'étude.**

## 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  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  rencontrées sur le domaine d'étude du 13 novembre au 11 décembre 2018. Les cartographies des niveaux de particules par semaine de campagne sont présentées en Annexe 4.



Figure 30 : cartographie du niveau moyen en particules  $PM_{10}$  (en  $\mu g/m^3$ ) évalué sur les quatre semaines de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

Conformément aux observations du réseau de mesures fixe, les niveaux en fond sont globalement homogènes sur le domaine, largement inférieurs à l'objectif de qualité. 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 (A6, A10, RN6). La valeur limite peut être ponctuellement dépassée sur certaines portions de ces axes. L'objectif de qualité n'y est toujours pas respecté.

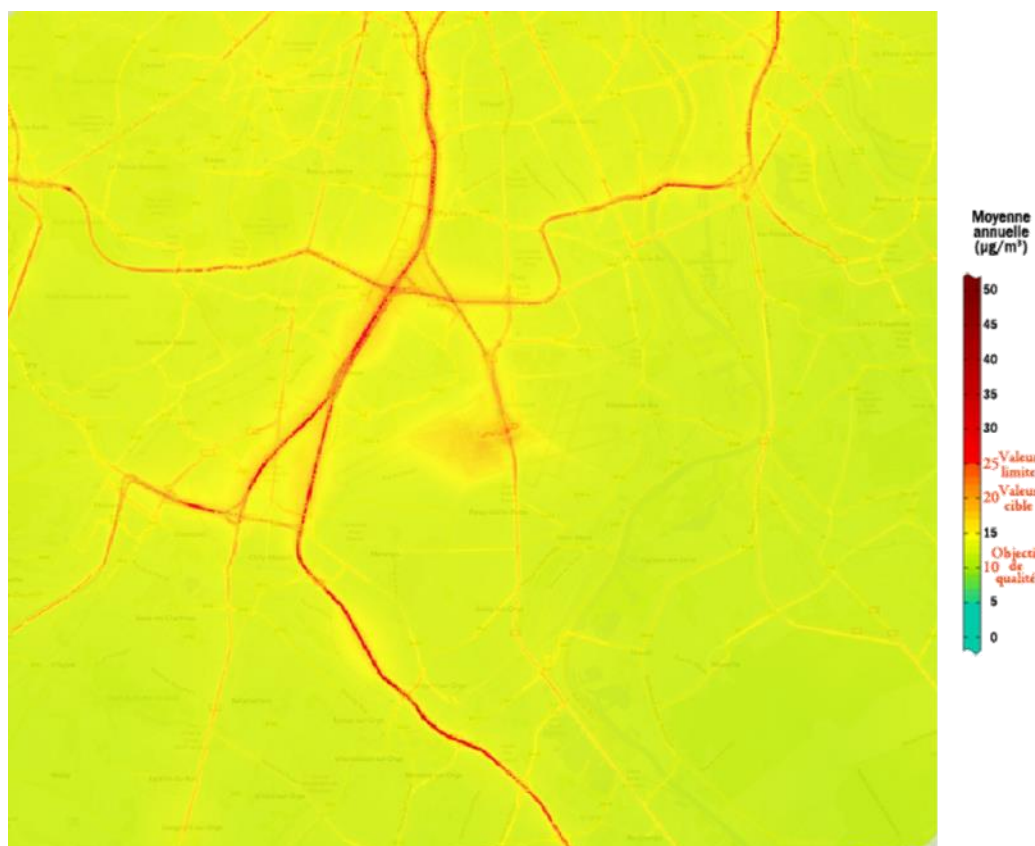


Figure 31 : cartographie du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué sur les quatre semaines de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

En situation de fond, les niveaux en particules PM<sub>2.5</sub> sont compris entre 10 et 15 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 nord et le sud-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.

**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, un seul site mesurant les PM<sub>2.5</sub> a été instrumenté sur le domaine d'étude ; ce qui constitue en soi une des limitations de l'étude. Le manque de site peut limiter la robustesse des conclusions. Sur la période de mesures, la Figure 34 montre que les grands axes routiers (A6, A10, A86 ; RN6, RN20) peuvent être sujets à des niveaux de concentrations en PM<sub>2.5</sub> supérieurs à la valeur cible et voire même la valeur limite annuelle.

L'influence du trafic sur les concentrations en PM<sub>2.5</sub> rencontrées sur la plateforme aéroportuaire (plus important que pour les PM<sub>10</sub>) est notable. À proximité de l'aéroport Paris-Orly, l'influence de la route nationale RN7 (traversant le centre de la plateforme) et de l'Autoroute A6 (à l'ouest de l'aéroport) est visible. L'influence des activités aéroportuaires est également perceptible.

## 6.2.2 – Validation des niveaux en particules modélisés

La validation des niveaux modélisés en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> à partir des niveaux mesurés par les moyens automatiques sur les sites instrumentés au cours de la campagne (du 13 novembre au 17 décembre 2018) est présentée en Figure 32.

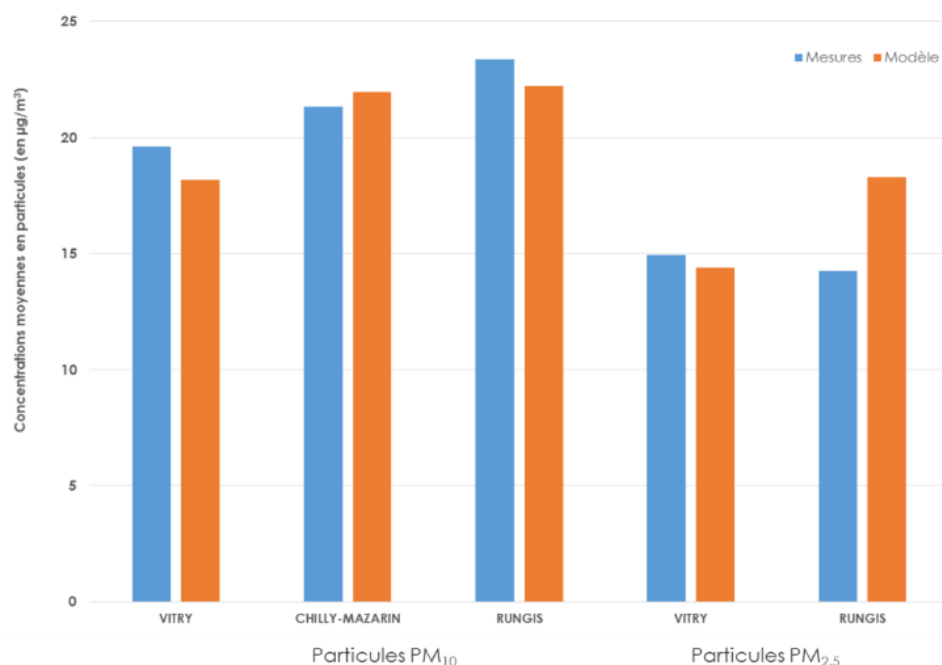


Figure 32 : concentrations moyennes en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites de Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis du 11 novembre au 17 décembre 2018

Pour les particules PM<sub>10</sub>, les écarts modèle-mesures sont estimés de -7%, +3 % et -5 % pour les sites de Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis. **Au vu de ces valeurs, un bon accord entre le modèle et les mesures est observé.**

Pour les particules PM<sub>2.5</sub>, les écarts entre le modèle et les mesures sont estimés de -4% et +28 % pour les sites de Vitry-sur-Seine et Rungis, respectivement. **Le modèle reproduit bien les niveaux mesurés sur la station de Vitry et surestime légèrement ceux à Rungis.**

### 6.2.3 – Séries temporelles

La Figure 33 présente l'évolution horaire des concentrations en particules ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) sur les sites de Wissous, Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis sur la période de la campagne.

