



© DREAL Pays de la Loire



# ÉVALUATION des retombées particulaires dans l'environnement de Yara France

## Montoir-de-Bretagne

Campagne 2021



# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>Dispositif de mesures.....</b>	<b>6</b>
<b>Résultats pour les PM10 .....</b>	<b>9</b>
<b>Résultats pour les PM2,5 .....</b>	<b>14</b>
<b>Résultats pour les nitrates et ammonium particulaires .....</b>	<b>18</b>
<b>Résultats pour les retombées totales de nitrate et d'ammonium .....</b>	<b>21</b>
<b>Conclusions et perspectives.....</b>	<b>22</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>24</b>
Annexe 1 : concentrations de nitrate et ammonium particulières...	25
Annexe 2 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium .....	26
Annexe 3 : rose des vents mensuelles .....	27
Annexe 4 : Air Pays de la Loire .....	29
Annexe 5 : types des sites de mesure .....	30
Annexe 6 : polluants .....	31
Annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2021 .....	32

## 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 de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1<sup>er</sup> août 2019 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. Nos remerciements vont également à La Ville de Montoir-de-Bretagne pour avoir collaboré à la pérennisation de la station de mesure d'Air Pays de la Loire sur le site de La Camée.

# 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 2021 reprend celui initié en 2020<sup>1</sup>, avec des mesures automatiques et permanentes de particules PM10 et PM2,5 sur l'intégralité de l'année, et 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 ces études de modélisation, des mesures automatiques ont été installées 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 prélèvements sur filtres pour en déterminer les concentrations, et par jauges pour en évaluer les retombées atmosphériques totales, sur plusieurs sites situés entre 210 et 1 500 m de l'établissement de Yara, et à Donges.

Durant l'année de mesure, l'établissement a comptabilisé au total 71 jours d'arrêt technique.

## Résultats

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

- L'influence de Yara et son environnement sur les particules fines à La Camée n'est visible que lorsque La Camée est directement sous les vents de l'industrie. Sur 260 heures où La Camée est sous l'influence de Yara dans l'année, seules 110 heures montrent une surconcentration horaire en PM10 et 90 heures une surconcentration horaire en PM2,5 à La Camée par rapport au site témoin de Plessis. Parmi ces heures d'influence, un impact significatif sur les moyennes journalières est visible sur 4 journées ;
- La surconcentration en moyenne journalière associée à ces épisodes est estimée entre +9,2 et +14,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10, et entre +4 et +14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 ;
- Le site de Plessis ne semble pas être influencé par les émissions de la zone Yara sur son exposition aux particules fines ;
- La carrière des six-croix a été identifiée comme une autre source d'influence significative dans les teneurs en particules fines, sur les 2 sites de La Camée et de Plessis ;
- Sur 15 jours spécifiques d'études, une surconcentration des nitrates et ammonium particuliers est attribuable à l'influence de Yara. Sa contribution s'élève en moyenne à +0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate et +0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ammonium lorsque La Camée ou Plessis est spécifiquement sous les vents de l'industrie au cours d'une journée. Les valeurs les plus élevées sont toutefois constatées alors que l'usine était à l'arrêt ;
- Une décroissance rapide des retombées atmosphériques en ions nitrate et ammonium avec la distance, passant de 27 à 1,6  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$  entre 210 m et 1,5 km de l'établissement pour l'ammonium, et de 99 à 1  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$  pour le nitrate.

Ces mesures ont, d'autre part, permis d'évaluer l'exposition de la population qui se traduit par :

- Des concentrations en particules fines homogènes en moyenne annuelle au niveau régional, tant pour les PM10 (entre 13,8 et 16,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que pour les PM2,5 (entre 8,6 et 10,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- Des niveaux de PM10 inférieurs à la valeur limite et à l'objectif de qualité en moyenne annuelle, et inférieurs aux seuils réglementaires journaliers. Des niveaux de PM2,5 inférieurs à la valeur limite annuelle, mais supérieurs à l'objectif de qualité à La Camée et à Nantes ;

<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

- Des concentrations en nitrate et en ammonium lorsque La Camée est sous l'influence de Yara qui restent dans la gamme de variabilité des concentrations relevées hors influence, et dépendent des conditions météorologiques ;
- Des retombées atmosphériques en nitrate et en ammonium en zone habitée (La Camée et Plessis) qui sont faibles et proches des limites de détection, confirmant les résultats issus de la modélisation.

