



© DREAL Pays de la Loire



# ÉVALUATION des niveaux en particules dans l'environnement de Yara France

## Montoir-de-Bretagne

Campagne 2022



air pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)

# Sommaire

<b>Synthèse</b> .....	<b>3</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>Dispositif de mesures</b> .....	<b>6</b>
Méthodes de mesure .....	6
Sites de mesure .....	7
Périodes de mesure .....	8
Conditions météorologiques .....	8
<b>Bilan de la qualité de l'air 2022</b> .....	<b>9</b>
Résultats pour les PM10.....	9
Résultats pour les PM2.5.....	11
<b>Évaluation de l'influence de Yara</b> .....	<b>13</b>
Influence de la zone Yara sur les poussières .....	13
Influence de la zone YARA sur le nitrate et l'ammonium .	15
<b>Conclusions et perspectives</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>20</b>

## Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Kristan Cuny-Guiriec,  
Mise en page : Bérangère Poussin,  
Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire, Sonia Cécile, Aline Coutable  
Validation : François Ducroz, Céline Puente Lelièvre, David Bréhon

## 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](http://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.

## Remerciements

Air Pays de la Loire remercie Millénis et EQIOM pour avoir aimablement accepté la pose de jauges de récupération d'eau de pluie au sein de leur établissement.

# Synthèse

## Contexte et objectifs

L'arrêté préfectoral n° 2019/ICPE/359 du 18 décembre 2019 impose des prescriptions à la surveillance réglementaire de la pollution atmosphérique à la société Yara France sur son site de Montoir-de-Bretagne.

Le dispositif de mesure déployé en 2022 s'inscrit dans un historique de mesure initié en 2020<sup>1</sup>, avec des mesures automatiques et permanentes de particules PM10 et PM2.5 sur l'intégralité de l'année, en incluant la spéciation du nitrate et de l'ammonium dans l'environnement de Yara.

Les objectifs de cette étude sont doubles :

- Évaluer l'exposition de la population aux particules PM10, PM2.5 et au nitrate d'ammonium ;
- Apprécier l'influence des émissions de Yara sur les concentrations relevées dans la zone.

## Moyens

Les zones de retombées maximales issues des émissions de Yara ont été identifiées par modélisation<sup>1</sup>. Suite à cette étude, des appareils de mesures automatiques ont été installés sur le site de La Camée, zone d'habitation la plus proche de l'industrie Yara (1,5 km). Des mesures automatiques ont également été réalisées à Plessis, à Donges, zone d'habitation plus éloignée de Yara (4,1 km) mais plus régulièrement sous son influence du fait de sa localisation sous les vents dominants de sud-ouest.

La spéciation du nitrate et de l'ammonium a été effectuée par prélèvement sur filtres pour en déterminer les concentrations, et par jauge pour en évaluer les retombées atmosphériques totales, sur plusieurs sites situés entre 210 et 4 100 m de l'établissement de Yara, et à Donges.

## Résultats

En termes de réglementation :

- La valeur limite et l'objectif de qualité annuels ont été respectés pour les PM10 et les PM2.5 en 2022 ;
- Le seuil d'information pour les PM10 a été dépassé sur le site de La Camée uniquement le 28 mars.

À titre d'information, s'agissant des valeurs guides de l'OMS :

- La valeur guide annuelle de l'OMS est dépassée pour les PM10 et PM2.5, sur l'ensemble des sites de mesure ;
- La valeur guide journalière de l'OMS est dépassée à La Camée 5 journées pour les PM10, et 54 journées pour les PM2.5 ;
- Les autres sites de mesure du réseau de surveillance permanent sont aussi concernés par ces dépassements.

L'ensemble des mesures mises en œuvre a également permis d'évaluer l'influence de la zone de Yara :

- Pendant 267 heures (soit 3 % du temps) où La Camée est sous l'influence de Yara dans l'année, la surconcentration en PM10 sur ce site est estimée à +4,8 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire par rapport au site de Plessis. Cette surconcentration est attribuable à l'ensemble de la zone industrielle dont Yara fait partie (Sea Invest, EQIOM, Millénis, SAS CETRA granulats et le terminal charbonnier compris) ;
- La surconcentration en PM2.5 est estimée à +3,5 µg/m<sup>3</sup> lorsque La Camée est sous l'influence de l'ensemble de la zone Yara. Les niveaux de PM2.5 y sont plus élevés lorsque l'usine est en fonctionnement que lorsqu'elle est à l'arrêt, suggérant une influence plus spécifique de Yara.
- Sur le site de Plessis, la surconcentration est inférieure à +1 µg/m<sup>3</sup> : l'influence n'est pas significative, confirmant les observations des années précédentes ;
- La carrière des six-croix a été identifiée comme une autre source d'influence significative dans les teneurs en particules PM10 sur le site de La Camée ;
- Les concentrations en nitrate et ammonium particulières ont été mesurés sur 15 jours dans l'année. Sur cette période, l'influence exclusive de Yara ne peut être établie. En moyenne, la surconcentration en nitrate varie de +0,1 à +0,4 µg/m<sup>3</sup> lorsque La Camée ou Plessis est sous les vents de Yara, respectivement. La surconcentration moyenne en ammonium est de +0,3 µg/m<sup>3</sup> sur le site de La Camée lorsque ce site est sous influence, et nulle lorsque Plessis est sous les vents de l'industrie ;
- Une décroissance rapide des retombées atmosphériques en ions nitrate et ammonium est observée en fonction de la distance, diminuant de plus de 95 % sur les sites de La Camée et de Plessis par rapport au site de mesure le plus proche de l'industrie, à 210 mètres.

<sup>1</sup> Air Pays de la Loire, *Évaluation des retombées de particules dans l'environnement de Yara France, Montoir-de-Bretagne, octobre à décembre 2020*, octobre 2021

## Perspectives

Les mesures permanentes se poursuivent en 2023 afin de comparer les valeurs moyennes annuelles des polluants réglementaires avec les différentes valeurs seuils, et consolider les conclusions établies lors des années précédentes. Le dispositif de surveillance sera renforcé en y ajoutant les mesures de PM1.

# Introduction

Yara France est une industrie de production d'engrais à destination de l'agriculture, implantée à Montoir-de-Bretagne depuis 1972. Elle se situe dans une zone portuaire, à l'embouchure de la Loire près de Saint-Nazaire, caractérisée par un tissu industriel important. Elle est notamment entourée des industries Sea Invest, du Parc à charbon, des zones d'apportements, et des activités vrac et brouettage par benne le long des rues de la Goelette et de la Tartane entre EQIOM et Millénis.

La société Yara France s'est rapprochée d'Air Pays de la Loire afin de constituer un historique de mesures permanentes de particules PM10 et PM2.5, et de nitrate d'ammonium, dans son environnement.

Ce dispositif de mesure permanent s'inscrit dans le cadre de l'arrêté préfectoral n°2019/ICPE/359 du 18 décembre 2019, qui impose des prescriptions complémentaires à la surveillance réglementaire de la pollution atmosphérique à la société Yara France, sur son site de Montoir-de-Bretagne.

L'étude actuelle s'intègre dans un historique d'études menées par Air Pays de la Loire, qui ont notamment montré :

- Une zone de retombée moyenne issue des émissions de Yara estimée, par modélisation, à quelques centaines de mètres<sup>2</sup> ;
- La possibilité d'une influence de Yara plus élargie en cas de pointes d'émission dans des conditions de vents établis, notamment concernant les particules PM1<sup>3</sup> ;
- Une concentration moyenne en PM10 dans la zone qui reste conforme à la réglementation, et dont les épisodes de pollution sont la conséquence d'épisodes régionaux affectant une grande partie du territoire<sup>4</sup> ;
- Un empoussièrément général de la zone lié à différentes sources locales, y compris Yara, pouvant impacter de manière ponctuelle dans le temps les niveaux de particules, de nitrate et d'ammonium mesurés<sup>5</sup>.

Les objectifs de cette étude sont, d'une part, d'évaluer l'exposition de la population aux particules PM10, PM2.5, et en nitrate et en ammonium ; d'autre part, d'apprécier l'influence des émissions de Yara sur les concentrations relevées dans son environnement.

---

<sup>2</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des retombées de particules dans l'environnement de YARA France à Montoir-de-Bretagne, octobre à décembre 2020*, octobre 2021

<sup>3</sup> Air Pays de la Loire, *Modélisation des niveaux de nitrate d'ammonium, YARA France à Montoir de Bretagne, étude préliminaire à la campagne de mesure 2008*, août 2008

<sup>4</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des retombées particulaires dans l'environnement de YARA France à Montoir-de-Bretagne, campagne 2021*, mai 2022

<sup>5</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des niveaux de poussières et de nitrate d'ammonium dans l'environnement de Yara*, août 2016



# Dispositif de mesures

## Méthodes de mesure

### Mesures en continu des particules PM10 et PM2.5



Les particules ont été mesurées en continu au pas de temps horaire par granulomètre optique FIDAS. Le granulomètre optique FIDAS est basé sur la détection de la lumière diffusée par les aérosols pour déterminer leur taille et leur nombre par classe de taille, suivie d'une conversion en masse selon un algorithme spécifique. La mesure répond à la norme NF EN 16450.

Les mesures de particules ont été réalisées sur les sites de La Camée et de Plessis. Ces mesures sont comparées à d'autres stations de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, hors influence des émissions de Yara, notamment à Nantes, Saint-Nazaire et en Basse-Loire.

Figure 1 : analyseur FIDAS

### Quantification du nitrate et de l'ammonium particulaires dans l'air



La collecte des particules (PM10) sur filtres permet la quantification du nitrate et de l'ammonium particulaires via une analyse en laboratoire, selon la norme FD CEN/TR 16269. La collecte est réalisée à l'aide d'un collecteur haut débit (30 m<sup>3</sup>/h durant 24 heures). Les résultats obtenus correspondent à des concentrations moyennes sur une journée.

Conformément à l'arrêté, les mesures de nitrate et d'ammonium ont été réalisées pendant 4 mois, d'octobre 2022 à janvier 2023, sur les sites de La Camée et de Plessis. Les prélèvements ont été effectués quotidiennement, pour un total de 183 filtres prélevés, parmi lesquels 30 filtres ont été analysés (15 issus de La Camée, et 15 de Plessis) correspondant à 15 journées d'intérêt durant lesquelles les sites de mesure étaient sous les vents de l'établissement.