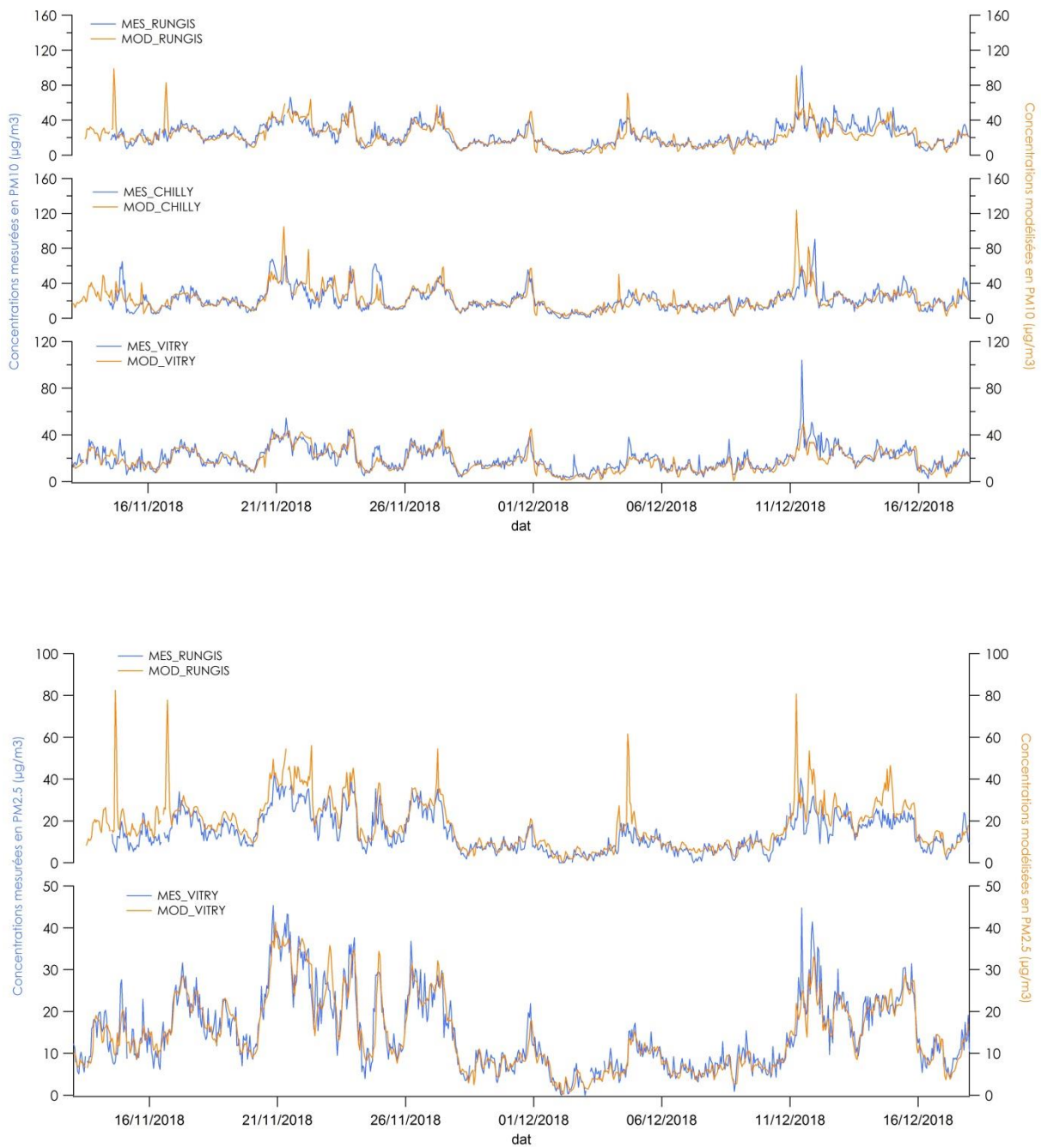


Figure 33 : évolution temporelle des concentrations horaires en particules  $PM_{10}$  (haut) et  $PM_{2.5}$  (bas) modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les sites automatiques de Vitry (station de référence Airparif), de Rungis (Site 105B) et de Chilly-Mazarin (Site 104), du 13 novembre au 17 décembre 2018

**Comme pour le NO<sub>2</sub>, le système de modélisation reproduit bien les variabilités temporelles des niveaux en particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur ces trois sites.** Une exception est faite pour le site trafic de Rungis (variation cohérente mais surestimation des niveaux de particules pendant les pics par le modèle, en particulier sur les PM<sub>2.5</sub>).

La Figure 33 montre également que **le système de modélisation reproduit globalement bien les niveaux horaires en particules** (PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub>) sur ces sites. La reconstitution des niveaux en particules par le modèle pour la station de Vitry-sur-Seine est meilleure que pour les sites trafic.

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 NO<sub>2</sub> modélisés par semaine est similaire à ceux mesurés.**

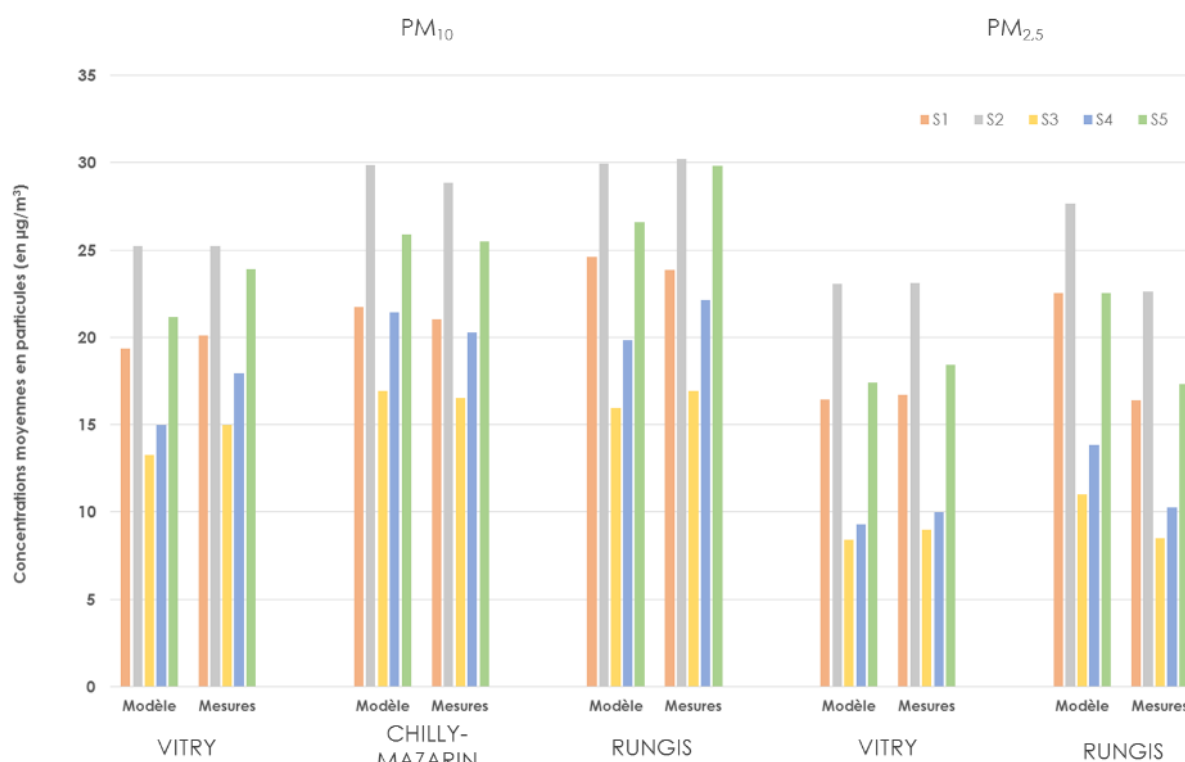


Figure 34 : concentrations moyennes en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) modélisées et mesurées sur les stations de Vitry-sur-Seine, Chilly-Mazarin et Rungis par semaine de campagne

**Ces résultats montrent que le modèle est apte à bien reproduire les niveaux en PM<sub>10</sub> autant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. Par conséquent, il est en mesure d'estimer les potentiels dépassements des valeurs règlementaires.**

**Le système de modélisation est apte à bien reproduire les niveaux en PM<sub>2.5</sub> en situation de fond. Compte-tenu du faible nombre de sites instrumentés en PM<sub>2.5</sub> à proximité du trafic routier, il est délicat de pouvoir évaluer précisément les éventuels dépassements des valeurs règlementaires. Afin de rendre ces hypothèses plus robustes, il est important de continuer à évaluer les concentrations en PM<sub>2.5</sub> à proximité du trafic routier.**



## 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 13 novembre au 11 décembre 2018. Les cartographies des niveaux moyens en benzène par semaine de campagne sont présentées en Annexe 7.

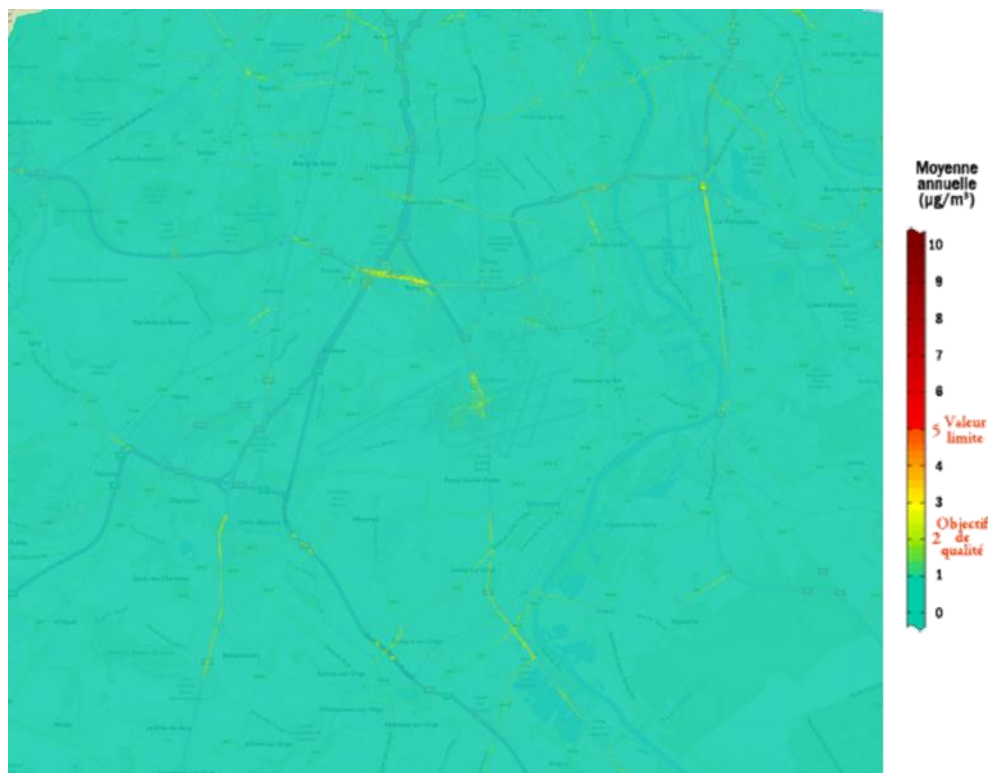


Figure 35 : cartographie du niveau moyen en benzène (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) évalué sur la période de la campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

Les niveaux moyens en benzène sont compris entre 0.5 et 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  autant en situation de fond urbain qu'à proximité du trafic routier et qu'aux abords de la plateforme aéroportuaire de Paris-Orly. Les concentrations sont relativement homogènes sur la zone d'étude.

