



NANTES-ATLANTIQUE

Évaluation de la qualité de l'air

Campagne été 2024

air pays de
la loire
www.airpl.org



Sommaire

Synthèse	3
Introduction	6
Le dispositif mis en œuvre	7
Les objectifs de la campagne	7
Emplacement du laboratoire mobile	8
Mesure des polluants par tubes à diffusion passive	10
Localisation des sites de mesure	11
Périodes de mesure	12
Résultats	13
Valeurs de référence pour la qualité de l'air	13
Situation météorologique	14
Le dioxyde d'azote (NO ₂)	15
Le benzène.....	20
Les autres polluants suivis	21
Les particules PM10	22
Les particules PM2.5	25
L'ozone (O ₃).....	27
Le dioxyde de soufre (SO ₂)	29
Le monoxyde de carbone (CO)	31
Le carbone suie (BC)	33
Conclusions et perspectives	35
Annexes	36

Contributions

Coordination de l'étude, exploitation statistique, rédaction : Eneour LE GUIBAN ; exploitation du matériel de mesure : Thibaud Trégouët, Elise Koriche et l'équipe météorologique, cartographies : Maëlle Jouanny, photographies : service communication AGO, photographes V. Joncheray et J. Gazeau, Validation : François Ducroz et Céline Puente-Lelièvre.

Conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 2 août 2022 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

Synthèse

Contexte : une surveillance qui s'inscrit dans la démarche environnementale de Nantes-Atlantique

Depuis 2009, Aéroports du Grand Ouest, l'exploitant de la plateforme aéroportuaire de Nantes-Atlantique confie à Air Pays de la Loire la surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement et au sein de celle-ci.

La campagne cible deux polluants en particulier :

- **Le dioxyde d'azote (NO₂)**, produit par la combustion du carburant dans les moteurs d'avion et de voiture.
- **Le benzène (C₆H₆)**, marqueur des zones de stockage d'hydrocarbures et émis également par le trafic routier.

Ont également été suivis dans l'environnement de l'aéroport :

- Les niveaux en particules PM10 et PM2.5, qui proviennent principalement de l'agriculture, du chauffage au bois, de l'usure des routes, des carrières et des chantiers.
- Le dioxyde de soufre (SO₂), issu des impuretés soufrées des combustibles fossiles.
- Le monoxyde de carbone (CO), formé lors de la combustion incomplète de matières organiques et de produits pétroliers.
- L'ozone (O₃), polluant créé par transformation de précurseurs chimiques tels que les NOx (Oxydes d'azote) ou COV (Composés Organiques Volatils) en présence de rayonnement solaire.
- Le carbone suie ou Black Carbon (BC), qui est produit par les combustions incomplètes d'hydrocarbures ou de biomasse.

La campagne 2024, en s'inscrivant dans un **processus annuel de surveillance**, a pour objectifs :

- **D'évaluer l'influence des activités de Nantes-Atlantique sur la qualité de l'air** environnant, en comparant notamment les mesures de la campagne à celles réalisées sur d'autres sites éloignés de la plateforme.
- **D'évaluer l'exposition des riverains et des usagers de l'aéroport** à la pollution de l'air en comparant les niveaux de polluant aux valeurs réglementaires et de référence.

Moyens de mesure : un dispositif qui quadrille les alentours de Nantes-Atlantique

Une campagne de mesure sur quatre semaines

La campagne de suivi des polluants s'est déroulée du 12 septembre au 9 octobre 2024. Depuis 2009, les campagnes alternent entre l'hiver et l'été.

Deux types de mesure

Les mesures durant la campagne de suivi de polluants comprennent :

- **Des tubes à diffusion**, aussi appelés « tubes passifs ». Adaptés pour une exposition longue (un jour à plusieurs semaines) et simples à installer, ils peuvent être déployés en grande quantité :
 - **aux alentours de la plateforme** aéroportuaire, 10 sites ont été équipés pour mesurer le NO₂ et le benzène, pendant une période de deux semaines (40 tubes),
 - **au sein même de la plateforme** (parking de l'aéroport), 6 sites ont été équipés pour le NO₂ et le benzène, pendant les mêmes périodes (40 tubes),
 - **aux abords de la route départementale D85** qui relie le périphérique à l'aéroport, le NO₂ et le benzène ont été suivis pendant quatre périodes d'une semaine (16 tubes).
- **Un laboratoire mobile**, installé à 500 m au nord de la piste, à la ferme de la Ranjonnière, équipé d'analyseurs automatiques. Il a suivi, en continu du 12 septembre au 9 octobre 2024, les concentrations en dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de carbone (CO), particules PM10 et PM2.5, l'ozone (O₃) ainsi que le carbone suie, selon les mêmes standards métrologiques que le réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire.

Résultats : les concentrations respectent les valeurs réglementaires

VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Les valeurs guides de l'OMS : NON CONTRAIGNANTES

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) détermine les niveaux d'exposition (en concentrations et durées) pour protéger la santé des populations et des végétaux, ce sont les « valeurs guides ». Ces lignes directrices visent à donner des conseils sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air aux responsables de l'élaboration des politiques. Les dernières valeurs guides publiées par l'OMS datent de septembre 2021.

Les valeurs réglementaires :

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées au niveau européen dans des directives, et sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

- **Seuils de déclenchement des épisodes de pollution** : *exposition court terme à une pollution aigüe (1h à 24h)*

CONTRAIGNANTES

- **Seuil d'information et de recommandation** : seuil à partir duquel la concentration d'un polluant atmosphérique peut représenter un risque pour la santé humaine des populations sensibles et justifie une information auprès du grand public.
- **Seuil d'alerte** : seuil au-delà duquel la concentration d'un polluant atmosphérique représente un risque pour la santé humaine et justifie la mise en place de mesures d'urgence afin de réduire les émissions.

- **Autres seuils réglementaires** : *exposition court terme à long terme (1h à 1 an)*

CONTRAIGNANTE

- **Valeur limite** : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

NON
CONTRAIGNANTES

- **Objectif de qualité** : niveau de pollution atmosphérique à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.
- **Valeur cible** : niveau à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

Le dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ mesurées dans l'environnement de la plateforme aéroportuaire sont de même ordre qu'en environnement urbain. Dix élévations de concentrations d'une à deux heures, atteignant les 34 µg/m³ en moyenne horaire ont été relevées par vents provenant de la direction de celle-ci. Une influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en NO₂ mesurées à la Ranjonnière est donc possible. Des travaux d'enrobée ayant eu lieu durant la campagne auraient cependant pu influencer les mesures de NO₂.

La probabilité de respecter la valeur limite (40 µg/m³ en moyenne annuelle) est forte.

NO ₂	Niveau du polluant : urbain/périurbain	😊	Influence de Nantes-Atlantique sur l'environnement extérieur : possible (des travaux d'enrobée durant la campagne ont pu influencer les mesures de NO ₂)
-----------------	--	---	--

Au sein de la plateforme, les concentrations sont influencées par les activités de celle-ci sur les 6 sites. Parmi eux, 3 sites sont 60 % plus élevés qu'en milieu urbain (sites n°11, 12 et 15), le site 16 est de même ordre qu'en milieu de trafic routier, et les sites 13 et 14 sont plus élevées qu'en milieu de trafic (+ 11 %).

Seuls les sites 11, 13 et 14 possèdent des concentrations de même ordre ou supérieures à la moyenne des campagnes estivales précédentes.

Le benzène

Sur les 10 sites où l'analyse des prélèvements a été menée à bien, les concentrations en benzène restent faibles durant la période de mesure, avec des valeurs allant de 0,2 µg/m³ à 0,6 µg/m³.

Les niveaux sur les deux dernières semaines de la campagne sont faibles et en retrait par rapport à la moyenne des années précédentes (-66 %). Il n'est pas possible de conclure quant à la première quinzaine du fait du faible nombre d'analyses menées à bien dans cette période.

L'influence de la plateforme aéroportuaire n'a pas été démontrée. L'objectif qualité fixé à 2 µg/m³ en moyenne annuelle a une forte probabilité d'être respecté.

Benzène	Niveau du polluant : faible	😊	Influence établie de Nantes-Atlantique : non
---------	-----------------------------	---	--

Les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) et l'ozone (O₃)

Les niveaux de PM₁₀, PM_{2.5} et en ozone à la ferme de la Ranjonnière sont bien corrélés aux concentrations relevées sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie. Aucune influence de la plateforme aéroportuaire n'a pu être mise en avant durant la campagne de 2024 sur les concentrations de ces trois polluants.

PM ₁₀ , PM _{2.5} et O ₃	Niveau du polluant : urbain	😊	Influence établie de Nantes-Atlantique : non
--	-----------------------------	---	--

Le dioxyde de soufre (SO₂) et le monoxyde de carbone (CO)

Les niveaux en SO₂ et CO sont très faibles et souvent proches ou inférieurs aux limites de détection des analyseurs. Aucune influence de la plateforme aéroportuaire n'a pu être mise en avant.

SO ₂ , CO	Niveau du polluant : limite de détection	😊	Influence établie de Nantes-Atlantique : non
----------------------	--	---	--

Le carbone suie (BC)

Les concentrations en carbone suie, liés à la combustion de biomasse sont comparables aux niveaux enregistrés en zone urbaine à Bouteillerie. Celles relatives à la combustion d'hydrocarbures fossiles sont supérieures à la Ranjonnière qu'à Bouteillerie, et semblent être influencées par la présence du périphérique.

L'influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en carbone suie n'a pas pu être établie.

BC	Niveau du polluant : faible	😊	Influence établie de Nantes-Atlantique : non
----	-----------------------------	---	--

Conclusions : une bonne qualité de l'air caractéristique d'une zone périurbaine

Introduction

L'aéroport de Nantes-Atlantique est localisé sur les communes de Bouguenais et de Saint-Aignan de Grand Lieu, à seulement 10 km au sud-ouest de Nantes, et autant au nord-est de la réserve naturelle du lac de Grand Lieu.

Depuis 2009, Air Pays de la Loire accompagne Aéroports du Grand Ouest (AGO) dans la surveillance de la qualité de l'air au sein et aux abords de la plateforme aéroportuaire de Nantes-Atlantique. Ce partenariat, qui s'inscrit dans la démarche environnementale d'AGO, permet de quantifier à la fois l'impact des activités aéroportuaires sur les populations alentours et le niveau d'exposition de ces populations aux polluants atmosphériques.

Ce rapport présente les résultats de la campagne de mesure menée entre le 12 septembre et le 9 octobre 2024, qui s'inscrit dans une série de campagnes menées alternativement en été et en hiver. Cette alternance vise à étudier l'influence des variations saisonnières de conditions météorologiques, des émissions des polluants mais également de conditions d'exploitation de l'infrastructure aéroportuaire sur les niveaux de pollution enregistrés dans son environnement. Chaque fois qu'il sera possible de le faire, les résultats seront expliqués au regard des séries historiques disponibles mis en perspective par rapport aux valeurs réglementaires françaises. Les données recueillies par Air Pays de la Loire au travers de son réseau de surveillance en continu seront également mises à profit pour comprendre les valeurs mesurées autour de Nantes-Atlantique.

Le dispositif de mesure, composé d'un laboratoire mobile et de tubes à diffusion passive, a été déployé en collaboration avec les équipes d'Aéroports du Grand Ouest, de la ville de Bouguenais et l'accord de la Clé des Champs, association de loisir à la ferme de la Ranjonnère.

La première partie du rapport traite du dispositif de mesure tandis que la deuxième partie traite des résultats de la campagne.

Le dispositif mis en œuvre

Les objectifs de la campagne

La surveillance de l'air autour de la plateforme aéroportuaire répond à deux objectifs principaux :

- Évaluer le niveau d'exposition des populations vivant autour de la plateforme aux principaux polluants atmosphériques.
- Quantifier l'impact de l'aéroport sur son environnement.

Pour répondre à ces enjeux, Air Pays de la Loire a installé plusieurs analyseurs automatiques permettant de suivre en continu six polluants majeurs : **le dioxyde d'azote (NO₂)**, **les particules inférieures à 10 µm (PM10)**, **les particules inférieures à 2.5 µm (PM2.5)**, **l'ozone (O₃)**, **le dioxyde de soufre (SO₂)**, **le monoxyde de carbone (CO)** et **le carbone suie (BC)**. Ce suivi en continu est comparable à celui effectué en milieu urbain tout au long de l'année, il permet donc d'évaluer la différence de qualité de l'air entre un milieu proche de l'aéroport et un milieu urbain non influencé.

Par ailleurs, tout autour de la plateforme aéroportuaire, des **tubes à diffusion passive** ont été installés. Ces dispositifs, qui mesurent **le dioxyde d'azote (NO₂)** et **le benzène**, offrent une vision moyennée dans le temps (chaque tube reste en place deux semaines consécutives) mais à de nombreux endroits, et permettent donc d'évaluer le niveau de fond auquel sont exposées les populations alentours.

Enfin la variabilité saisonnière des résultats de mesure est appréciée par la mise en perspective de ceux-ci avec les résultats des études précédentes.

Mesure des polluants par analyseurs automatiques

Le dioxyde d'azote (NO₂), les particules fines (PM10, PM2.5), le dioxyde de soufre (SO₂), l'ozone (O₃) et le monoxyde de carbone (CO) ont été mesurés en continu par des analyseurs automatiques installés dans un laboratoire mobile.

Ces polluants ont été mesurés selon les normes suivantes :

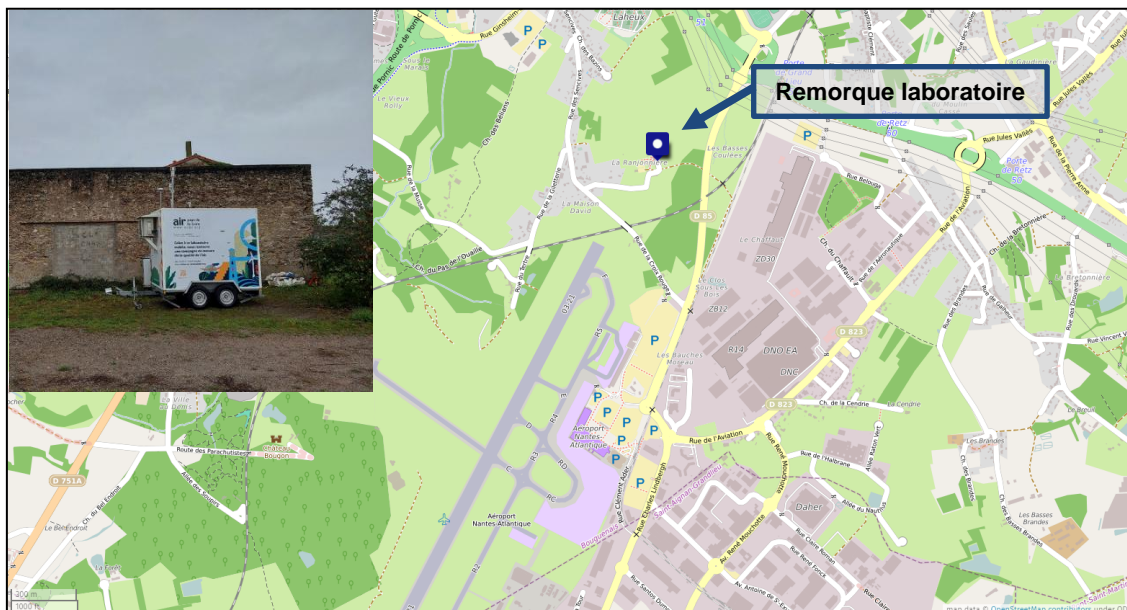
- NF EN 14211 : "méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote (NO₂) et en monoxyde d'azote (NO) par chimiluminescence" - octobre 2012.
- NF EN 14212 : "méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde de soufre (SO₂) par fluorescence UV" - janvier 2013.
- NF EN 14625 : "méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en ozone par photométrie UV" - février 2013.
- NF EN 14626 : "méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en monoxyde de carbone (CO) par la méthode à rayonnement infrarouge non dispersif" - octobre 2012.
- NF EN 16450 : "air ambiant - systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2,5)" - 29 avril 2017.

Le suivi du bon fonctionnement des analyseurs a été périodiquement réalisé, notamment lors d'opérations de vérification ou d'étalonnage. Ces opérations peuvent être manuelles ou automatiques, réalisées sur site ou télécommandées à distance.

Les opérations d'étalonnage sont effectuées avec des étalons de transfert raccordés au laboratoire d'étalonnage de niveau 2 d'Air Pays de la Loire. Ce laboratoire est accrédité Cofrac 17025 dans le domaine « chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz » depuis le 1^{er} août 2004.

Emplacement du laboratoire mobile

Comme les années précédentes, le camion laboratoire abritant les analyseurs automatiques a été placé au nord de la piste de décollage. Il se situe à la ferme de la Ranjonnière, à Bouguenais, à 500 mètres de l'extrémité nord de la piste et environ 600 mètres au sud du périphérique.