L'ensemble de ces résultats peut être résumé sous le tableau ci-dessous :

Polluant	Respect des seuils réglementaires ?	Influence de la zone d'activité Yara ?	Contribution estimée	D'autres émetteurs que Yara ?
<b>PM10 et PM2,5</b>	Respect de la valeur limite annuelle Proche de l'objectif de qualité en PM2,5	Oui	Surconcentration entre +4 et +16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la moyenne journalière (4 jours dans l'année)	Oui, influence de la carrière des Six-Croix
<b>Nitrates d'ammonium</b>	Pas de valeurs réglementaires	De Yara et son environnement	+0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le nitrate +0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ammonium	Non déterminé

## Perspectives

Les mesures permanentes se poursuivent en 2022 afin de comparer les valeurs moyennes annuelles des polluants réglementaires avec les différentes valeurs seuils, et renforcer les conclusions établies dans ce présent rapport. De plus, le suivi permanent de ces polluants permettra d'apporter des éléments d'information sur la qualité de l'air dans le cadre de l'étude de zone sur le territoire de la CARENE, pilotée par la DREAL.

Afin de mieux différencier l'influence de Yara des autres émetteurs alentours, Air Pays de la Loire suggère de renforcer la caractérisation des poussières en élargissant les mesures de nitrates et d'ammonium, soit par l'ajout d'un site de mesure, soit par l'élargissement du nombre de jours d'analyse.

# 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 bennes le long des rues de la Goelette et de la Tartane.

La société Yara France s'est rapprochée d'Air Pays de la Loire afin de constituer un historique de mesures permanentes de particules fines 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 ultrafines 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 ;
- 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 et de nitrate d'ammonium mesurés<sup>4</sup> ;

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

La présente étude dont les mesures se sont déroulées en 2021 fait suite à la campagne de 3 mois de mesure en 2020. Les mesures ont été réalisées sur la totalité de l'année afin de pouvoir situer les niveaux de pollution par rapport aux réglementations françaises, établies sur des moyennes annuelles.

---

<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 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 PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>



Figure 1 : analyseur FIDAS

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.

Les mesures de particules ont été réalisées sur le site de La Camée et sur le site 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 Basse-Loire.

L'incertitude des mesures est de  $\pm 2,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>10</sub> et de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>2,5</sub>.

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



Figure 2 : préleveur haut-débit DA80

La collecte des particules (PM<sub>10</sub>) sur filtres permet la quantification du nitrate et de l'ammonium particulaires via une analyse en laboratoire. 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 3 mois, d'octobre à décembre, sur le site de La Camée et sur le site de Plessis. Les prélèvements ont été effectués quotidiennement, pour un total de 184 filtres prélevés. Sur la campagne de 3 mois, 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.

### 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>5</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. Pour rappel, ce site a déjà fait l'objet de mesures lors de campagnes précédentes<sup>4,6,7</sup> qui ont montré une influence des émissions de Yara ;
- 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 vents 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. Toutefois, cette dernière étant à l'arrêt en 2021, le site de Plessis peut être utilisé comme site de comparaison ;
- « EQIOM » : situé dans l'enceinte de la cimenterie EQIOM, à 730 mètres du centre de Yara et dans l'axe de l'installation par vents de sud-ouest, ce site a été 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.



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

Figure 4 : dispositif de mesure mis en œuvre dans l'environnement de Yara, en 2021

<sup>5</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>6</sup> Air Pays de la Loire, *Niveaux de poussières dans l'environnement de Yara France, bilan de la campagne de mesure 2008-2009*, juin 2009

<sup>7</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des niveaux de poussières et de nitrate d'ammonium dans l'environnement de Yara*, août 2016

## 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 – centre-ville : cette station mesure les PM10 et PM2,5 en automatique et est représentative du fond urbain ;
- Saint-Etienne-de-Montluc : cette station mesure les PM10 en 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.