Sur la période de campagne, la valeur limite est largement respectée. Bien que le système de modélisation sous-estime les niveaux, des dépassements de l'objectif de qualité français (fixé à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont visibles au droit de certains axes routiers (notamment sur l'A86, A6, A10 et RN6 et RN7), 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 13 novembre au 11 décembre 2018.

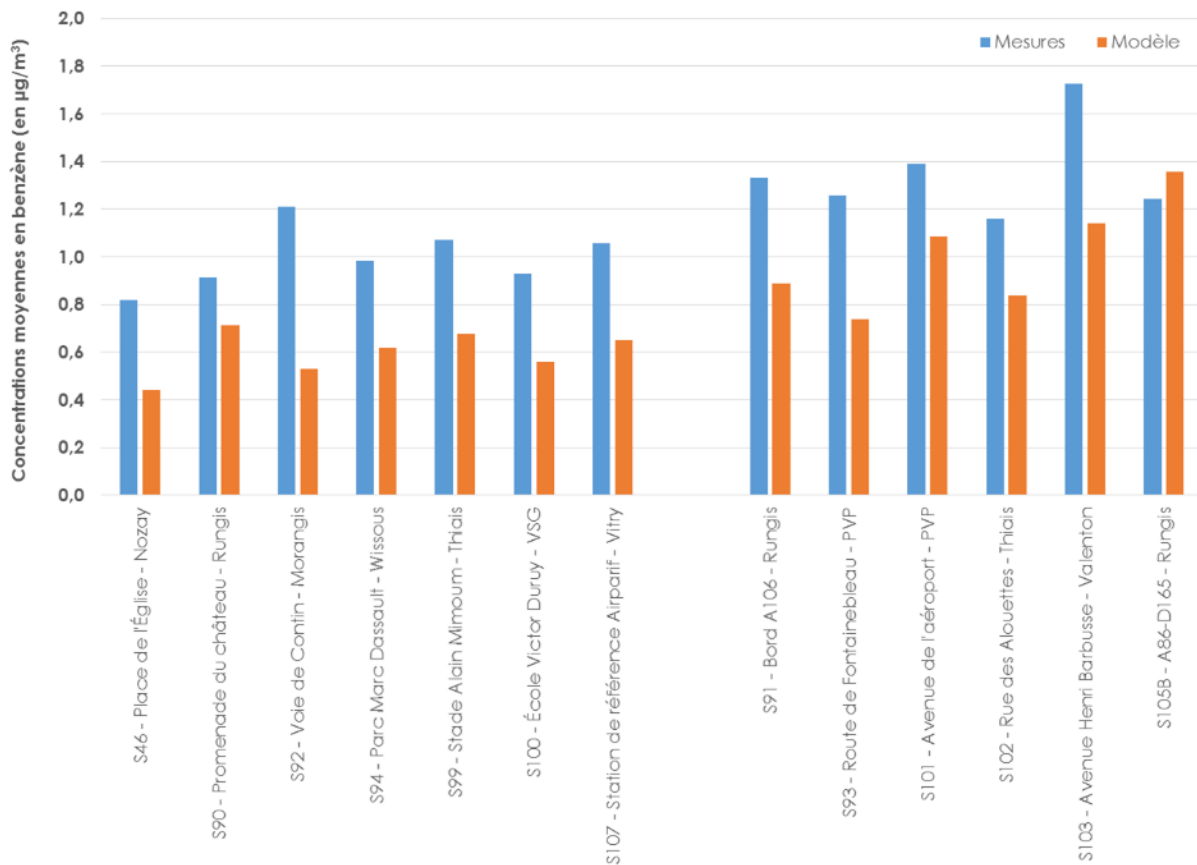


Figure 36 : concentrations moyennes en benzène mesurées (bleu) et modélisées (orange) sur les sites instrumentés du 13 novembre au 11 décembre 2018

Les comparaisons mesure-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 sont compris entre -22 (S90) et -46 % (S46). **En moyenne, ils sont de l'ordre de -40 %.**

Des écarts du même ordre de grandeur 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 -41% (S93), hormis sur le site de Rungis (+9%).

**Les plus fortes sous-estimations 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 la sélection de stations. Une variabilité des niveaux modélisés par semaine comparable à celles mesurées pour chaque site instrumenté est relevée. **Le modèle reproduit bien la variabilité des niveaux de pollution à l'échelle de la semaine.**

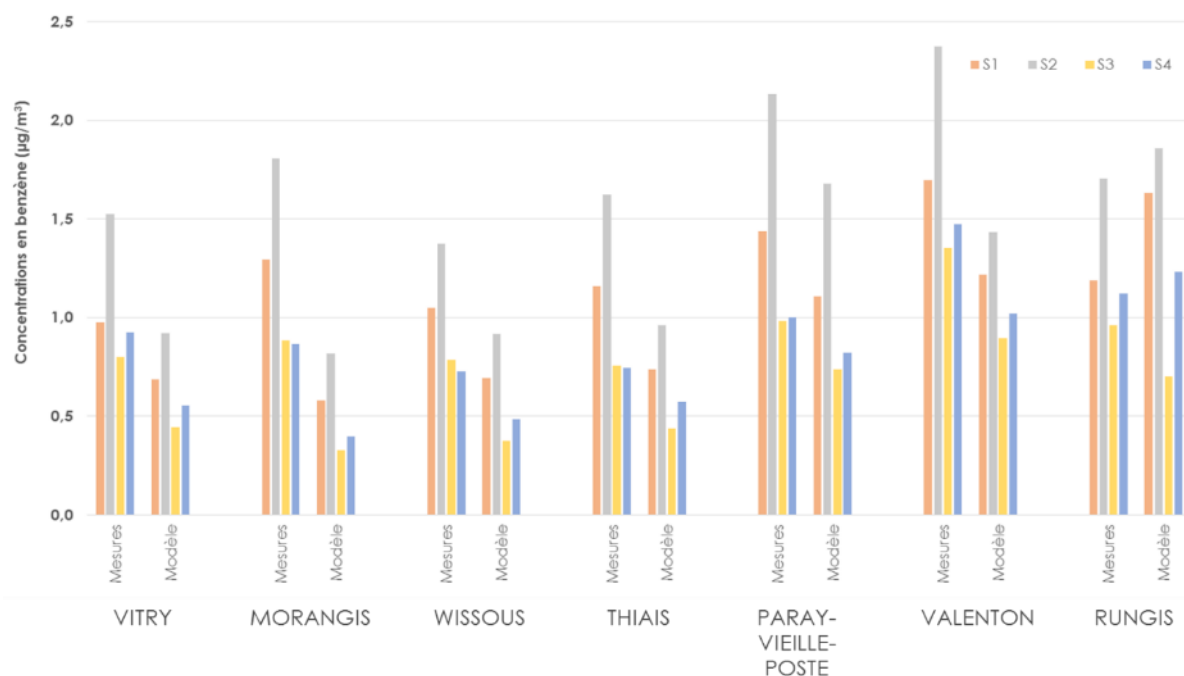


Figure 37 : concentrations moyennes en benzène modélisées et mesurées sur une sélection de site par semaine de campagne

**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 seront étudiées pour le benzène.**

## 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 de la campagne d'hiver et en bleu, les points utilisés pour la modélisation.

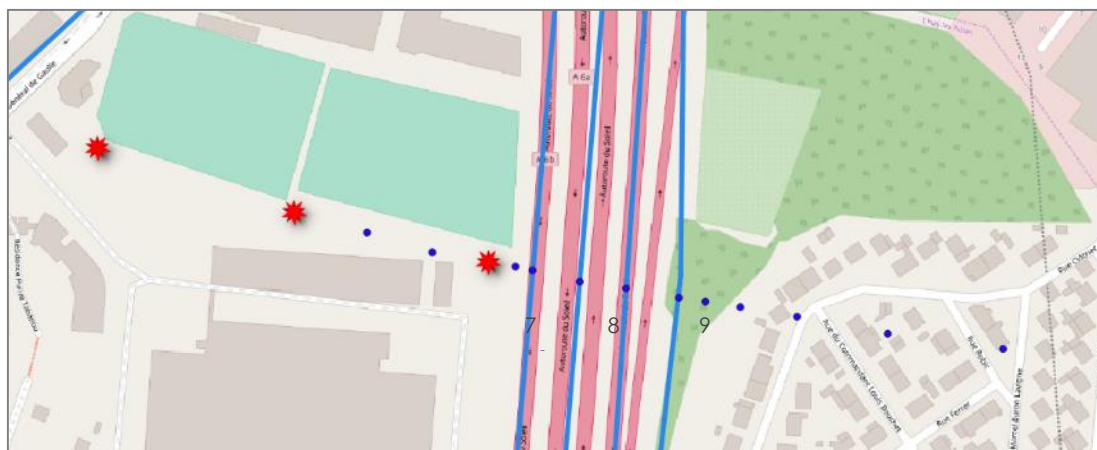


Figure 38 : emplacement des points de mesure (rouge) et des points utilisés par le modèle (bleu)