Figure 2 : préleveur haut-débit DA80

### Quantification des ions nitrate et d'ammonium dans les retombées totales



Figure 3 : jauges de récupération des eaux de pluie, dite « jauge Owen »

La mesure de nitrate et d'ammonium dans les retombées totales s'effectue par la collecte des précipitations atmosphériques (norme NF X43-014) dans des jauges Owen.

Les eaux de pluie recueillies sont analysées en laboratoire.

La mesure de ces retombées atmosphériques est exprimée en mg/m<sup>2</sup>/jour. Les prélèvements sont effectués sur une période d'un mois, chaque mois de l'année. Les résultats obtenus correspondent donc à une moyenne mensuelle.

La mesure sur 4 sites (La Camée, Plessis ainsi que 2 sites dans les zones de retombées maximales modélisées, situées au niveau des industries EQIOM et Millénis) permet une comparaison des quantités de retombées sur la zone, sans pouvoir identifier l'origine de ces polluants néanmoins. 48 prélèvements ont ainsi été réalisés et analysés.

# Sites de mesure

## Sites dans l'environnement de Yara

Suite aux résultats de modélisation<sup>6</sup> et afin de répondre à l'objectif de l'étude, 4 sites de mesure ont été identifiés.

- La Camée : bien que ce site ne soit pas directement sous les vents dominants de sud-ouest, il s'agit de la zone habitée la plus proche de l'installation de Yara et revêt donc un intérêt de proximité, en conformité avec l'arrêté préfectoral n°2019/ICPE/359 ;
- Plessis : station de mesure permanente d'Air Pays de la Loire, rue Parscau du Plessis à Donges. Ce site est sous les vents de Yara par vents de sud-ouest, et sous les vents de la raffinerie par vent de sud-est. Lorsque le site de la Camée est sous les vents de Yara, le site de Plessis n'est pas influencé par les activités de Yara, mais peut être influencé par les activités de la raffinerie TotalEnergies ;
- EQIOM : situé dans l'enceinte de la cimenterie EQIOM, à 730 mètres du centre de Yara et identifié par modélisation comme étant dans la zone de retombées maximales ;
- Millénis : situé dans l'enceinte de l'entreprise Millénis, voisine de Yara à l'est (à 210 mètres de la tour Prilling), cette zone est située dans les zones de retombées maximales des émissions modélisées.



Site	Distance au centre de l'installation YARA	Composés mesurés			
		PM10	PM2,5	NH <sub>4</sub> et NO <sub>3</sub> particulaires	Retombées NH <sub>4</sub> et NO <sub>3</sub> dissous
La Camée	1 500 m	✓	✓	✓	✓
Plessis	4 100 m	✓	✓	✓	✓
EQIOM	730 m				✓
Millénis	210 m				✓

Figure 4 : dispositif de mesure mis en œuvre dans l'environnement de Yara, en 2022

## Sites de comparaison

Les sites de mesure dans l'environnement de Yara ont été comparés avec trois autres sites de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, situés hors-influence de Yara.

- Nantes – Bouteillerie : cette station mesure les PM10 et PM2.5 par analyseur automatique et est représentative du fond urbain ;
- Saint-Etienne-de-Montluc : cette station mesure les PM10 par analyseur automatique et est représentative du fond rural ;
- Saint-Nazaire, rue Léon Blum : cette station mesure les PM2.5 en automatique et est représentative du fond urbain.

Ces 3 stations sont privilégiées dans la mesure où elles sont représentatives du fond urbain et du fond rural dans l'environnement de la Basse-Loire, et non influencées par les émissions de Yara.

<sup>6</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des retombées de particules dans l'environnement de Yara France à Montoir-de-Bretagne, octobre à décembre 2020, octobre 2021*



# Périodes de mesure

Les mesures automatiques ont été réalisées pendant l'intégralité de l'année 2022 sur deux sites : La Camée et Plessis. Les prélèvements sur filtres ont eu lieu pendant quatre mois, d'octobre 2022 à janvier 2023, de manière quotidienne sur les mêmes sites. Au total sur ces 4 mois de mesure par filtre, 15 jours d'intérêt ont été sélectionnés pour en faire l'analyse, conjointement à La Camée et Plessis.

Les prélèvements de collectes des retombées atmosphériques, par jauge Owen, ont été effectués sur les 4 sites de mesure par période d'environ un mois, chaque mois de l'année 2022.

Au cours de cette année de mesure, l'usine a connu des périodes d'arrêts prolongés d'activité :

- du 14 mai au 27 juin
- du 1<sup>er</sup> au 7 juillet
- du 1<sup>er</sup> au 11 octobre, puis du 12 au 17 octobre

# Conditions météorologiques

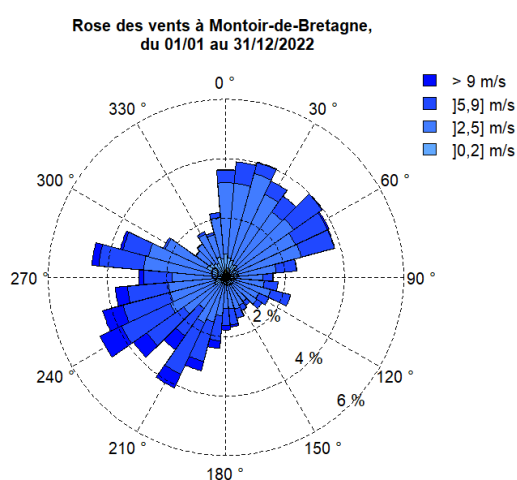


Figure 5 : rose des vents à Montoir-de-Bretagne pour l'année 2022

330 heures réparties dans l'année, dont 300 heures où Yara était en fonctionnement).

À l'inverse, le site de Plessis est sous l'influence des émissions de Yara par des vents de 250 °N à 260°N. Ces vents ont représenté 8 % du temps de la campagne 2022 (soit environ 700 heures réparties dans l'année).

La rose des vents pour l'année 2022 est comparable à la rose calculée sur vingt ans.

Les vents relevés à la station Météo-France de Montoir-de-Bretagne, sur l'ensemble de l'année 2022, ont été marqués par deux composantes principales :

- L'une, d'origine sud-ouest à ouest (comprise entre 200° et 290°N) est caractérisée par des vents modérés à forts. Ces situations sont associées à un flux océanique, souvent dépressionnaire, favorable à la dispersion des polluants. Cette composante représente 37 % des directions de vent.

- L'autre, d'origine nord-est (comprise entre 0° et 70°N) est caractérisée par des vents faibles à modérés. Cette composante représente 26 % des directions de vent.

Les capteurs situés à La Camée sont sous l'influence des émissions de Yara par vent de 140°N à 160°N. Ces vents ont représenté 4 % du temps de la campagne 2022 (soit environ

# Bilan de la qualité de l'air 2022

## Résultats pour les PM10

<p><b>?</b></p> <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 au chauffage au bois, à l'industrie, à l'agriculture et aux transports routiers.</p>	<p><b>🕒</b></p> <p>Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.</p>	<p><b>📍</b></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><b>👤</b></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><b>🌳</b></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>
--	---	--	---	--

Ce chapitre présente les concentrations en particules PM10 (de diamètre inférieur à 10µm) mesurées par analyseur automatique à La Camée et Plessis. Les concentrations mesurées à Nantes en milieu urbain, et à Saint-Etienne-de-Montluc en milieu rural, sont données à titre de comparaison.

Les concentrations en particules PM10 sont réglementées en France à quatre niveaux :

- Un **seuil d'information** et de recommandation fixé à 50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et d'un **seuil d'alerte** fixé à 80 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière ;
- Cette valeur journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an (valeur limite en moyenne journalière) ;
- La moyenne annuelle de la concentration est elle aussi l'objet d'une **valeur limite**, fixée à 40 µg/m<sup>3</sup>,
- Un **objectif de qualité** fixé à 30 µg/m<sup>3</sup> ;
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 45 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière, et 15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot (cf. encadré « Méthodologie » ci-dessous), les statistiques des mesures de PM10 sur l'ensemble de l'année 2022, sur les deux sites de mesure à La Camée et Plessis, et leur comparaison avec 2 sites situés hors influence.

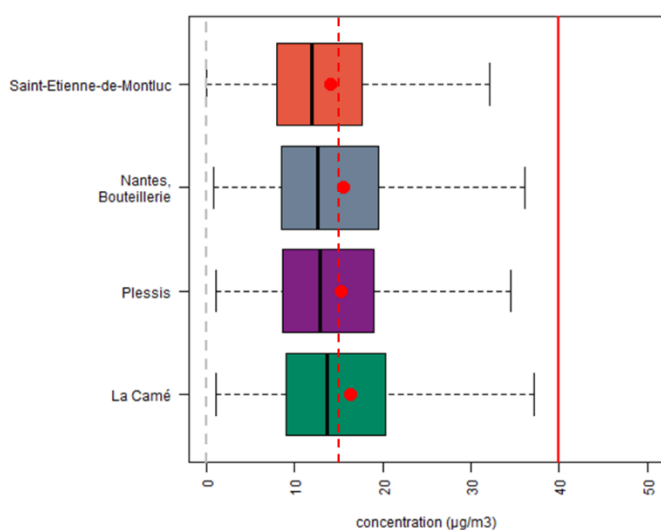


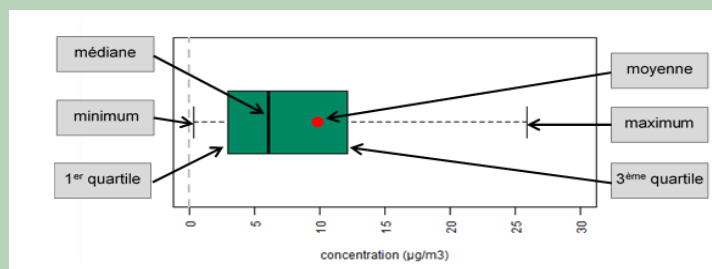
Figure 6 : boxplot des concentrations horaires de PM10 au cours de l'année 2022. La valeur limite annuelle est matérialisée par la ligne rouge (trait plein), et la valeur guide annuelle de l'OMS par la ligne tiretée.

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes annuelles en PM10 sont du même ordre de grandeur entre les sites, situées entre 15,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Plessis et 16,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à La Camée. Pour comparaison, la moyenne annuelle est de 15,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Nantes – Bouteillerie et de 14,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Saint-Etienne de Montluc ;
- L'ensemble des sites respecte l'objectif de qualité de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, et respectent *a fortiori* la valeur limite de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle ;
- Les sites de La Camée et de Plessis dépassent la valeur guide de l'OMS (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) au même titre que le site de Nantes – Bouteillerie ;
- Ces résultats sont similaires à ceux observés depuis 2020.

