



© DREAL Pays de la Loire



YARA FRANCE

Évaluation des niveaux en particules dans son environnement à Montoir-de-Bretagne

Campagne 2023



air pays de
la loire
www.airpl.org

Sommaire

Synthèse	3
Introduction	4
Dispositif de mesures	5
Bilan de la qualité de l'air 2023	8
Résultats pour les PM10.....	8
Résultats pour les PM2.5.....	11
Résultats pour les PM1.....	12
Évaluation de l'influence de Yara	13
Influence de la zone Yara sur les poussières	13
Influence de la zone Yara sur le nitrate et l'ammonium...	16
Conclusions et perspectives	19
Annexes	20

Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Kristan Cuny-Guirriec,

Mise en page : Bérangère Poussin,

Exploitation du matériel de mesure : Sonia Cécile, Edouan Fachat, Romain Drevillon, Thibaud Tregouet

Validation : 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, 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 le collègue Arthur Rimbaud et les services municipaux de la ville de Donges pour leur accueil lors de l'installation du matériel de mesure.

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 2023 s'inscrit dans un historique de mesure initié depuis 2020 et qui comprend 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. Depuis 2023, les mesures de PM1 s'ajoutent à ce dispositif.

Les objectifs de cette étude reposent sur deux axes :

- Évaluer l'exposition de la population aux particules PM10, PM2.5, PM1, aux nitrates et à l'ammonium ;
- Apprécier l'influence des émissions de Yara sur les concentrations relevées dans son environnement.

Moyens

Les zones de retombées maximales issues des émissions de Yara ont été identifiées par modélisation ⁽¹⁾. Suite à cette étude, des appareils de mesures automatiques ont été installés sur le site de La Camé, zone d'habitation la plus proche de l'industrie Yara (1,5 km), et sur le site de 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 m et 4 100 m de l'établissement de Yara, et à Donges.

Résultats

Au regard de la réglementation française :

- En 2023, la valeur limite pour les PM10 (40 µg/m³) et PM2.5 (25 µg/m³), et l'objectif de qualité annuels (respectivement 30 µg/m³ et 10 µg/m³) ont été respectés ;
- Le seuil d'information pour les PM10 (50 µg/m³) a été dépassé le 6 septembre sur l'ensemble des sites étudiés, en lien avec l'influence d'un nuage de sable saharien.

Au regard des valeurs guides de l'OMS :

- La valeur guide annuelle de l'OMS est atteinte pour les PM10 (15 µg/m³) sur le site de La Camé. Elle est dépassée pour les PM2.5 (5 µg/m³) sur l'ensemble des sites.
La valeur guide journalière de l'OMS est dépassée sur le site de La Camé au cours de 5 journées pour les PM10 (45 µg/m³), et 46 journées pour les PM2.5 (15 µg/m³), en lien soit avec des épisodes hivernaux de particules, soit avec l'influence du nuage de sable saharien. Les autres sites de mesure du réseau de surveillance permanent sont également concernés par ce dépassement d'ampleur régionale à nationale.

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

- À partir du 26 septembre 2023, les ateliers de production ont été mis à l'arrêt pour le reste de l'année 2023 ;
- Les mesures de nitrate et d'ammonium particulières au cours de cette période d'arrêt ne montrent aucune surconcentration sur le site de mesure exposé aux vents de l'établissement par rapport à un site non influencé. Ces résultats sont différents de ceux observés lors des études précédentes ⁽²⁾, où l'usine était en fonctionnement nominal toute l'année, et tendent à confirmer une influence de l'établissement sur le nitrate et l'ammonium lorsque ses ateliers de production sont en fonctionnement.
- Au cours de la période d'arrêt, les retombées d'ions nitrate et d'ammonium sont proches entre les 4 sites de mesure (respectivement comprises entre 0,1 et 3,1 mg/m²/jour pour l'ammonium et entre 0,8 et 1,8 mg/m²/jour pour le nitrate). Avant la période d'arrêt, le site de Millénis était le plus exposé avec des retombées moyennes de 11,2 mg/m²/jour pour l'ammonium (contre 3,1 pendant la période d'arrêt) et de 39 mg/m²/jour pour le nitrate (contre 1,8 pendant la période d'arrêt).
- Sur les 124 heures où le site de La Camé est sous l'influence des activités la zone Yara (Sea Invest, EQIOM, Millénis, SAS CETRA granulats et le terminal charbonnier compris), une surconcentration en particules est mesurée sur ce site, dont la part attribuable aux activités de Yara peut être estimée à +1,2 µg/m³ pour les PM10, et +1 µg/m³ pour les PM2.5 et les PM1 lorsque l'usine est en fonctionnement nominal. Les mesures de particules ne montrent pas d'influence de Yara sur le site de Plessis.

Perspectives

En 2024, l'arrêt des ateliers de production (tour prilling) devrait avoir une influence sur les polluants mesurés dans l'environnement de Yara, qui pourrait être quantifiée à l'avenir si le dispositif de mesure est maintenu.

¹ Rapport 2020 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-retombees-de-particules-dans-l-environnement-de-yara-france-a-montoir-de-bretagne-octobre-a-decembre-2020>

² Rapport 2021 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-retombees-particulaires-dans-l-environnement-de-yara-france>

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, et caractérisée par un tissu industriel important. Elle est notamment entourée des industries Sea Invest, du parc à charbon, de zones d'apportements où sont chargés et déchargés des produits pétroliers, et des activités vrac et brouettage par benne le long des rues de la Goelette et de la Tartane entre EQIOM et Millénis.

L'arrêté préfectoral n°2019/ICPE/359 du 18 décembre 2019 impose à Yara des prescriptions complémentaires à la surveillance réglementaire de la pollution atmosphérique. La société Yara France à Montoir-de-Bretagne s'est rapprochée d'Air Pays de la Loire afin de déployer un dispositif de mesure permanent de particules PM10 et PM2.5 ainsi que de nitrate d'ammonium dans l'environnement de l'industrie, permettant de répondre aux objets de l'arrêté préfectoral.

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 à quelques centaines de mètres par modélisation ⁽¹⁾, mais pouvant aller au-delà de ce périmètre dans des conditions des vents établis, notamment concernant les particules PM1 ⁽²⁾ ;
- Un empoussièrement général de la zone lié à différentes sources locales, incluant Yara, et pouvant impacter de manière ponctuelle dans le temps les niveaux de particules, de nitrate et d'ammonium mesurés ⁽³⁾ ;
- 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 ;
- Une influence effective de Yara sur les concentrations en PM2.5 relevées à La Camé, avec une surconcentration de l'ordre de +1,8 µg/m³ ⁽⁴⁾ lorsque ce site de mesure est sous l'influence de l'établissement.

Les mesures 2023 incluent, en plus des mesures habituelles, **l'ajout des mesures permanentes de PM1** sur les sites de La Camé (Montoir-de-Bretagne) et Plessis (Donges).

Les objectifs de cette étude reposent sur deux axes :

- Évaluer l'exposition de la population aux particules PM10, PM2.5, PM1, et aux nitrates et ammonium ;
- Apprécier l'influence des émissions de Yara sur les concentrations relevées dans son environnement.

¹ Rapport 2021 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-retombees-de-particules-dans-l-environnement-de-yara-france-a-montoir-de-bretagne-octobre-a-decembre-2020>

² Rapport 2008 : <https://www.airpl.org/rapport/modelisation-des-niveaux-de-nitrate-d-ammonium-yara-france-a-montoir-de-bretagne-etude-preliminaire-a-la-campagne-de-mesure-2008>

³ Rapport 2016 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-niveaux-de-poussieres-et-de-nitrate-d-ammonium-dans-l-environnement-de-yara-2016>

⁴ Rapport 2022 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-niveaux-en-particules-dans-l-environnement-de-yara-france>

Dispositif de mesures

Méthode de mesure

Mesure en continu des particules PM10, PM2.5 et PM1



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 Camé 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 et à Saint-Etienne-de-Montluc.

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 m³/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 3 mois, d'octobre 2023 à janvier 2024, sur les sites de La Camé et de Plessis. Les prélèvements ont été effectués quotidiennement, parmi lesquels 30 filtres ont été analysés (15 issus de La Camé, 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/m²/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 Camé, 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 ⁽¹⁾ et afin de répondre à l'objectif de l'étude, 4 sites de mesure ont été identifiés.

- **La Camé** : 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 vent 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 ;
- **Millenis** : situé dans l'enceinte de l'entreprise Millenis, 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.



Figure 4 : dispositif de mesure mis en œuvre dans l'environnement de Yara en 2023

Site	Distance au centre de l'installation YARA	Composés mesurés		
		Concentrations PM10, PM2.5, PM1	NH ₄ et NO ₃ particulaires	Retombées NH ₄ et NO ₃ dissous
La Camée	1 500 m	✓	✓	✓
Plessis	4 100 m	✓	✓	✓
EQIOM	730 m			✓
Millenis	210 m			✓

Sites de comparaison

Les mesures effectuées dans l'environnement de Yara (La Camé et Plessis) sont comparées avec 2 autres stations de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, situées hors influence de Yara :

- **Nantes Bouteillerie** : cette station est représentative du fond urbain, et mesure les PM10, PM2.5 et PM1 par analyseur automatique ;
- **Saint-Etienne-de-Montluc** : cette station est représentative du fond rural à péri-urbain, et mesure les PM10, PM2.5 et PM1 par analyseur automatique.

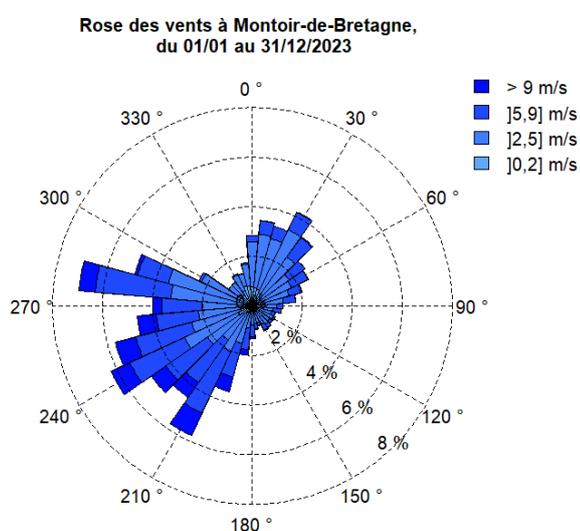
¹ Rapport 2021 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-retombees-de-particules-dans-l-environnement-de-yara-france-a-montoir-de-bretagne-octobre-a-decembre-2020>

Période de mesure

Type de mesure	Période de mesure	Pas d'échantillonnage
Mesures automatiques PM10, PM2.5, PM1	Toute l'année 2023	Horaire
Retombées atmosphériques de nitrate et d'ammonium	Toute l'année 2023	Mensuelle
Concentrations atmosphériques de nitrate et d'ammonium	Octobre à décembre 2023	Journalier (15 jours sélectionnés au total)

À partir du 26 septembre 2023, les ateliers de production de l'usine sont à l'arrêt. Les chaudières demeurent en fonctionnement.