## Périodes de mesure

Les mesures automatiques ont été réalisées pendant l'intégralité de l'année 2021 sur deux sites : La Camée et Plessis. Les prélèvements sur filtres ont eu lieu pendant trois mois, d'octobre à décembre 2021, de manière quotidienne sur les mêmes sites. Au total sur ces 3 mois de mesure par filtres, 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 jauges Owen, ont été effectuées sur les 4 sites de mesure par périodes d'environ un mois, chaque mois de l'année 2021.

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

- du 27 décembre 2020 au 5 janvier 2021
- du 9 au 14 avril
- du 30 avril au 1<sup>er</sup> juin
- du 23 juin au 2 juillet
- du 24 au 29 septembre
- du 15 au 30 décembre

## Conditions météorologiques

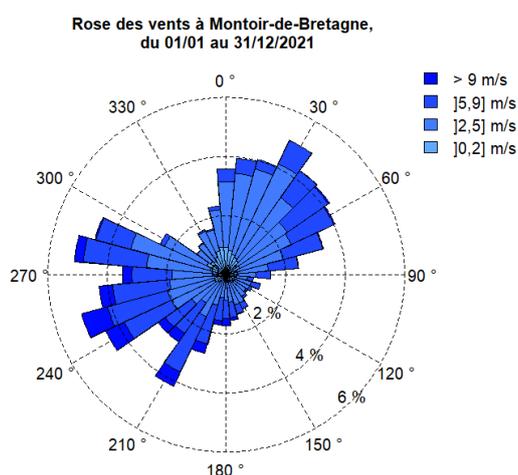


Figure 5 : rose des vents à Montoir-de-Bretagne pour l'année 2021

heures où Yara était en fonctionnement).

A 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 9% du temps de la campagne 2021 (soit environ 800 heures réparties dans l'année).

Les vents relevés à la station Météo-France de Montoir-de-Bretagne, sur l'ensemble de l'année 2021, ont été marqués par deux composantes principales :

- L'une, d'origine sud-ouest à ouest (comprise entre 210° et 290°N) est caractérisée par des vents modérés à forts. Ces situations correspondent aux situations de flux océaniques, favorables 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 30 % des directions de vent.

Les capteurs situés à La Camée sont sous l'influence des émissions de Yara par vents de 140°N à 160°N. Ces vents ont représenté 4 % du temps de la campagne 2021 (soit environ 300 heures réparties dans l'année, dont 260

# Résultats pour les PM10

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

## Situation par rapport aux valeurs réglementaires

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 2021, sur les trois sites de mesure à La Camée, Plessis, et également dans le centre-ville de Nantes à titre de comparaison avec un site situé hors influence de Yara.

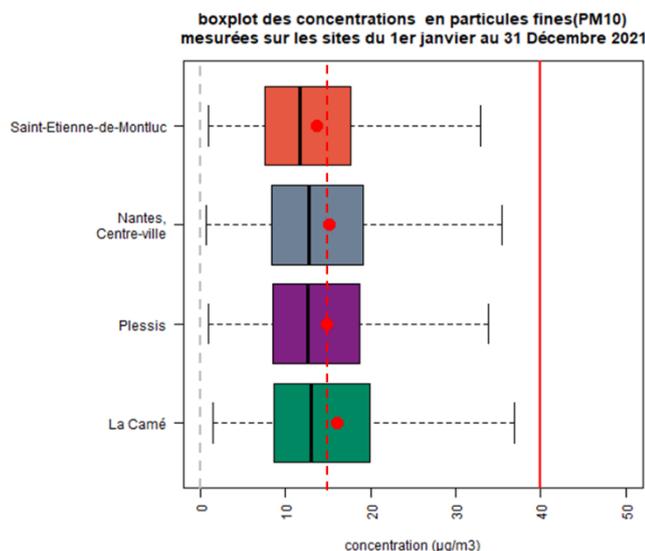


Figure 6 : boxplot des concentrations horaires de PM10 au cours de l'année 2021. La valeur limite annuelle est matérialisée par la ligne rouge (trait plein), et la valeur guide annuelle de l'OMS par la ligne tiretée.