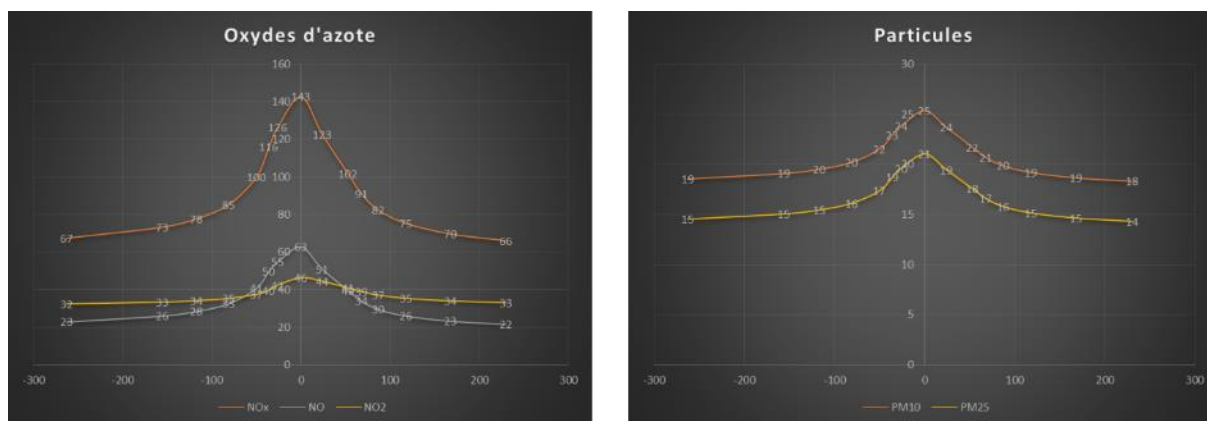


Figure 39 : illustration de la décroissance des niveaux de NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) et de particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) modélisés en fonction de l'éloignement de l'Autoroute A6. L'axe des abscisses correspond à la distance et l'axe des ordonnées aux concentrations modélisées (exprimées en µg/m<sup>3</sup>).

La Figure 39 illustre le comportement des niveaux modélisés en oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>) et en particules (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) en fonction de l'éloignement de l'Autoroute A6. Le comportement est globalement comparable pour les NO<sub>x</sub> et les particules. **Les niveaux en polluants sont maxima 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.

## 6.5. Zoom sur l'aéroport de Paris-Orly

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

La validation des niveaux modélisés en NO<sub>2</sub> et en particules est également réalisée à partir des niveaux mesurés à l'aide des deux analyseurs/stations automatiques d'ADP au cours de la campagne, du 13 novembre au 17 décembre 2018 (Figure 40).

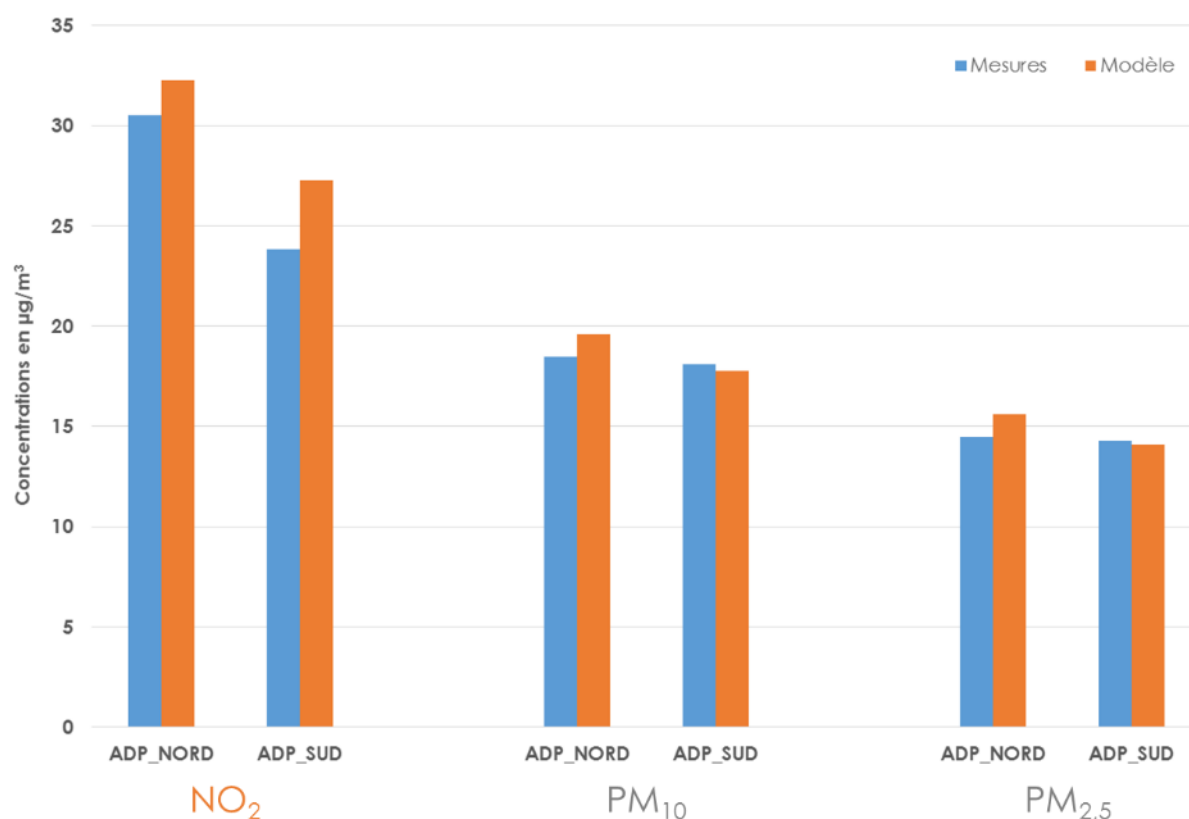


Figure 40 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> mesurées sur les deux stations automatiques d'ADP (bleu) et modélisées (orange) sur ces deux sites du 13 novembre au 17 décembre 2018

Les écarts entre mesures et modèle sont globalement faibles, compris entre -2 % (PM<sub>10</sub> – ADP\_SUD) et +14 % (NO<sub>2</sub> – ADP\_SUD). **Le modèle est en bon accord avec les mesures réalisées sur la plateforme aéroportuaire pour tous les polluants.**

## 6.5.2 – Séries temporelles

La Figure 41 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 (Nord et Sud) sur la période de la campagne.