Emplacement du laboratoire mobile à la ferme de la Ranjonnière








Photographie du laboratoire mobile installé à la ferme de la Ranjonnière

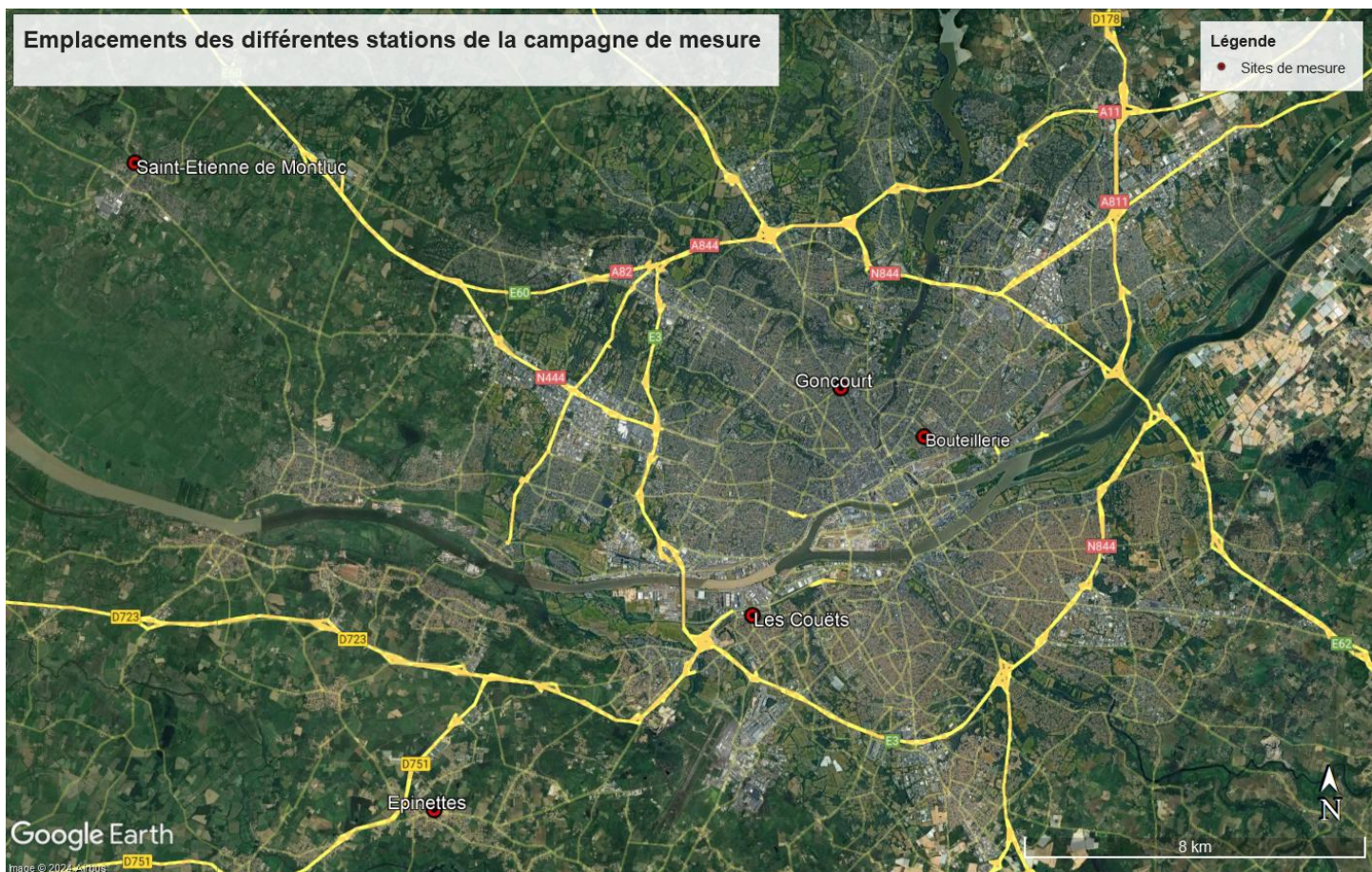
Réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire

Dans le cadre de sa mission de surveillance de la qualité de l'air, Air Pays de la Loire dispose de sites permanents sur l'ensemble des agglomérations de plus de 50 000 habitants. Ces sites, équipés des mêmes analyseurs automatiques que le laboratoire mobile, serviront de points de comparaison afin d'apprécier les niveaux de concentrations mesurés dans l'environnement de Nantes-Atlantique au regard de ceux enregistrés par les stations pérennes, non influencées par l'aéroport.

Le choix du ou des sites de comparaison dépendra du polluant.

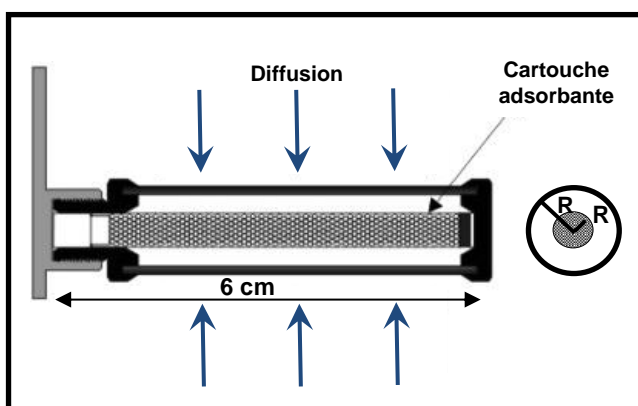
nom du site	typologie	adresse	Polluants mesurés	site
Goncourt	trafic	15 Boulevard des Frères de Goncourt Nantes	CO Benzène PM10 PM2.5 NO ₂	
Bouteillerie	urbain	8, rue Gambetta Nantes	NO ₂ O ₃ PM10 PM 2.5 Carbone suie	
Les Couëts	urbain	En face du 18 rue de la Chabossière Bouguenais	NO ₂ SO ₂ PM10	
Épinettes	périurbain	rue des Epinettes Bouaye	O ₃	
Saint-Étienne-de-Montluc	industriel, peu influencé	Chemin de Bellevue Saint-Etienne-de-Montluc	NO ₂ SO ₂ PM10	

Stations permanentes du réseau de surveillance de la qualité de l'air dans l'agglomération nantaise



Mesure des polluants par tubes à diffusion passive

Le dioxyde d'azote et le benzène sont mesurés à l'aide de tubes à diffusion passive. Cette méthode est basée sur le transport par diffusion moléculaire du polluant de l'air extérieur vers une zone de piégeage (cartouche adsorbante) constituée d'un adsorbant spécifique. Le polluant est ainsi retenu et s'accumule sur cette cartouche.



Principe du tube à diffusion passive

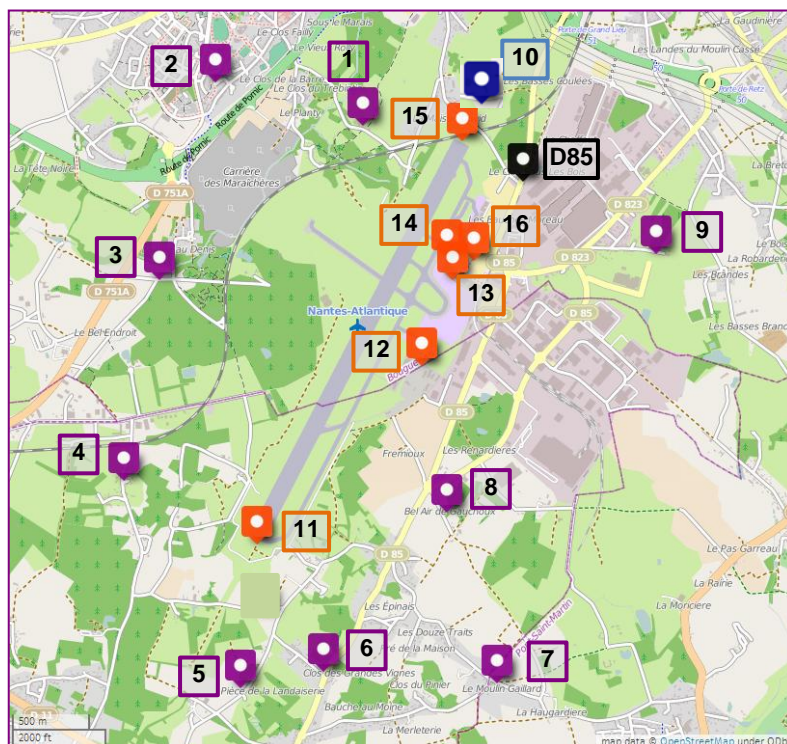






Tubes installés pour la collecte

Après une période d'exposition d'une durée de 14 jours à l'air ambiant (analyses NO_2 et benzène), réduite à 7 jours pour le site de la départementale DA-85 (analyses NO_2 et benzène), les tubes ont été analysés au laboratoire Lasair d'Airparif.

Localisation des sites de mesure

L'implantation des sites de mesure proposée par Air Pays de la Loire a été validée par l'Aéroport du Grand Ouest. Seize sites ont été positionnés afin de cartographier les niveaux de dioxyde d'azote et de benzène : 10 sites localisés dans les communes environnantes, qualifiés de sites de fond, et 6 sites au sein de la plateforme, respectivement représentés en violet et orange sur la carte ci-dessous.



-  sites au sein de la plateforme aéroportuaire
-  sites de fond, à l'extérieur de la plateforme
-  site à proximité du trafic routier
-  Laboratoire mobile

Localisation des tubes à diffusion passive

Depuis 2015, un site (en noir sur la carte ci-dessus) à proximité de la route départementale D85, qui relie le périphérique nantais à l'aéroport, est équipé de tubes pour le NO₂ et le benzène et ce pour évaluer l'influence du trafic routier de plus en plus dense sur cette voie de circulation.

Les caractéristiques se rapportant aux sites sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

N° de sites	Localisation	Caractéristique
1	Intersection de la rue de la Musse et du chemin des Belians	Commune environnante (Bouguenais)
2	Impasse Louis Rossel	Commune environnante (Bouguenais)
3	Intersection du chemin des parachutistes et du chemin du Bel endroit	Commune environnante (Bouguenais)
4	En face du 13, route des Écobuts	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
5	Entrée de l'écurie du grand lac	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
6	Intersection de la route du Champ de foire et de la route des Bauches	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
7	Hameau au croisement de la route des Douze traits et de la route du Pinier	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
8	Hameau route de Bel Air de Gauchoux	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
9	Fin du chemin de la Cendrie	Commune environnante (Bouguenais)
10	Ferme de la Ranjonnière	Commune environnante
11	Bout sud de la piste QFU 03	Abords des pistes
12	Zone d'avitaillement en kérosène	Avitaillement en kérosène
13	Zone stationnement avions face au hall 3	Zone de stationnement des avions
14	Zone stationnement avions face au hall 4	Zone de stationnement des avions
15	Bout nord de piste QFU 21	Abords des pistes
16	Parking voitures n° 2, rangée 3	Au sein du parking de voitures extérieur
D85	Route départementale D85	Proximité de trafic routier

Périodes de mesure

La campagne de mesure s'est déroulée du **12 septembre au 9 octobre 2024**. Le tableau suivant récapitule les périodes de mesure.

Méthode de mesures	Environnement	Polluants	Périodes d'exposition	Nombre de sites
Analyseurs automatiques	Air extérieur	NO ₂ , PM10, PM2.5, CO, SO ₂ , O ₃ , BC	12/09 – 09/10/2024	1
Tubes à diffusion passive	Air extérieur	NO ₂ , Benzène	12/09 – 26/09/2024 26/09 – 09/10/2024	16
Tubes à diffusion passive	Proximité trafic	NO ₂ , benzène	12/09 – 19/09/2024 19/09 – 26/09/2024 26/09 – 03/10/2024 03/10 – 09/10/2024	1

Résultats

Valeurs de référence pour la qualité de l'air

VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Les valeurs guides de l'OMS : *NON CONTRAIGNANTES*

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) détermine les niveaux d'exposition (en concentrations et durées) pour protéger la santé des populations et des végétaux, ce sont les « valeurs guides ». Ces lignes directrices visent à donner des conseils sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air aux responsables de l'élaboration des politiques. Les dernières valeurs guides publiées par l'OMS datent de septembre 2021.

Les valeurs réglementaires :

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées au niveau européen dans des directives, et sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

- **Seuils de déclenchement des épisodes de pollution** : *exposition court terme à une pollution aigüe (1h à 24h)*

CONTRAIGNANTES

- **Seuil d'information et de recommandation** : seuil à partir duquel la concentration d'un polluant atmosphérique peut représenter un risque pour la santé humaine des populations sensibles et justifie une information auprès du grand public.
- **Seuil d'alerte** : seuil au-delà duquel la concentration d'un polluant atmosphérique représente un risque pour la santé humaine et justifie la mise en place de mesures d'urgence afin de réduire les émissions.

- **Autres seuils réglementaires** : *exposition court terme à long terme (1h à 1 an)*

CONTRAIGNANTE

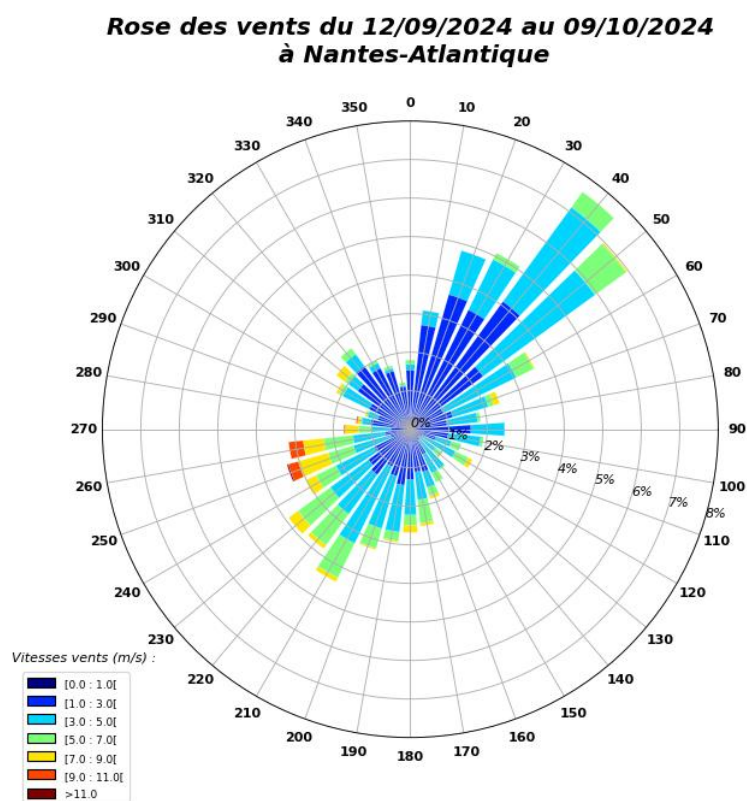
- **Valeur limite** : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

*NON
CONTRAIGNANTES*

- **Objectif de qualité** : niveau de pollution atmosphérique à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.
- **Valeur cible** : niveau à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

Situation météorologique

Les données météorologiques utilisées lors de cette campagne sont issues de la station Météo-France présente au sein de la plateforme aéroportuaire. La rose des vents de la période d'étude est présentée ci-dessous. Elle présente la fréquence relative des vents (en %) en fonction de la direction et de la vitesse des vents.



Rose des vents à Nantes-Atlantique, du 12/09/2024 au 09/10/2024

Les vents à Nantes-Atlantique durant la période d'étude étaient essentiellement orientés de nord-est et de sud-ouest. La vitesse moyenne des vents durant la période était de 3.3 m/s. Notons que la première période était principalement caractérisée par des vents de nord-est tandis que la seconde période l'était par des vents de sud-ouest (cf. annexe 1). Ainsi, les conditions étaient principalement anticycloniques lors de la première moitié de la campagne, et dépressionnaires lors de la seconde moitié de celle-ci.

Le dioxyde d'azote (NO₂)

?

Le monoxyde d'azote (NO) se forme par combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphériques lors des combustions. Ce polluant, principalement émis par les pots d'échappement, se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂).

🕒

Les NO_x présentent en milieu urbain deux pics de pollution aux heures de pointe du matin et du soir. À l'échelle annuelle, la pollution est plus forte en hiver avec des émissions plus importantes et des conditions de dispersion moins favorables.

📍

Les taux de NO_x sont généralement plus élevés près des voies de circulation et sous les vents des établissements industriels à rejets importants.

🏥

Le NO₂ est irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

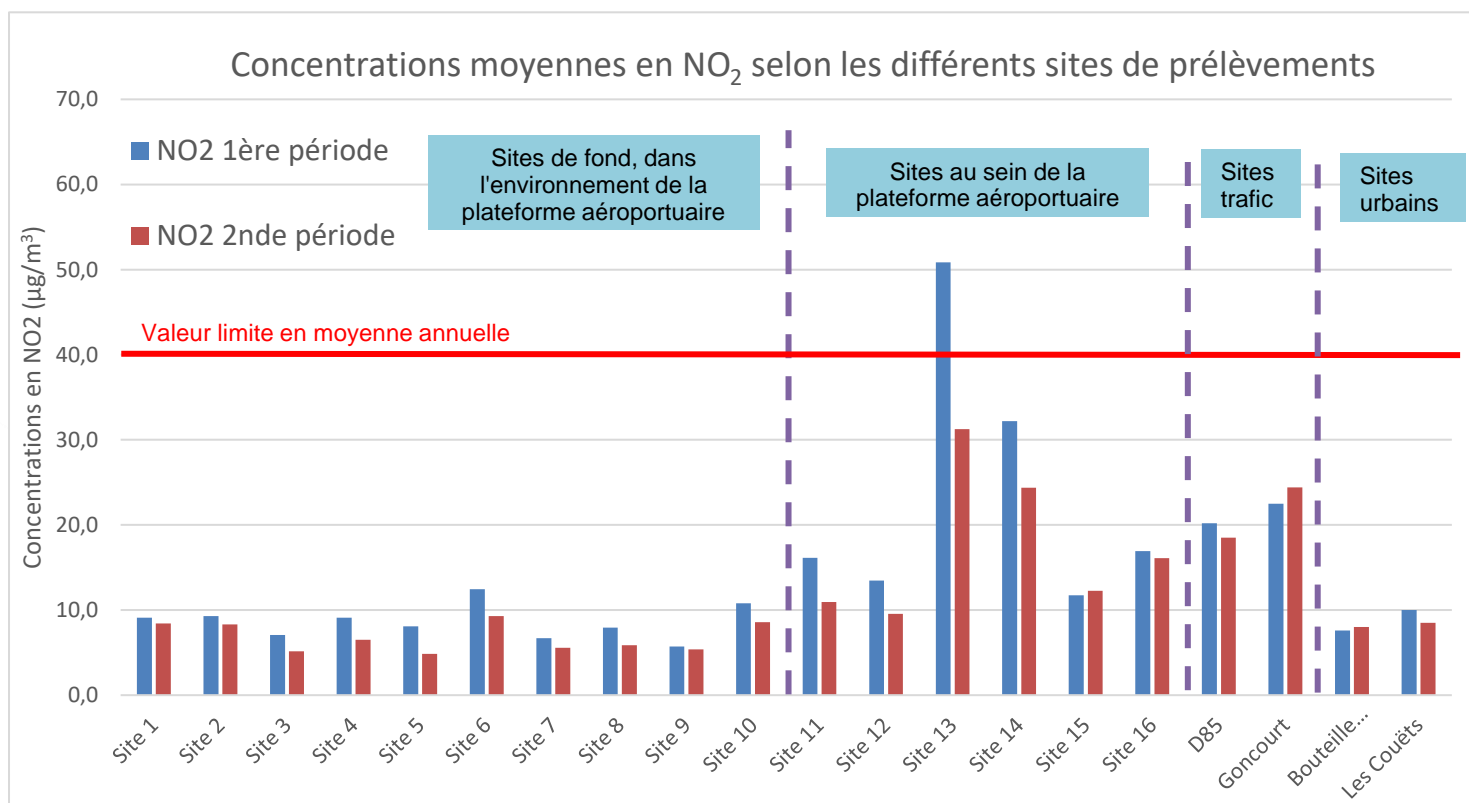
🌳

Les NO_x participent à la formation des pluies acides. Sous l'effet du soleil, ils favorisent la formation d'ozone et contribuent ainsi indirectement à l'accroissement de l'effet de serre.