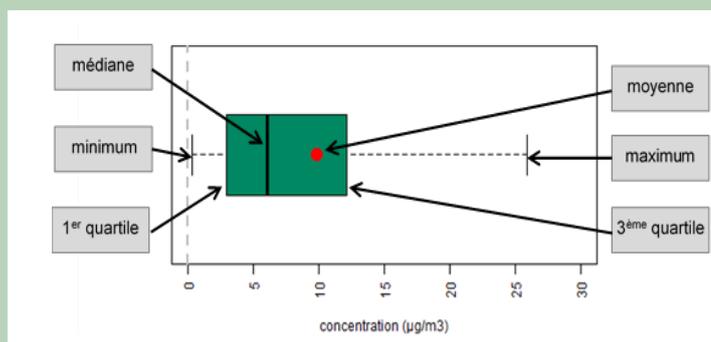
Sur cette année 2021, la moyenne des concentrations en PM10 est de 16,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à La Camée et de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Plessis. A titre de comparaison, la moyenne annuelle est de 15,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Nantes et 13,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Saint-Etienne-de-Montluc. Compte tenu des incertitudes de mesure de l'ordre de  $\pm 2,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour ces gammes de concentration, ces valeurs moyennes annuelles sont considérées du même ordre de grandeur entre les quatre sites de mesure. Elles sont par ailleurs 2,6 fois inférieures à la valeur limite annuelle fixée à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et 2 fois inférieures à l'objectif de qualité pour les PM10 (fixé à 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Comparé à la valeur guide de l'OMS, fixée à 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, l'ensemble des sites de mesures sont proches de ce seuil.

Ces valeurs confirment les observations faites en 2020, sur 3 mois de mesure<sup>8</sup>.

## 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 :

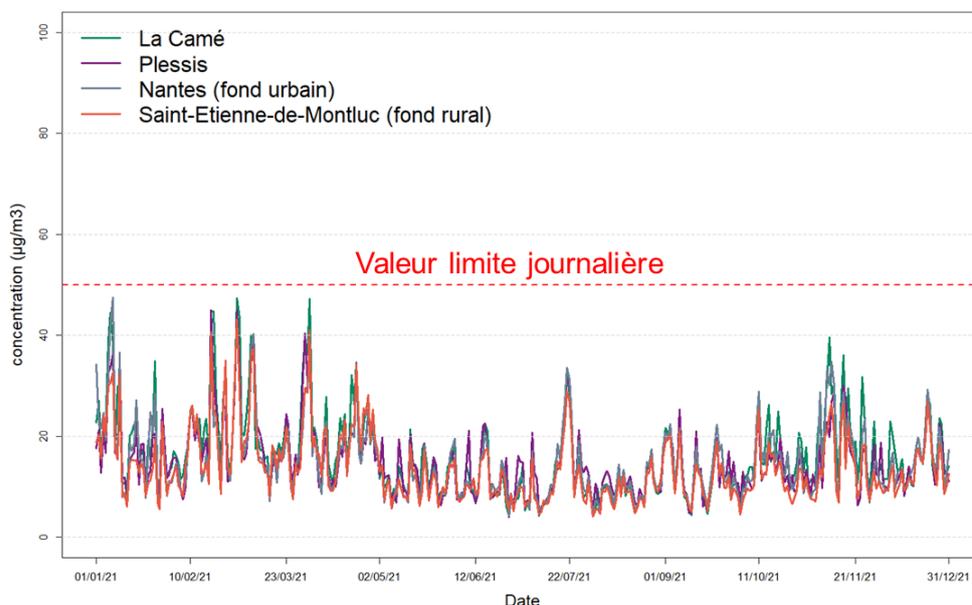


<sup>8</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des retombées de particules dans l'environnement de Yara France à Montoir-de-Bretagne, octobre à décembre 2020*, octobre 2021

# Évolution temporelle des concentrations

Afin de comparer le niveau de fond régional avec les élévations ponctuelles dans le temps des concentrations en particules qui relèvent plus d'une influence locale, la figure ci-dessous présente l'évolution moyenne journalière des PM10 sur les 4 sites de mesure (La Camée, Plessis, Nantes, Saint-Etienne-de-Montluc), en comparaison avec l'évolution des maximum-horaire journalier.