Conditions météorologiques



Les vents relevés à la station Météo-France de Montoir-de-Bretagne sur l'ensemble de l'année 2023 ont été marqués par deux composantes principales :

- L'une d'origine sud-ouest à ouest (comprise entre 190°N et 300°N) caractérisée par des vents modérés à forts. Ces situations sont associées à des flux océaniques perturbés favorables à la dispersion des polluants.
- L'autre d'origine nord-est (comprise entre 0°N et 70°N) est caractérisée par des vents faibles à modérés.

La rose des vents sur l'année 2023 est similaire à celle calculée sur vingt ans, et est représentative d'une année classique.

Figure 5 : rose des vents à Montoir-de-Bretagne pour l'année 2023 (source : Météo -France)

Les capteurs situés à La Camé sont sous l'influence des émissions de Yara par vent de 140°N à 160°N, ce qui a représenté 3 % du temps de mesure de la campagne 2023.

Les capteurs situés à Plessis sont sous l'influence des émissions de Yara pour des vents compris entre 250°N et 260°N, soit 9 % du temps de mesure de l'année 2023.

Bilan de la qualité de l'air 2023

Résultats pour les PM10

<p>?</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>🕒</p> <p>Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.</p>	<p>📍</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>👤</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 cancérigènes.</p>	<p>🌳</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>
--	---	--	---	--

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

- Un **seuil d'information** et de recommandation fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière et d'un **seuil d'alerte** fixé à 80 µg/m³ en moyenne journalière ;
- Cette valeur journalière de 50 µg/m³ 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/m³,
- Un **objectif de qualité** fixé à 30 µg/m³ ;
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 45 µg/m³ en moyenne journalière, et 15 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot (cf. encadré « Méthodologie » ci-dessous) les statistiques de mesure de PM10 sur l'ensemble de l'année 2023. L'historique des mesures de PM10 sur les sites de La Camée et de Plessis, et sur les sites de comparaison de Nantes Bouteillerie et Saint-Etienne-de-Montluc est également montré.

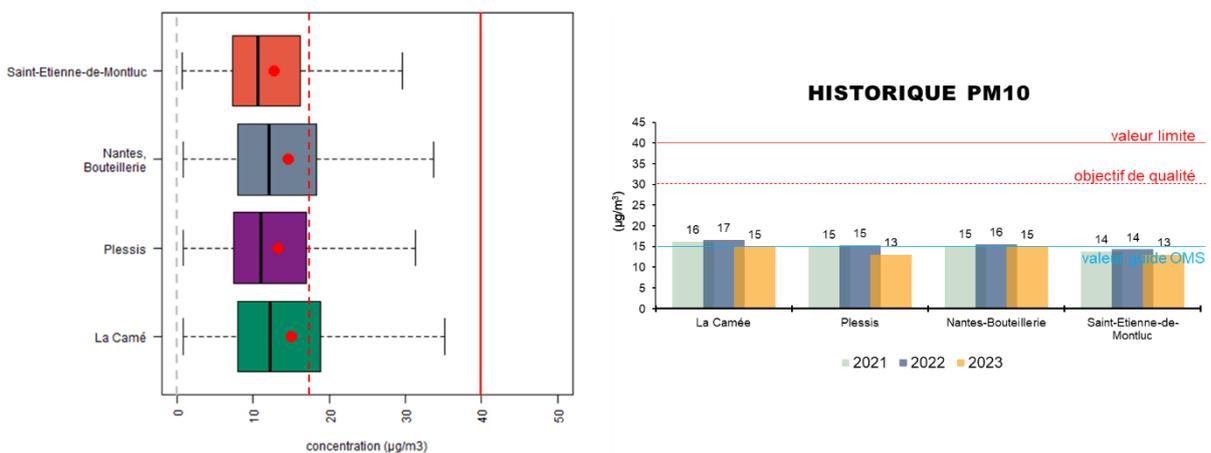
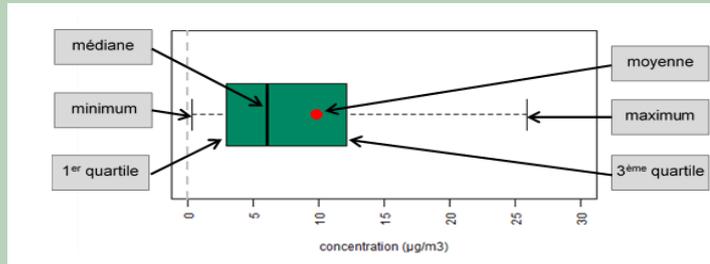


Figure 6 : boxplot des concentrations horaires en PM10 en 2023. La valeur limite annuelle est matérialisée par le trait rouge plein, la valeur guide annuelle de l'OMS par le trait rouge tiré (gauche). Historique des mesures en PM10 (droite)

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 :



Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes annuelles en PM10 sont plus élevées à La Camé ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qu'à Plessis ($13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et se rapprochent plus d'un niveau de fond urbain ($14,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nantes Bouteillerie) que d'un niveau de fond rural ($12,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 *a fortiori* la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- La valeur guide de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est atteinte à La Camé, et ne l'est pas sur les autres sites ;
- Les concentrations relevées en 2023 sont en baisse de 1 à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport à celles relevées en 2022, quel que soit le site considéré.

Évolution des concentrations journalières

La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle des concentrations moyennes journalières en PM10 sur l'ensemble de l'année 2023.

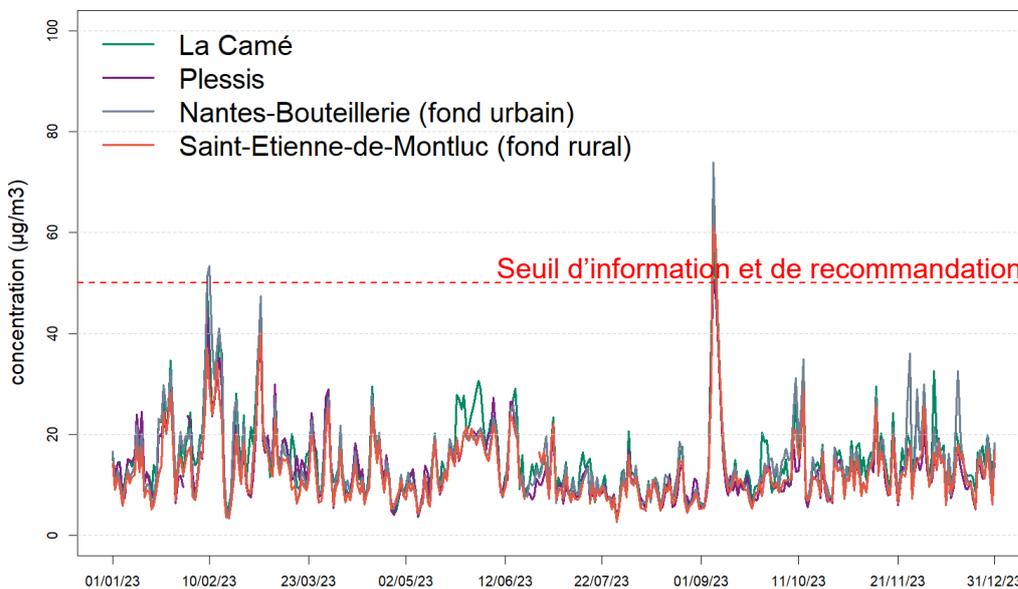


Figure 7 : évolution des concentrations journalières de PM10 en 2023

Ces résultats montrent que :

- L'évolution de concentrations en PM10 est synchrone entre les sites, témoignant d'une influence régionale de ce polluant ;
- Le seuil d'information et de recommandation ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) est dépassé au cours d'une journée (06/09) sur la totalité des sites de mesure, avec des concentrations comprises entre $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cet épisode de pollution est lié à l'influence d'un nuage de sable Saharien ayant affecté toute une partie ouest de la France (cf. figure ci-dessous) ;
- La valeur guide journalière de l'OMS ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée au cours de 5 journées à La Camé (2 journées en février en lien avec un épisode hivernal de particules, et 3 journées en septembre en lien avec l'influence du nuage de sable saharien), contre 3 journées à Plessis, 6 journées à Nantes Bouteillerie et 3 journées à Saint-Etienne-de-Montluc.