## Méthodologie

Le graphique ci-dessus est une boîte à moustaches (aussi appelée boxplot), il représente les principales caractéristiques statistiques d'une distribution de données, ici l'ensemble des mesures horaires :



La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle des concentrations moyennes journalières en PM10 sur l'ensemble de l'année 2022.

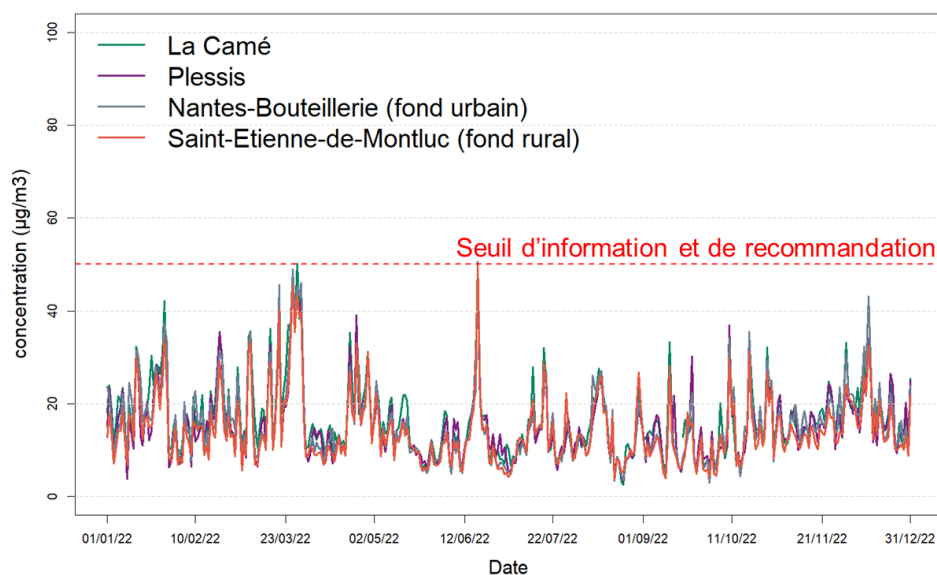


Figure 7 : évolution des moyennes journalières des concentrations en PM10 en 2022

Ces résultats montrent que :

- L'évolution des concentrations en PM10 est synchrone entre les sites, témoignant de l'influence régionale de ce polluant ;
- Le seuil d'information et de recommandation (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière) est atteint au cours d'une journée à La Camée. Ce jour-là, le 28 mars, les autres sites de mesure du réseau d'Air Pays de la Loire enregistrent également une augmentation des concentrations en PM10, comprises entre 40 et 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le dépassement à La Camée est probablement l'effet de surémissions de particules produites localement conjuguées à des niveaux de fond élevés, la zone industrielle Yara n'ayant toutefois pas été identifiée comme influente ce jour ;
- La valeur guide journalière de l'OMS (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est dépassée au cours de 5 journées à La Camée, tout comme à Plessis. Les autres sites ont également été concernés par ce dépassement sur ces journées spécifiques.

# Résultats pour les PM2.5

Ce chapitre présente les concentrations en particules fines PM2.5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm) mesurées par analyseur automatique à La Camée et Plessis. Les concentrations mesurées à Nantes et à Saint-Nazaire, en milieu urbain, sont données à titre de comparaison.

Les concentrations en particules fines PM2.5 sont soumises en France à deux seuils en valeur moyenne annuelle :

- Une valeur limite annuelle fixée à 25 µg/m<sup>3</sup> ;
- Un objectif de qualité de 10 µg/m<sup>3</sup> ;
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière, et 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous, sous la forme d'un boxplot, permet de représenter la distribution statistique des concentrations en PM2.5 relevées sur les sites de La Camée, Plessis, Nantes et Saint-Nazaire, tout au long de l'année 2022.

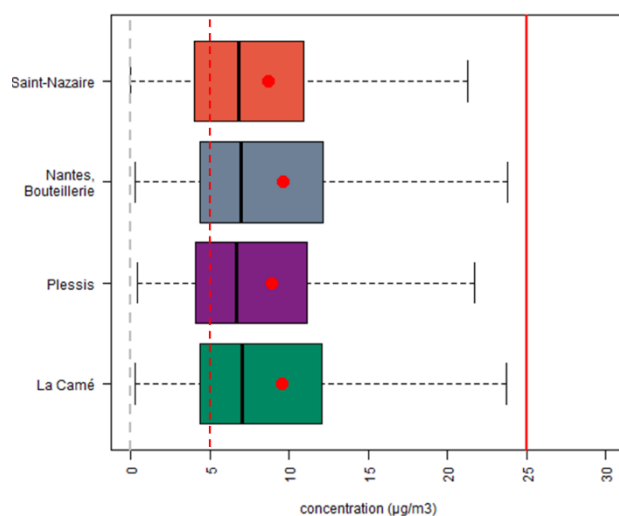


Figure 8 : boxplot des concentrations horaires de PM2.5 au cours de l'année 2022. La valeur limite annuelle est matérialisée par la ligne rouge (trait plein), et la valeur guide annuelle de l'OMS par la ligne tiretée.

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes annuelles sont proches sur l'ensemble des sites, avec des valeurs de 8,7 µg/m<sup>3</sup> à Saint-Nazaire, 8,9 µg/m<sup>3</sup> à Plessis, 9,6 µg/m<sup>3</sup> à La Camée et 9,7 µg/m<sup>3</sup> à Nantes – Boutellerie ;
- L'ensemble des sites respecte l'objectif de qualité, fixé à 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle ;
- A fortiori, l'ensemble des sites respecte la valeur limite annuelle, fixée à 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle ;
- L'ensemble des sites dépasse d'environ deux fois la valeur guide annuelle de l'OMS, fixée à 5 µg/m<sup>3</sup> ;
- Ces résultats confirment les observations faites depuis 2020, et ne montrent pas, en moyenne annuelle, de particularité dans l'environnement de Yara.

La figure ci-dessous montre l'évolution temporelle des concentrations moyennes journalières sur ces mêmes sites au cours de l'année 2022.

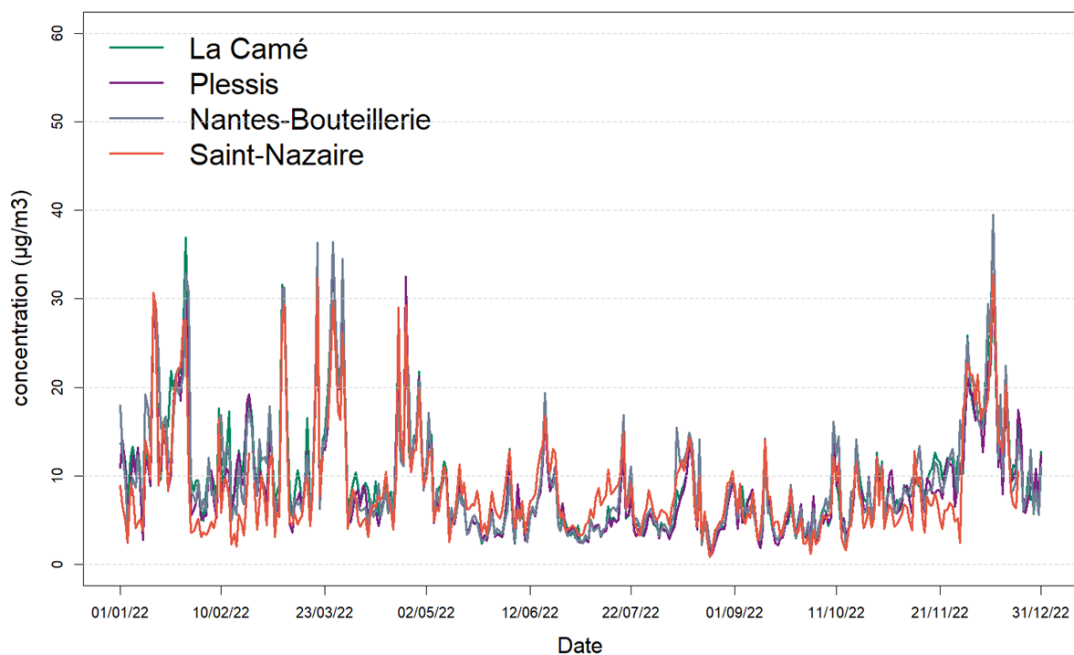


Figure 9 : évolution des moyennes journalières des concentrations en PM2.5 en 2022

Ces résultats montrent que :

- À l'instar des PM10, l'évolution temporelle des concentrations en PM2.5 est synchrone entre les sites, témoignant d'une influence régionale sur ce polluant ;
- La valeur guide journalière de l'OMS, fixée à  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , est dépassée au cours de 54 journées de l'année sur le site de La Camée. A titre de comparaison, cette valeur guide est dépassée 61 jours sur le site de la Bouteillerie, 46 jours sur le site de Plessis et 42 jours sur le site de Saint-Nazaire.



# Évaluation de l'influence de Yara

## Influence de la zone Yara sur les poussières

L'analyse de l'influence des émissions de Yara sur les niveaux en particules fines dans son environnement se base sur l'étude détaillée des concentrations horaires relevées à La Camée et à Plessis, croisée avec la direction des vents et les périodes de fonctionnement de l'industrie.

Le tableau ci-dessous recense les concentrations en PM10 et PM2.5 relevées à La Camée et à Plessis lorsque :

- Le site de la Camée est spécifiquement sous les vents de l'industrie en fonctionnement ;
  - Cette situation a représenté 267 heures dans l'année (soit 3 % du temps) ;
- Le site de la Camée est spécifiquement sous les vents de l'industrie, alors que les ateliers sont à l'arrêt ;
  - Cette situation a représenté 30 heures dans l'année (soit 0,3 % du temps) ;
- Le site de la Camée est sous toute direction de vent confondue ;
- À titre de comparaison, ces mêmes scénarios ont été étudiés lorsque le site de Plessis est spécifiquement sous les vents de l'établissement.