## Evolution journalière des PM10 en 2021



## Evolution du maximum-horaire journalier des PM10 en 2021

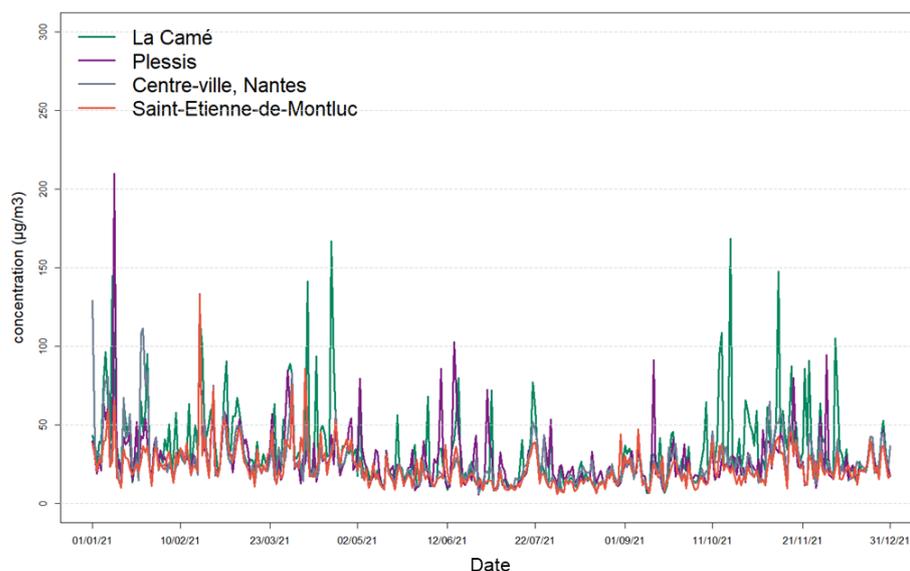


Figure 7 : en haut, évolution des **moyennes journalières** des concentrations de PM10 en 2021 ; en bas, évolution des concentrations **maximum-horaire** journalières de PM10 en 2021.

Les profils journaliers montrent des concentrations relativement similaires entre les 2 sites de mesure de La Camée et Plessis, et les 2 autres sites de référence, traduisant une influence régionale des niveaux de PM10. Toutefois, quelques pics journaliers sont observés à La Camée par rapport aux autres sites, et seront explicités ci-après.

Aucune journée n'enregistre un dépassement de la valeur limite, fixée à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière, sur la totalité de l'année. Des élévations sur les concentrations moyennes journalières sont observées plus fréquemment en période hivernale, en lien avec les émissions plus importantes à cette période (chauffage, trafic). Les journées du 19 et 20 février 2021 sont notamment remarquables de par un épisode de poussière saharienne en provenance du sud-est, ayant engendré une augmentation des concentrations particulières sur l'ensemble des sites de mesure de la région, et ayant concerné une large partie de l'Europe de l'Ouest.

Au-delà de cette dimension régionale, il apparaît que les concentrations maximum-horaire journalières à La Camée sont régulièrement supérieures à celles de Plessis, suggérant une influence locale sur les particules PM10, de manière ponctuelle dans le temps.

## Localisation des zones d'émission

Afin d'apprécier l'influence des émissions de la zone Yara sur les concentrations en PM10, plusieurs journées d'intérêt ont été sélectionnées pour lesquelles les concentrations moyennes journalières en PM10 sont supérieures de plus de 5 µg/m<sup>3</sup> (c'est-à-dire plus de 2 fois la marge d'incertitude de mesure) sur un site comparé à l'autre site considéré. Ces différences sur les moyennes journalières sont le fait de pics horaires, dont la direction du vent associée à ce pic permet d'évaluer la zone d'émission.