Mesures par tubes à diffusion passive : répartition géographique de la pollution

Les concentrations relevées autour de la plateforme aéroportuaire (1 à 10) et au sein même de celle-ci (11 à 16) sont présentées sur le graphique ci-dessous. On y retrouve également le site de trafic de la départementale D85 qui relie le périphérique sud de Nantes à l'aéroport, le site de proximité trafic de Nantes situé boulevard des Frères de Goncourt à Nantes ainsi que les deux sites de fond urbain du cimetière de la Bouteillerie et des Couëts.

Notons que l'un des deux doublons du site n°15 a été invalidé en seconde période en raison de la présence d'humidité dans le tube.



Dans l'environnement

Les concentrations mesurées sur les sites de fond avoisinant la plateforme aéroportuaire (sites 1 à 10) sont de 8,6 µg/m³ en première période contre 6,8 µg/m³ en seconde période. La moyenne plus faible en seconde période s'explique par des conditions météorologiques plus dispersives que durant la première période.

Les concentrations sont de même ordre que celles relevées en milieu urbain non-influencé par l'aéroport. Cela suggère que les sites avoisinant la plateforme ne sont pas impactés par les activités de la plateforme aéroportuaire. L'homogénéité des concentrations enregistrées sur les 10 sites de mesure appuient cette conclusion.

Au sein de la plateforme

Les sites au sein de la plateforme aéroportuaire présentent des concentrations hétérogènes. Les sites 11 (sud de la piste), 12 (site d'avitaillement en kérozène) et 15 (nord de la piste) présentent des concentrations 60 % plus élevées qu'en milieu urbain ou que sur les sites autour de la plateforme aéroportuaire.

Les sites 13 (zone de stationnement des avions, face au hall 3), 14 (zone de stationnement des avions, face au hall 4) présentent des concentrations supérieures aux concentrations retrouvées en milieu de trafic routier (+ 11 %), notamment en première période sur le site n°13, où la concentration a atteint les 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le site 16 (parking voitures n°2) est quant à lui de même ordre en milieu de trafic routier.

Cette année encore, le site 13 (zone de stationnement des avions, face au hall 3), présente la concentration moyenne la plus élevée. Cela s'explique par un environnement assez renfermé des sites 13 et 14, favorable à la stagnation des polluants et par la proximité de véhicules qui stationnent à proximité des prélèvements.

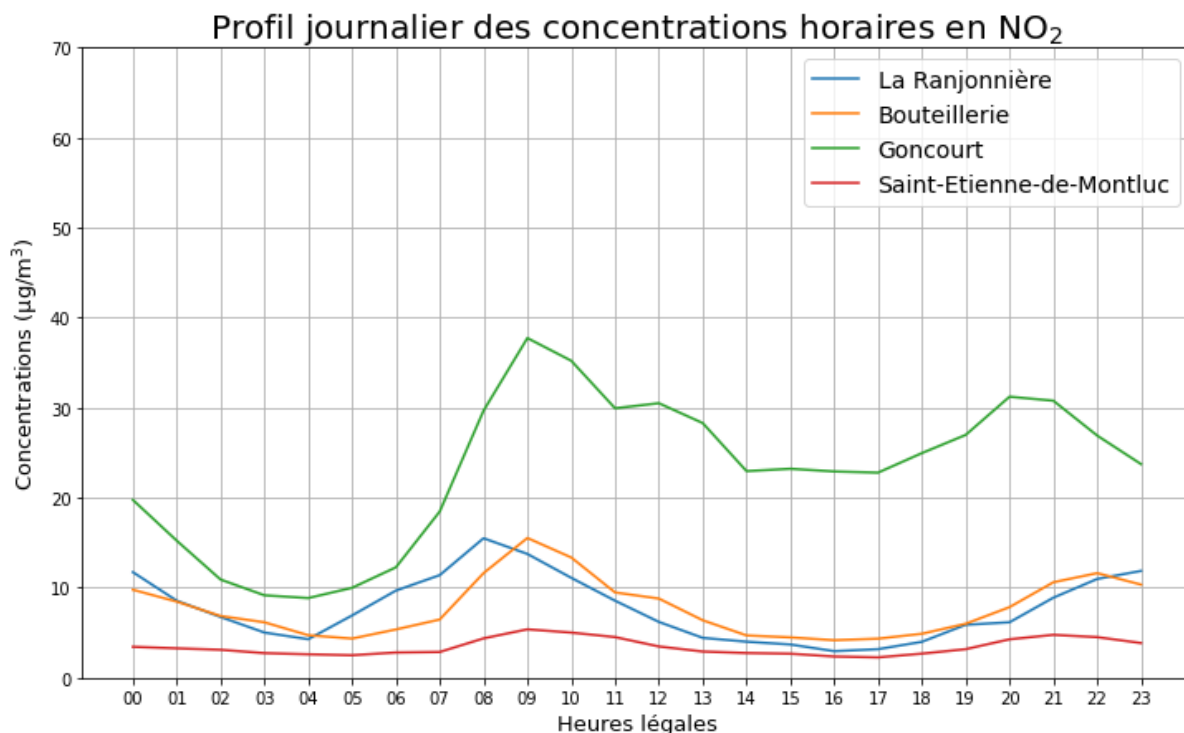


Typologie du site n°13 – confinement de la zone et circulation des véhicules des services de l'aéroport

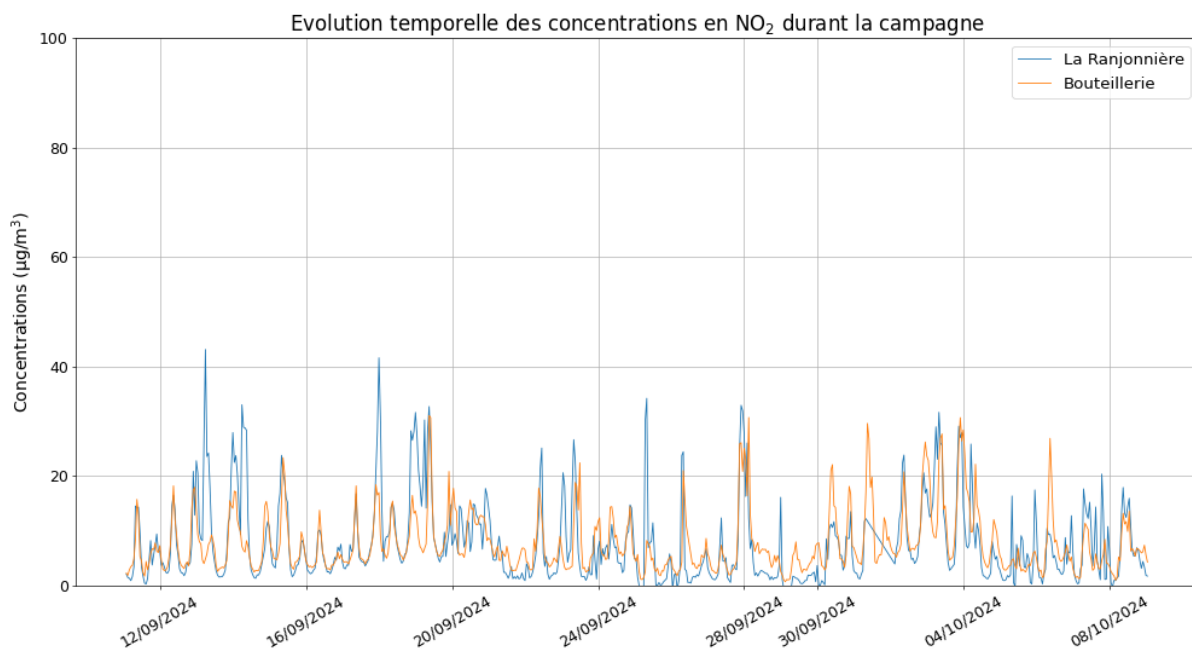
Les concentrations mesurées au sein même de la plateforme aéroportuaire mettent en évidence un impact des activités de celle-ci sur les concentrations mesurées sur les sites 11, 12, 13, 14, 15 et 16. Cependant, on ne remarque pas d'influence des activités de la plateforme sur les prélèvements par tube ayant eu lieu dans son environnement (sites à l'extérieur de la plateforme).

Mesures par analyseurs automatiques

L'analyseur automatique situé ferme de la Ranjonnière, à 500 m au nord de la piste, fournit une vision plus détaillée dans le temps mais plus localisée. Le graphique ci-dessous montre l'évolution temporelle moyenne des concentrations sur une journée type, à la ferme de la Ranjonnière, et sur trois sites non-influencés, le cimetière de la Bouteillerie à Nantes (site urbain), boulevard des Frères de Goncourt à Nantes (site de proximité trafic) et le site de Saint-Etienne-de-Montluc (station industrielle).



Le profil journalier des concentrations horaires à la ferme de la Ranjonnière, montre une évolution des concentrations proche de celle du cimetière de la Bouteillerie, mais des niveaux inférieurs, avec deux élévations dans la journée, le matin et le soir. Elles sont essentiellement attribuées au trafic routier lié aux trajets domicile-travail. Les concentrations mesurées au boulevard des Frères de Goncourt sont sensiblement plus élevées du fait de la proximité de la station au trafic automobile.



L'évolution temporelle des concentrations sur l'ensemble de la période d'étude montre que les concentrations mesurées à la ferme de la Ranjonnière sont bien corrélées avec celles mesurées à la station urbaine du cimetière de la Bouteillerie.

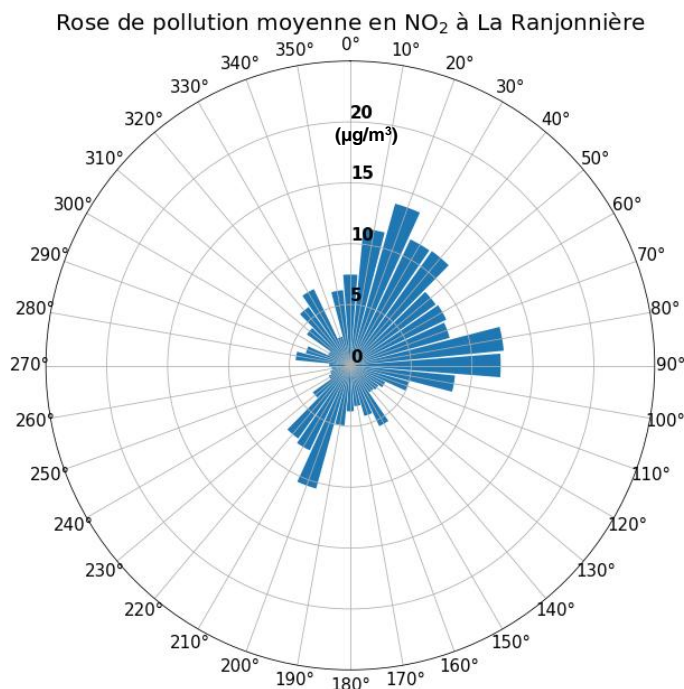
Néanmoins, plusieurs élévations de concentrations ont été constatées spécifiquement sur le site de la Ranjonnière, notamment le 14/09 à 6h, de l'ordre de 43 µg/m³, le 19/09 à 00h de 42 µg/m³, et le 26/09 à 08h de 34 µg/m³ en moyenne horaire.

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes, médianes, minimums et maximums mesurées sur les différentes stations :

Mesures du 12/09 au 09/10/2024	Ferme de la Ranjonnière	Cimetière de la Bouteillerie	Saint-Etienne-de-Montluc	Goncourt
Médiane	5,3 µg/m ³	5,9 µg/m ³	2,9 µg/m ³	18,7 µg/m ³
Moyenne	7,7 µg/m ³	7,8 µg/m ³	3,4 µg/m ³	23,0 µg/m ³
Minimum horaire	< LD *	0,7 µg/m ³	0,2 µg/m ³	1,5 µg/m ³
Maximum horaire	43,1 µg/m ³	31,0 µg/m ³	13,0 µg/m ³	78,5 µg/m ³

* : limite de détection

Les niveaux de concentrations mesurés à la ferme de la Ranjonnière sont représentatifs d'une zone urbaine.



La rose de pollution des concentrations moyennes de dioxyde d'azote indique que les niveaux augmentent principalement par vents de nord-est, et de sud-ouest. L'élévation par vents de nord-est s'explique par la présence du périphérique et de l'agglomération nantaise, et n'est donc pas attribuée à la plateforme aéroportuaire.

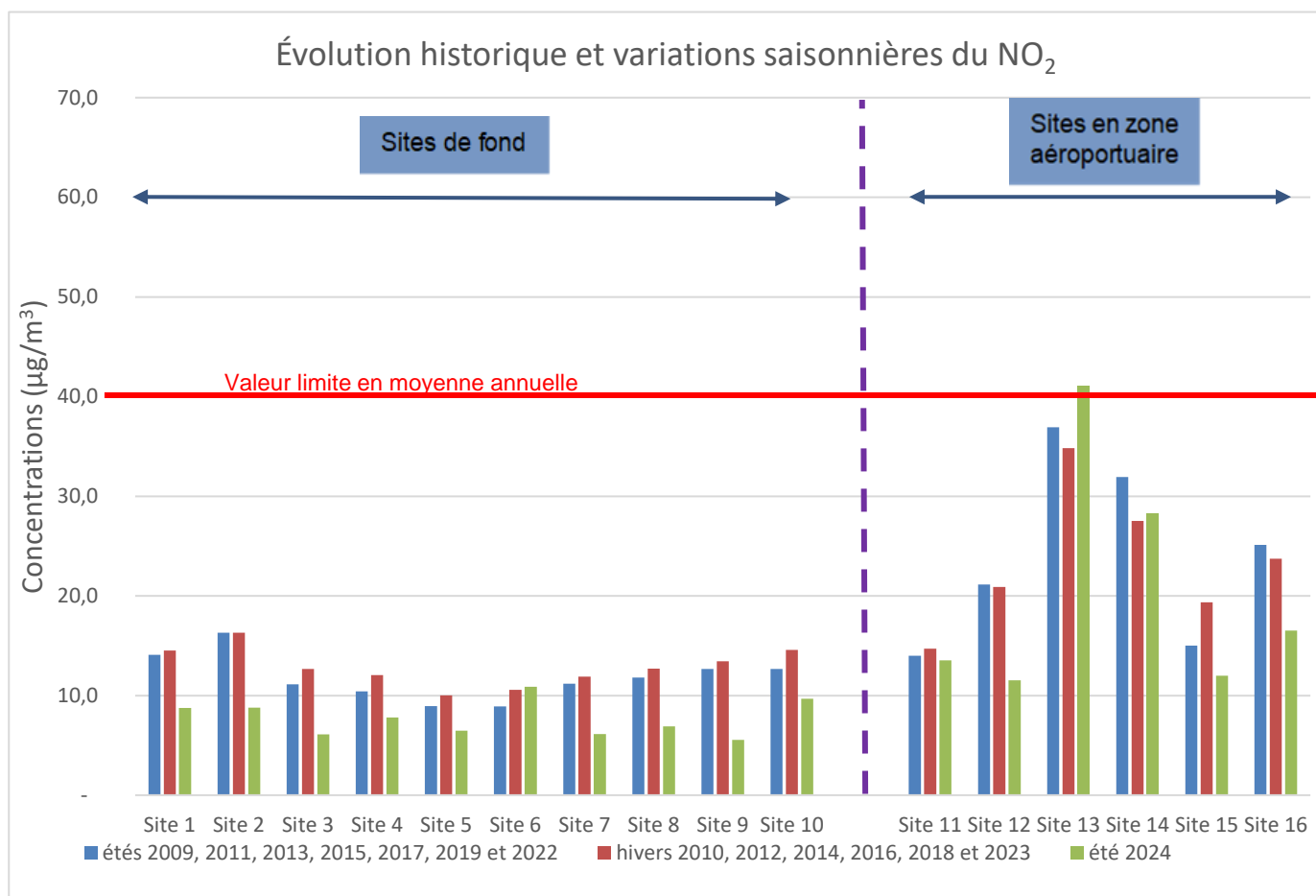
Les directions de vent provenant de la plateforme aéroportuaire (200°N à 220°N) ont un impact sur les concentrations en NO₂. 10 élévations ont été recensées dans ces directions durant la campagne de mesure. Ces élévations, d'une durée d'une à deux heures, ont atteint les 34 µg/m³ en moyenne horaire. Une influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en NO₂ est possible. Notons que des travaux d'enrobée ont eu lieu durant la campagne, pouvant mener à des élévations des concentrations en NO₂.