Direction de vent (°N)		La Camée (µg/m <sup>3</sup> )	Plessis (µg/m <sup>3</sup> )	Différence (µg/m <sup>3</sup> )	Saint-Nazaire (µg/m <sup>3</sup> )	Saint-Etienne (µg/m <sup>3</sup> )
Tous vents confondus	PM10 µg/m <sup>3</sup>	16,6	15,3	+1,3 (Camée)	-	14,3
	PM2.5 µg/m <sup>3</sup>	9,6	8,9	+0,7 (Camée)	8,7	-
[140 ; 160], Yara en fonctionnement	PM10 µg/m <sup>3</sup>	19,5	14,7	+4,8 (Camée)	-	14,7
	PM2.5 µg/m <sup>3</sup>	12,1	8,6	+3,5 (Camée)	7,6	-
[140 ; 160], Yara en l'arrêt	PM10 µg/m <sup>3</sup>	20,6	16,4	+4,2 (Camée)	-	16,0
	PM2.5 µg/m <sup>3</sup>	9,8	8,1	+1,7 (Camée)	9,2	-
[250 ; 260], Yara en fonctionnement	PM10 µg/m <sup>3</sup>	16,4	17,2	+0,8 (Plessis)	-	13,2
	PM2.5 µg/m <sup>3</sup>	9,6	9,6	-	5,8	-
[250 ; 260], Yara en arrêt	PM10 µg/m <sup>3</sup>	12,0	13,8	+1,8 (Plessis)	-	9,9
	PM2.5 µg/m <sup>3</sup>	6,3	7,1	+0,8 (Plessis)	4,7	-

Ces résultats montrent que :

- Lorsque les vents proviennent de toutes directions, la surconcentration à La Camée par rapport à Plessis est de +1,3 µg/m<sup>3</sup> en moyenne pour les PM10, et de +0,7 µg/m<sup>3</sup> en moyenne pour les PM2.5 ;
- Lorsque les vents sont exclusivement en provenance de la zone Yara, et que Yara est en fonctionnement nominal, cette surconcentration augmente à +4,8 µg/m<sup>3</sup> à La Camée par rapport à Plessis pour les PM10, et à +3,5 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2.5 ;
- Lorsque les vents sont exclusivement en provenance de la zone Yara alors que les ateliers de l'usine sont à l'arrêt, la surconcentration en PM10 à La Camée est de +4,2 µg/m<sup>3</sup>, un niveau proche de celui relevé lorsque l'usine est en fonctionnement nominal. Cela témoigne d'une influence de l'ensemble de la zone industrielle, non exclusive à Yara, sur les concentrations en PM10 relevées à La Camée ;
- La surconcentration en PM2.5 à La Camée lorsque les ateliers de l'usine sont à l'arrêt, de +1,7 µg/m<sup>3</sup>, est moindre que celle relevée lorsque l'usine est en fonctionnement (+3,5 µg/m<sup>3</sup>). Cela suggère une influence spécifique de Yara sur les concentrations en PM2.5 relevées à La Camée, qui serait alors de l'ordre de +1,8 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 2022.
- L'influence de la zone Yara sur les poussières relevées à Plessis est négligeable, la surconcentration en PM10 étant inférieure à +1 µg/m<sup>3</sup> sur ce site, et confirmant les résultats des années précédentes.

À noter que ces surconcentrations sont minorées. Lorsque le site de La Camée est spécifiquement sous les vents de la zone Yara, le site de Plessis utilisé comme témoin se trouve sous les vents de la raffinerie de TotalEnergies, pouvant également influencer son exposition aux particules fines. Les résultats sont toutefois similaires en prenant en considération la différence par rapport à la station Saint-Etienne-de-Montluc pour les PM10 (+5,1 µg/m<sup>3</sup> en

moyenne à La Camée). La différence pour les PM2.5 s'élève à +4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport à la station Blum (Saint-Nazaire) lorsque le site de La Camée est spécifiquement sous les vents de l'industrie en fonctionnement.

La zone Yara n'est pas la seule zone influençant les niveaux en poussières à La Camée. À titre de comparaison, lorsque le site de La Camée est spécifiquement sous les vents de la zone des Six-Croix (direction de vent comprises entre 30°N et 50°N), la surconcentration moyenne en PM10 est de +4,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et la surconcentration en PM2.5 est de +1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport à Plessis. Ces observations sont confirmées par les roses de concentrations effectuées à La Camée et à Plessis (cf. figure ci-dessous).

## Méthodologie

La localisation des zones d'émission se base sur l'étude des roses de concentration (roses de pollution) enregistrées sur le site de La Camée.

Ce type de graphique indique les niveaux de polluant en fonction de la direction des vents enregistrés par Météo-France à Gron (Montoir-de-Bretagne). Sur un site donné, il permet de savoir sous quelle direction de vent les niveaux sont les plus élevés et ainsi de localiser les zones d'émissions prépondérantes.

La manière de lire une rose de pollution est la suivante : dans une direction donnée, la longueur de la pale correspond à la moyenne de concentrations relevées lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.

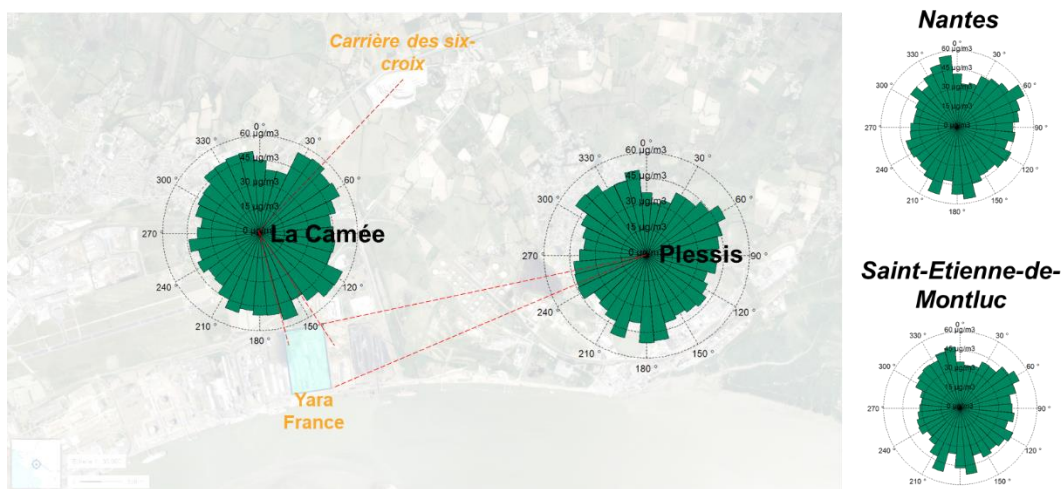


Figure 10 : roses de pollution des concentrations de pointe (percentiles 98) en PM10 à La Camée et Plessis, et comparaison avec celles de Nantes (Bouteillerie) et Saint-Etienne-de-Montluc.

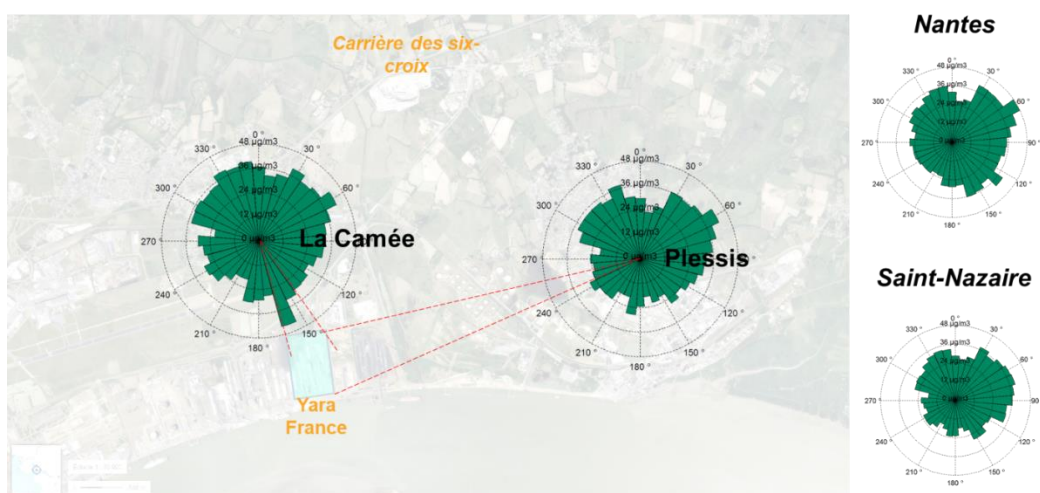


Figure 11 : roses de pollution des concentrations de pointe (percentiles 98) en PM2.5 à La Camée et Plessis, et comparaison avec celles de Nantes (Bouteillerie) et BLUM (Saint-Nazaire).

Ces résultats indiquent que :

- Par rapport aux roses de pollution à Nantes et Saint-Etienne-de-Montluc, la rose de pollution à La Camée indique une influence de la zone située entre 30°N et 50°N sur les PM10, correspondant à la zone des Six-Croix. Sur le site de Plessis, la direction 300°N à 330°N, plaçant le site sous les vents de la carrière des Six-Croix, est également visible sur les stations permanentes de Nantes et Saint-Etienne-de-Montluc ;
- L'influence de la zone des Six-Croix n'est pas visible sur les PM2.5 ;
- La zone industrielle de Yara, qui comprend à la fois le terminal charbonnier (direction 120°N à 130°N), Yara et SealInvest (direction 140°N à 160°N) est visible sur le site de La Camée sur les PM10 ;
- La rose de pollution des PM2.5 indique une direction préférentielle à 160°N, indiquant une influence de Yara.

# Influence de la zone Yara sur le nitrate et l'ammonium

## Concentrations en nitrate et ammonium particulières

Il n'existe pas en France de valeur réglementaire pour les concentrations de nitrate et d'ammonium dans l'air ambiant.

Sur les 90 jours où les mesures par filtre ont été effectuées, 15 jours ont été sélectionnés afin d'analyser les concentrations journalières en nitrate et en ammonium sur les sites de La Camée – zone habitée la plus proche de l'industrie – et de Plessis – zone habitée plus éloignée mais plus exposée aux vents de l'industrie.

Les prélèvements se sont effectués du 19 octobre au 31 janvier, ne permettant pas d'inclure la période d'arrêt prolongée de l'atelier de l'industrie au cours de la première quinzaine d'octobre. 15 jours ont été sélectionnés afin d'être représentatif des conditions optimales d'exposition du site de la Camée ou du site de Plessis aux émissions de la zone Yara, selon les critères suivants :

- 8 jours correspondent à des situations où le site de La Camée est significativement plus exposé aux vents de direction [140°N ; 160°N] en provenance de Yara ;
- 3 jours correspondent à des situations où le site de Plessis est significativement plus exposé aux vents de direction [250°N ; 260°N] en provenance de Yara ;
- 4 jours correspondent à des « situations témoins », où le vent ne plaçait ni Plessis ni La Camée sous l'influence potentielle de Yara, ou bien à une situation où Yara était à l'arrêt alors que le site de Plessis était exposé aux vents en provenance de l'industrie.