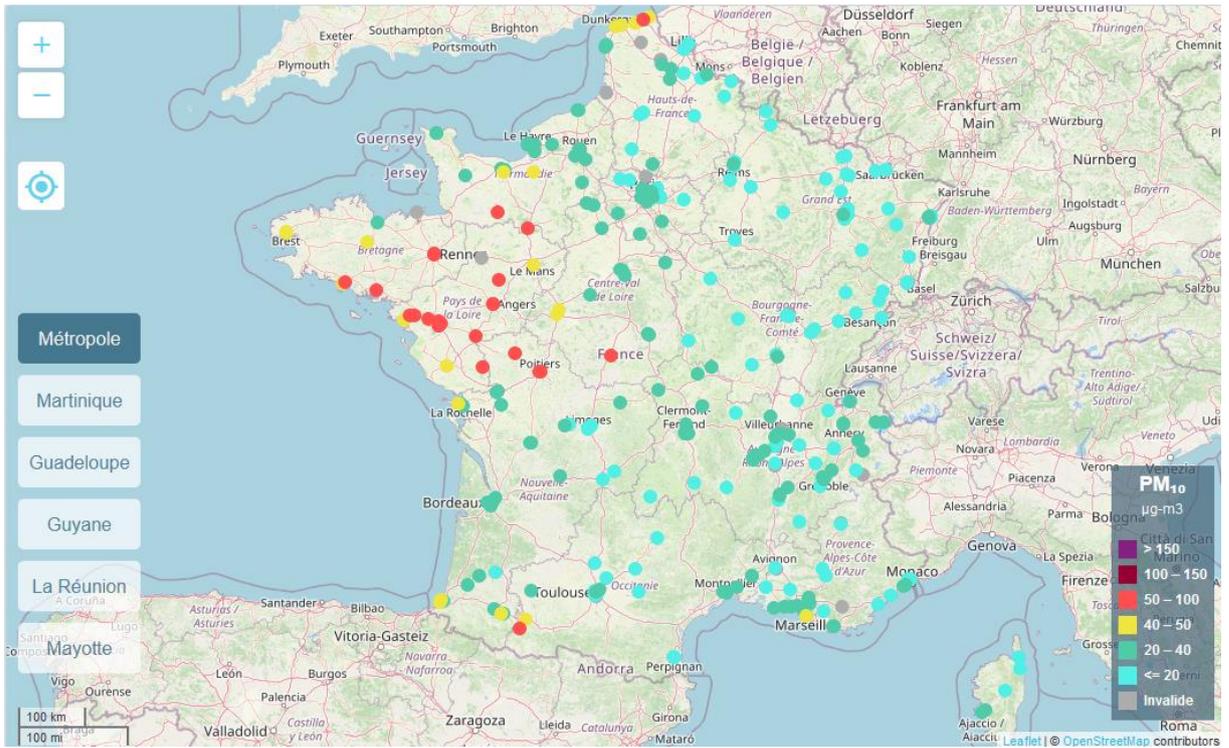


Figure 8 : moyenne journalière en PM10 mesurée aux stations pour la journée du 6 septembre 2023 (Source : GEOD'AIR)

Résultats pour les PM2.5

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

- Une valeur limite annuelle fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Un objectif de qualité de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous, sous la forme d'un boxplot, présente la distribution statistique des concentrations en PM2.5 relevées sur les 4 sites de mesure. L'historique des mesures en PM2.5 depuis 2021 est également montré.

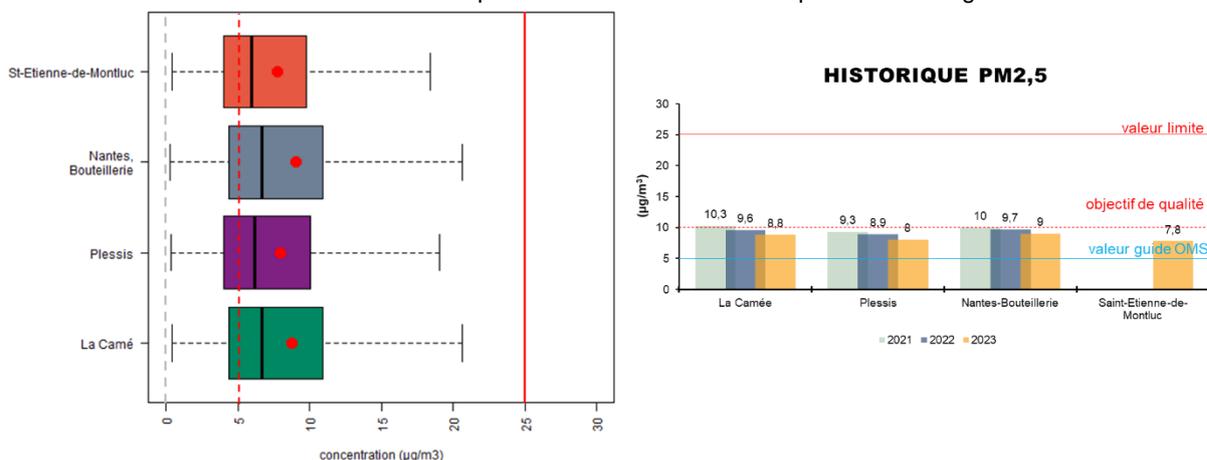


Figure 9 : boxplot des concentrations horaires en PM2.5 en 2023. La valeur limite annuelle est matérialisée par le trait rouge plein, la valeur guide annuelle de l'OMS par le trait rouge tireté (gauche). Historique des mesures en PM2.5 (droite)

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes annuelles sont proches entre les sites, avec des valeurs de $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint-Etienne-de-Montluc, $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Plessis, $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à La Camé et $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nantes Bouteillerie ;
- L'ensemble des sites respecte l'objectif de qualité fixé à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, et *a fortiori* la valeur limite annuelle fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- En revanche, la valeur guide annuelle de l'OMS, fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est dépassée sur l'ensemble des sites ;
- De la même manière que les observations effectuées sur les PM10, les concentrations en PM2.5 sont en baisse en 2023 par rapport aux années précédentes, quel que soit le site considéré.

Évolution concentrations journalières

La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle des concentrations journalières sur ces mêmes sites au cours de l'année 2023.

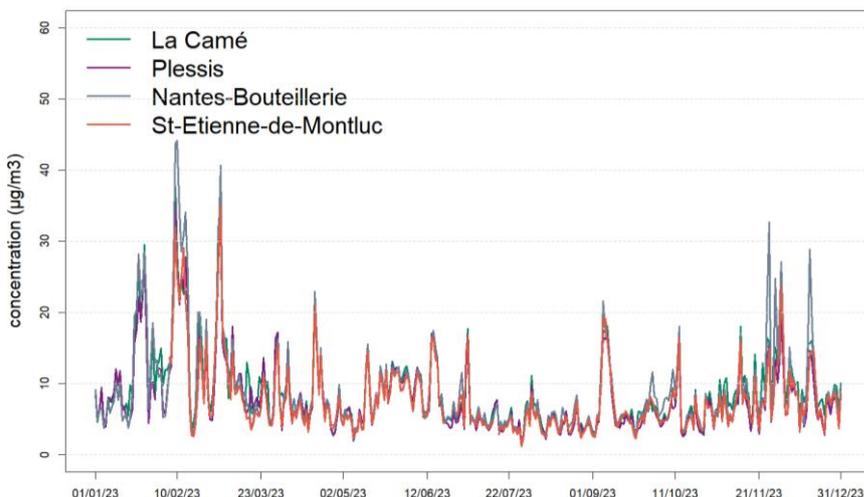


Figure 10 : évolution des concentrations journalières en PM2.5 en 2023

Ces résultats montrent que :

- À l'instar des PM10, l'évolution temporelle des concentrations en PM2.5 est synchronisée 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 46 journées sur le site de La Camé (contre 28 jours à Saint-Etienne-de-Montluc, 35 jours à Plessis, 50 jours à Nantes).

Résultats pour les PM1

Ce chapitre présente les concentrations en particules PM1 (de diamètre inférieur à 1 μm) mesurées à La Camé et Plessis, et comparées aux mesures effectuées à Nantes (fond urbain).

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de réglementation sur les PM1 ni des valeurs guides fixées par l'OMS.

La figure ci-dessous présente sous la forme d'un boxplot la distribution statistique des concentrations en PM1 relevée sur les sites de La Camé, Plessis et Nantes au cours de l'année 2023.

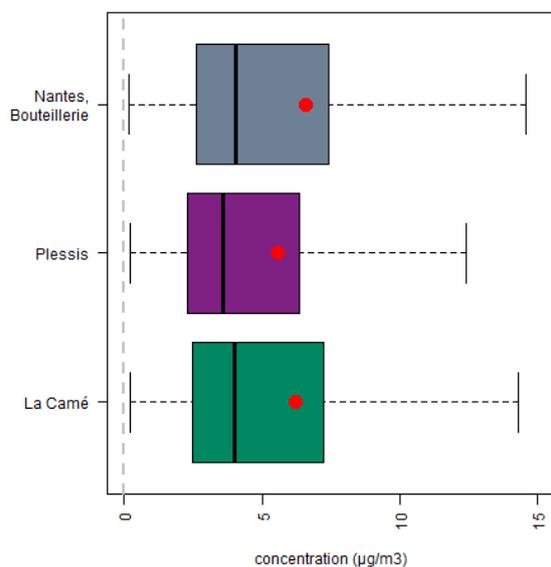


Figure 11 : boxplot des concentrations horaires en PM1 au cours de l'année 2023

Ces résultats montrent que les concentrations moyennes annuelles sont proches sur l'ensemble des sites, avec des valeurs de 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Plessis, 6,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à La Camé et 6,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nantes Bouteillerie.

La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle des concentrations journalières en PM1 sur ces mêmes sites au cours de l'année 2023.

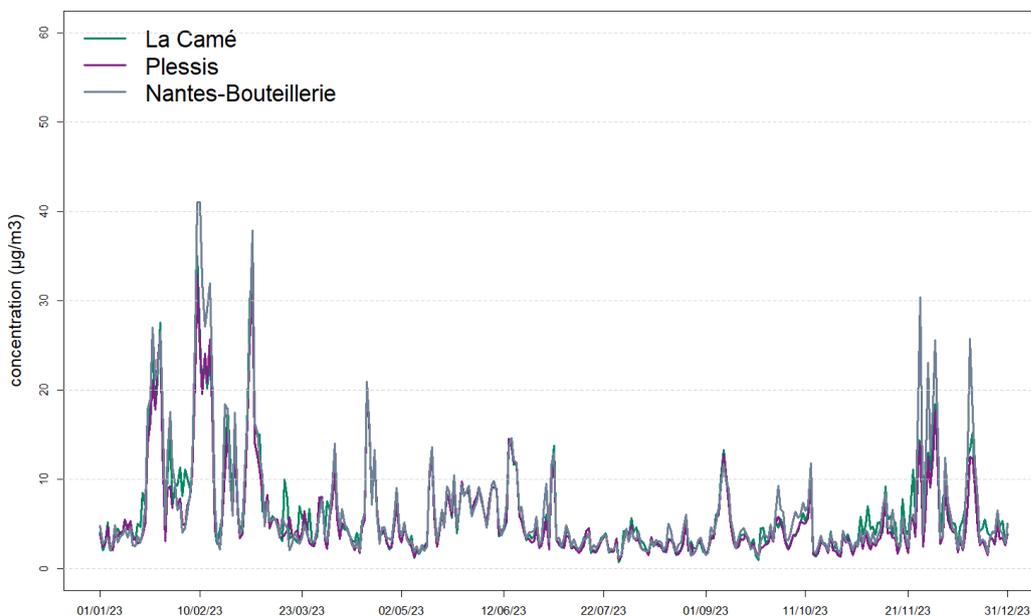


Figure 12 : évolution des concentrations journalières en PM1 en 2023

Ces résultats montrent que tout comme les PM10 et les PM2.5, l'évolution temporelle des PM1 est synchronisée entre les sites, témoignant probablement d'une influence régionale sur ce polluant.