Respect des seuils réglementaires

Les mesures automatiques ne dépassent pas le seuil de déclenchement de la procédure d'information et de recommandation fixé à 200 µg/m³ en moyenne horaire (maximum horaire mesurée à la ferme de la Ranjonnière : 43,1 µg/m³), ni la valeur guide de l'OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière (max journalier de 15,8 µg/m³ enregistré le 04/10/2024).

Évolution historique et variations saisonnières

Les mesures par tubes à diffusion passive des différents sites de prélèvement sont mises en perspective avec la moyenne des mesures des années précédentes, selon la saison.



De même qu'en 2023, les mesures de 2024 sont inférieures aux campagnes estivales précédentes, avec des concentrations en site de fond en moyenne 33 % plus faibles.

Trois des six sites au sein de la plateforme sont également en baisse par rapport aux années précédentes, avec des concentrations en moyenne 33 % plus faibles que les campagnes estivales passées sur les sites 12, 15 et 16. On remarque cependant que les sites 11 et 14 sont de même ordre que les années précédentes, tandis que le site 13 est supérieur aux années précédentes (+11 %), avec une concentrations moyenne dépassant les 40 µg/m³ sur le mois de la campagne, du fait de la valeur relevée en première période.

Le benzène

?

Le benzène (C₆H₆) est l'un des composés les plus nocifs de la famille des Composés Organiques Volatils (COV). En air extérieur, le benzène est une substance émise naturellement par les volcans et les feux de forêts. Les émissions de benzène proviennent principalement de la combustion du bois dans les petits équipements domestiques et du trafic routier.

🕒

Les niveaux sont les plus élevés en période hivernale froide pour les milieux urbain et périurbain, ou selon les rejets industriels.

📍

Les zones les plus concernées se situent à proximité des axes routiers et des zones à forte densité de population.

🧪

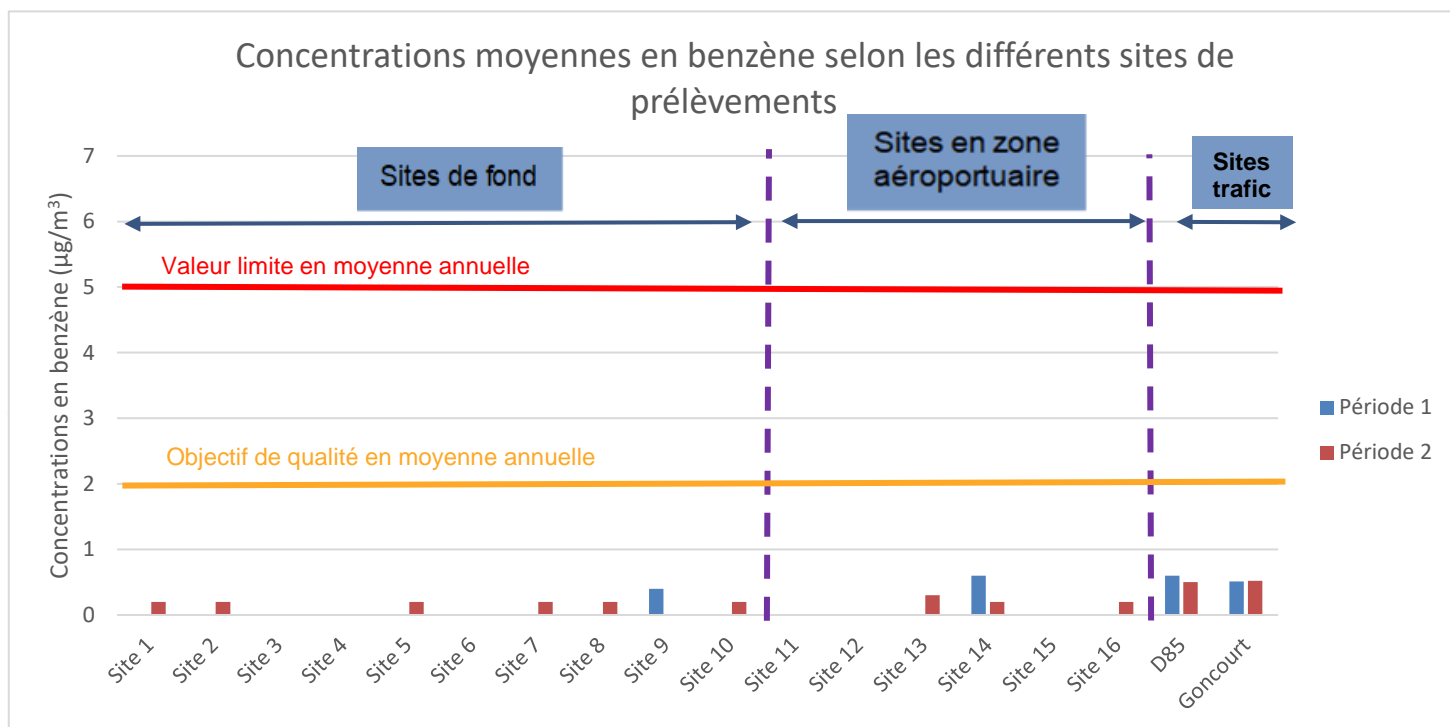
Le benzène est connu pour ses effets mutagènes et cancérogènes.

🌳

De manière générale, les COV jouent un rôle majeur dans les mécanismes complexes de formation de l'ozone dans la basse atmosphère (troposphère). Ils interviennent également dans les processus conduisant à la formation des gaz à effet de serre.

Le benzène est un composé organique volatil caractéristique des hydrocarbures, il est suivi en continu et toute l'année sur la station de trafic Goncourt à Nantes ou plus ponctuellement lors de campagnes autour de la raffinerie de Donges. Le dispositif mis en œuvre est constitué de tubes à diffusion situés aux mêmes endroits que les tubes de suivi du dioxyde d'azote.

Le graphique ci-dessous présente les niveaux relevés lors de la campagne 2024. Le laboratoire a rencontré un problème lors de l'analyse des échantillons. Cela a mené à la perte des deux tiers des prélèvements en benzène, dont une majorité en première période.



Seuls trois sites possèdent des résultats d'analyse en première période. Il n'est donc pas possible de conclure sur les deux premières semaines de la campagne.

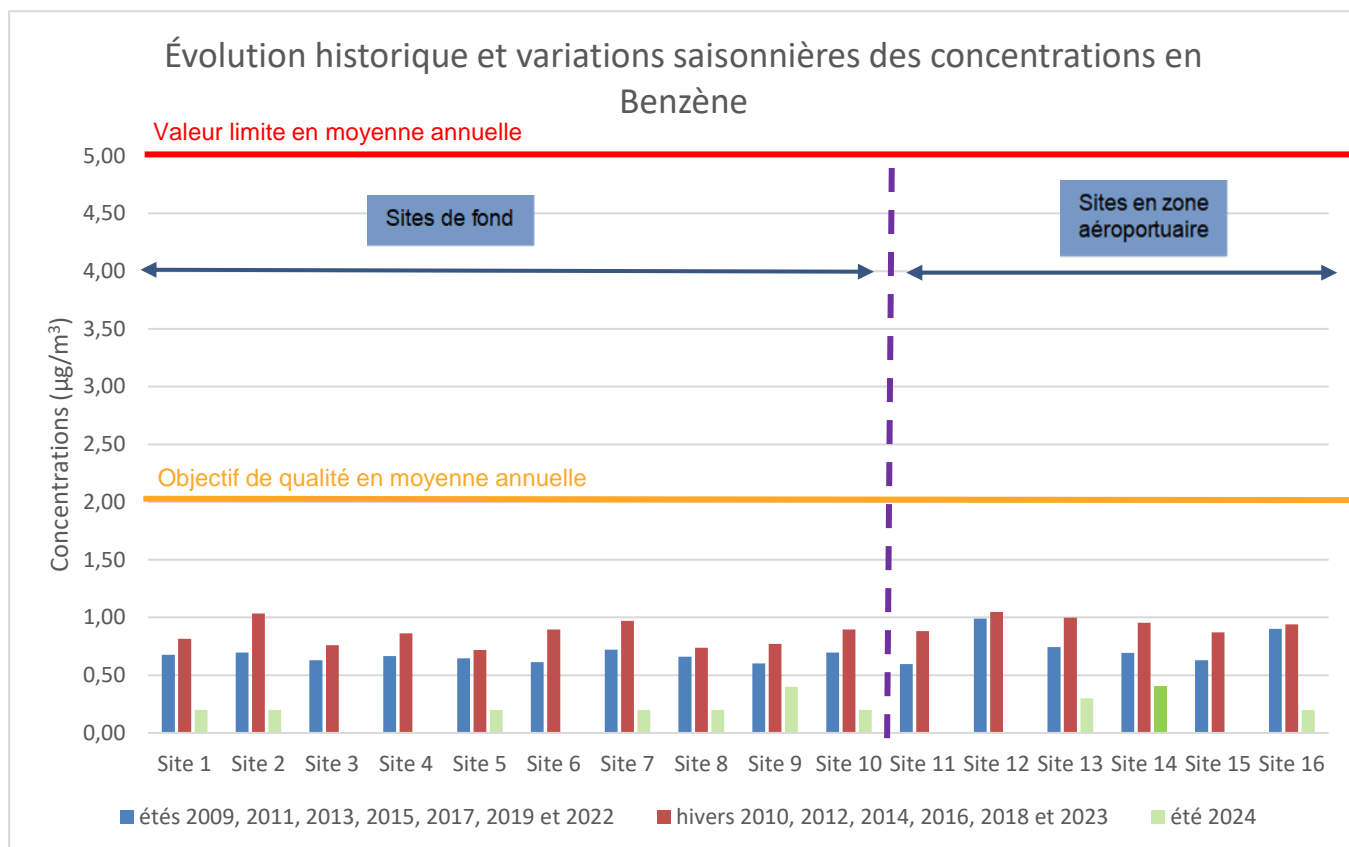
Durant la seconde quinzaine en revanche, 6 des 10 sites de fond possèdent des valeurs. Celles-ci sont homogènes et faibles, de l'ordre de 0,2 µg/m³, et sont 60 % plus faibles en milieu de trafic.

Les prélèvements en zone aéroportuaire (3 des 6 sites) sont également homogènes (entre 0,2 et 0,3 µg/m³) et faibles en seconde période, demeurant inférieurs d'environ 50 % aux concentrations relevées en milieu de trafic routier (environ 0,5 µg/m³).

L'analyse des prélèvements du site n°12 (zone d'avitaillement en kérozène) n'ont malheureusement pas abouti.

Évolution historique et variations saisonnières

De la même manière que pour le NO₂, les concentrations moyennes en benzène relevées sur les différents sites de prélèvement sont mises en perspective avec celles relevées lors des campagnes précédentes :



Les comparaisons avec les mesures des années précédentes sont à mener avec précaution car les résultats de cette année sont des moyennes sur deux semaines (excepté pour le site n°14), où les conditions météorologiques étaient particulièrement dispersives. On remarque ainsi que les concentrations en benzène relevées durant les deux dernières semaines de la campagne estivale de 2024 sont près de 66 % plus faibles que la moyennes des campagnes estivales précédentes.

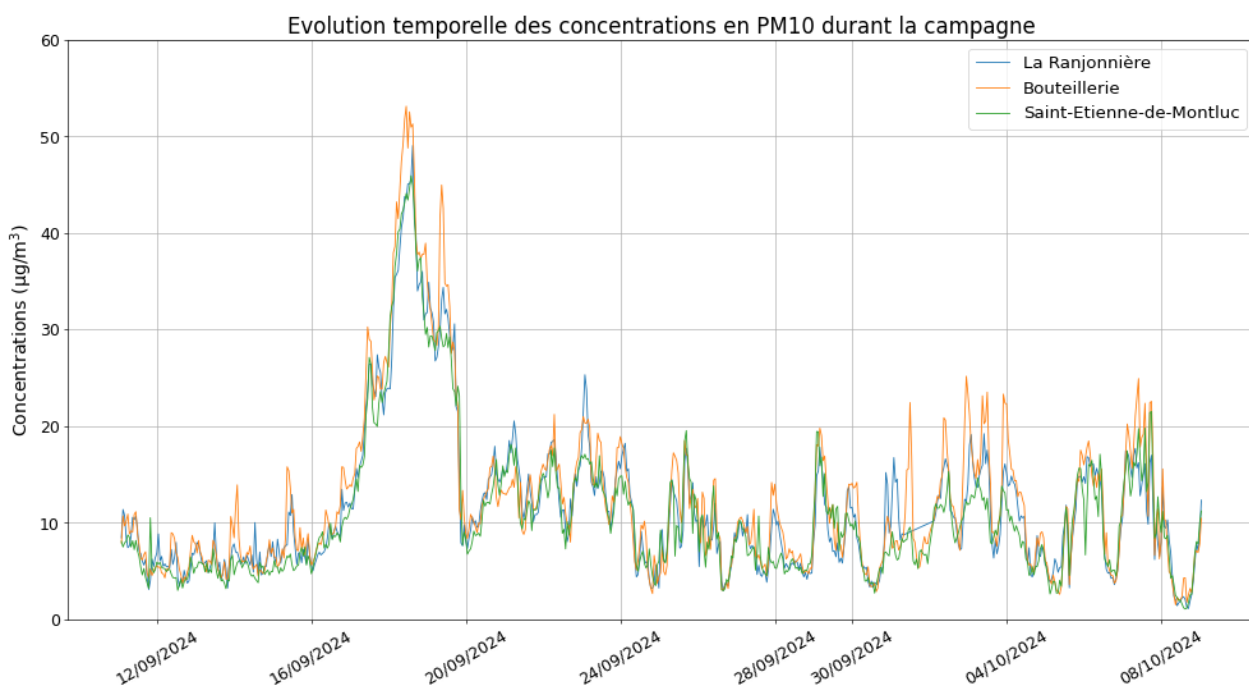
Les autres polluants suivis

Le laboratoire mobile installé à la ferme de la Ranjonnière a également suivi, pendant la durée de la campagne, les niveaux de particules PM₁₀, de particules PM_{2.5}, d'ozone (O₃), de monoxyde de carbone (CO), de carbone suie (BC), et de dioxyde de soufre (SO₂). Ces niveaux sont comparés aux niveaux relevés en centre-ville et sur les stations périurbaines du réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire.

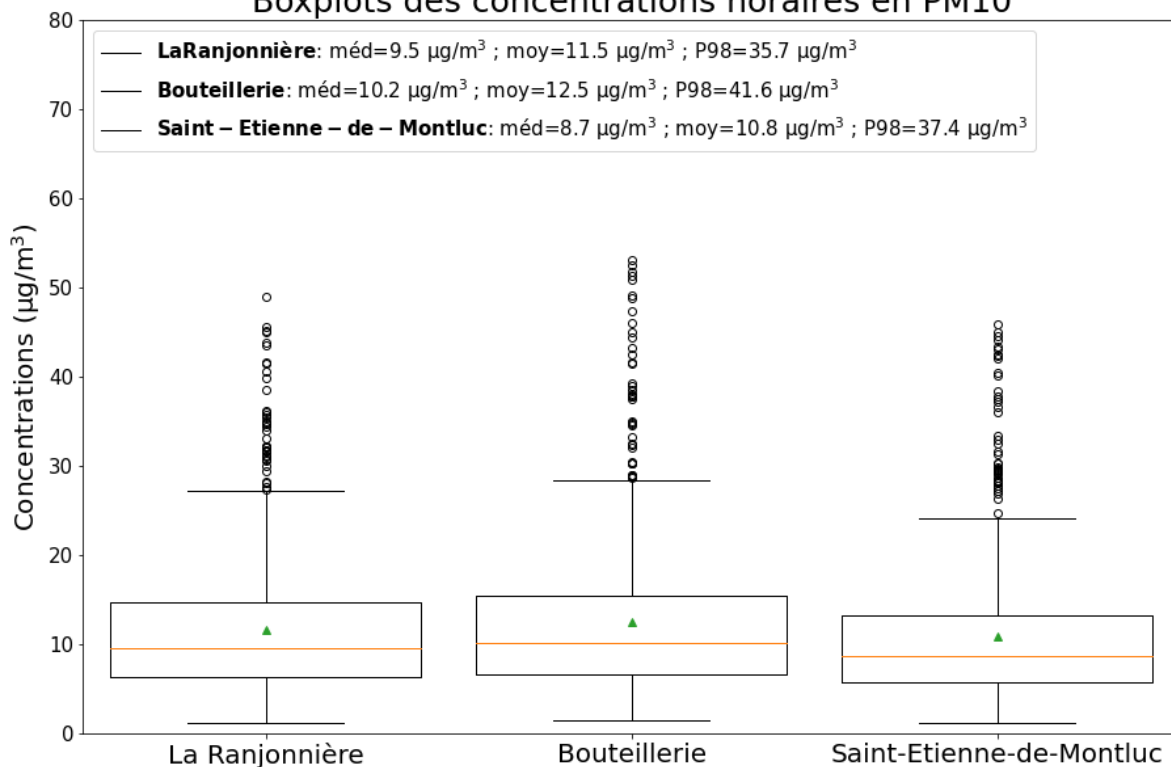
Les particules PM10

 <p>Les particules fines PM10 et PM2,5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10µm et 2,5µm, elles sont de nature variée, naturelles ou d'origine humaine. Les PM10 proviennent principalement de l'agriculture, du chauffage au bois, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2,5 sont essentiellement liées aux transports routiers, au chauffage au bois et à l'agriculture.</p>	 <p>Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.</p>	 <p>Les phénomènes sont généralement de grande envergure (échelle régionale ou nationale). La pollution produite localement s'ajoute alors à une pollution importée d'autres régions.</p>	 <p>Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.</p>	 <p>Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes les plus évidentes. Certaines particules fines, appelées « carbone suie », contribueraient au réchauffement climatique.</p>
---	---	--	--	--

L'évolution temporelle des concentrations horaires en PM10 mesurées à la ferme de la Ranjonnière, en zone urbaine au cimetière de la Bouteillerie ainsi qu'à Saint-Etienne-de-Montluc est présentée ci-dessous :



Boxplots des concentrations horaires en PM10

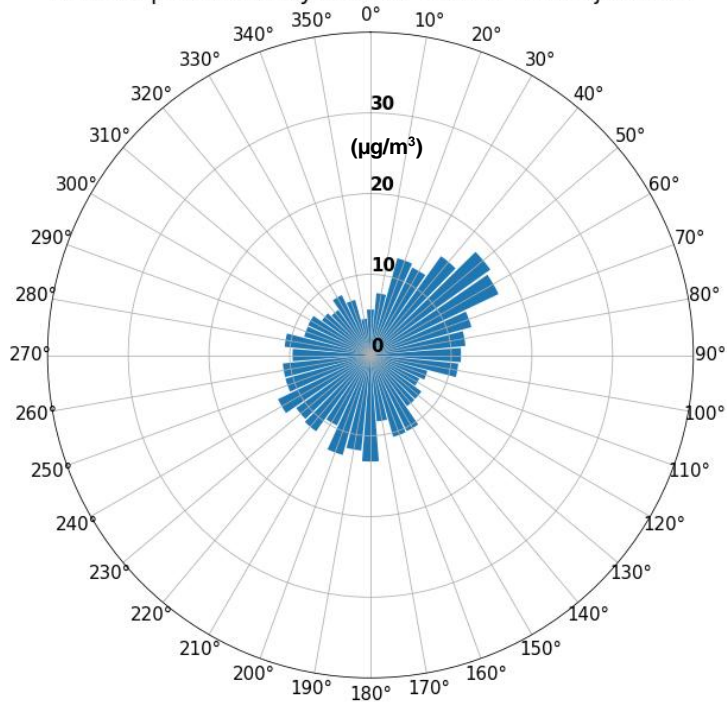


Mesures du 12/09 au 09/10/2024	Ferme de la Ranjonnière	Cimetière de la Bouteillerie	Saint-Etienne-de-Montluc
Moyenne	11,5 µg/m ³	12,5 µg/m ³	10,8 µg/m ³
Médiane	9,5 µg/m ³	10,2 µg/m ³	8,7 µg/m ³
Minimum horaire	1,1 µg/m ³	1,5 µg/m ³	1.1 µg/m ³
Maximum horaire	49,0 µg/m ³	53,1 µg/m ³	45,9 µg/m ³

On constate une très bonne corrélation des concentrations mesurées à la ferme de la Ranjonnière avec celles mesurées en zone urbaine au cimetière de la Bouteillerie ainsi qu'à Saint-Etienne-de-Montluc, indiquant que les variations des concentrations sont d'ampleur régionales et non locales.