Jour de prélèvement	% temps sous les vents de la zone YARA		Observations
	La Camée	Plessis	
22/10/22	25	0	
28/10/22	9	3	<i>Jour témoin</i>
29/10/22	16	0	
30/10/22	27	5	
31/10/22	18	12	
07/11/22	17	3	
09/11/22	0	50	Yara à l'arrêt pendant 16 heures
21/11/22	29	13	
26/11/22	53	0	
30/11/22	0	0	<i>Jour témoin</i>
22/12/22	0	44	
27/12/22	21	0	
11/01/23	0	60	
13/01/23	0	46	
24/01/23	0	0	<i>Jour témoin</i>

Les graphiques ci-dessous représentent les résultats d'analyse pour le nitrate et l'ammonium selon le site qui est sous l'influence des émissions de Yara. Les valeurs chiffrées sont mentionnées en annexe.

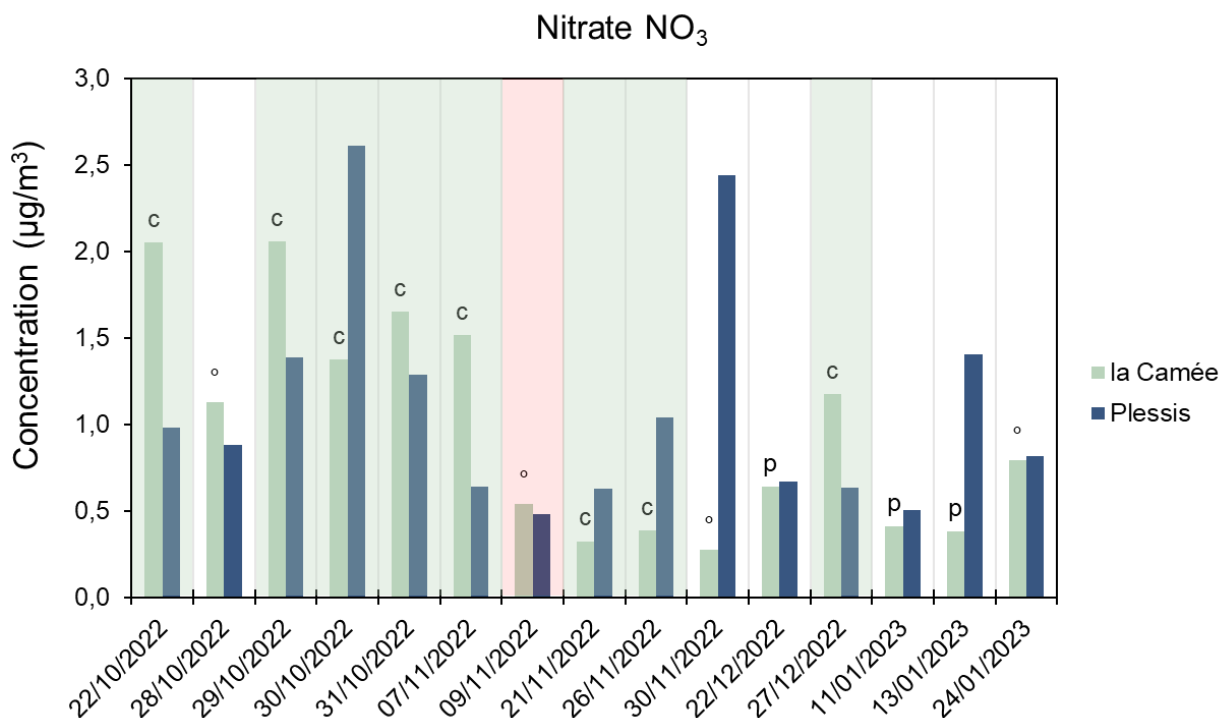


Figure 12 : concentrations en nitrate (mesure par filtre). Les zones surlignées en vert sont les jours où La Camée est sous les vents de Yara. La zone surlignée en rouge correspond au jour où Yara était en arrêt.

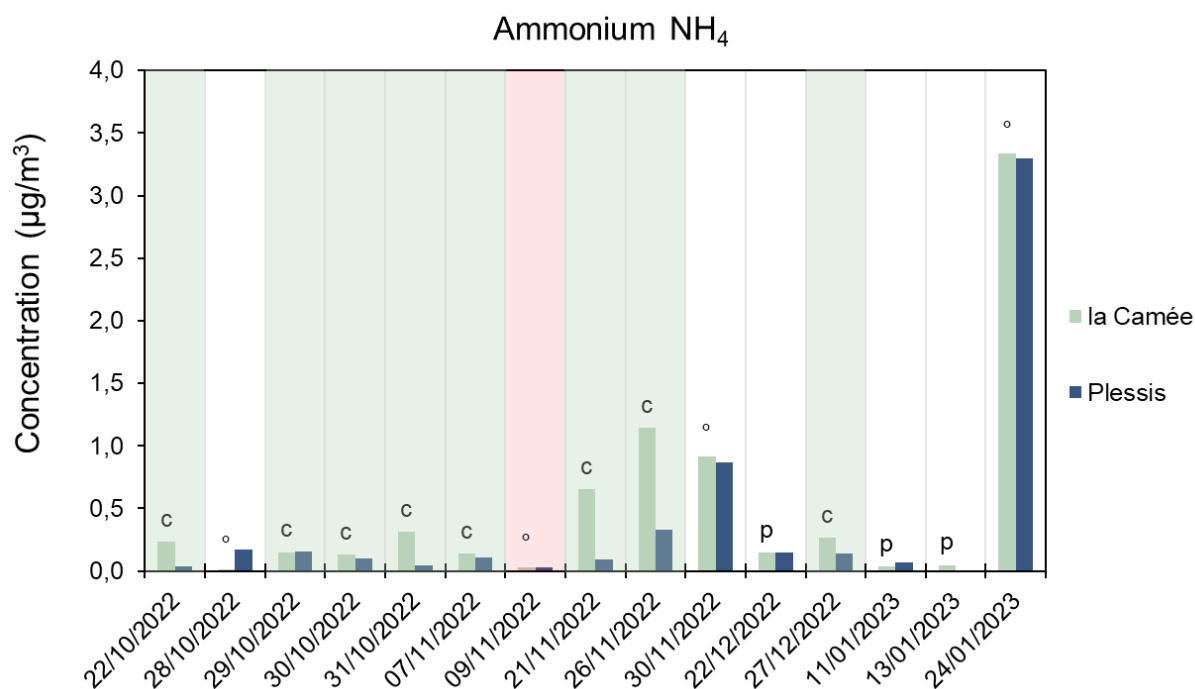


Figure 13 : concentrations en ammonium (mesure par filtre). Les zones surlignées en vert sont les jours où La Camée est sous les vents de Yara. La zone surlignée en rouge correspond au jour où Yara était en arrêt.

Les concentrations en nitrate varient :

- de 0,3 à 2,1 µg/m<sup>3</sup> à la Camée, avec une moyenne de 1,0 µg/m<sup>3</sup> sur les 15 jours ;
- de 0,5 à 2,6 µg/m<sup>3</sup> à Plessis, avec une moyenne de 1,1 µg/m<sup>3</sup> sur les 15 jours.

Les concentrations en ammonium varient :

- de 0 à 3,3 µg/m<sup>3</sup> à la Camée, avec une moyenne de 0,5 µg/m<sup>3</sup> sur les 15 jours ;
- de 0 à 3,3 µg/m<sup>3</sup> à Plessis, avec une moyenne de 0,4 µg/m<sup>3</sup> sur les 15 jours.

Ces résultats montrent en outre que :

- Lorsque la Camée est spécifiquement sous les vents de la zone Yara, et que celle-ci est en fonctionnement nominal, 5 jours montrent une surconcentration en nitrate à La Camée par rapport à Plessis, et 3 jours montrent une surconcentration à Plessis par rapport à La Camée. De ce fait, il est difficile de conclure sur l'influence des émissions de nitrate d'ammonium de Yara sur les concentrations en nitrate et ammonium mesurées à La Camée ;
- Il est à noter que lorsque La Camée est sous les vents de Yara, Plessis se retrouve sous l'influence de la raffinerie, émettrice de NOx<sup>7</sup>. Cela peut influencer les mesures en nitrate sur ce site ;
- Lorsque Plessis est spécifiquement sous les vents de la zone Yara, et que celle-ci est en fonctionnement nominal, la surconcentration en nitrate observée à Plessis est de +0,4 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur les 3 jours concernés. Les concentrations en ammonium sont en moyenne égales sur les 2 sites ;
- Lorsqu'aucun des sites n'est sous l'influence de la zone Yara, le site de Plessis est concerné par une surconcentration en nitrate de +0,5 µg/m<sup>3</sup> par rapport au site de La Camée. Les concentrations en ammonium sont en moyenne égales sur les 2 sites ;
- Lorsque le site de Plessis est sous les vents de Yara, et que ses ateliers sont à l'arrêt (cas du 9 novembre), les concentrations en nitrate et en ammonium sont proches sur les 2 sites.

L'ensemble de ces résultats est résumé dans le tableau ci-dessous.

L'influence exclusive de la zone Yara ne peut être démontrée sur l'année 2022.

Conditions	Élément	Concentration (en µg/m <sup>3</sup> )	
		La Camée	Plessis
<b>Moyenne des 15 journées</b>	Nitrate NO <sub>3</sub>	1,0	1,1
	Ammonium NH <sub>4</sub>	0,5	0,4
<b>Lorsque La Camée est sous les vents de Yara, en fonctionnement (n = 8)</b>	Nitrate NO <sub>3</sub>	1,3	1,2
	Ammonium NH <sub>4</sub>	0,4	0,1
<b>Lorsque Plessis est sous les vents de Yara, en fonctionnement (n = 3)</b>	Nitrate NO <sub>3</sub>	0,5	0,9
	Ammonium NH <sub>4</sub>	0,1	0,1
<b>Lorsque Plessis est sous les vents de Yara, en arrêt (n = 1)</b>	Nitrate NO <sub>3</sub>	0,5	0,5
	Ammonium NH <sub>4</sub>	0,0	0,0
<b>Lorsqu'aucun des sites n'est sous les vents de Yara (n = 4)</b>	Nitrate NO <sub>3</sub>	0,7	1,2
	Ammonium NH <sub>4</sub>	1,1	1,1

<sup>7</sup> Rapport BASEMIS : inventaire 2008 à 2020, Air Pays de la Loire, 2022



## Retombées de nitrate et d'ammonium dissous

Les ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ont été évalués par prélèvement des retombées atmosphériques sur 4 sites dans l'environnement de Yara. Chaque prélèvement dure environ 1 mois, en parallèle sur les 4 sites de mesure. Les résultats sont exprimés en  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ .

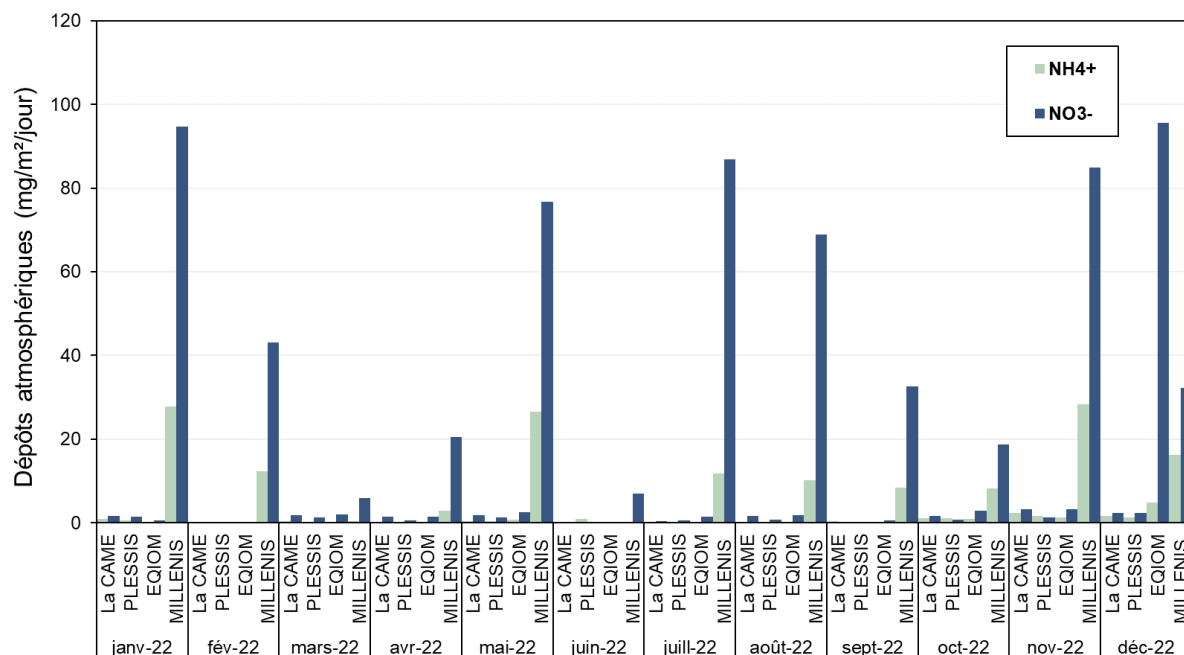


Figure 14 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium

Ces résultats montrent que :

- Les retombées atmosphériques sont systématiquement les plus élevées sur le site de Millénis ;
- Les retombées moyennes annuelles en ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sont de  $12,8 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$  à Millénis. Elles sont de  $47,7 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$  pour les retombées moyennes annuelles en ions nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ;
- Pour comparaison, les retombées moyennes annuelles en ions ammonium sont de  $0,6 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$  sur les 3 autres sites (EQIOM, Camée et Plessis) ;
- Les retombées moyennes annuelles en ions nitrates sont de  $9,4 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$  à EQIOM. Elles sont en moyenne de  $1,2 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$  sur les 2 autres sites (Camée et Plessis) ;
- Cela traduit des retombées rapides et localisées aux abords immédiats de l'industrie. Le site de Millénis, identifié par modélisation comme localisé dans les zones de retombées maximales de l'industrie, est le site le plus exposé à ces retombées ;
- Les retombées atmosphériques mesurées à Millénis en 2022 sont deux fois inférieures à celles relevées en 2021, tant sur le nitrate que sur l'ammonium.

# Conclusions et perspectives

Afin de répondre à l'arrêté préfectoral n° 2019/ICPE/359 du 18 décembre 2019, et à la sollicitation de Yara France pour satisfaire les exigences de cet arrêté, Air Pays de la Loire a entrepris des mesures en particules PM10 et PM2.5, et en nitrate et ammonium, afin d'évaluer l'exposition de la population et d'apprécier l'influence des émissions de Yara sur ces concentrations. Les mesures en 2022 s'inscrivent dans un historique initié depuis octobre 2020, et comprend des mesures automatiques et permanentes de particules PM10 et PM2.5 au niveau des zones habitées de La Camée à Montoir-de-Bretagne et de Plessis à Donges, des mesures de retombées atmosphériques de nitrate et d'ammonium tout au long de l'année, ainsi que la mesure du nitrate et d'ammonium dans l'air ambiant par des prélèvements par filtre, en hiver.

Ces mesures ont permis d'évaluer l'exposition de la population aux différents polluants étudiés, qui se traduit par :

- **Des concentrations en particules fines homogènes en moyenne annuelle au niveau régional**, tant pour les PM10 (entre 14,3 et 16,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que pour les PM2.5 (entre 8,7 et 9,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- **Des niveaux de PM10 inférieurs à la valeur limite et à l'objectif de qualité** en moyenne annuelle, et inférieurs aux seuils réglementaires journaliers, excepté le 26 mars à La Camée ;
- **Des niveaux de PM2.5 inférieurs à la valeur limite annuelle et à l'objectif de qualité** ;
- Les valeurs guides OMS annuelles sont dépassées tant pour les PM10 que pour les PM2.5 ;
- Les valeurs guides OMS journalières sont dépassées à La Camée au cours de 5 journées pour les PM10 et 54 journées pour les PM2.5. Ces dépassements sont aussi constatés sur les autres stations de référence ;
- En valeur absolue, les concentrations en nitrate et en ammonium lorsque La Camée est sous l'influence de Yara restent dans la gamme de variabilité des concentrations relevées hors influence, et dépendent des conditions météorologiques ;
- Les retombées atmosphériques de nitrate et d'ammonium en zone habitée (La Camée et Plessis) sont faibles et régulièrement proches des limites de détection.

L'ensemble de ces mesures a permis, d'autre part, d'évaluer l'influence de la zone Yara :

- Sur les 267 heures (soit 3 % du temps) où La Camée est sous l'influence de Yara, la surconcentration en PM10 sur ce site par rapport au site de Plessis est de +4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 et de +3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2.5 ;
- Cette surconcentration est attribuable à l'ensemble de la zone industrielle dont Yara fait partie (terminal multivrac, zone de stockage de charbon, EQIOM, activités de brouettages, et Yara). L'influence de Yara apparaît toutefois plus prépondérante sur les PM2.5, avec une surconcentration estimée à +1,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lorsque l'usine est en fonctionnement, s'ajoutant à une surconcentration de +1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lorsque La Camée est sous l'influence de l'ensemble de la zone industrielle hors Yara.
- Les mesures de PM10 et PM2.5 réalisées sur le site de Plessis ne montrent pas d'influence significative des émissions de Yara sur ce site (surconcentrations inférieures à +1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- La carrière des Six-Croix a été identifiée comme une autre source d'influence significative dans les teneurs en PM10 sur le site de La Camée, avec une surconcentration estimée à +4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- Sur 15 jours spécifiques d'études, les résultats ne permettent pas de conclure à une influence systématique de Yara sur les concentrations en nitrate et en ammonium relevées en 2022 lorsque le site de mesure est sous l'influence de l'établissement ;
- Une décroissance rapide des retombées atmosphériques en ions nitrate et ammonium avec la distance à l'établissement. Au-delà de 700 mètres, les concentrations deviennent faibles et proches des limites de détection, confirmant les résultats de 2021.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales conclusions :

Polluant	Respect des seuils réglementaires ?	Contribution de l'ensemble de la zone d'activité Yara	Dont influence spécifique Yara
<b>PM10 et PM2.5</b>	Annuel : Oui Seuil d'information : atteint sur 1 journée	Surconcentration de +4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 Surconcentration de +3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5	+1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5 ; Influence négligeable à Plessis
<b>Nitrates d'ammonium</b>	Pas de valeurs réglementaires	Non déterminé	Non déterminé

## Perspectives

Les mesures de poussières PM10 et PM2.5 réalisées sur les sites de La Camée et Plessis se poursuivent en 2023. En 2023, les mesures et l'interprétation des particules fines PM1 seront ajoutées afin de renforcer la surveillance et l'étude fine de l'influence des émissions de l'industrie.

# Annexes

- annexe 1 : concentrations de nitrate et ammonium particulières
- annexe 2 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium
- annexe 3 : rose des vents mensuelles
- 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 2022

# Annexe 1 : concentrations de nitrate et ammonium particulaires

Date	Site	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$
22/10/2022	La Camée	2,1	0,2
	Plessis	1,0	< L.Q.
28/10/2022	La Camée	1,1	< L.Q.
	Plessis	0,9	0,2
29/10/2022	La Camée	2,1	0,2
	Plessis	1,4	0,2
30/10/2022	La Camée	1,4	0,1
	Plessis	2,6	0,1
31/10/2022	La Camée	1,7	0,3
	Plessis	1,3	< L.Q.
07/11/2022	La Camée	1,5	0,1
	Plessis	0,6	0,1
09/11/2022	La Camée	0,5	< L.Q.
	Plessis	0,5	< L.Q.
21/11/2022	La Camée	0,3	0,7
	Plessis	0,6	0,1
26/11/2022	La Camée	0,4	1,1
	Plessis	1,0	0,3
30/11/2022	La Camée	0,3	0,9
	Plessis	2,4	0,9
22/12/2022	La Camée	0,6	0,1
	Plessis	0,7	0,1
27/12/2022	La Camée	1,2	0,3
	Plessis	0,6	0,1
11/01/2023	La Camée	0,4	< L.Q.
	Plessis	0,5	0,1
13/01/2023	La Camée	0,4	< L.Q.
	Plessis	1,4	< L.Q.
24/01/2023	La Camée	0,8	3,3
	Plessis	0,8	3,3

La limite de quantification (LQ) est de  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , soit  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$

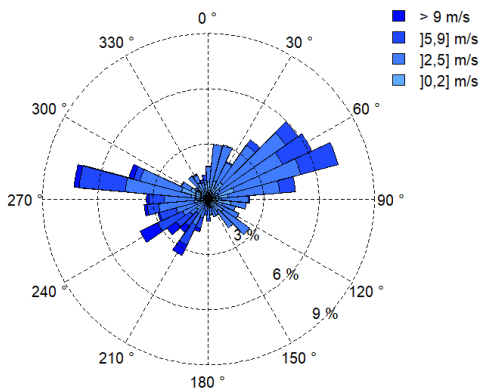
## Annexe 2 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium

Mois	Site	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/m <sup>2</sup> /jour)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/m <sup>2</sup> /jour)
Janvier 2022	La CAME	0,90	1,71
	PLESSIS	0,60	1,42
	EQUIOM	0,04	0,64
	MILLENIS	27,72	94,74
Février 2022	La CAME	0,00	0,07
	PLESSIS	0,00	0,10
	EQUIOM	0,01	0,09
	MILLENIS	12,34	43,07
Mars 2022	La CAME	0,30	1,80
	PLESSIS	0,00	1,33
	EQUIOM	0,00	1,97
	MILLENIS	0,40	5,98
Avril 2022	La CAME	0,26	1,54
	PLESSIS	0,10	0,59
	EQUIOM	0,08	1,52
	MILLENIS	2,85	20,55
Mai 2022	La CAME	0,37	1,76
	PLESSIS	0,33	1,27
	EQUIOM	0,81	2,50
	MILLENIS	26,59	76,83
Juin 2022	La CAME	0,01	0,01
	PLESSIS	0,97	0,07
	EQUIOM	0,01	0,14
	MILLENIS	0,01	7,00
Juillet 2022	La CAME	0,00	0,38
	PLESSIS	0,00	0,50
	EQUIOM	0,10	1,50
	MILLENIS	11,86	86,93
Août 2022	La CAME	0,00	1,58
	PLESSIS	0,00	0,78
	EQUIOM	0,00	1,88
	MILLENIS	10,13	68,86
Septembre 2022	La CAME	0,35	0,08
	PLESSIS	0,27	0,16
	EQUIOM	0,11	0,54
	MILLENIS	8,42	32,67
Octobre 2022	La CAME	1,03	1,63
	PLESSIS	1,03	0,74
	EQUIOM	0,88	2,85
	MILLENIS	8,13	18,73
Novembre 2022	La CAME	2,34	3,22
	PLESSIS	1,57	1,36
	EQUIOM	1,20	3,17
	MILLENIS	28,35	84,97
Décembre 2022	La CAME	1,70	2,41
	PLESSIS	1,21	2,27
	EQUIOM	4,76	95,65
	MILLENIS	16,31	32,30

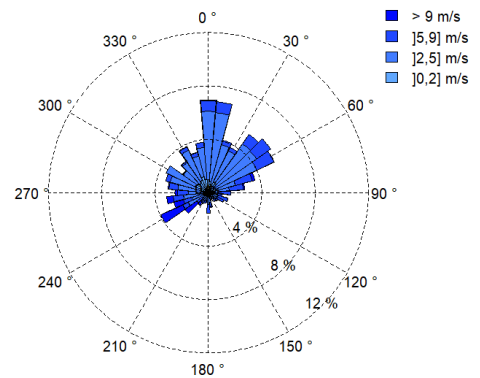


# Annexe 3 : rose des vents mensuels

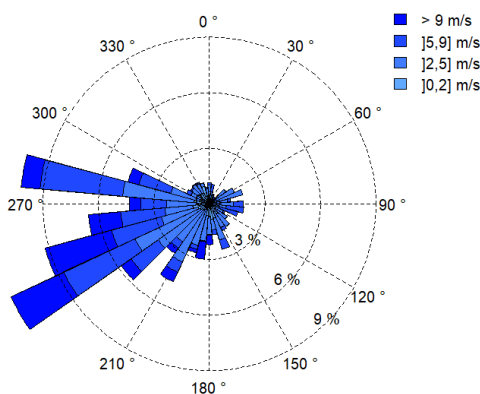
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, janvier 2022



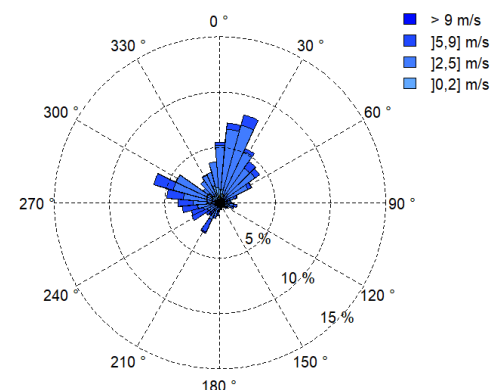
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, avril 2022



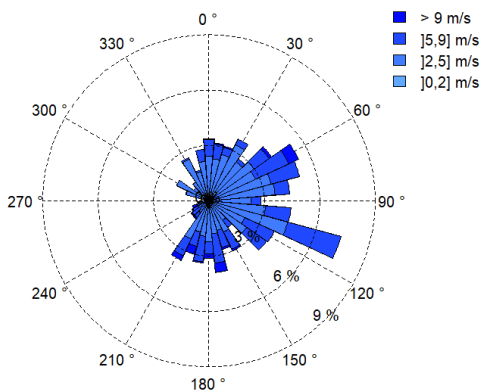
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, février 2022



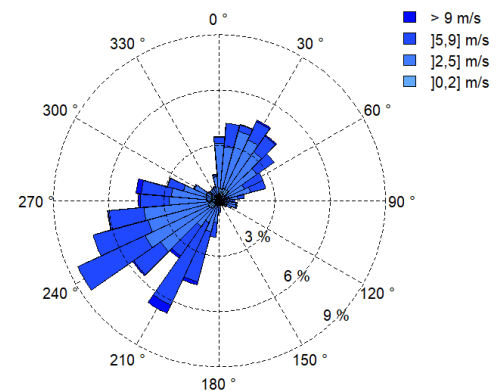
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mai 2022



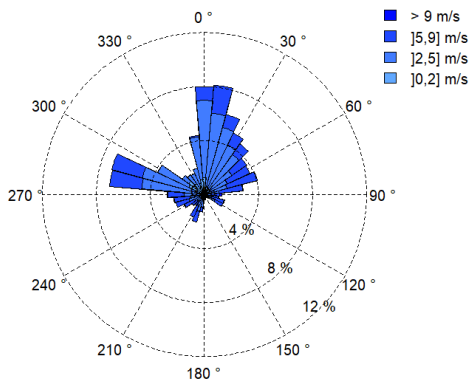
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mars 2022



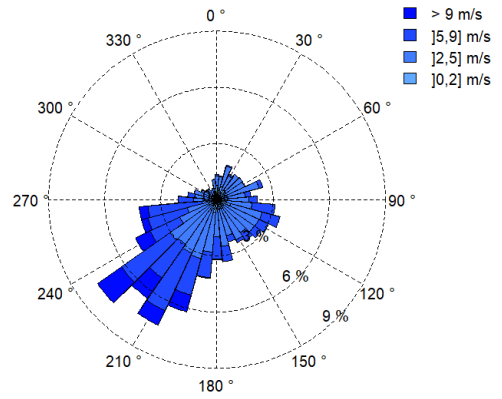
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juin 2022



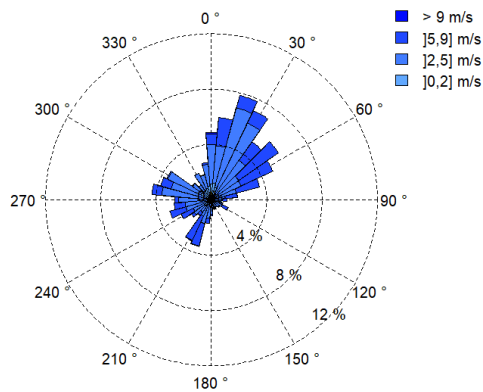
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juillet 2022



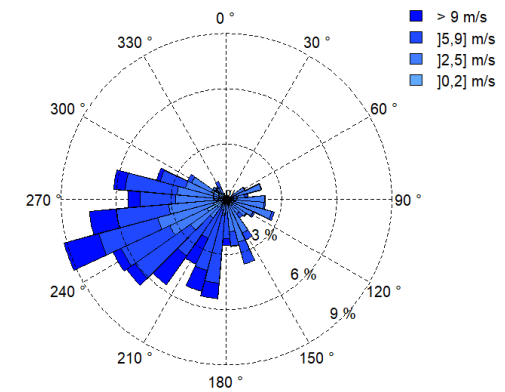
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, octobre 2022



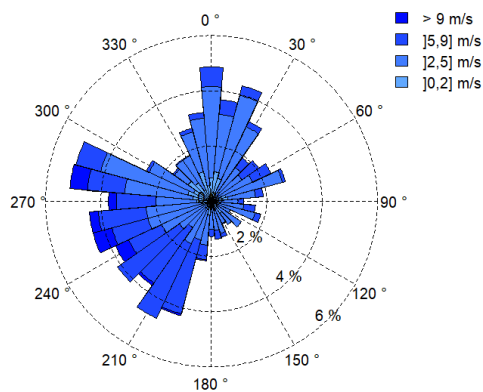
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, août 2022



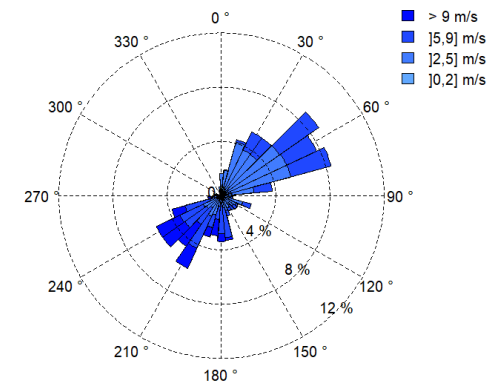
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, novembre 2022