Évaluation de l'influence de Yara

Influence de la zone Yara sur les particules

Qualification de l'influence de Yara

Méthodologie

La localisation des zones d'émission se base sur l'étude des roses de concentrations (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.

Les figures suivantes montrent les roses de concentrations sur les sites de La Camé et de Plessis pour les PM10, PM2.5 puis PM1. Elles sont comparées à celles effectuées sur des sites non-influencés (Nantes et Saint-Etienne-de-Montluc).

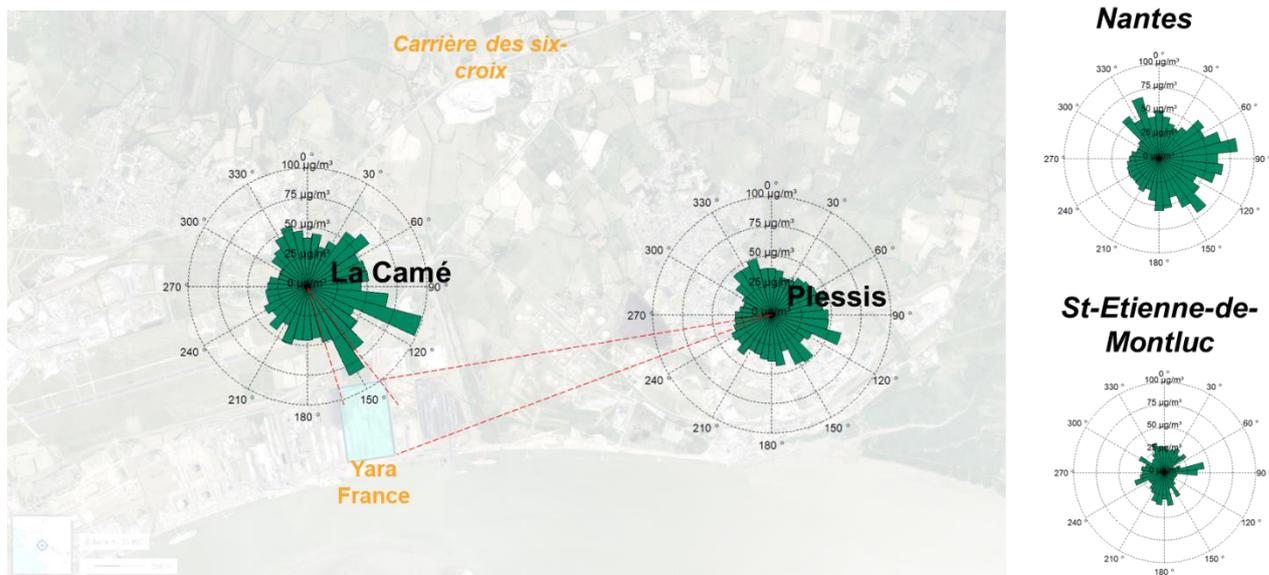


Figure 13 : roses de concentrations de pointe (percentiles 98) en PM10 à La Camé et Plessis, et comparées avec celles de Nantes (Bouteillerie) et Saint-Etienne-de-Montluc

Ces résultats montrent que pour les PM10 :

- À La Camé, les directions [100°N ; 110°N] et les directions [140°N ; 150°N] sont associées à des concentrations plus élevées en PM10 ;
- La direction [100°N ; 110°N] est visible dans une moindre mesure à Plessis, et non visible sur les sites permanents de Nantes et Saint-Etienne-de-Montluc, suggérant une influence locale mais non identifiée ;
- La direction [140°N ; 150°N] est observée uniquement sur le site de La Camé, et provient de la zone industrielle qui comprend Yara et des entreprises voisines (parc à charbon, Sea Invest). Cela traduit une influence de cette zone sur les PM10 mesurées à La Camé ;
- Le site de Plessis ne montre pas de concentrations en PM10 plus élevées lorsque le site est sous les vents de Yara.

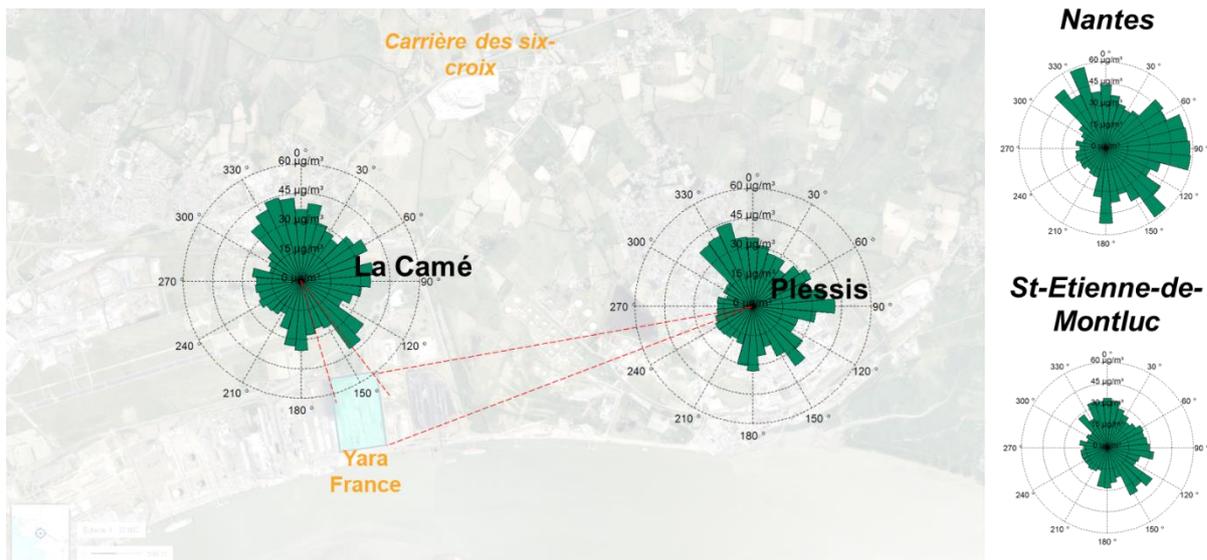


Figure 14 : roses de concentrations de pointe (percentiles 98) en PM_{2.5} à La Camé et Plessis, et comparées avec celles de Nantes (Bouteillerie) et Saint-Etienne-de-Montluc

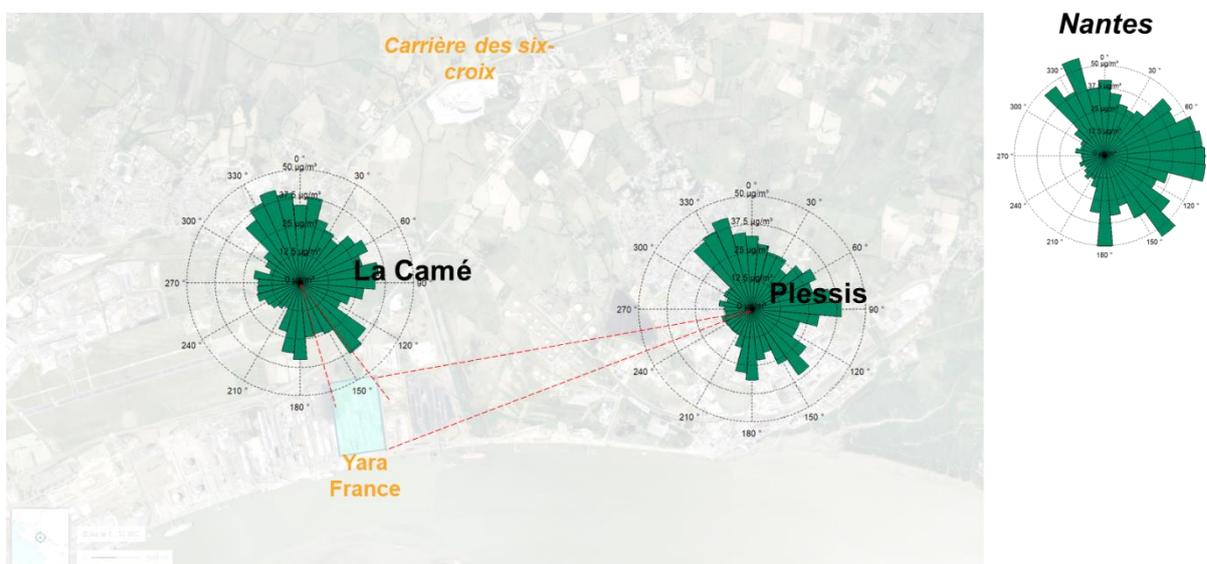


Figure 15 : roses de concentrations de pointe (percentiles 98) en PM₁ à La Camé et Plessis, et comparées avec celles de Nantes (Bouteillerie)

Les résultats des roses de concentrations en PM_{2.5} et PM₁ montrent que :

- Sur le site de La Camé, la direction [150°N ; 160°N] n'est pas identifiée comme une direction associée à une surconcentration en particules fines. La direction [130°N ; 140°N] est en revanche identifiée comme une direction préférentielle d'apport en PM_{2.5} et PM₁ ;
- Cette direction est également observée sur les sites de Plessis et de Nantes, traduisant une influence plutôt régionale, qui ne permet pas de conclure quant à l'influence exclusive de Yara ou de la zone industrielle autour de Yara ;
- Les directions [160°N ; 170°N] ainsi que les directions [320°N ; 10°N] sont également identifiées comme des directions de vent pour lesquelles les teneurs en particules fines sont plus élevées sur le site de La Camé. Le constat est identique sur les autres stations (Plessis, Nantes), traduisant une influence plutôt régionale.