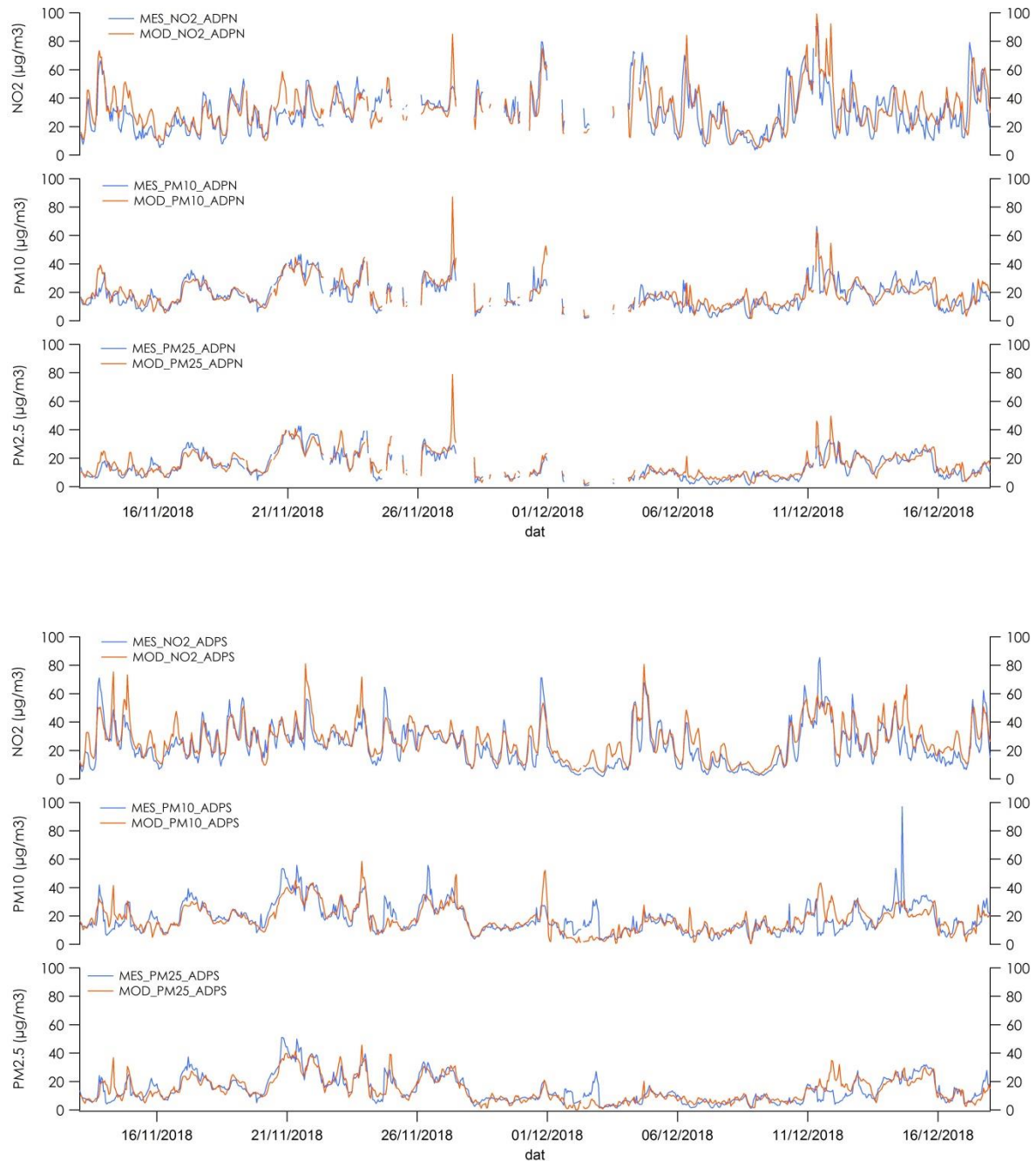


Figure 41 : évolution temporelle des concentrations horaires en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> modélisées (en orange) et mesurées (en bleu) sur les deux sites automatiques ADP-Nord (haut) et ADP-Sud (bas) du 13 novembre au 17 décembre 2018

Les conclusions sont comparables à celles tirées à partir de la comparaison des niveaux modélisés avec les niveaux mesurés sur les sites permanents et temporaires d'Airparif (Cf. Section correspondante). La fluctuation entre les mesures et le modèle sur ces 2 sites est plutôt bonne tant pour le NO<sub>2</sub> que pour les particules. La variabilité temporelle des profils horaires est très comparable, mais l'intensité est beaucoup plus forte sur les modèles. **La variabilité temporelle (horaire et hebdomadaire) des niveaux est bien reproduite par le système de modélisation.**

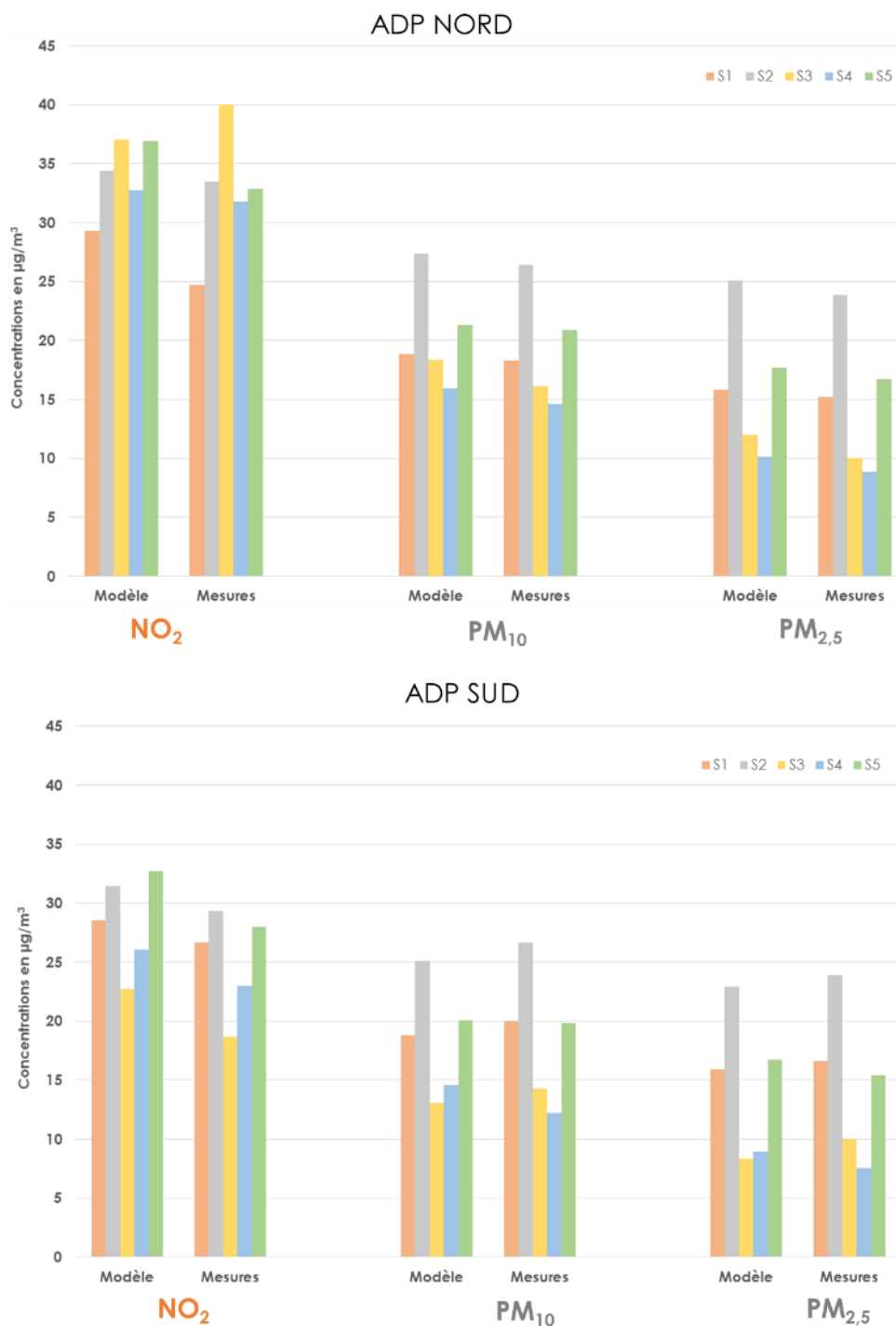


Figure 42 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> modélisées et mesurées sur les deux sites automatiques d'ADP (Nord et Sud) par semaine de campagne

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 42).

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cadre du PRSE3, une campagne de mesure avait pour objectif de vérifier que le système de modélisation et de cartographie de la qualité de l'air existant sur le domaine de Paris-Orly fournit des niveaux comparables à ceux mesurés par différents moyens de prélèvement.

La 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 4-5 semaines sur le domaine de Paris-Orly entre novembre-décembre 2018.

Cette étude a montré que les niveaux de concentrations en polluants atmosphériques pouvaient fortement varier en fonction du site de mesure considéré. Les teneurs moyennes mesurées sur la période de campagne sont cohérentes avec les résultats du dispositif de surveillance d'Airparif. 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 topographie et/ou d'une configuration particulières (pente, côte, hauteur du bâti, rue canyon, ...). A 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'effectuer une nouvelle validation du système de cartographie spécifique au domaine de Paris-Orly. Ces travaux ont consisté à évaluer les performances des calculs des concentrations des polluants par la modélisation, ainsi que de leurs variabilités spatiales et temporelles. Les sites équipés d'échantillonneurs passifs et d'analyseurs automatiques durant la campagne ont été exploités dans le cadre de la validation de l'observatoire.

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 tous les polluants suivis.**

La validation de la plateforme SURVOL avec les résultats de la campagne de mesures a montré des **résultats plutôt satisfaisants entre les mesures et les sorties du modèle pour la plupart des sites instrumentés.** 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. 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 règlementaires.** **Les sites présentant une topographie plus ou moins prononcée (notamment les côtes) sont sujets à des émissions et des concentrations de polluants plus importantes. Ce type de configuration très spécifique nécessite des données fines de topographie et n'est actuellement pas précisément pris en compte par les modèles.**



Pour les particules ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), **un bon accord entre le modèle et les mesures a été constaté, tant sur les sites de fond et trafic que ceux implantés sur la plateforme aéroportuaire de Paris-Orly.**

Pour le benzène, **les niveaux modélisés sont actuellement sous-estimés que ce soit en fond ou à proximité du trafic routier.**

Ces analyses ont permis de conforter les forces du système de modélisation, ainsi que ses faiblesses sur certaines voies de circulation. Les améliorations identifiées, notamment pour limiter les sous-estimations en cas de fortes pentes, 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 permet de confirmer par la mesure que l'impact de la plateforme aéroportuaire sur la zone d'étude est bien reproduit par le système de modélisation.**

# RÉFÉRENCES

Airparif, Étude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe de la plateforme aéroportuaire d'Orly – Bilan final des résultats, Août 2004.

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, Bilan de la qualité de l'air en Île-de-France – Année 2018, Avril 2019.

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.