La moyenne des concentrations est supérieure à celle mesurée en station rurale mais inférieure à celle mesurée en station urbaine du cimetière de la Bouteillerie. Elle est représentative d'une situation périurbaine.

Rose de pollution moyenne en PM10 à La Ranjonnière



On constate sur la rose de pollution, une provenance des concentrations moyennes les plus élevées par vents de nord-est. Ces élévations sont également présentes sur les roses de pollution du cimetière de la Bouteillerie et de Saint-Etienne-de-Montluc (cf. annexe 1.2) et ne sont donc pas propres au site de la ferme de la Ranjonnière mais sont plutôt attribuées à des influences régionales.

Aucune augmentation significative des concentrations n'a été relevée par vents provenant de la plateforme aéroportuaire.

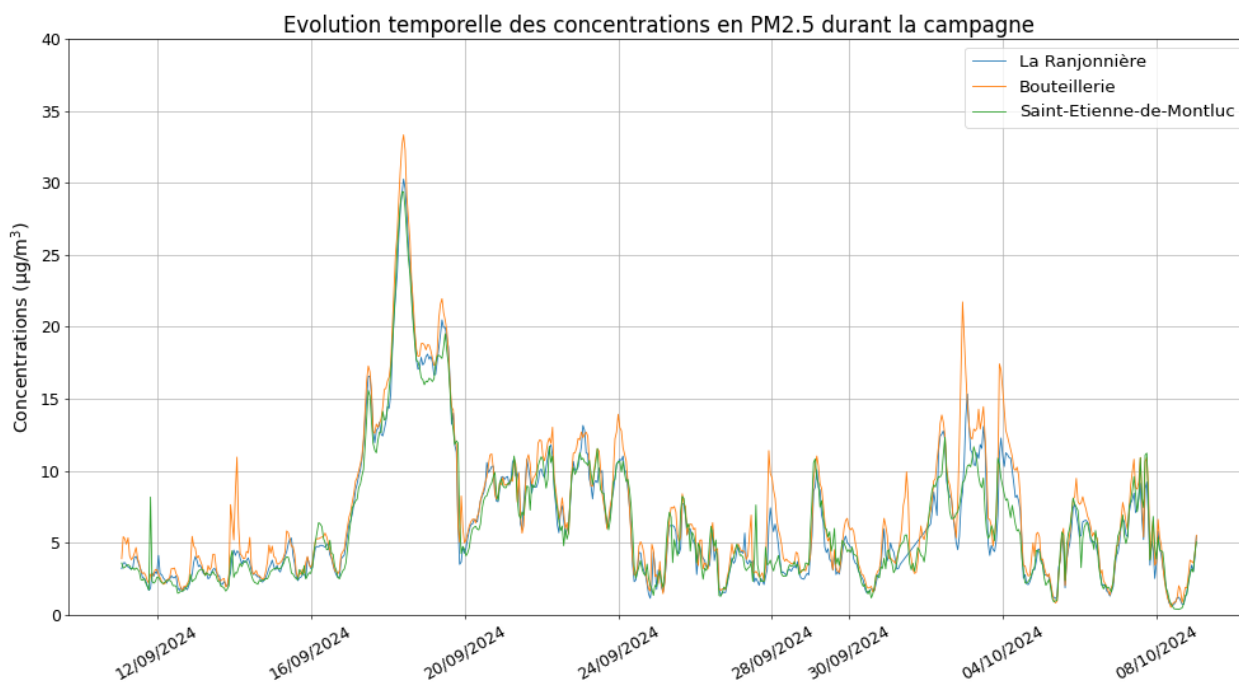
Ainsi, aucune influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en PM10 n'a pu être mise en avant.

Respect des seuils réglementaires

Le seuil d'information et de recommandation de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière (et à fortiori, la valeur guide de l'OMS de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) a bien été respecté durant la campagne, avec une moyenne journalière maximum de $38,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enregistré le 19/09/2024.

Les particules PM2.5

L'évolution temporelle des concentrations en PM2.5 sur les sites de la ferme de la Ranjonnière, de Bouteillerie et de Goncourt est présentée ci-dessous :

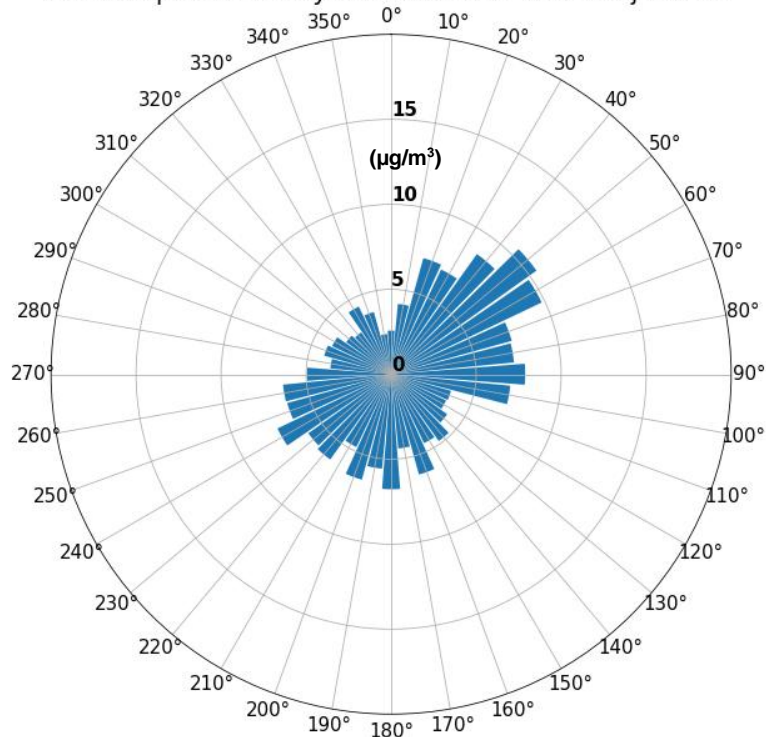


Mesures du 12/09 au 09/10/2024	Ferme de la Ranjonnière	Cimetière de la Bouteillerie	Saint-Etienne de Montluc
Moyenne	6,4 µg/m ³	7,1 µg/m ³	6,2 µg/m ³
Médiane	4,6 µg/m ³	5,5 µg/m ³	4,7 µg/m ³
Minimum horaire	0,6 µg/m ³	0,5 µg/m ³	0,4 µg/m ³
Maximum horaire	30,2 µg/m ³	33,3 µg/m ³	29,4 µg/m ³

On remarque une très bonne corrélation entre les mesures de PM2.5 à la Ranjonnière et à Bouteillerie, ainsi qu'à Saint-Etienne-de-Montluc (site rural), indiquant que les évolutions des concentrations sont d'origines régionales plutôt que locales. Les niveaux relevés à la ferme de la Ranjonnière sont par ailleurs de même ordre qu'en station rurale.

Aucune élévation des concentrations en PM2.5 propre au site de la Ranjonnière n'a été relevé.

Rose de pollution moyenne en PM2.5 à La Ranjonnière



La rose de pollution moyenne en PM2.5 indique une concentration moyenne plus élevée par vents de nord-est et de sud-ouest. Ces directions ressortent également de manière similaire sur les sites de la Bouteillerie et de Saint-Etienne-de-Montluc (cf. annexe 1.3).

Ainsi, il n'a pas été constaté d'influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en PM2.5 mesurées à la ferme de la Ranjonnière.

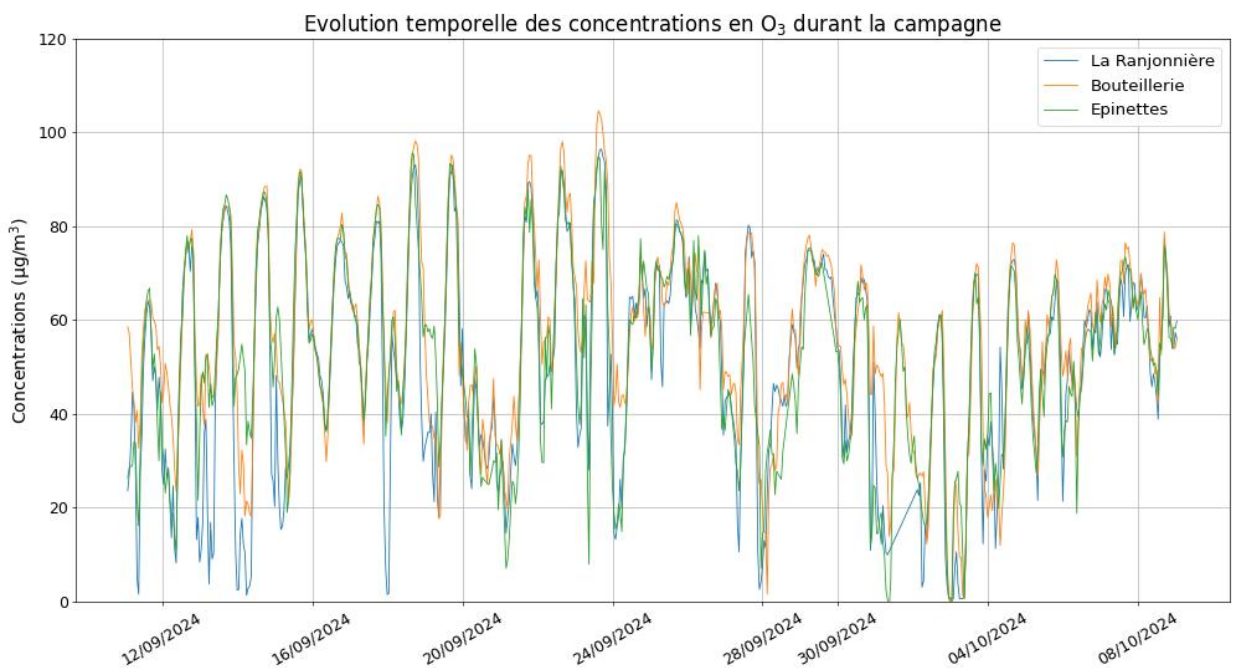
Respect des seuils réglementaires

La valeur guide de l'OMS de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière a été dépassé une fois durant la campagne, avec une moyenne journalière maximum de $22,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enregistré le 19/09/2024. Il en va de même pour les deux autres sites hors influence de la plateforme aéroportuaire. Il s'agissait d'un épisode touchant le nord de la France (cf. annexe 3.1 : modélisation des concentrations en PM2.5 du 19/09/2024 en métropole), en lien avec l'import d'une masse d'air chargée en particules provenant d'Europe de l'est (cf. annexe 3.2 : rétrotrajectoires de la masse d'air du 19/09/2024).

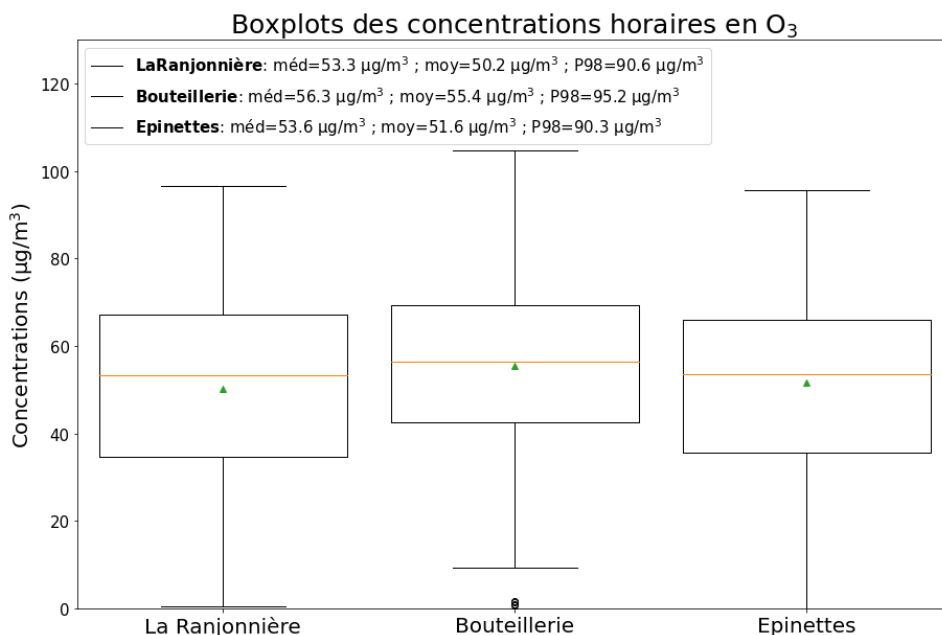
L'ozone (O₃)

<p>?</p> <p>La basse atmosphère contient naturellement peu d'ozone. Toutefois, en atmosphère polluée ce gaz se forme par réaction chimique entre gaz précurseurs (en particulier NO_x et COVNM). Ces réactions sont amplifiées par les rayonnements solaires ultraviolets.</p>	<p>🕒</p> <p>Les niveaux moyens en ozone sont les plus élevés au printemps (avril à juin) et les niveaux de pointe sont maximaux en période estivale (juillet et août). Les concentrations sont minimales en début de matinée et maximales en fin d'après-midi.</p>	<p>📍</p> <p>Les concentrations restent faibles près des axes de circulation où certains gaz d'échappement détruisent l'ozone. Il peut présenter des niveaux élevés en milieu urbain éloigné des axes routiers, dans les quartiers périurbains et en zone rurale. Les zones littorales présentent des niveaux nocturnes et matinaux plus élevés.</p>	<p>👤</p> <p>L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires. Ses effets sont très variables selon les individus.</p>	<p>🌳</p> <p>L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (rendement des cultures...) et sur certains matériaux (caoutchouc...). Il contribue également à l'effet de serre.</p>
---	---	--	--	---

Alors que les particules fines sont un polluant d'hiver, l'ozone est particulièrement présent l'été puisqu'il n'est pas émis directement dans l'atmosphère mais il y est produit en présence d'oxydes d'azote, de COV et de rayonnement solaire.



On constate une bonne corrélation des concentrations d'ozone mesurées sur les différents sites lors de la campagne.



Les niveaux de concentrations en ozone à la ferme de la Ranjonnière sont similaires aux niveaux relevés en milieux périurbain et urbain.