Quantification de l'influence de Yara

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

La figure ci-dessous recense les concentrations en PM10, PM2.5 et PM1 relevées à La Camé et Plessis selon différentes conditions :

1. Le site de La Camé est soumis à de multiples sources, quelle que soit la direction du vent, tout au long de l'année ;
2. Le site de La Camé est spécifiquement sous les vents de l'industrie en fonctionnement (représente 124 heures, soit 1,4 % du temps de mesure annuel) ;
3. Le site de La Camé est spécifiquement sous les vents de l'industrie, alors que les ateliers de production sont à l'arrêt (représente 122 heures, soit 1,4 % du temps de mesure annuel) ;

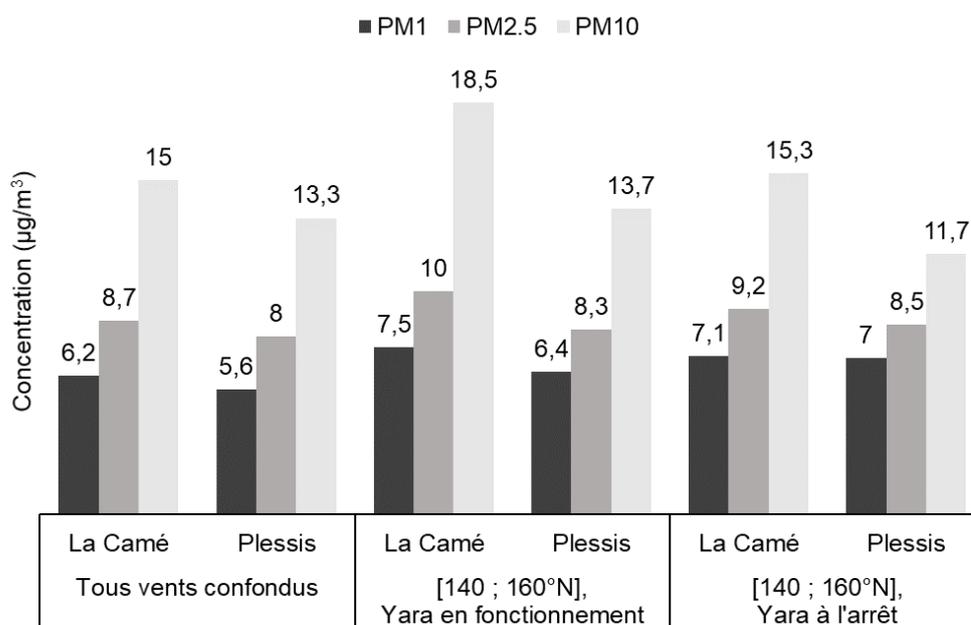


Figure 16 : comparaison des concentrations en PM10, PM2.5 et PM1 à La Camé et Plessis sous différentes conditions

Ces résultats montrent que :

- Lorsque les vents proviennent de toutes directions, la surconcentration en PM10, PM2.5 et PM1 à La Camé par rapport à Plessis est respectivement de +1,7 µg/m³, +0,7 µg/m³ et +0,6 µg/m³ ;
- Lorsque La Camé est spécifiquement sous les vents de la zone industrielle qui comprend Yara et des entreprises voisines (parc à charbon, Sea Invest, trafic), et que Yara est en fonctionnement nominal, la surconcentration en PM10 augmente à +4,8 µg/m³ (contre +3,6 µg/m³ lorsque les ateliers sont à l'arrêt). La surconcentration en PM2.5 est de +1,7 µg/m³ (contre +0,7 µg/m³ lorsque les ateliers sont à l'arrêt), et la surconcentration en PM1 est de +1,1 µg/m³ (contre +0,1 µg/m³ lorsque les ateliers sont à l'arrêt).
 - cela traduit une influence de l'ensemble de la zone industrielle (Yara et entreprises voisines) sur l'apport en particules sur le site de La Camé, confirmant les études précédentes,
 - l'écart de concentrations entre La Camé et Plessis se réduit lorsque les ateliers de production de Yara sont à l'arrêt, témoignant d'une influence spécifique des activités de Yara sur l'apport en particules à La Camé,
 - cet apport peut être estimé à +1,2 µg/m³ pour les PM10, +1 µg/m³ pour les PM2.5 et +1 µg/m³ pour les PM1, en moyenne sur les 124 heures où La Camé est sous l'influence de l'établissement.

Il est à noter que ces surconcentrations sont minorées. Lorsque le site de La Camé 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.

Lors des mesures des années précédentes, aucune influence de Yara n'était détectée sur le site de Plessis. Afin de confirmer ces observations, un travail similaire a été effectué lorsque le site de Plessis est sous l'influence de Yara. Les résultats (présentés en annexe) confirment l'absence d'influence de Yara sur les teneurs en PM10, PM2.5 et PM1 sur ce site, et confirment par ailleurs les résultats de modélisation⁽¹⁾.

¹ Rapport 2020 : <https://www.airpl.org/rapport/evaluation-des-retombees-de-particules-dans-l-environnement-de-yara-france-a-montoir-de-bretagne-octobre-a-decembre-2020>

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

Concentrations en nitrate et ammonium particulières

Les concentrations journalières en nitrate et en ammonium sont mesurées en parallèle sur les sites de La Camé et de Plessis. Les prélèvements se sont effectués du 5 octobre 2023 au 16 janvier 2024. Les ateliers de production de Yara étaient à l'arrêt sur la totalité de la période. Les mesures en 2023 sont donc hors influence de Yara, et peuvent être comparées aux années précédentes où l'usine était en fonctionnement.

Sur l'ensemble des jours où les mesures par filtre ont été effectuées, 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 industrielle de Yara, selon les critères suivants :

- 9 jours correspondent à des situations où le site de La Camé est significativement plus exposé aux vents de direction [140°N ; 160°N] en provenance de Yara ;
- 4 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 ;
- 2 jours correspondent à des situations témoins, où le vent ne plaçait ni le site de La Camé ni le site de Plessis sous les vents de Yara.

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

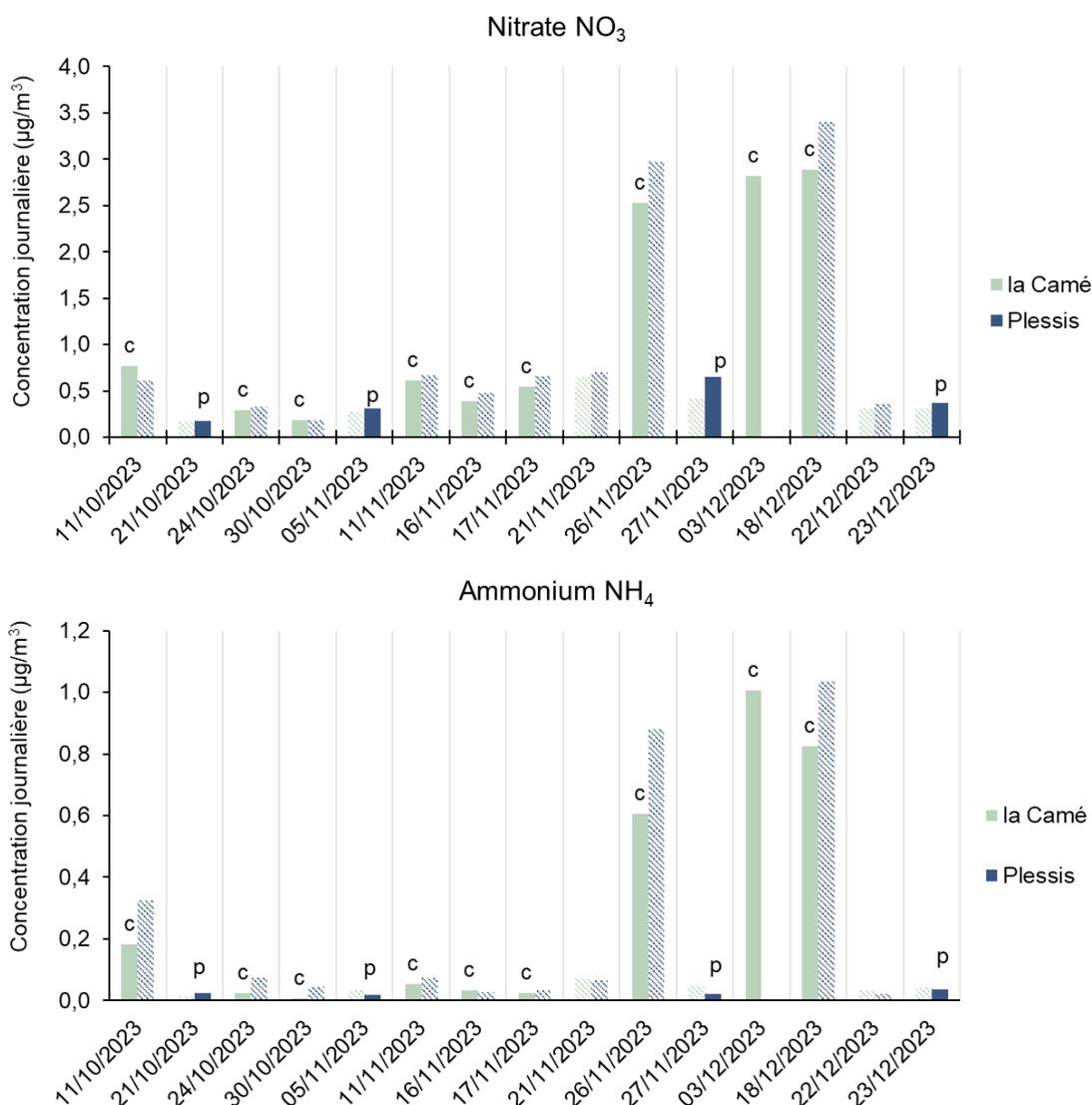


Figure 17 : concentration en nitrate (haut) et ammonium (bas) particulières sur 15 jours d'intérêt. La barre pleine montre le site sous les vents de l'industrie, la barre grisée montre le site témoin ('c' = camée ; 'p' = plessis)

Ces résultats montrent que :

- Les niveaux sont variables d'un prélèvement à l'autre et synchrones entre les sites, variant de 0,2 à 3,4 µg/m³ pour le nitrate, et de 0,01 à 1 µg/m³ pour l'ammonium. **Cette variabilité est indépendante des activités de Yara**, les ateliers de production étant à l'arrêt sur l'ensemble de la période, et traduit plutôt le bruit de fond des concentrations en nitrate et ammonium ;
- Lorsque La Camé est spécifiquement sous les vents de la zone industrielle de Yara, alors que l'usine est à l'arrêt, aucune journée ne montre une surconcentration en ammonium par rapport au site de Plessis. Seule la journée du 11 octobre montre une surconcentration en nitrate (+0,2 µg/m³). En moyenne sur ces 9 journées, les concentrations sont identiques à La Camé et à Plessis (1,2 µg/m³ pour le nitrate et 0,3 µg/m³ pour l'ammonium sur les deux sites) ;
- Lorsque Plessis est spécifiquement sous les vents de la zone industrielle de Yara, alors que l'usine est à l'arrêt, aucune journée ne montre une surconcentration significativement supérieure en nitrate ou en ammonium par rapport au site de La Camé. En moyenne sur ces 4 journées, les concentrations en nitrate sont proches entre les 2 sites (respectivement 0,3 µg/m³ et 0,4 µg/m³ à La Camé et Plessis) et identiques pour les concentrations en ammonium (0,03 µg/m³) ;
- En situation témoin, lorsqu'aucun des deux sites n'est soumis à l'influence de la zone industrielle de Yara, les concentrations entre les 2 sites sont identiques pour le nitrate (0,5 µg/m³) et proches pour l'ammonium (respectivement 0,05 µg/m³ et 0,04 µg/m³ à La Camé et Plessis).