Date	Concentration journalière (en µg/m <sup>3</sup> )			Direction du vent (en °N)	Influence possible de Yara ? secteur [140°N;160°N] pour Camée, secteur [250°N;260°N] pour Plessis
	Camée	Plessis	Différence		
07-janv	44,4	33,6	+10,8	350 - 30	non
10-janv	29,9	17,3	+12,6	350 - 30	non
11-janv	27,3	36,2	+8,9	220 - 250	non
26-janv	34,8	20,5	+14,3	150 - 160	oui
20-févr	44,8	31,4	+13,4	150 - 160	oui
02-avr	47,2	36,7	+10,5	40	non
20-avr	32,2	20,7	+11,5	30 - 60	non
03-mai	14,1	19,8	+5,7	300 - 320	non
10-mai	14,1	19,4	+5,3	210 - 220	non
25-juin	6,2	15,8	+9,6	310 - 320	non (Yara à l'arrêt)
30-juin	7,6	16,1	+8,5	280 - 20	non (Yara à l'arrêt)
10-nov	39,6	19,9	+19,7	30 - 60 (vents faibles)	non
18-nov	29,6	19	+10,6	Vent non établis	non déterminable
23-nov	16,6	6,2	+10,4	40 - 50	non
24-nov	31,8	15,2	+16,6	360 - 40	non
06-déc	23	13,8	+9,2	140 - 160	oui

Tableau 1 : journées pour lesquelles les concentrations moyennes journalières en PM10 sont significativement supérieures (>5 µg/m<sup>3</sup>) sur un site par rapport à l'autre site considéré

L'influence de la zone Yara sur l'exposition à La Camée peut être appréciée lorsque La Camée se trouve directement sous les vents de l'industrie. Sur 260 heures où La Camée est sous l'influence de Yara, 110 heures enregistrent une surconcentration horaire en PM10 à La Camée par rapport à Plessis.

Au cours de ces épisodes d'exposition avec **influence avérée de la zone Yara**, 3 journées sont significativement impactées : les 26/01, 20/02 et 06/12. Lors de ces journées, l'augmentation des concentrations en PM10 observées à La Camée pendant les 2 à 8 heures où La Camée est sous les vents de Yara et son environnement conduit à des surconcentrations en moyennes journalières comprises entre +9,2 et +14,3 µg/m<sup>3</sup>, en comparaison aux concentrations enregistrées à Plessis.

Il arrive régulièrement que le site de La Camée enregistre des concentrations moyennes journalières en PM10 significativement supérieures (> 5 µg/m<sup>3</sup>) à celles relevées sur le site de Plessis, alors que La Camée n'est pas sous l'influence de Yara. Cela traduit l'**influence d'autres émetteurs** dans l'environnement de La Camée, qui peuvent expliquer des surconcentrations en particules fines PM10, comme par exemple le terminal charbonnier (à l'est de Yara), Sea Invest (à l'ouest de Yara), le trafic routier par poids lourds, et la carrière des Six-Croix située au nord-est de La Camée (direction 30°N à 40°N).

**Le site de Plessis ne semble pas être influencé par les émissions de Yara.** Pour chaque épisode où il est enregistré un pic de PM10 à Plessis par rapport au site de La Camée, les directions de vents correspondantes n'indiquent pas une influence de Yara. Ce résultat est confirmé dans la rose de pollution ci-après, qui ne montre pas de direction privilégiée dans le secteur [250°N ; 260°N] sur le site de mesure à Plessis.

## 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.

Sur la figure 8, les roses de pollution montrent sur l'ensemble des sites une origine préférentielle des PM10 en provenance de la direction 150°N. En effet, un épisode particulière a concerné l'ensemble de l'Europe de l'Ouest les 19-20 février 2021. Les vents orientés au sud-est ont apporté des poussières d'origine saharienne (sirocco). Toutefois, une élévation spécifique sur La Camée, et non observée sur les autres sites, est observée de 4h à 12h le 20/02. Cela indique une influence spécifique de Yara et son environnement durant cette période de 8h, impliquant une surconcentration en moyenne journalière à La Camée de +13,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport aux mesures à Plessis.