Mesures du 12/09 au 09/10/2024	Ferme de la Ranjonnière	Cimetière de la Bouteillerie	Epinettes
Moyenne	50,2 µg/m ³	55,4 µg/m ³	51,6 µg/m ³
Médiane	53,3 µg/m ³	56,3 µg/m ³	53,6 µg/m ³
Minimum horaire	0,5 µg/m ³	0 µg/m ³	0 µg/m ³
Maximum horaire	96,4 µg/m ³	104,7 µg/m ³	95,7 µg/m ³

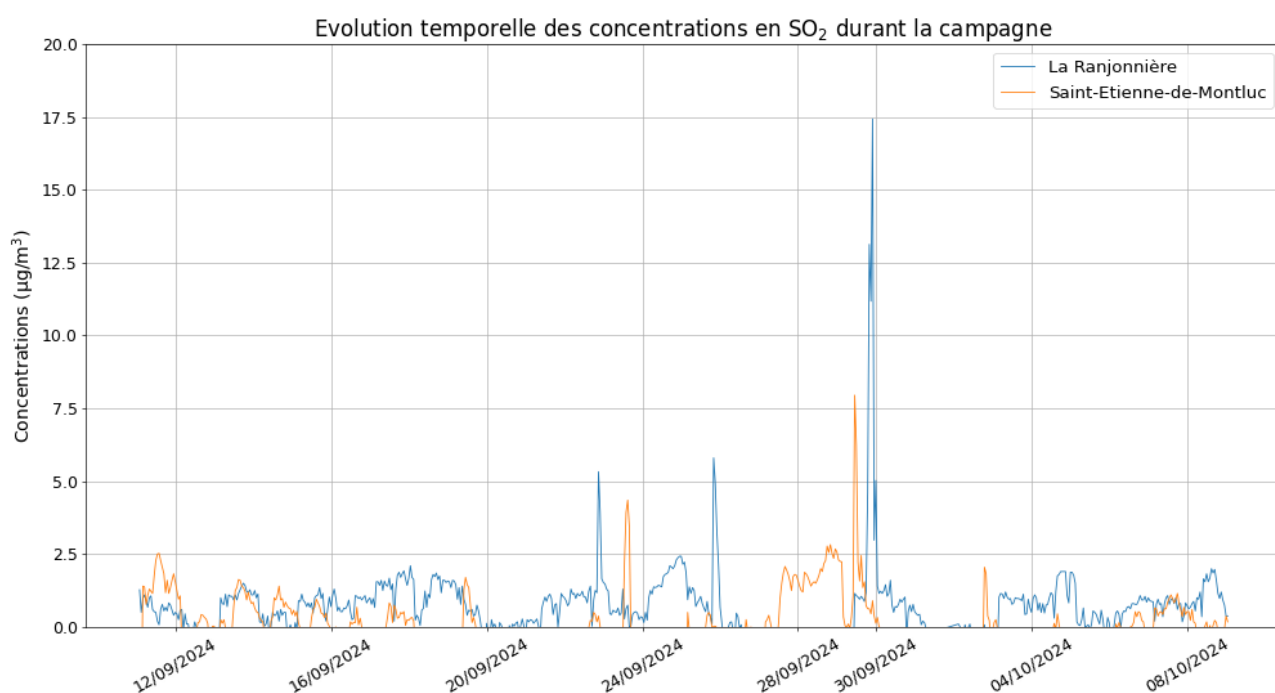
Respect des seuils réglementaires

Le seuil d'information et de recommandation de 180 µg/m³ en moyenne horaire a bien été respecté à la Ranjonnière durant le mois de la campagne, avec un maximum horaire de 96,4 µg/m³ relevé le 24/09/2024 à 17h. La valeur guide de l'OMS en moyenne sur 8h de 100 µg/m³ a également été respectée, avec une moyenne 8-horaire maximale de 93,0 µg/m³ relevé le 24/09/2024 en journée.

Le dioxyde de soufre (SO₂)

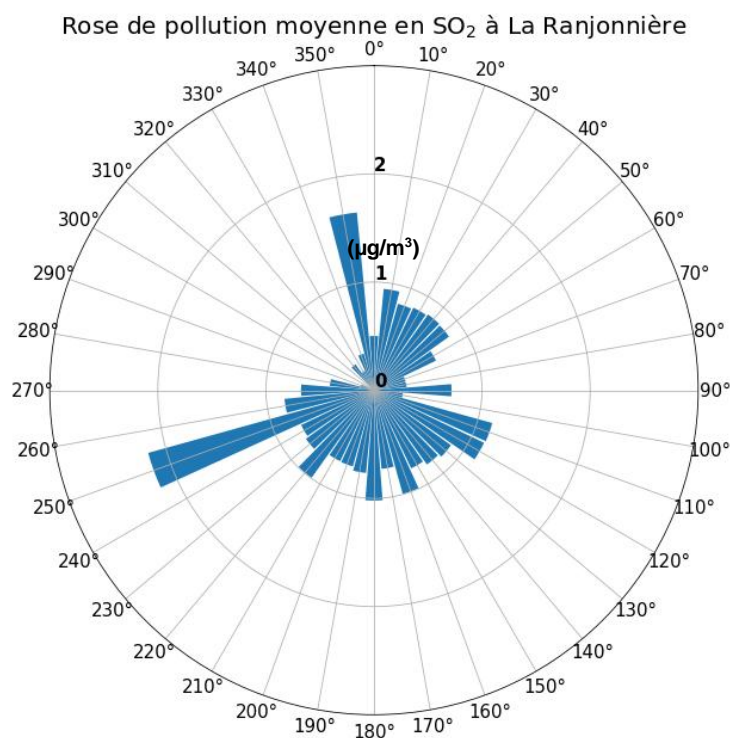
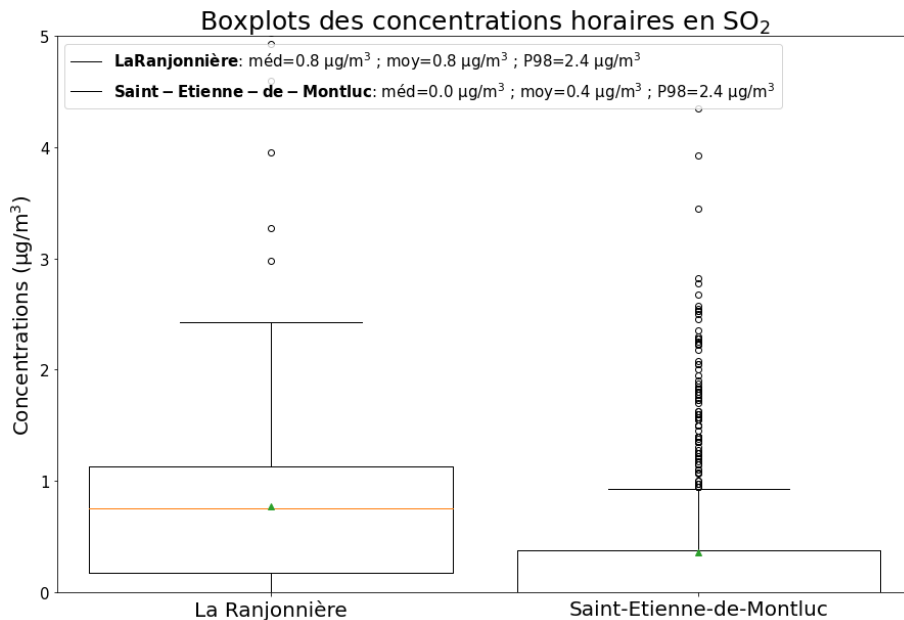
<p>?</p> <p>Le dioxyde de soufre provient généralement de la combinaison des impuretés soufrées des combustibles fossiles avec l'oxygène de l'air, lors de leur combustion. Les procédés de raffinage du pétrole rejettent aussi des produits soufrés. Il existe des sources naturelles de dioxyde de soufre (éruptions volcaniques, feux de forêt).</p>	<p>🕒</p> <p>Ponctuellement, en fonction des émissions industrielles, des phénomènes naturels et de la direction des vents.</p>	<p>📍</p> <p>Les zones sous les vents des établissements industriels émetteurs sont les plus touchées.</p>	<p>👤</p> <p>Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les particules fines.</p>	<p>🌳</p> <p>Le SO₂ se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.</p>
---	---	--	---	--

Le dioxyde de soufre est un polluant associé aux activités industrielles, il est peu présent en zone urbaine et périurbaine mais est suivi en continu en Basse-Loire par le réseau d'Air Pays de la Loire.



L'évolution temporelle des concentrations en SO₂ indique de faibles concentrations sur les deux sites (par comparaison aux 300 µg/m³ du seuil de recommandation et d'information), et souvent proches ou inférieures à la limite de détection.

Une élévation des concentrations atteignant les 17 µg/m³ est remarquée le 30/09/2024 en début de soirée. Cette élévation est associée à des vents de 250°N, et n'est donc pas attribuée à la plateforme aéroportuaire.



Les niveaux restent très faibles et proches de la limite de détection sur les deux sites. Les directions de sud-ouest ne font ressortir aucune influence particulière, hormis l'unique direction 250°N qui se trouve hors influence de la plateforme aéroportuaire.

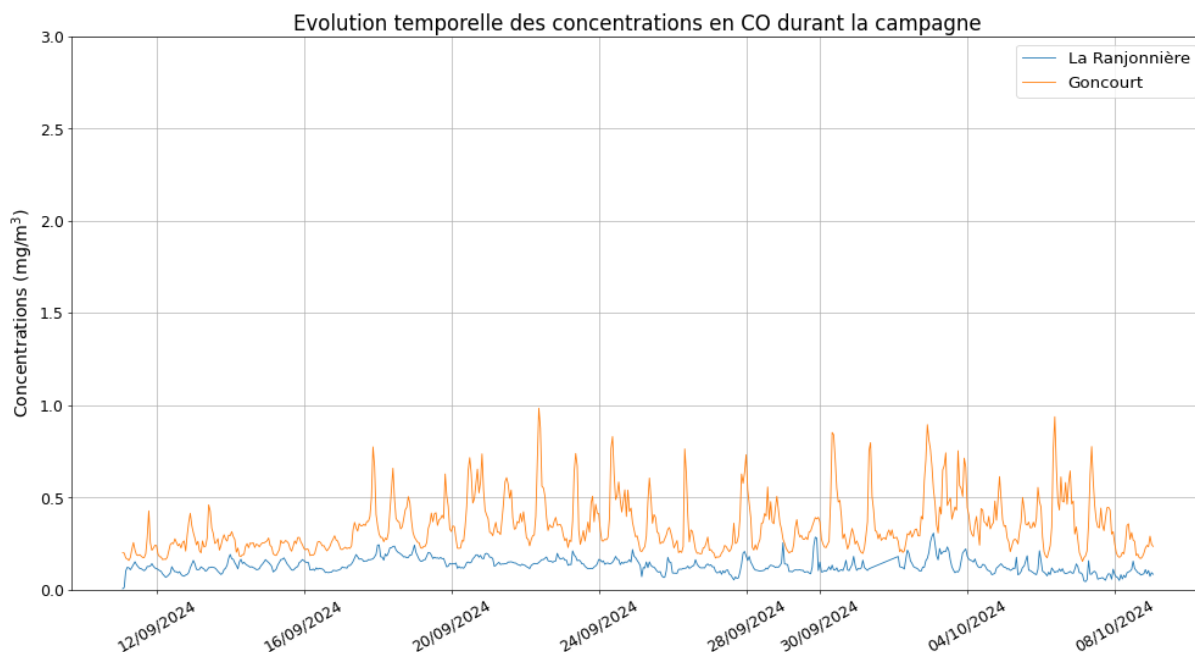
Respect des seuils réglementaires

Le seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m³ en moyenne horaire n'a été dépassé sur aucun des deux sites. La concentration horaire maximale de 17,4 µg/m³ mesurée à la ferme de la Ranjonnière est 17 fois inférieure au seuil d'information et de recommandation pour le SO₂. De même, la valeur guide de l'OMS de 40 µg/m³ en moyenne journalière a été respectée, avec une moyenne journalière maximum de 2,4 µg/m³ relevé le 30/09/2024.

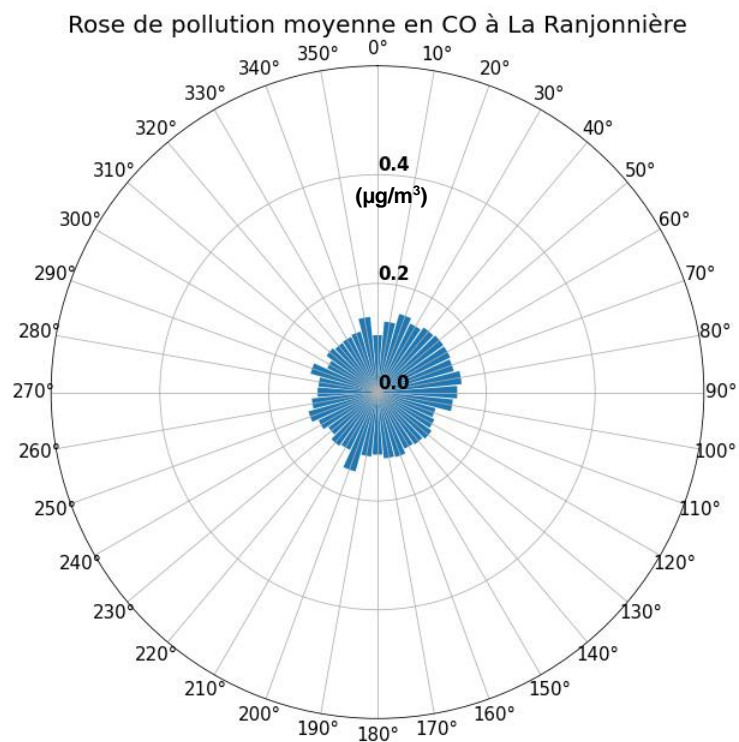
Le monoxyde de carbone (CO)

 <p>Gaz inodore, incolore et inflammable, le CO se forme lors de la combustion incomplète de matières organiques et des produits pétroliers.</p>	 <p>Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand un moteur tourne au ralenti ou en cas d'embouteillage dans des espaces couverts. En cas de mauvais fonctionnement d'un appareil de chauffage domestique, des teneurs élevées en CO peuvent être relevées dans les habitations.</p>	 <p>Les niveaux sont plus élevés à proximité des voies de circulation à fort trafic, dans des espaces couverts. Cela peut également être le cas à l'intérieur d'habitations équipées de système de chauffage défectueux.</p>	 <p>Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang, conduisant à un manque d'oxygénation de l'organisme. Les premiers symptômes sont des maux de tête et des vertiges. Ils s'aggravent avec l'augmentation de sa concentration (nausées, vomissements...) et peuvent aller jusqu'au coma et à la mort.</p>	 <p>Le CO participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone CO₂ et contribue ainsi de manière indirecte à l'effet de serre.</p>
---	---	---	---	--

Le monoxyde de carbone, issu de la combustion incomplète d'hydrocarbures est un polluant surveillé à proximité immédiate du trafic, comme sur le site du boulevard des Frères de Goncourt à Nantes.



L'évolution des concentrations horaires en CO à la ferme de la Ranjonnière et boulevard des Frères de Goncourt indique des concentrations faibles sur les deux sites par comparaison à la valeur limite de 10 mg/m³ en moyenne 8-horaire.



Aucune influence significative de la plateforme aéroportuaire n'a été relevée par vents de sud-ouest, indiquant une absence d'influence de celle-ci sur les concentrations en monoxyde de carbone mesurées à la ferme de la Ranjonnière.

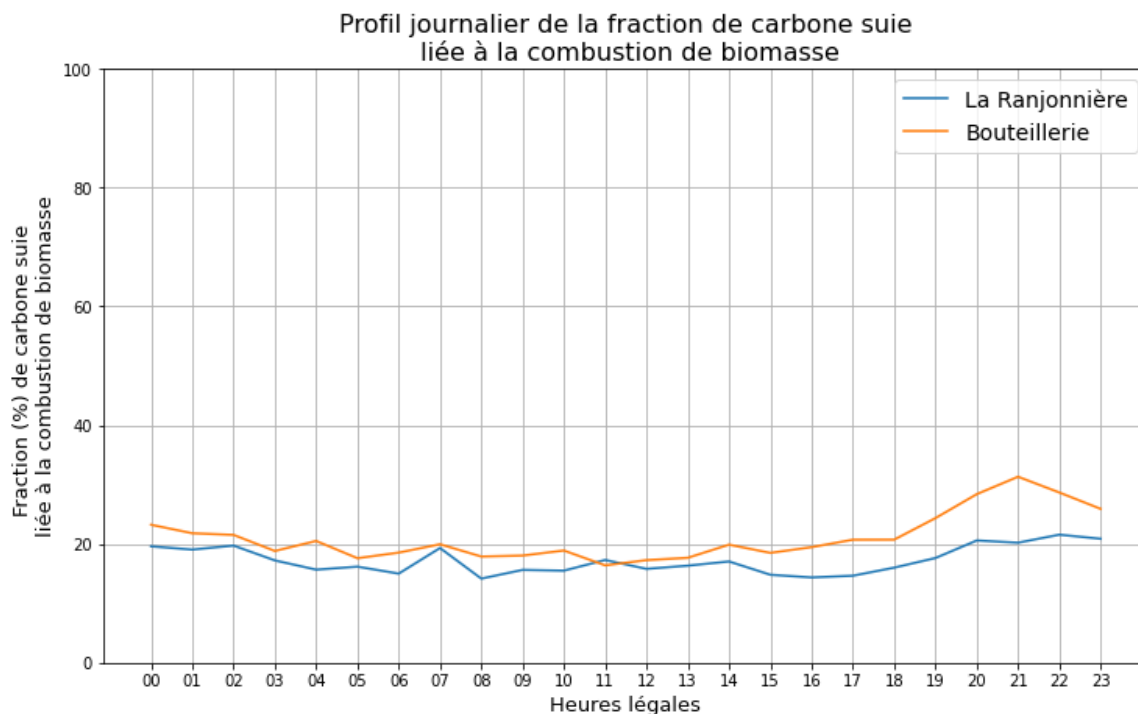
Respect des seuils réglementaires

Les concentrations respectent la valeur limite fixée à 10 mg/m³ en moyenne 8-horaire (maximum 8-horaire à 0,24 mg/m³ relevé la nuit du 04/10/2024). La valeur guide de l'OMS de 4 mg/m³ en moyenne journalière est également respectée, avec un maximum de 0,2 mg/m³ relevé le 19/09/2024.