Conditions	Site	Concentration (en µg/m ³)	
		Nitrate NO ₃	Ammonium NH ₄
Moyenne des 15 journées	La Camé	0,9	0,2
	Plessis	0,8	0,2
Lorsque La Camée est sous les vents de Yara, à l'arrêt (n = 9)	La Camé	1,2	0,3
	Plessis	1,2	0,3
Lorsque Plessis est sous les vents de Yara, à l'arrêt (n = 4)	La Camé	0,3	0,03
	Plessis	0,4	0,03
Lorsqu'aucun des sites n'est sous les vents de Yara (n = 2)	La Camé	0,5	0,05
	Plessis	0,5	0,04

En 2023, alors que les ateliers de production étaient à l'arrêt, la différence de concentration entre le site de La Camé et le site de Plessis est négligeable lorsqu'un de ces sites est plus exposé aux vents en provenance de la zone industrielle de Yara par rapport à l'autre site.

Lors des études précédentes ^(1,2,3), les ateliers de production étaient en fonctionnement nominal, et une surconcentration en nitrate (entre +0,1 et +3,3 µg/m³) et en ammonium (entre +0,1 et +0,4 µg/m³) était observée sur le site de La Camé par rapport au site de Plessis lorsque La Camé était exposé aux vents de l'établissement. Les résultats de 2023 mis au regard des résultats des années précédentes tendent à confirmer l'influence des activités de production sur la concentration en nitrate et en ammonium relevée à La Camé.

¹ Rapport 2020 : https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Air-Pays-de-la-Loire_Rapport_YARA2020.pdf

² Rapport 2021 : <https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/AirPaysdeLaLoire-Yara-2021.pdf>

³ Rapport 2022 : https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Yara2022_Rapport-v2-f.pdf

Retombées de nitrate et d'ammonium dissous

Les ions nitrate (NO_3^-) et ammonium (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 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$.

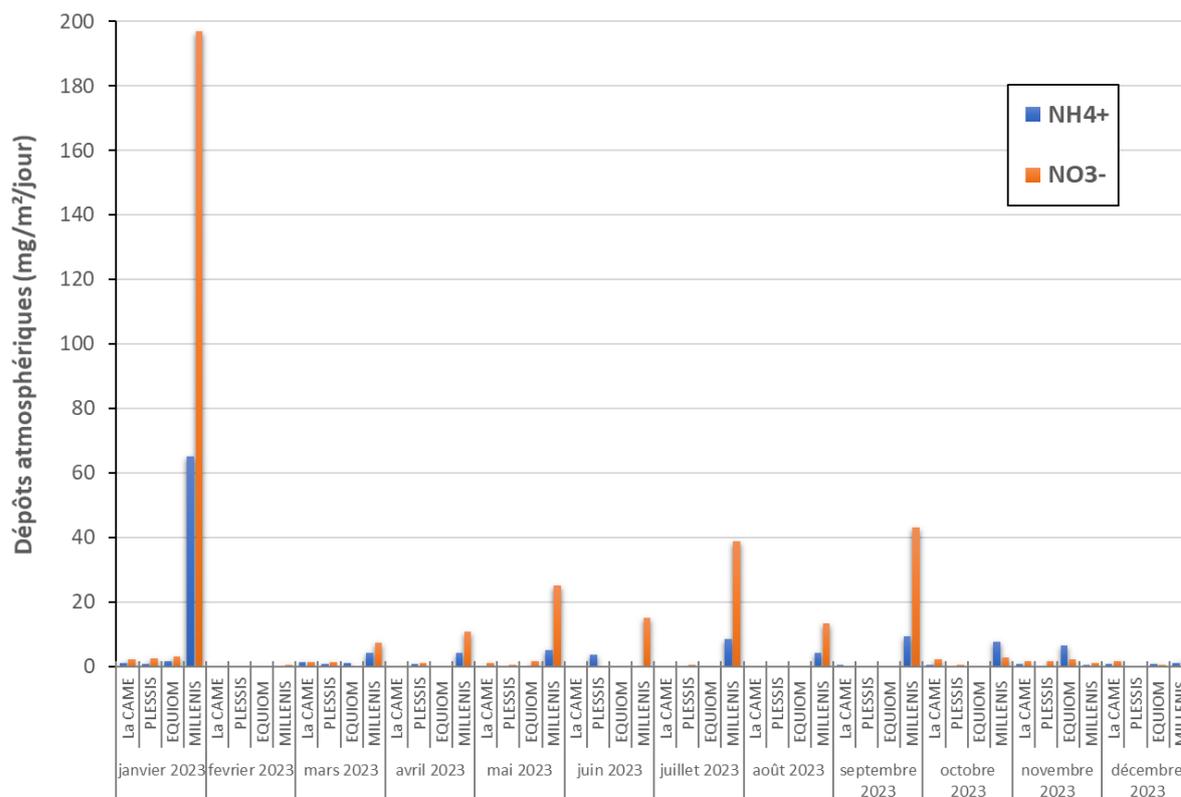


Figure 18 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium

Ces résultats montrent que :

- Les retombées atmosphériques sont systématiquement les plus élevées sur le site de Millénis ;
- Sur ce site, les retombées moyennes annuelles en ions ammonium (NH_4^+) sont de $9,2 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$, contre $0,9 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à EQIOM. Les retombées moyennes annuelles en ions nitrate (NO_3^-) sont de $30 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à Millénis contre $0,8 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à EQIOM ;
- Sur les sites en zone habitées de La Camé et Plessis, les retombées atmosphériques sont proches avec respectivement $0,4$ et $0,6 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour les ions ammonium, et $0,9$ et $0,7 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour les ions nitrate ;
- Cela traduit des retombées en nitrate et ammonium rapides et localisées aux abords immédiats de l'industrie. Le site de Millénis est le plus exposé à ces retombées, confirmant les études de modélisation et les observations expérimentales de ces dernières années ;
- Les retombées observées en 2023 sur ce site sont en baisse de 30 à 40 % par rapport à celles observées en 2022. Par ailleurs, à partir d'octobre 2023, les retombées atmosphériques deviennent faibles et proches entre les sites, incluant Millénis, en lien avec l'arrêt des ateliers de production de Yara.

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 entreprend depuis 2020 des mesures automatiques et permanentes de PM10 et PM2.5 et des mesures de nitrate et d'ammonium afin d'évaluer l'exposition de la population et d'apprécier l'influence des émissions de Yara sur ces concentrations. En 2023, ce dispositif est renforcé en incluant les mesures de particules fines PM1 sur les sites de La Camé (Montoir-de-Bretagne) et de Plessis (Donges), en zone habitée.

Ces mesures ont permis, d'une part, d'évaluer l'exposition de la population aux particules au regard de la réglementation et qui se traduisent par :

- **Des concentrations en particules fines homogènes** en moyenne annuelle au niveau régional, tant pour les PM10 (entre 12,7 et 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) que pour les PM2.5 (entre 7,8 et 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et les PM1 (entre 5,6 et 6,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- **Des niveaux de PM10 inférieurs à la valeur limite** (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et à l'objectif de qualité (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en moyenne annuelle, et inférieurs aux seuils réglementaires journaliers excepté le 6 septembre où les concentrations dépassent les 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble des sites, en lien avec l'influence d'un nuage de sable saharien ;
- **Des niveaux en PM2.5 inférieurs à la valeur limite annuelle** (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et à l'objectif de qualité (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- **Les valeurs guides OMS annuelles sont atteintes** sur le site de La Camé pour les PM10 (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), et sont dépassées sur l'ensemble des sites pour les PM2.5 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Les valeurs guides OMS journalières sont ponctuellement dépassées à La Camée pour les PM10 (5 jours) et les PM2.5 (46 jours), mais également sur les autres sites de mesure, en lien avec des épisodes de particules hivernaux ou à l'influence du nuage de sable saharien ;

D'autre part, ces mesures ont permis d'évaluer l'influence de la zone Yara sur les polluants :

- Sur les 124 heures où le site de La Camé est sous l'influence des activités la zone Yara (terminal charbonnier, Sealinvest, trafic, ...), une surconcentration en particules est mesurée sur ce site, dont la part attribuable aux activités exclusives de Yara peut être estimée à +1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10, et +1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5 et les PM1.
- Le site de Plessis n'est pas impacté par une exposition supplémentaire aux particules imputables aux émissions de Yara lorsque ce site est sous les vents de l'établissement ;
- **Les retombées en ions nitrate et ammonium** sont restreintes à l'environnement immédiat de l'établissement, avec des niveaux maximaux relevés sur le site de Millénis (respectivement 9,2 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ et 30 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour l'ammonium et le nitrate dissous, en moyenne annuelle). Les teneurs relevées à La Camé et Plessis sont inférieures à 1 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour le nitrate et pour l'ammonium.
- **Alors que les ateliers de production étaient à l'arrêt** à partir du 26 septembre, les concentrations en nitrate et ammonium particulières relevés entre les sites de La Camé et de Plessis sont proches (respectivement 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à La Camé et à Plessis pour le nitrate, et 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ammonium sur les deux sites), et aucune surconcentration n'est enregistrée sur un site par rapport à l'autre lorsque ce site est sous l'influence de l'établissement.
- Pendant cette même période d'arrêt de production, les retombées en ions nitrate et ammonium sur le site de Millénis deviennent proches des niveaux enregistrés sur les sites de La Camé et Plessis.
- Ces résultats, différents de ceux des années précédentes lorsque l'usine Yara était en fonctionnement nominal, tendent à confirmer l'influence des activités de cette dernière sur les concentrations en nitrate et ammonium relevées à La Camé.