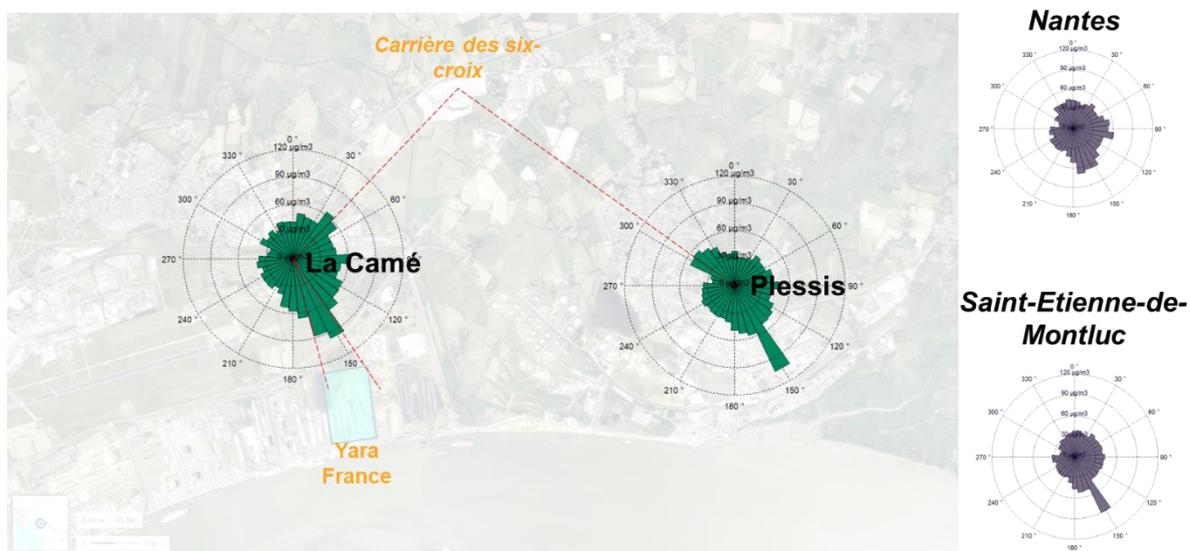


Figure 8 : roses de pollution des concentrations de pointe (percentiles 98) en PM10 à La Camée et Plessis. Celles de Nantes et de Saint-Etienne-de-Montluc sont indiquées à titre de comparaison.

Il apparaît également une direction préférentielle à 40-50° sur le site de la Camée, et à 300-310° sur le site de Plessis, indiquant une origine commune située à proximité de ces 2 sites, et qui montre une influence de la carrière des Six-Croix sur les concentrations mesurées sur ces deux sites.

# Résultats pour les PM<sub>2,5</sub>

Ce chapitre présente les concentrations en particules PM<sub>2,5</sub> (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.

## Situation par rapport aux valeurs réglementaires

Les concentrations en particules PM<sub>2,5</sub> 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 PM<sub>2,5</sub> relevées sur les sites de La Camée, Plessis, Nantes et Saint-Nazaire, tout au long de l'année 2021.