Le carbone suie (BC)

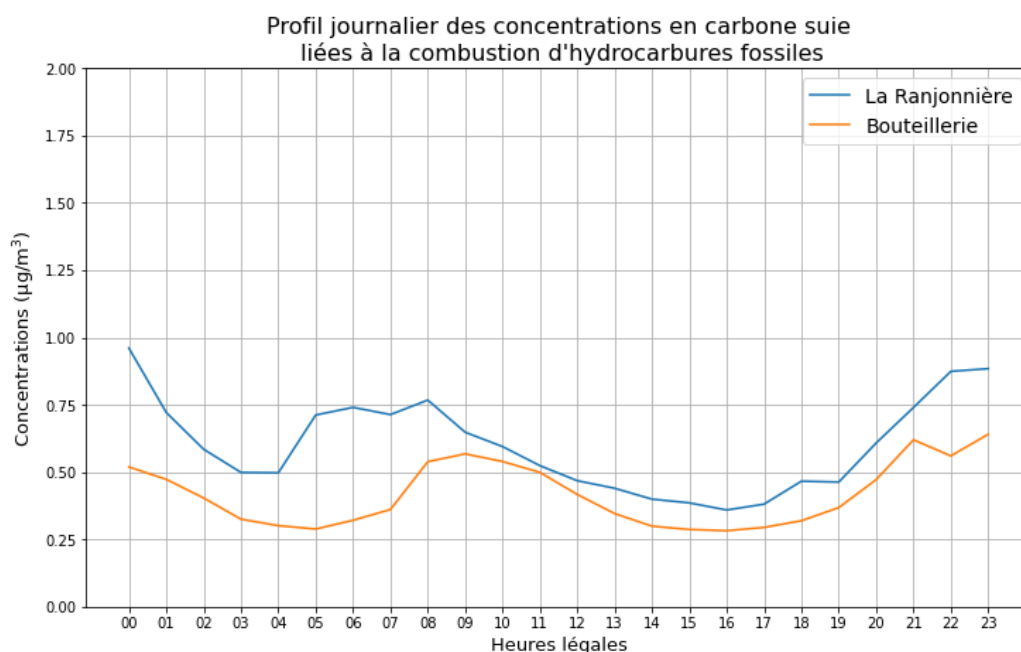
Une analyse du carbone élémentaire a été menée durant la campagne de 2024. Cette analyse permet d'évaluer la contribution de la combustion d'hydrocarbures fossiles ainsi que la contribution de la combustion de biomasse aux concentrations de carbone suie. Une telle distinction peut permettre de conclure sur l'origine de la pollution particulaire issue de processus de combustion.

Les profils journaliers de la fraction de carbone suie issue de la combustion de biomasse, sur les sites de la ferme de la Ranjonnrière et de Bouteillerie, sont présentés ci-dessous :



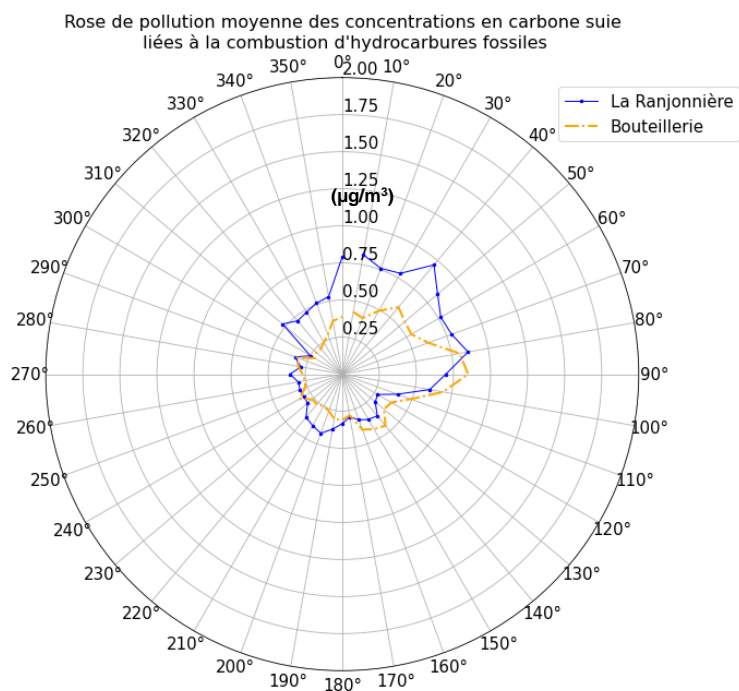
La fraction de carbone suie liée à la combustion de biomasse à la Ranjonnrière, sur la période d'étude, évolue de manière similaire à celle relevée au cimetière de la Bouteillerie. La proportion reste stable à près de 20 % à la Ranjonnrière, tandis qu'elle augmente légèrement en soirée au cimetière de la Bouteillerie.

Les profils journaliers des concentrations en carbone suie liées à la combustion d'hydrocarbures fossiles sur le site de la ferme de la Ranjonnrière et de Bouteillerie sont tracés dans la suite :



On retrouve des concentrations moyennes inférieures à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deux pics de concentrations sont relevés dans la journée, un premier le matin, à partir de 5h à la Ranjonnrière, et à partir de 8h au cimetière de la Bouteillerie, et un second pic le soir, à partir de 19h sur les deux sites.

Afin d'étudier la provenance des suies, la rose de pollution des concentrations de carbone suie liée à la combustion d'hydrocarbures fossiles est présentée ci-dessous :



On ne remarque pas, sur cette rose de pollution, d'influence notable de la plateforme aéroportuaire lorsque le site de la ferme de la Ranjonnrière est sous les vents de celle-ci en revanche, l'influence du périphérique est visible par vents de nord-est.

L'influence de l'aéroport de Nantes-Atlantique sur les concentrations en carbone suie n'a pas été établie.

Conclusions et perspectives

Les mesures réalisées du 12 septembre au 9 octobre 2024 ont montré :

- Autour de la plateforme aéroportuaire :
 - des concentrations en NO₂ de l'ordre de celles relevées en milieu urbain/périurbain,
 - des concentrations en NO₂ 33 % plus faibles que les étés précédents,
 - des concentrations en benzène 60% plus faibles qu'en milieu urbain de trafic, et 65 % plus faibles que les étés précédents,
 - une influence possible de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en NO₂ mesurées par analyseur automatique à la ferme de la Ranjonnière, pouvant être expliquée par des travaux d'enrobée durant la campagne,
 - des concentrations en NO₂ et en benzène ayant une forte probabilité de respecter les valeurs réglementaires.

Les résultats par rapport à la réglementation sont résumés dans le tableau suivant :

Polluants	Niveau du polluant	Situation par rapport aux valeurs réglementaires	Situation par rapport aux valeurs guides (OMS 2021)
NO ₂	Urbain/périurbain	😊	😊
Benzène	Faible	😊	/
PM10	Urbain	😊	😊
PM2.5	Urbain	😊	😞 (non-respect constaté sur l'ensemble des stations de la région, du fait d'une influence régionale, et non locale)
O ₃	Urbain, périurbain	😊	😊
SO ₂	Très faible (souvent proche de la limite de détection)	😊	😊
CO	Très faible (souvent proche de la limite de détection)	😊	😊

😊 : respect des valeurs réglementaires, ou des valeurs guides de l'OMS

😞 : non-respect des valeurs réglementaires, ou des valeurs guides de l'OMS

L'influence de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en carbone suie issue de la combustion d'hydrocarbures n'a pas pu être établie.

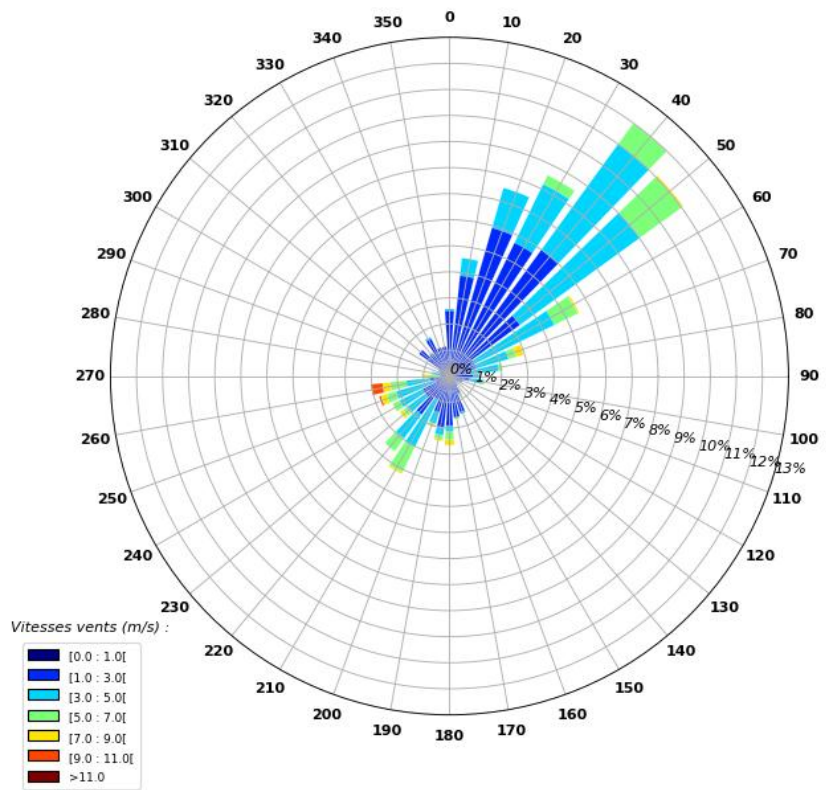
- Au sein de la plateforme aéroportuaire :
 - des concentrations en benzène de même ordre qu'à proximité de la plateforme, et en retrait par rapport aux années précédentes (-66 %),
 - des concentrations en NO₂ sur les sites 11 et 12 et 15 60 % plus élevées qu'en milieu urbain et que dans l'environnement de la plateforme aéroportuaire, de même ordre qu'en milieu de trafic routier pour le site 16, et plus élevées qu'en milieu de trafic routier pour les sites 13, 14 (+ 11 %) du fait de l'environnement renfermé de ces deux sites,
 - des concentrations en NO₂ en retrait par rapport aux années précédentes pour les sites 12, 15 et 16 (-33 %), de même ordre sur les sites 11 et 14, et supérieures sur le site 13 (+ 11 %),
 - des concentrations influencées par les activités de la plateforme aéroportuaire sur l'ensemble des sites au sein de celle-ci pour le NO₂ mais aucune influence n'a été mise en avant pour le benzène sur les sites où l'analyse des prélèvements ont abouti,
 - des concentrations en NO₂ et en benzène ayant une forte probabilité de respecter les valeurs réglementaires.

Annexes

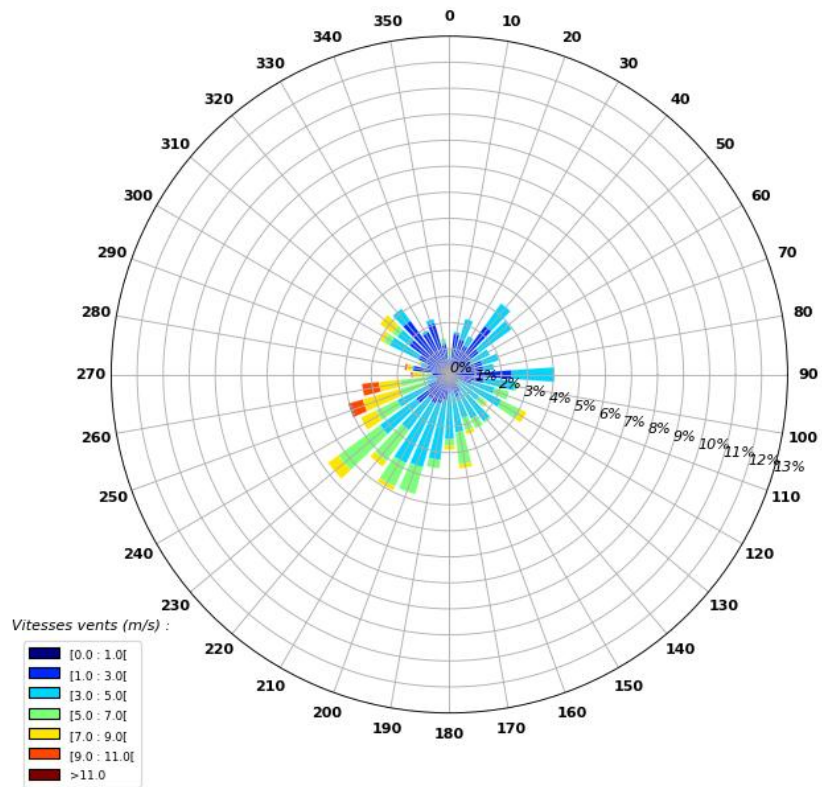
- Annexe 1 : roses des vents
- Annexe 2 : roses de pollution
- Annexe 3 : import d'une masse d'air chargée en particules touchant le nord de la France
- Annexe 4 : Air Pays de la Loire
- Annexe 5 : types des sites de mesure
- Annexe 6 : polluants
- Annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2024

Annexe 1 : roses des vents

**Rose des vents du 12/09/2024 au 26/09/2024
à Nantes-Atlantique**

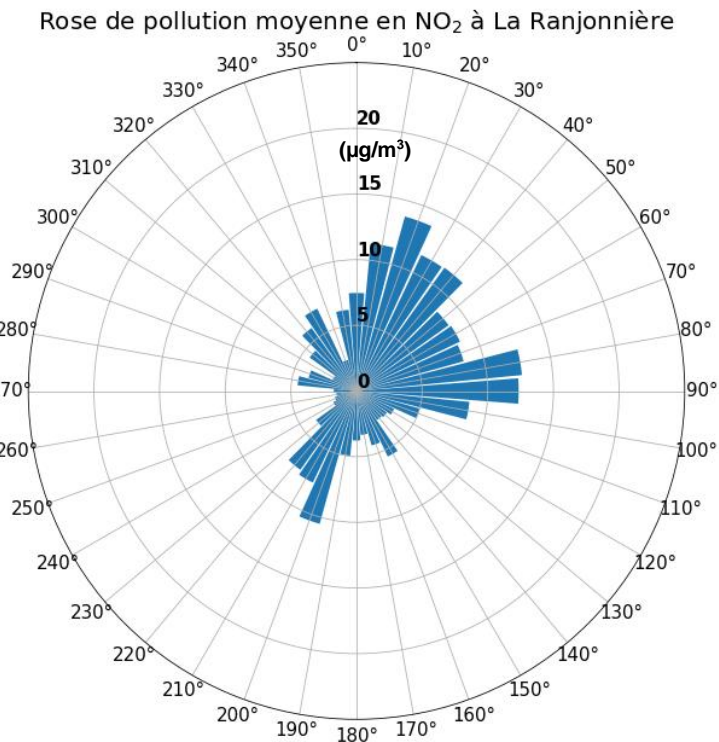
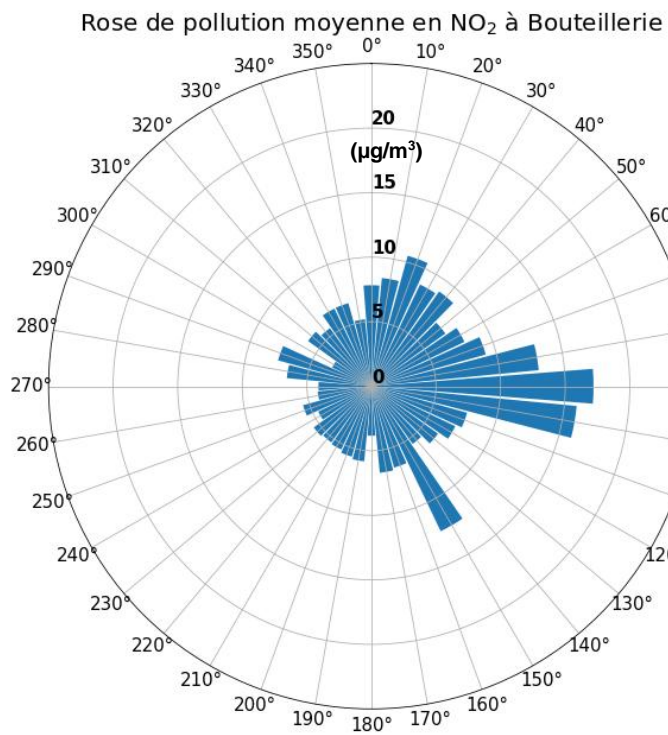


**Rose des vents du 26/09/2024 au 09/10/2024
à Nantes-Atlantique**

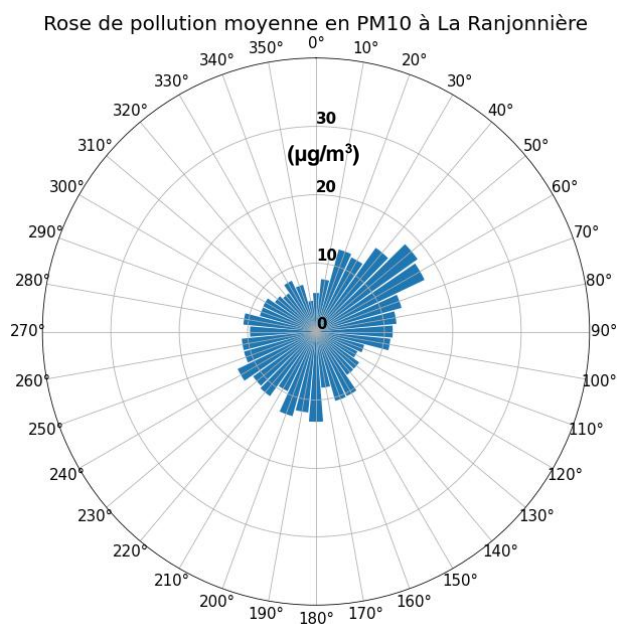
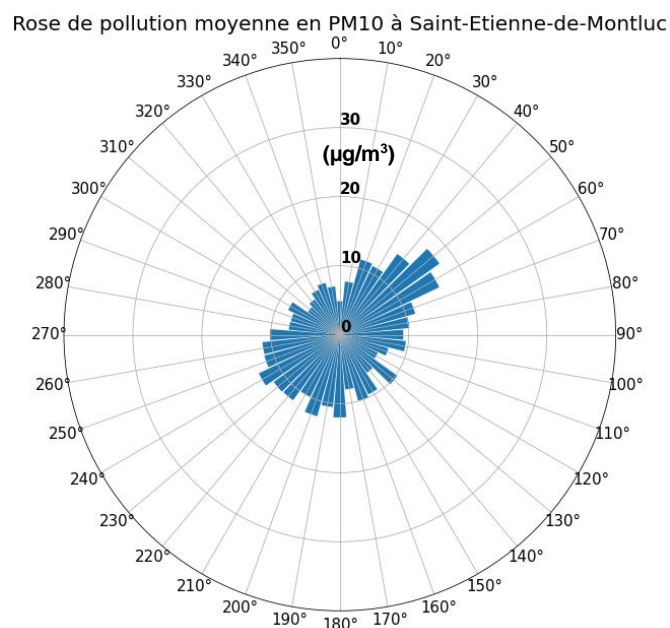
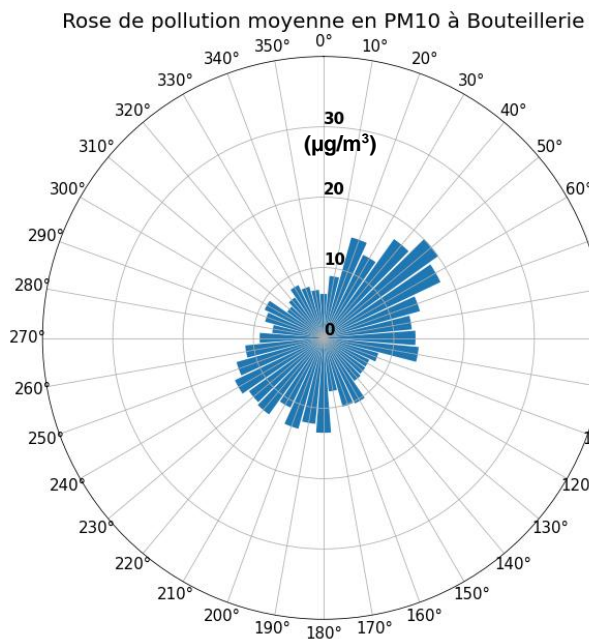