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-Orly

Numéro_site	Typologie_site	Adresse	Ville	Département	Longitude (D.M.S)	Latitude (D. M. S)	Analyseurs (Auto/Tube)
34	fond	Complexe Sportif - Avenue du Général de Gaulle	L'Haÿ-les-Roses	94	2°20'35.1283" E	48°46'52.5061" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
35	influencé	Complexe Sportif - Avenue du Général de Gaulle	L'Haÿ-les-Roses	94	2°20'40.3357" E	48°46'51.4016" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
36	trafic	Complexe Sportif - Avenue du Général de Gaulle (A6)	L'Haÿ-les-Roses	94	2°20'46.2" E	48°46'50.8" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
37	trafic	75 Avenue Jean Rostand (D1)	Bonneuil-sur-marne	94	2°29'1.5259" E	48°45'58.8802" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
41	trafic	157 Boulevard Henri Barbusse (RD448)	Draveil	91	2°24'31.1530" E	48°41'5.0392" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
43	influencé	Rue du stade	Chevilly-Larue	94	2°20'16.8" E	48°45'40.3" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
51	trafic	Avenue du Maréchal Leclerc (RN20)	Massy	91	2°17'54.0272" E	48°42'59.7499" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
52	influencé	34-36 Voie de Beuze	Wissous	91	2°19'26.1" E	48°44'34.6" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
54	influencé	Rue Jean-Jacques Rousseau (A10)	Palaiseau	91	2°15'21.3595" E	48°43'6.0787" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
55	trafic	Place de la Mairie (D59)	Champlan	91	2°16'27.1322" E	48°42'30.6702" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
57	trafic	Route de Corbeil (D177)	Longjumeau	91	2°18'04.1" E	48°41'21.9" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
58	fond	Rue Jean Zay	Massy	91	2°15'11.6662" E	48°44'14.8268" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
61	trafic	28 Avenue Division Leclerc	Ballainvilliers	91	2°16'37.0708" E	48°39'43.9970" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
84	trafic	Place de la Mairie (D59)	Champlan	91	2°16'26.6934" E	48°42'30.5705" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
90	fond	Promenade du château	Rungis	94	2°20'40.941" E	48°45'2.138" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
91	trafic	Bord A106	Rungis	94	2°20'57.458" E	48°45'24.041" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
92	fond	Voie de Contin	Marangis	91	2°21'16.826" E	48°42'39.182" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
93	trafic	37 Route de Fontainebleau	Paray-Vieille-Poste	94	2°22'16.384" E	48°42'35.69" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
94	fond	Parc Marcel Dassault/Avenue Charles Lindbergh	Wissous	91	2°18'28.267" E	48°43'37.07" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
95	fond	Chemin du cimetière	Saulx-les-Chartroux	91	2°16'12.63" E	48°41'30.955" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
46	fond	Parc de la Place de l'Eglise	Nozay	91	2°14'34.65" E	48°39'37.46" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
96	fond	Centre Georges Brassens	Vigneux-sur-Seine	91	2°25'24.934" E	48°42'31.151" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
97	fond	École d'éducation spécialisée	Tigery	91	2°30'37.994" E	48°39'13.669" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
98	fond	Parc Georges Méliès	Orly	94	2°23'34.306" E	48°44'36.496" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
99	fond	Stade Alain Mimoun / 1 Rue du 11 Novembre	Thiais	94	2°24'3.466" E	48°45'12.697" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
100	fond	École Victor Duruy – Croisement Rue Garibaldi & Rue Gambetta	Villeneuve-Saint-Georges	94	2°27'11.325" E	48°43'44.054" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
101	trafic	Avenue de l'aéroport	Paray-Vieille-Poste	94	2°22'3.435" E	48°43'48.677" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
102	trafic	Rue des Alouettes	Thiais	94	2°22'41.631" E	48°45'11.47" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
103	trafic	60 Avenue Henri Barbusse	Valenton	94	2°26'30.001" E	48°45'56.444" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX)
104	trafic	Poste CRS Autoroute	A6 Chilly-Mazarin	91	2°18'49.035" E	48°41'55.943" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX) & Auto (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> )
105Bis	trafic	Sortie A86 > D165	Rungis	94	2°20'54.963" E	48°45'14.962" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX) & Auto (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
106	fond	15 Voie de Montavas	Wissous	91	2°19'30.997" E	48°43'37.643" N	Auto (NO <sub>2</sub> )
107	fond	Station réseau	Vitry-sur-Seine	94	2°22'32.58" E	48°46'33.16" N	Tube (NO <sub>2</sub> , BTEX) & Auto (NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>2</sub> )
MONIG	fond	Station réseau	Montgeron	91	2°27'18" E	48°42'28" N	Auto (NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> )
EVRY	fond	Station réseau	Evry	91	2°25'45" E	48°37'38" N	Auto (NO <sub>x</sub> )
ULIS	fond	Station réseau	Les Ulis	91	2°09'52" E	48°40'44" N	Auto (O <sub>3</sub> )
CACH	fond	Station réseau	Cachan	94	2°19'47" E	48°47'58" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
A6a	trafic	Station réseau	A6a Arcueil	94	2°20'32" E	48°48'05" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
RN186	trafic	Station réseau	RN186 Choisy-le-roi	94	2°24'21" E	48°45'51" N	Tube (NO <sub>2</sub> )
ORLYN	ADP	Station de surveillance	Orly-Nord	94	2°22'45.6" E	48°43'59.8" N	Auto (NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )
ORLYS	ADP	Station de surveillance	Orly-Sud	94	2°20'48.3" E	48°43'01.2" N	Auto (NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</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 A 1.

	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Benzène
Incertitude	10%	12%	20%	10%

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

Le Tableau A 2 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	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
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 43. 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.**

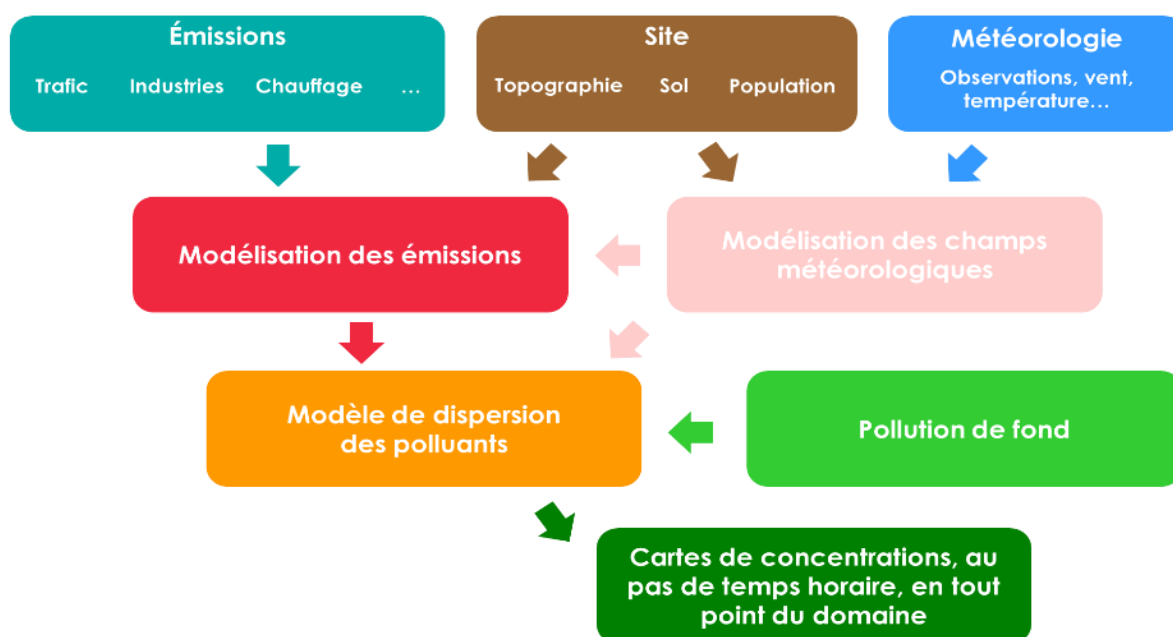


Figure 43 : principe général de la chaîne de modélisation de la qualité de l'air dans le cadre de l'observatoire SURVOL

### 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 « *prognostic* », 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>6</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>7</sup>.

---

<sup>6</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>7</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), la vitesse des véhicules, la part des véhicules circulant avec un moteur froid (au démarrage) ou chaud et la température ambiante.

La Figure 434 présente le schéma d'évaluation des émissions liées au trafic routier.

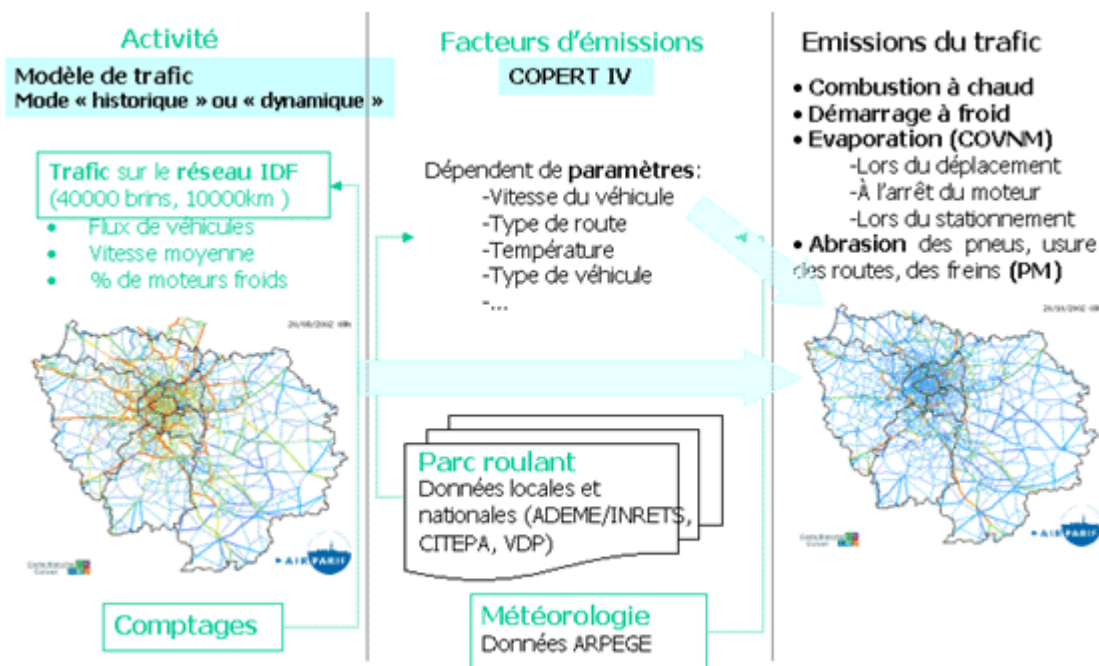


Figure 44 : schéma de fonctionnement de la chaîne de calcul des émissions routières

Sur la base de matrices « origine-destination »<sup>8</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>8</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 45, ce cycle standard se décompose en quatre phases : l'approche (descente), le roulage (vers et depuis l'aérogare), le décollage et la montée.