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, septembre 2022



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, décembre 2022



# 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.

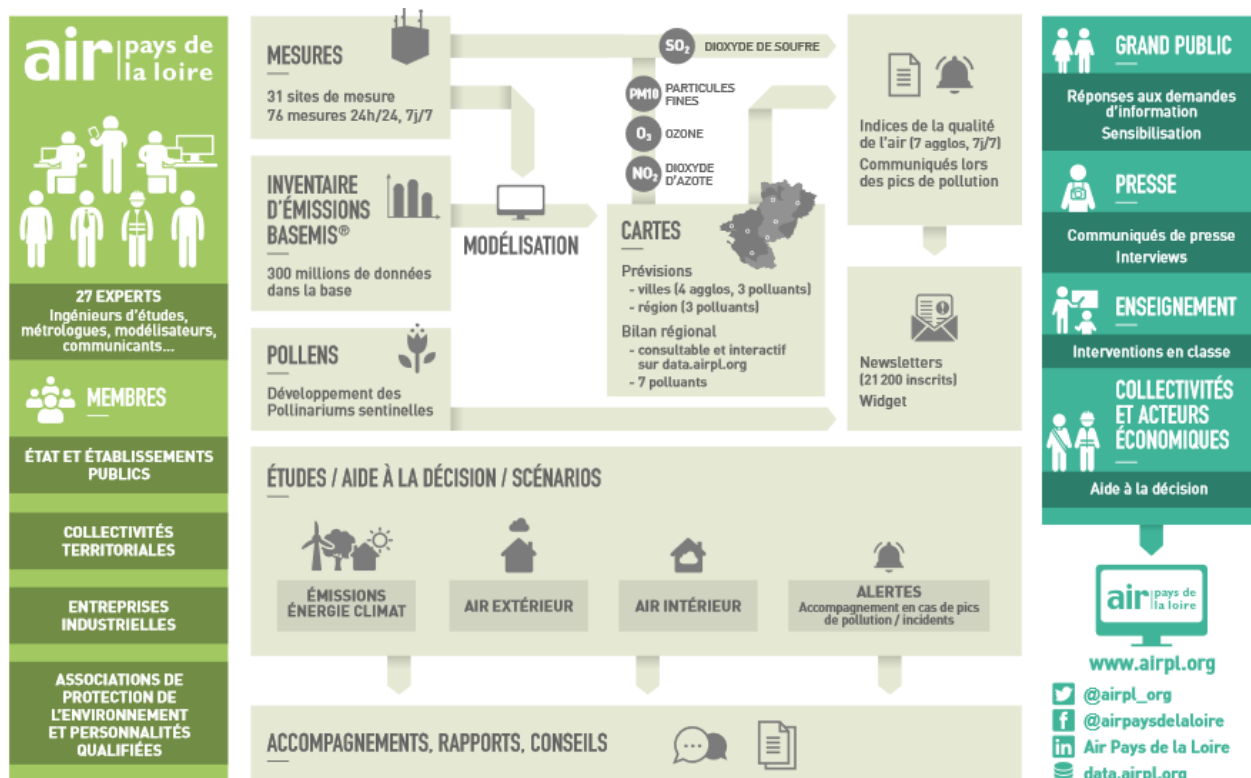
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur [www.airpl.org](http://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

## Les particules (ou poussières) PM10 et PM2.5

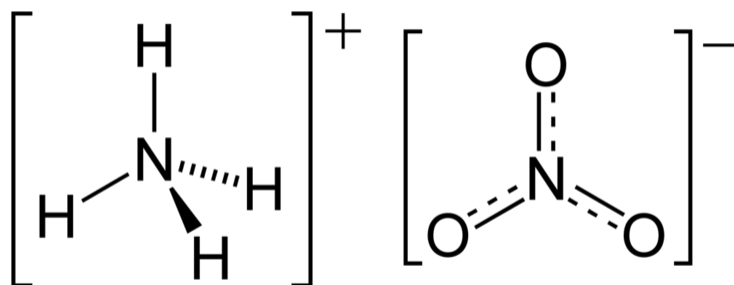
Les particules fines ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux 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 plus 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 nitrate d'ammonium

### Les sources de nitrate d'ammonium

Les sources du nitrate d'ammonium sont directement liées à celles des ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  et nitrate  $\text{NO}_3^-$ .



Formule 2D du nitrate d'ammonium.

L'ion ammonium a pour origine les émissions d'ammoniac gazeux dans l'atmosphère provenant des activités agricoles essentiellement (élevage et épandage d'engrais). Le rôle des sols est également important parce qu'ils assimilent l'azote atmosphérique pour produire de l'azote organique minéralisé ensuite à l'état d'ammoniac ou d'ammonium.

Les nitrates dans l'atmosphère sont issus principalement du cycle de l'azote dont un des produits finaux est l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ), composante importante de l'acidité des précipitations issu de l'oxydation des oxydes d'azote. Les oxydes d'azote proviennent notamment de l'activité humaine. Les nitrates sont donc issus indirectement et essentiellement des activités anthropiques.

**En résumé, l'ion ammonium provient essentiellement des activités agricoles tandis que le nitrate atmosphérique provient des transports et de l'industrie.**

Compte tenu de la position géographique de la Loire Atlantique, les élévations générales en nitrate d'ammonium apparaissent principalement par vent d'origine continentale (vents d'est) alors que les vents océaniques d'ouest sont associés à des niveaux globalement faibles de ces composés.

**Le nitrate d'ammonium provient également d'émissions directes de sources fixes**, en particulier les établissements de fabrication d'engrais, à l'exemple de l'usine Yara France de Montoir.

### Le nitrate d'ammonium un aérosol secondaire semi volatil

Le nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dans l'atmosphère est formé à partir de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  (g) et de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (g). Cet aérosol secondaire se présente sous la forme de particules submicroniques. Il est semi volatil c'est à dire qu'il peut se volatiliser en  $\text{NH}_3$  (g) et  $\text{HNO}_3$  (g). Rusell *et al* (1983) estiment qu'à des températures supérieures à 30°C la majorité du nitrate se trouve en phase gazeuse sous forme d'acide nitrique, tandis qu'à des températures inférieures à 15°C, le nitrate se trouve en phase particulaire sous forme de nitrate d'ammonium. Entre ces deux températures il existe une quantité variable de nitrate sous forme gazeuse et particulaire. L'humidité relative, les concentrations atmosphériques en ammoniac et acide nitrique ont également des effets sur cet équilibre gaz/particule. Toutefois la température semble être le facteur prépondérant.



# Annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2022

## 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 <sub>3</sub> )	DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 <sup>(1)</sup> 1 <sup>er</sup> seuil : 240 <sup>(2)</sup> 2 <sup>ème</sup> seuil : 300 <sup>(2)</sup> 3 <sup>ème</sup> seuil : 360 ou à partir du 2 <sup>e</sup> jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 <sup>(3)</sup> 200 <sup>(4)</sup>	-	500 <sup>(5)</sup>
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 <sup>e</sup> 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 <sub>3</sub> )	DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	OXYDE D'AZOTE (NO <sub>x</sub> )	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO (a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 <sup>(1)</sup>	40	25	5	-	20 <sup>(1)</sup>	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 <sup>(2)</sup>	-	-	-	125 <sup>(3)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	-	350 <sup>(5)</sup>	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(6)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 <sup>(7)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 <sup>(8)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(9)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

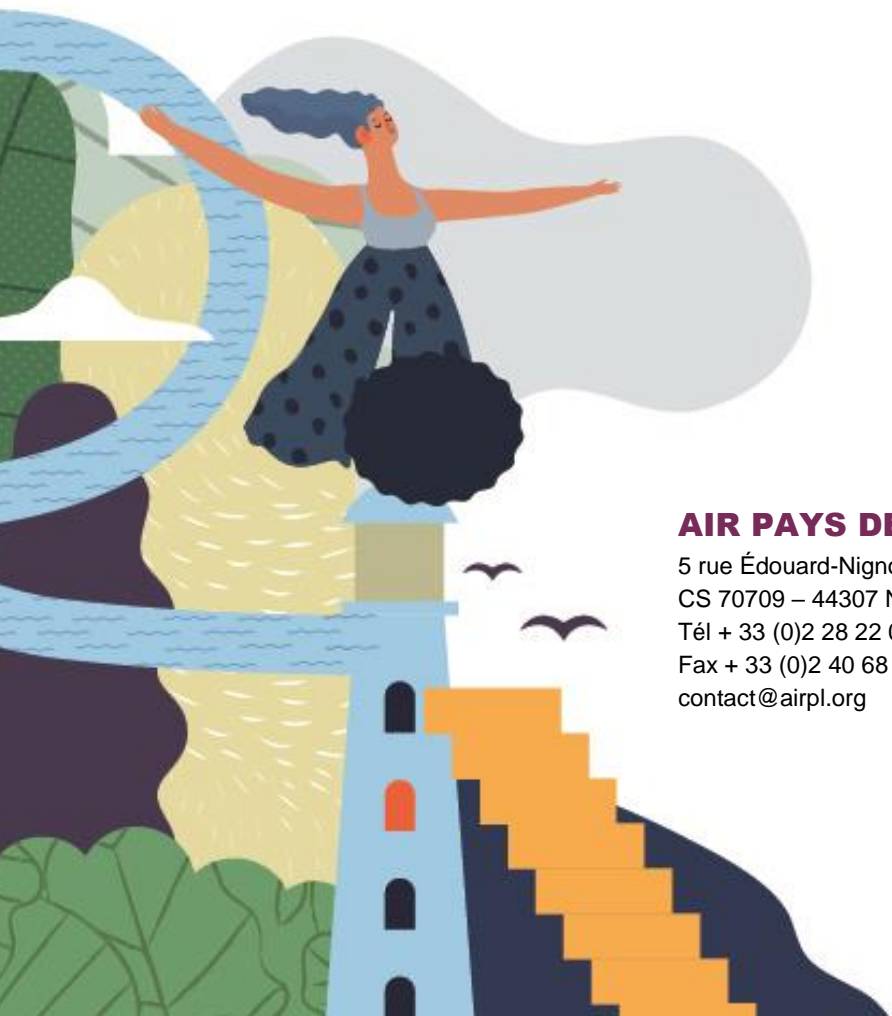
(1) pour la protection de la végétation  
(2) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90A annuel)  
(3) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)  
(4) à ne pas dépasser plus de 16h par an (percentile 99,79 annuel)  
(5) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,73 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 25j 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.

	PARTICULES FINES PM2,5		PARTICULES PM10		OZONE O <sub>3</sub>		DIOXYDE D'AZOTE NO <sub>2</sub>		DIOXYDE DE SOUFRE SO <sub>2</sub>		MONOXYDE DE CARBONE CO
	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme
Valeurs OMS	15 µg/m <sup>3</sup> a	5 µg/m <sup>3</sup>	45 µg/m <sup>3</sup> a	15 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup> a (moy. sur 8h) 60 µg/m <sup>3</sup> b (saison de pointe)	-	200 µg/m <sup>3</sup> (moy. horaire) 25 µg/m <sup>3</sup> a (moy. sur 24h)	10 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup> (moy. sur 10 min) 40 µg/m <sup>3</sup> a (moy. sur 24h)	-	100 mg/m <sup>3</sup> (moy. sur 15 min) 35 mg/m <sup>3</sup> (moy. horaire) 10 mg/m <sup>3</sup> (moy. sur 8h) 4 mg/m <sup>3</sup> a (moy. sur 24h)



## **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](mailto:contact@airpl.org)

**air** | pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)