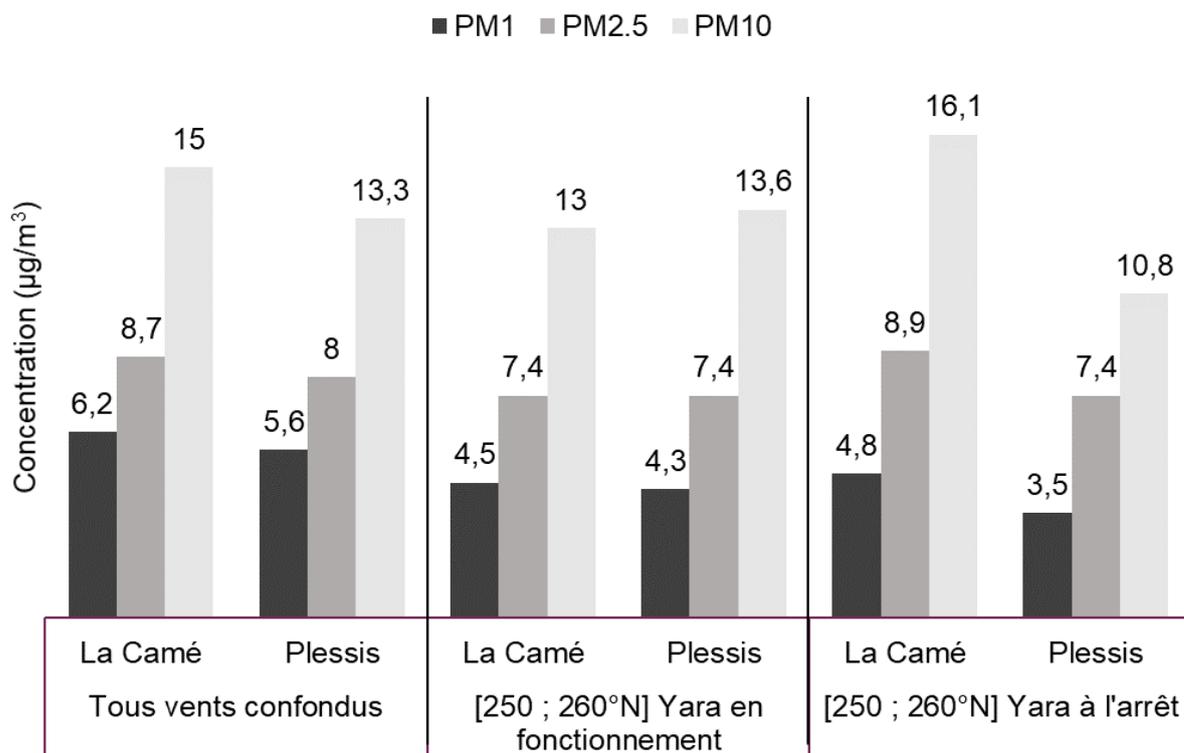
Perspectives

En 2024, l'établissement Yara Montoir-de-Bretagne a arrêté ses ateliers de production, mais poursuit ses activités de stockage. L'arrêt des ateliers de production peut avoir une influence sur la qualité de l'air qui peut être quantifiée à l'avenir avec le maintien du dispositif actuel de mesure.

Annexes

- Annexe 1 : quantification de l'influence de Yara sur le site de Plessis
- Annexe 2 : concentrations de nitrate et ammonium particulières
- Annexe 3 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium
- Annexe 4 : rose des vents mensuelles
- Annexe 5 : Air Pays de la Loire
- Annexe 6 : types des sites de mesure
- Annexe 7 : polluants
- Annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2023

Annexe 1 : quantification de l'influence de Yara sur le site de Plessis



La figure ci-dessus présente les niveaux en PM10, PM2.5 et PM1 sur les sites de La Camé et de Plessis sous différentes conditions :

- Tous vents confondus ;
- Le site de Plessis est sous les vents de Yara, en fonctionnement (avant le 26 septembre) ;
- Le site de Plessis est sous les vents de Yara, dont les ateliers de production sont à l'arrêt (à partir du 26 septembre).

Annexe 2 : concentrations de nitrate et ammonium particulières

Date	Site	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		NO_3	NH_4
11/10/2023	La Camée	0,8	0,2
	Plessis	0,6	0,3
21/10/2023	La Camée	0,2	0
	Plessis	0,2	0
24/10/2023	La Camée	0,3	0
	Plessis	0,3	0,1
30/10/2023	La Camée	0,2	0
	Plessis	0,2	0
05/11/2023	La Camée	0,3	0
	Plessis	0,3	0
11/11/2023	La Camée	0,6	0,1
	Plessis	0,7	0,1
16/11/2023	La Camée	0,4	0
	Plessis	0,5	0
17/11/2023	La Camée	0,5	0
	Plessis	0,7	0
21/11/2023	La Camée	0,7	0,1
	Plessis	0,7	0,1
26/11/2023	La Camée	2,5	0,6
	Plessis	3,0	0,9
27/11/2023	La Camée	0,4	0
	Plessis	0,6	0
03/12/2023	La Camée	2,8	1,0
	Plessis	N.A.	N.A.
18/12/2023	La Camée	2,9	0,8
	Plessis	3,4	1,0
22/12/2023	La Camée	0,3	0
	Plessis	0,4	0
23/12/2023	La Camée	0,3	0
	Plessis	0,4	0

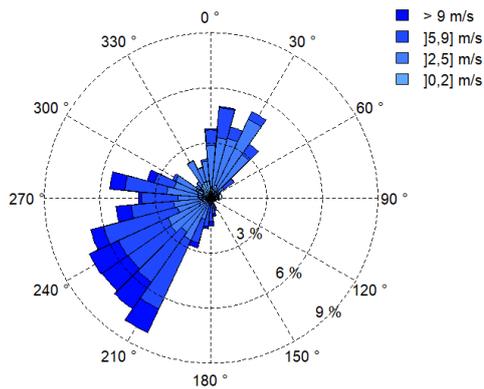
La limite de quantification (LQ) est de $1 \text{ ng}/\text{m}^3$, soit $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Annexe 3 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium

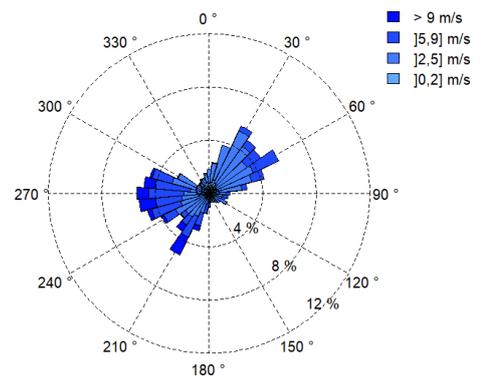
Mois	Site	NH ₄ ⁺ (mg/m ² /jour)	NO ₃ ⁻ (mg/m ² /jour)
Janvier 2023	La CAME	1,00	2,04
	PLESSIS	0,87	2,35
	EQUIOM	1,55	2,91
	MILLENIS	65,18	197,05
Février 2023	La CAME	0,04	0,13
	PLESSIS	0,07	0,18
	EQUIOM	0,05	0,04
	MILLENIS	0,17	0,54
Mars 2023	La CAME	1,36	1,41
	PLESSIS	0,82	1,33
	EQUIOM	0,97	0,16
	MILLENIS	4,14	7,37
Avril 2023	La CAME	0,00	0,00
	PLESSIS	0,73	1,01
	EQUIOM	0,00	0,00
	MILLENIS	4,29	10,74
Mai 2023	La CAME	0,27	0,93
	PLESSIS	0,00	0,53
	EQUIOM	0,00	1,64
	MILLENIS	5,14	24,98
Juin 2023	La CAME	0,02	0,17
	PLESSIS	0,00	0,00
	EQUIOM	0,05	0,05
	MILLENIS	3,48	15,07
Juillet 2023	La CAME	0,03	0,13
	PLESSIS	0,09	0,40
	EQUIOM	0,04	0,21
	MILLENIS	8,49	38,87
Août 2023	La CAME	0,03	0,11
	PLESSIS	0,05	0,07
	EQUIOM	0,02	0,15
	MILLENIS	4,20	13,40
Septembre 2023	La CAME	0,39	0,06
	PLESSIS	0,29	0,22
	EQUIOM	0,12	0,00
	MILLENIS	9,19	43,08
Octobre 2023	La CAME	0,55	2,10
	PLESSIS	0,17	0,41
	EQUIOM	0,10	0,15
	MILLENIS	7,54	2,63
Novembre 2023	La CAME	0,62	1,58
	PLESSIS	0,00	1,68
	EQUIOM	6,52	2,12
	MILLENIS	0,52	1,09
Décembre 2023	La CAME	0,84	1,68
	PLESSIS	0,10	0,20
	EQUIOM	0,71	0,56
	MILLENIS	1,13	1,80

Annexe 4 : rose des vents mensuels

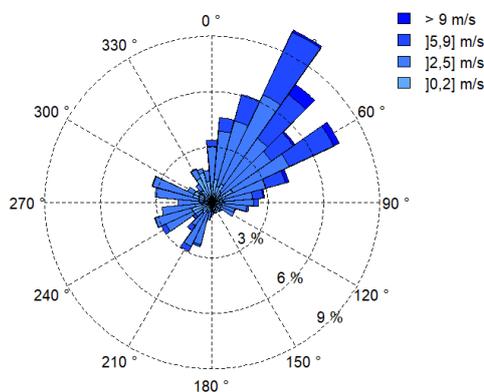
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, janvier 2023



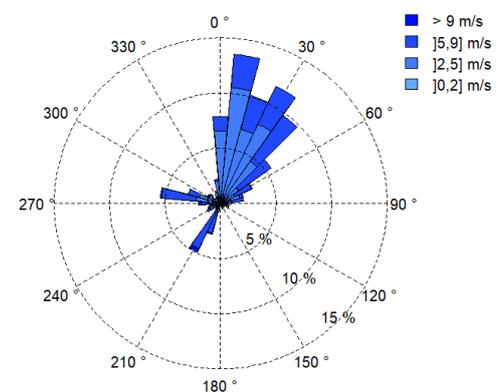
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, avril 2023