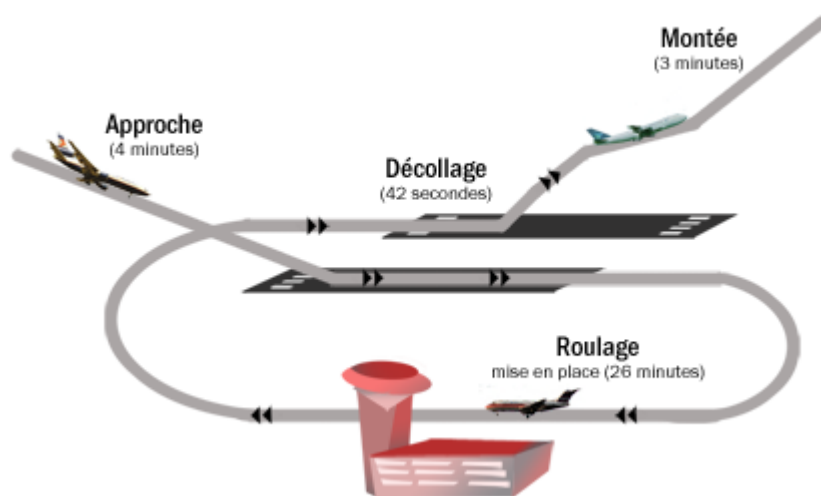


Figure 45 : schéma des différentes phases d'un cycle LTO (Source : OACI)

### 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 ESERALDA.**

*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.



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 A6 ont également été étudiés.

Pour la validation du modèle, 320 récepteurs décomposés comme suit ont été utilisés :

- 15 récepteurs sur le transect de l'A6 à 3 altitudes : 0, 2 et 10 mètres ;
- 39 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.

## Traitement des données

Une fois les données de concentrations horaires produites par la chaîne SURVOL aux emplacements des récepteurs au format NetCDF, ces données sont importées dans une base de données de validation au format postgresQL.

En parallèle, les données de campagne ont été importées dans cette base de données. Il est alors facile de réaliser des traitements sur les résultats de modélisation et les résultats de mesures. Ces traitements sont présentés dans le rapport.

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

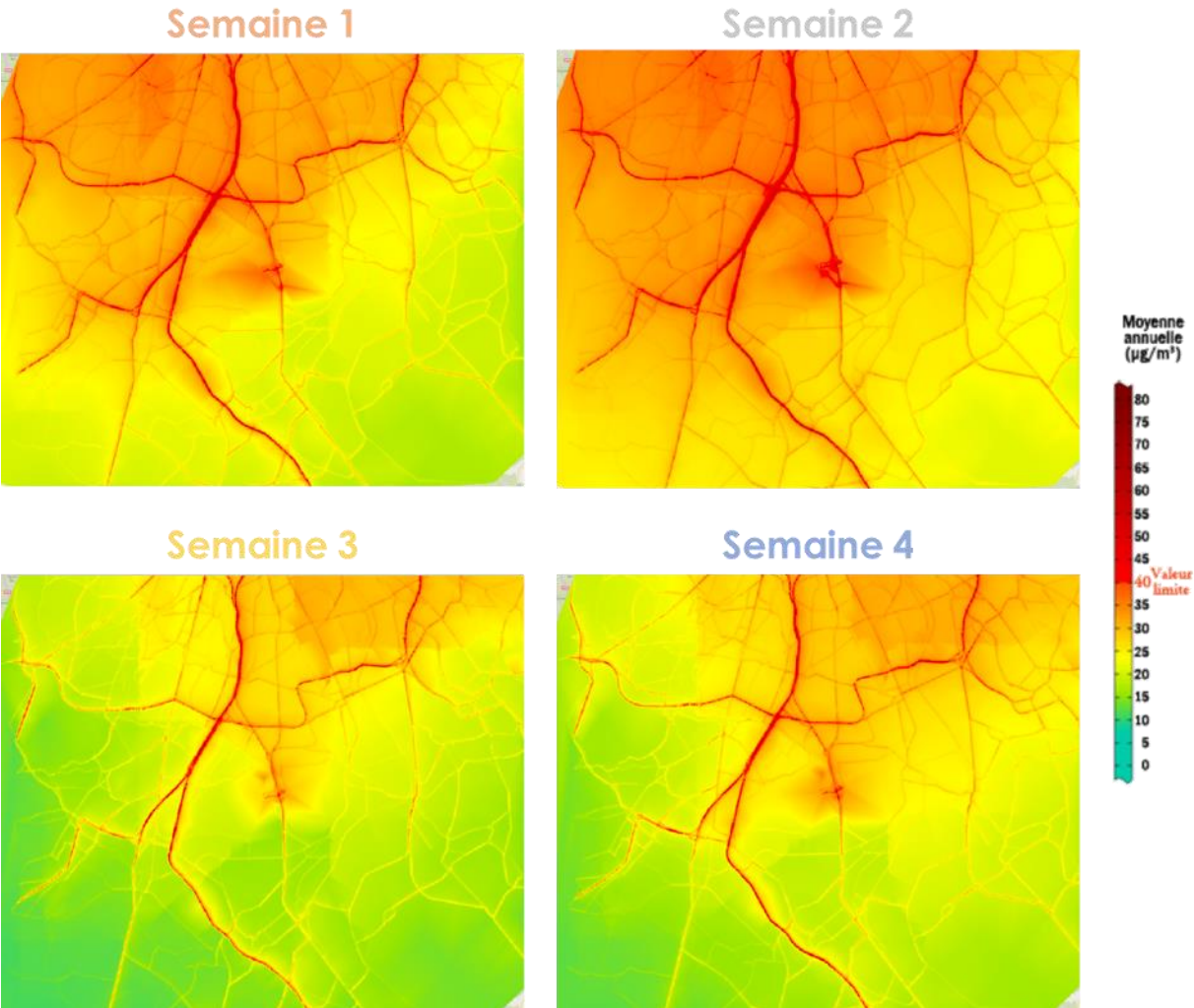


Figure 47 : cartographies du niveau moyen en dioxyde d'azote (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