Annexe 2 : roses de pollution

1.1 Roses de pollution en NO₂ à Bouteillerie

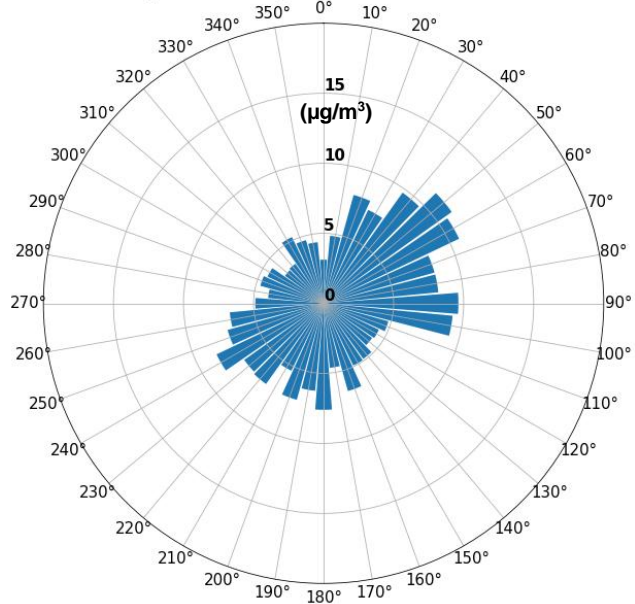


1.2 Roses de pollution en PM10 à Bouteillerie ainsi qu'à Saint-Etienne-de-Montluc

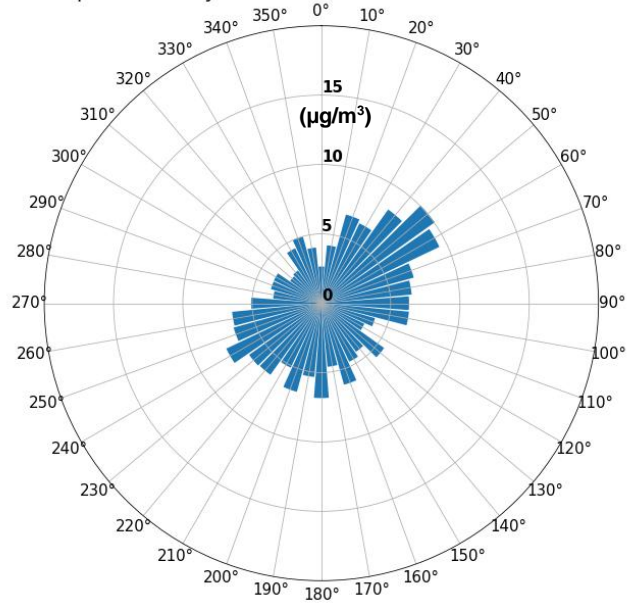


1.3 Roses de pollution en PM2.5 à Bouteillerie ainsi qu'à Saint-Etienne-de-Montluc

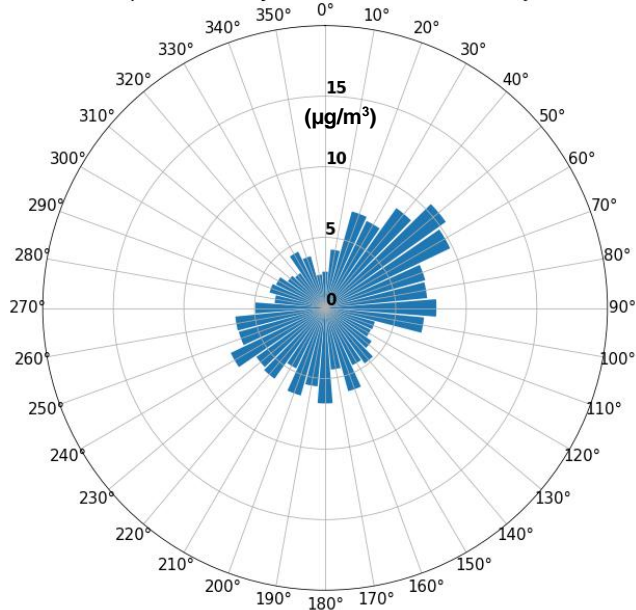
Rose de pollution moyenne en PM2.5 à Bouteillerie



Rose de pollution moyenne en PM2.5 à Saint-Etienne-de-Montluc

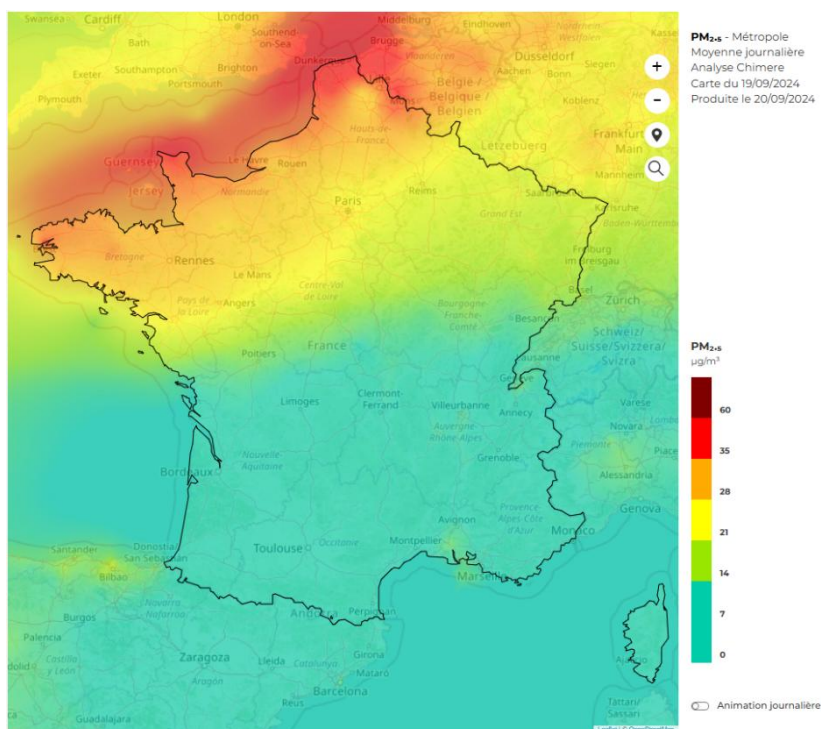


Rose de pollution moyenne en PM2.5 à La Ranjonnière



Annexe 3 : import d'une masse d'air chargée en particules touchant le nord de la France

Annexe 3.1 : modélisation réanalysée de la moyenne journalière en PM2.5 le 19/09/2024 (source : Prév'Air)



Annexe 3.2 : rétrotrajectoires de la masse d'air du 19/09/2024 (source : ESMERALDA & MM5)

Rétrotrajectoire du 20240919 pour le 20240919 à 6H - NANTES



Annexe 4 : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

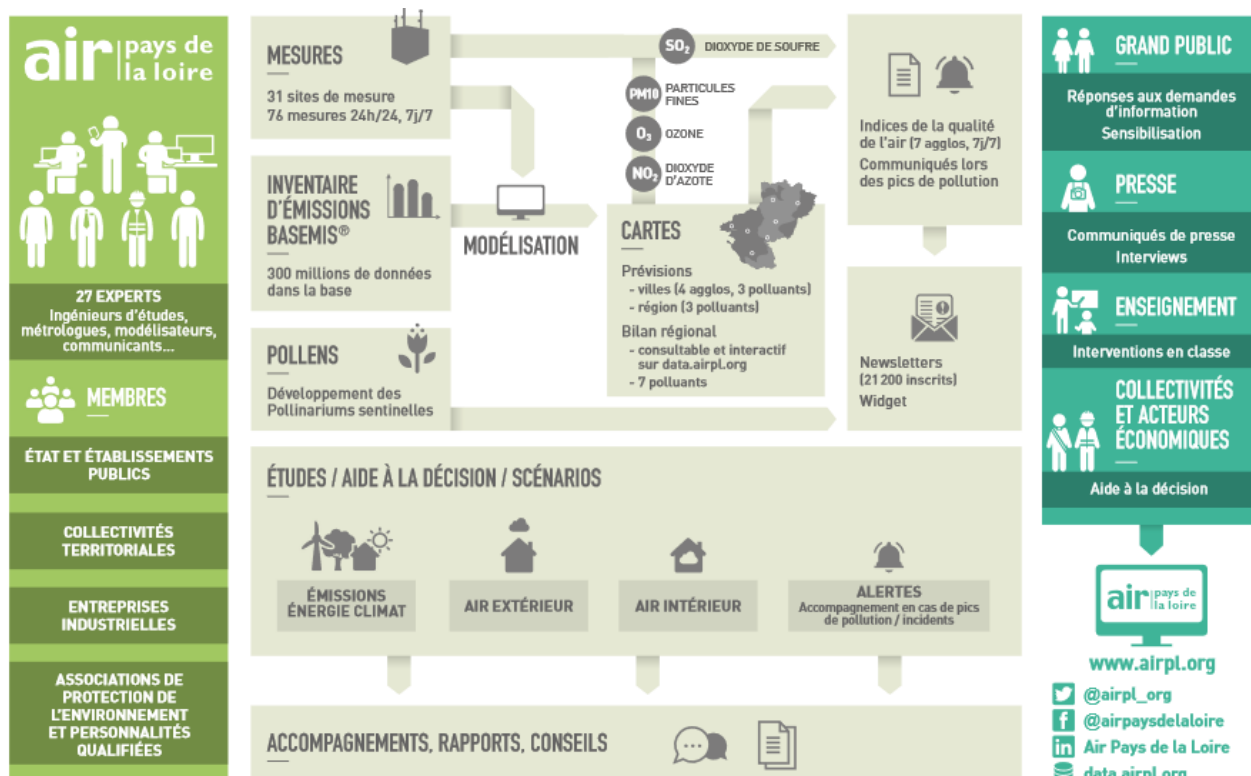
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur www.airpl.org : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Twitter (@airpl_org) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



Annexe 5 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites urbains

Les sites urbains sont localisés dans une zone densément peuplée en milieu urbain et de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution ; ils caractérisent la pollution moyenne de cette zone.



sites périurbains

Les sites périurbains sont localisés dans une zone peuplée en milieu périurbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.



sites de trafic

Les sites de trafic sont localisés près d'axes de circulation importants, souvent fréquentés par les piétons ; ils caractérisent la pollution maximale liée au trafic automobile.



sites industriels

Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.



sites ruraux

Les sites ruraux participent à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond (notamment photochimique).

Annexe 6 : polluants

L'ozone (O₃)

C'est le polluant secondaire majeur qui se forme par l'action des ultraviolets du soleil sur les polluants primaires, directement émis par les sources, que sont les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone. C'est un polluant chimique présent au niveau du sol : on parle d'ozone troposphérique que l'on distingue de l'ozone stratosphérique, observé à une vingtaine de kilomètres d'altitude et qui forme la couche d'ozone.

Capable de pénétrer profondément dans les poumons, l'ozone provoque à forte concentration une inflammation et une hyperréactivité des bronches. Des irritations du nez et de la gorge surviennent généralement, accompagnées d'une gêne respiratoire. Des irritations oculaires sont aussi observées.

Les enfants dont l'appareil respiratoire est en plein développement, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires chroniques et les personnes âgées sont souvent plus sensibles à la pollution par l'ozone.

Les effets de l'ozone se trouvent accentués par les efforts physiques intenses, lesquels en augmentant le volume d'air inspiré, accroissent celui d'ozone inhalé.

Les oxydes d'azote (NO_x)

Les NO_x comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (53 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

Les particules

Les particules constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM10), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules fines, appelées PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Le monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz provient des combustions incomplètes. Il est émis en grande partie (60 %) par le chauffage urbain, collectif ou individuel. Le trafic routier, vient en deuxième position avec 31 % des émissions. Dans l'atmosphère, il se combine en partie et à moyen terme avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (CO₂). On le rencontre essentiellement au niveau du sol à proximité des sources d'émission. Il participe avec les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, à la formation d'ozone troposphérique.

Le CO est dangereux car non décelable. Son effet toxique se manifeste à de très faibles concentrations en exposition prolongée. Le CO est principalement un poison sanguin. Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. Les premiers symptômes de l'intoxication sont les seuls signaux d'alarme : maux de tête, une vision floue, des malaises légers, des palpitations. Si les concentrations de CO sont élevées, l'intoxication se traduit par des nausées, des vomissements, des vertiges ou, plus grave, un évanouissement puis la mort. La gravité de l'intoxication dépend de la quantité de CO fixé par l'hémoglobine. Elle est donc liée à plusieurs facteurs : la concentration de CO dans l'air, la durée d'exposition et le volume respiré.

Le dioxyde de soufre (SO₂)

C'est le principal composant de la pollution « acide ». Malgré une diminution de 60 % en France entre 1980 et 1990, du essentiellement à la réduction de la production électrique par les centrales thermiques, le SO₂ provient à plus de 80 % de l'utilisation des combustibles contenant du soufre (fuel et charbon).

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant, notamment pour l'appareil respiratoire. Les fortes pointes de pollution peuvent déclencher une gêne respiratoire chez les personnes sensibles (asthmatiques, jeunes enfants...). Les efforts physiques intenses accroissent les effets du dioxyde de soufre. Aux concentrations habituellement observées dans l'environnement, une très grande proportion du dioxyde de soufre inhalé est arrêtée par les sécrétions muqueuses du nez et des voies respiratoires supérieures. Le dioxyde de soufre qui atteint le poumon profond, passe dans la circulation sanguine puis est éliminé par voie urinaire. Des études épidémiologiques ont montré qu'une hausse des taux de dioxyde de soufre s'accompagnait notamment d'une augmentation du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire.

Le benzène

Le benzène est un composé organique volatil (COV) de la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques. Il est émis lors de la combustion de carburants (notamment dans les gaz d'échappement), ou par évaporation lors de leur fabrication, de leur stockage ou de leur utilisation. La combustion du bois et la fumée de cigarette sont également des sources de benzène. Le benzène est classé comme cancérigène de catégorie 1 (cancérigène avérés pour l'Homme) par le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC).

Les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont composés d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la structure comprend au moins 2 cycles aromatiques. Ils sont émis à la fois par des sources naturelles (volcans, feux de forêt) et des sources anthropiques (activités humaines telles que l'industrie et transports routiers, ...). Les plus légères (jusqu'à 3 cycles aromatiques) sont présentes à l'état gazeux dans l'air ambiant, et les plus lourdes ont tendance à se fixer sur les particules en suspension. Les HAP sont des molécules biologiquement actives qui, une fois accumulées dans les tissus organiques, se prêtent à des réactions de transformation en métabolite. Ces métabolites ainsi formés peuvent avoir un effet plus ou moins marqué en se liant à des molécules telles que les protéines, l'ARN, l'ADN et en provoquant des dysfonctionnements cellulaires.

Le Benzo(a)pyrène (B(a)P) est l'un des HAP les plus toxiques et le plus étudié, de par son caractère mutagène et fortement cancérigène.

Annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2024

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

Décret 2010-1250 du 21/10/2010 – arrêté ministériel du 07/04/2016

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS			
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 ⁽¹⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽²⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽³⁾ 3 ^{ème} seuil : 360 ou à partir du 2 ^e jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽²⁾ 200 ⁽³⁾	-	500 ⁽²⁾
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 ^e jour de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	-

(1) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire.
(2) dépassé pendant 3h consécutives.
(3) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

Seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

Seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

AUTRES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Décret 2010-1250 du 21/10/2010

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	OXYDES D'AZOTE (NO _x)	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	25	5	-	20 ⁽¹⁾	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽²⁾	-	-	-	125 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	6 000 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	18 000 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1) pour la protection de la végétation
(2) à ne pas dépasser plus de 35 par an (percentile 90,4 annuel)
(3) à ne pas dépasser plus de 3 par an (percentile 99,2 annuel)
(4) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,79 annuel)
(5) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,73 annuel)
(6) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(7) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 par an en moyenne sur 3 ans
(8) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(9) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile.

Valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

Valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.



AIR PAYS DE LA LOIRE

5 rue Édouard-Nignon
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02
Fax + 33 (0)2 40 68 95 29
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org