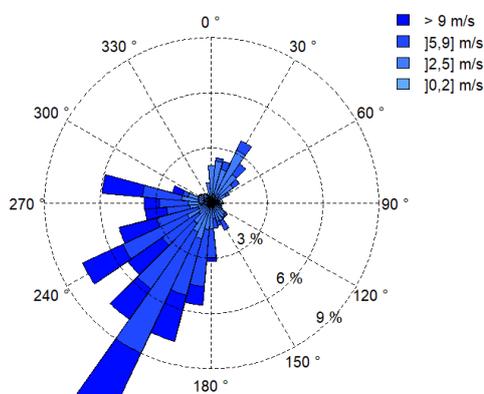
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, février 2023



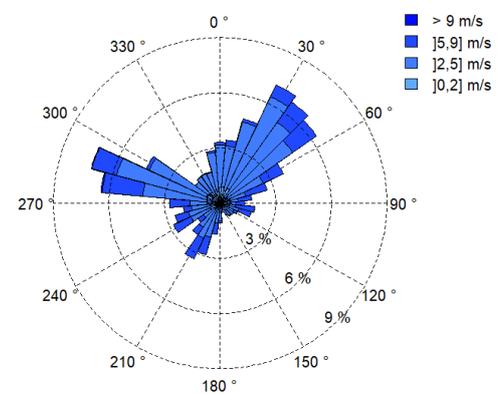
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mai 2023



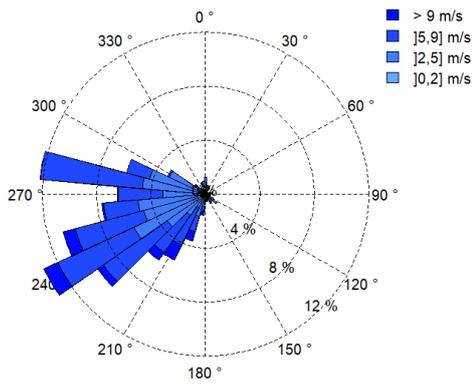
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mars 2023



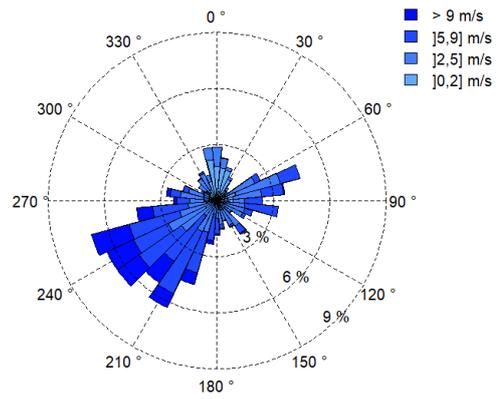
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juin 2023



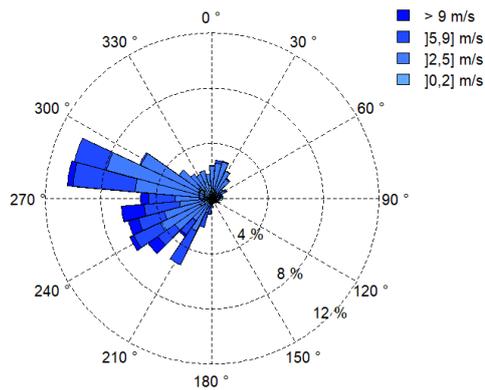
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juillet 2023



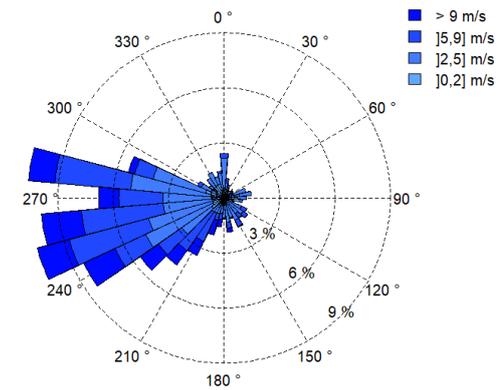
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, octobre 2023



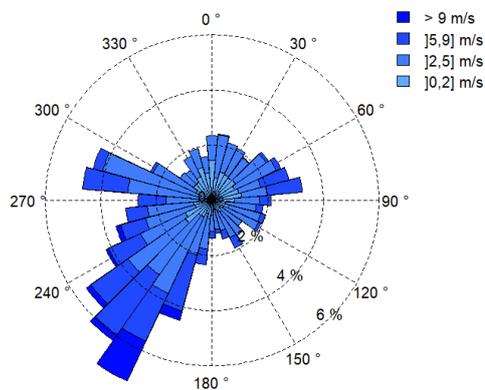
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, août 2023



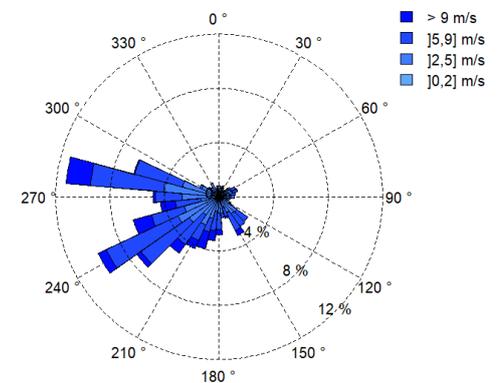
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, novembre 2023



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, septembre 2023



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, décembre 2023



Annexe 5 : 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.

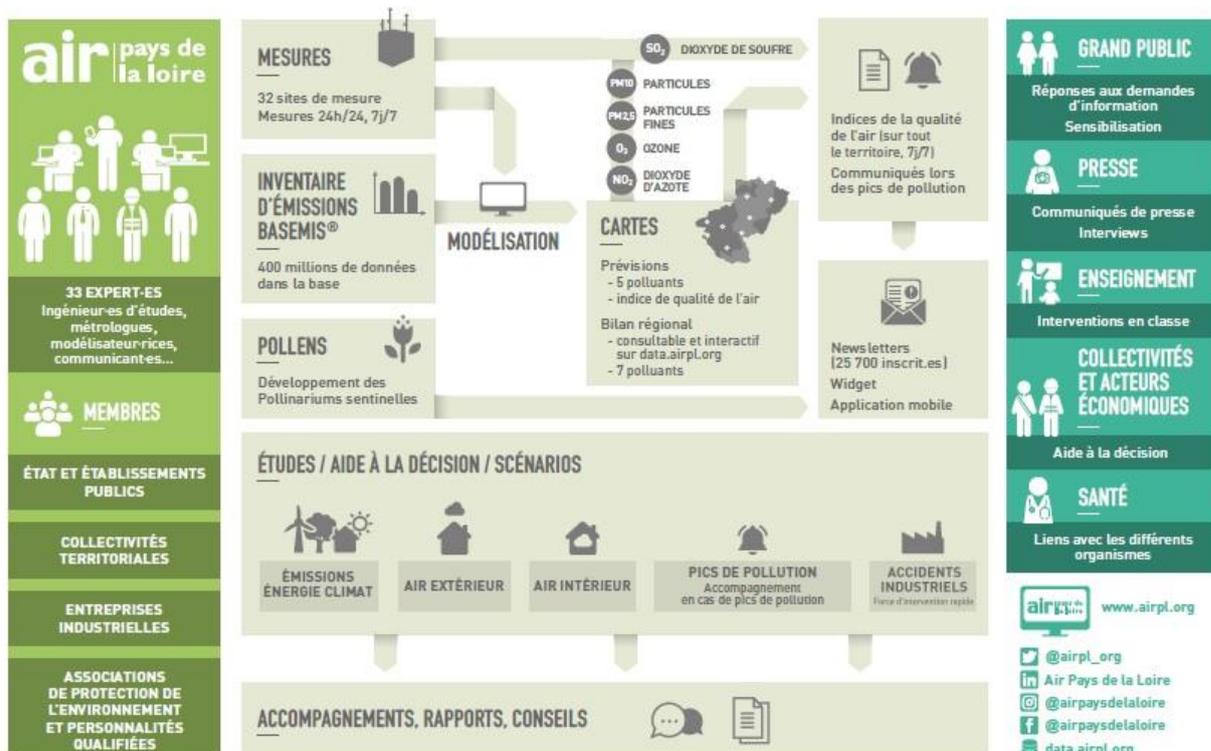
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- 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 6 : 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 7 : polluants

Les particules PM10, PM2.5 et PM1

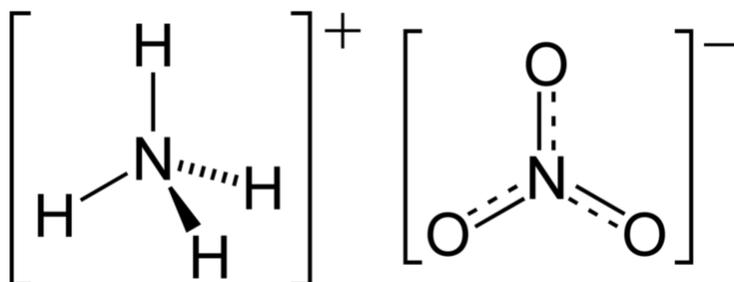
Les particules constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. 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. Les PM1 (diamètre inférieur à 1 μm) pénètrent jusque dans les bronches. 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 NH_4^+ et nitrate 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 (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 NH_4NO_3 dans l'atmosphère est formé à partir de l'ammoniac NH_3 (g) et de l'acide nitrique 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 NH_3 (g) et 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 8 : seuils de qualité de l'air 2023

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 ⁽²⁾ 3 ^{ème} seuil : 360 ou à partir du 2 ^e jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽³⁾ 200 ⁽⁴⁾	-	500 ⁽⁵⁾
	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)	OXYDE 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	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 90A annuel)
(3) à ne pas dépasser plus de 3 par an (percentile 99,2 annuel)
(4) à ne pas dépasser plus de 15h 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.

	PARTICULES FINES PM2,5		PARTICULES PM10		OZONE O ₃		DIOXYDE D'AZOTE NO ₂		DIOXYDE DE SOUFRE SO ₂		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 ³ a	5 µg/m ³	45 µg/m ³ a	15 µg/m ³	100 µg/m ³ a (moy. sur 8h) 60 µg/m ³ b (saison de pointe)	-	200 µg/m ³ (moy. horaire) 25 µg/m ³ a (moy. sur 24h)	10 µg/m ³	500 µg/m ³ (moy. sur 10 min) 40 µg/m ³ a (moy. sur 24h)	-	100 mg/m ³ (moy. sur 15 min) 35 mg/m ³ (moy. horaire) 10 mg/m ³ (moy. sur 8h) 4 mg/m ³ 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

air | pays de
la loire
www.airpl.org