## 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> :

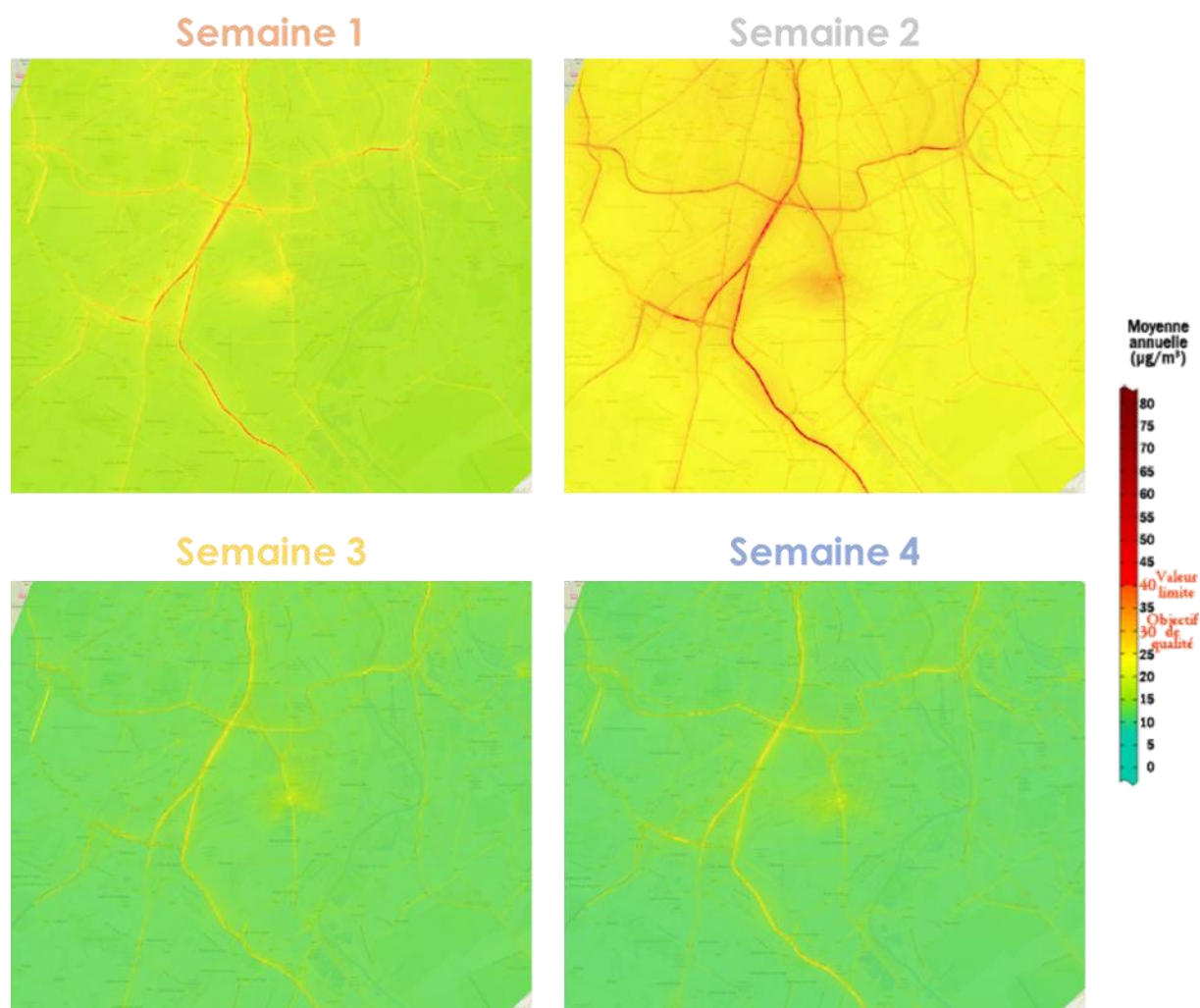


Figure 48 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>10</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

Particules PM<sub>2.5</sub> :

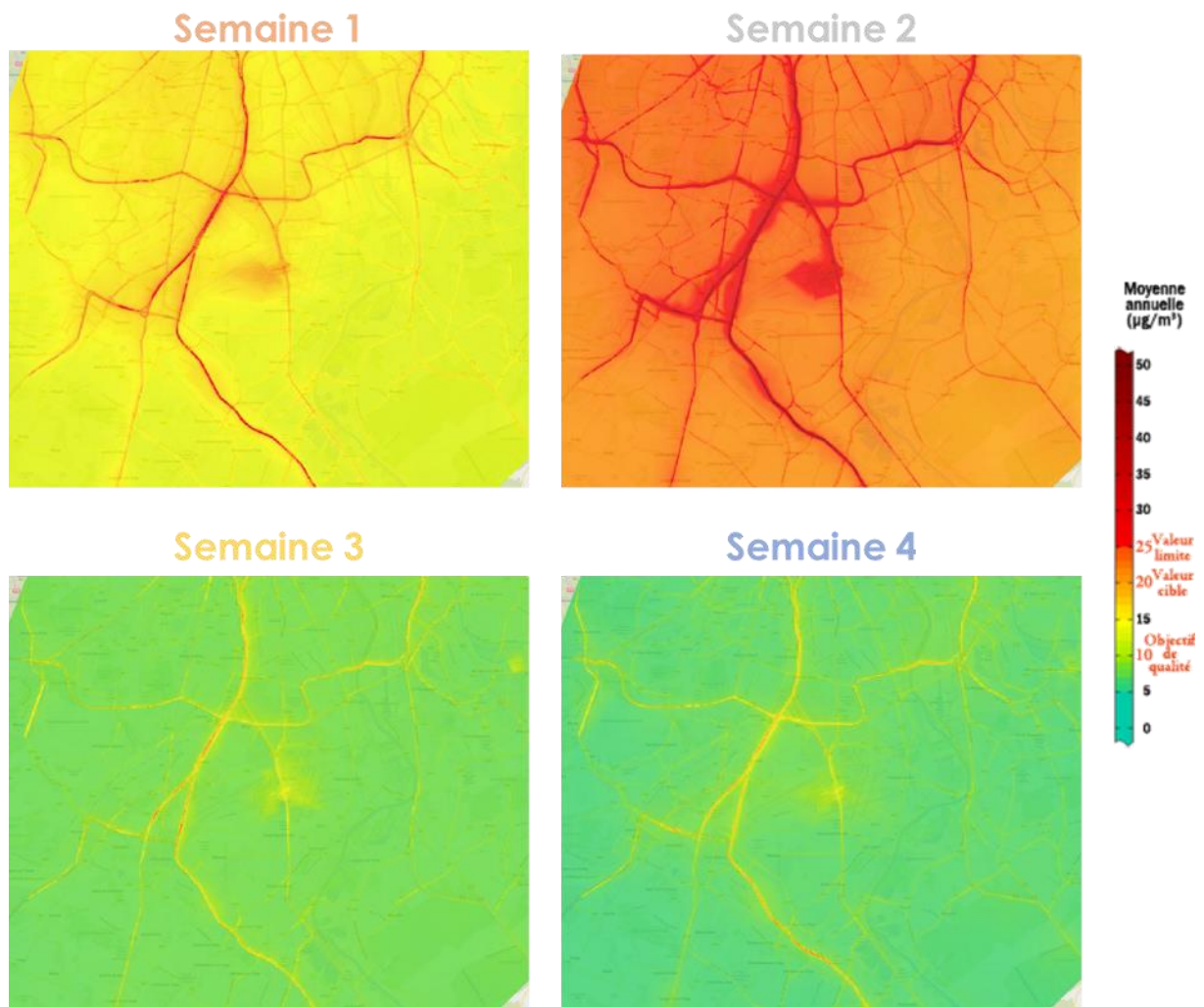


Figure 49 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly

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

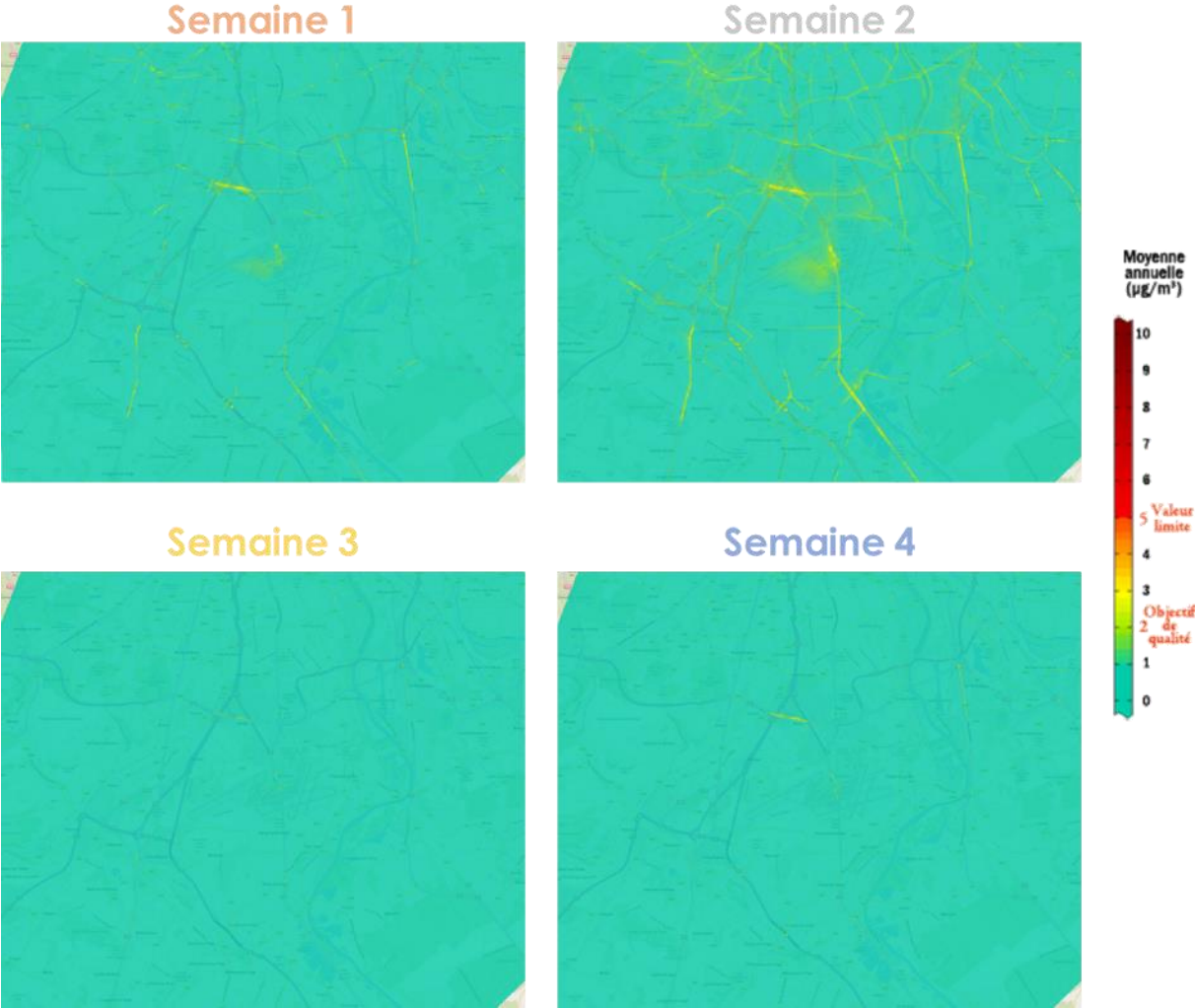


Figure 50 : cartographies du niveau moyen en particules PM<sub>2.5</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) évalué pour chaque semaine de campagne sur le domaine d'étude Paris-Orly