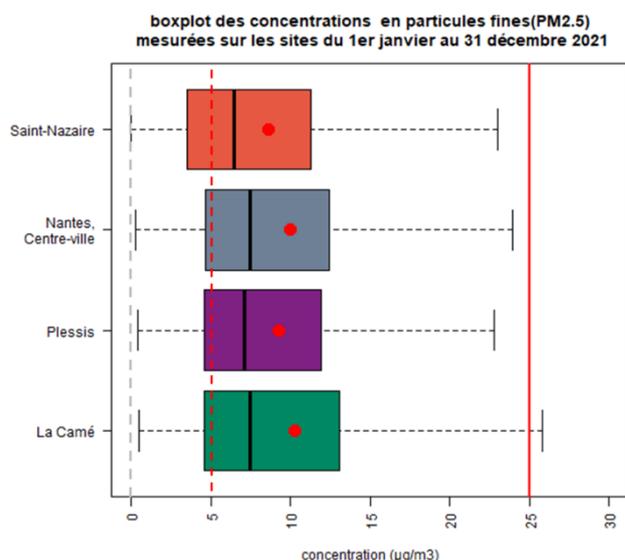


Figure 9 : boxplot des concentrations horaires de PM<sub>2,5</sub> au cours de l'année 2021. La valeur limite annuelle est matérialisée par la ligne rouge (trait plein), et la valeur guide annuelle de l'OMS par la ligne tiretée.

Comme les PM<sub>10</sub>, les concentrations en PM<sub>2,5</sub> sur les 3 sites sont comparables, avec des valeurs moyennes annuelles relativement proches, comprises entre 8,6 et 10,3 µg/m<sup>3</sup>, et toutes inférieures à la valeur limite annuelle.

La Camée enregistre une moyenne annuelle de 10,3 µg/m<sup>3</sup>, soit 2,4 fois inférieures à la valeur limite annuelle (25 µg/m<sup>3</sup>). La concentration moyenne annuelle à Plessis et Saint-Nazaire est de 9,3 et 8,6 µg/m<sup>3</sup>, respectivement. L'ensemble des sites de mesure est proche de l'objectif de qualité, fixé à 10 µg/m<sup>3</sup>.

Comparé à la valeur guide de l'OMS, fixée à 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, l'ensemble des sites de mesure dépasse ce seuil.

Ces observations sur l'ensemble de l'année 2021 confirment les observations préalables faites sur les 3 derniers mois de l'année 2020<sup>9</sup>.

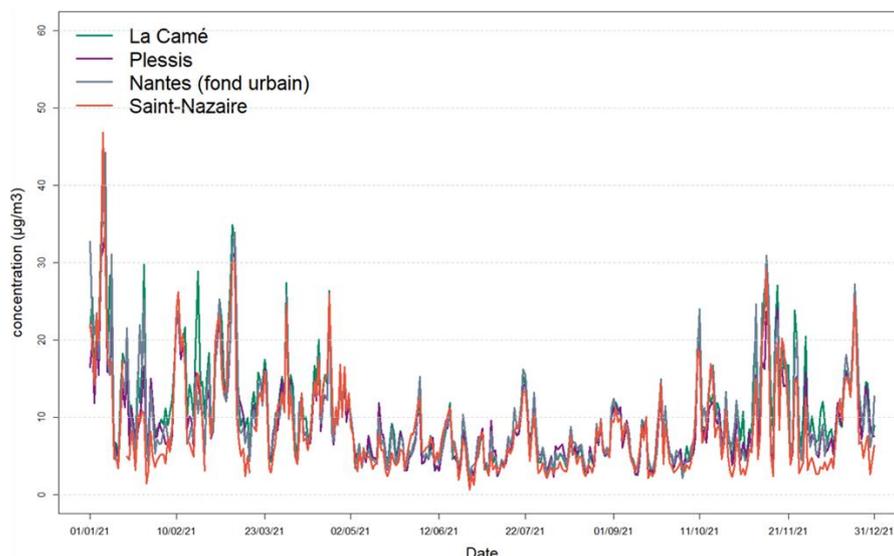
<sup>9</sup> Air Pays de la Loire, *Evaluation des retombées de particules dans l'environnement de Yara France à Montoir-de-Bretagne, Octobre à Décembre 2020, Octobre 2021*

# Évolution temporelle des concentrations

- Les particules PM<sub>2,5</sub> ne sont pas réglementées au niveau journalier en France.

Les figures ci-dessous montrent l'évolution des moyennes journalières et des maximum-horaire journaliers en PM<sub>2,5</sub> sur les 4 sites de mesure.

**Evolution journalière des PM<sub>2,5</sub> en 2021**



**Evolution du maximum-horaire journalier des PM<sub>2,5</sub> en 2021**

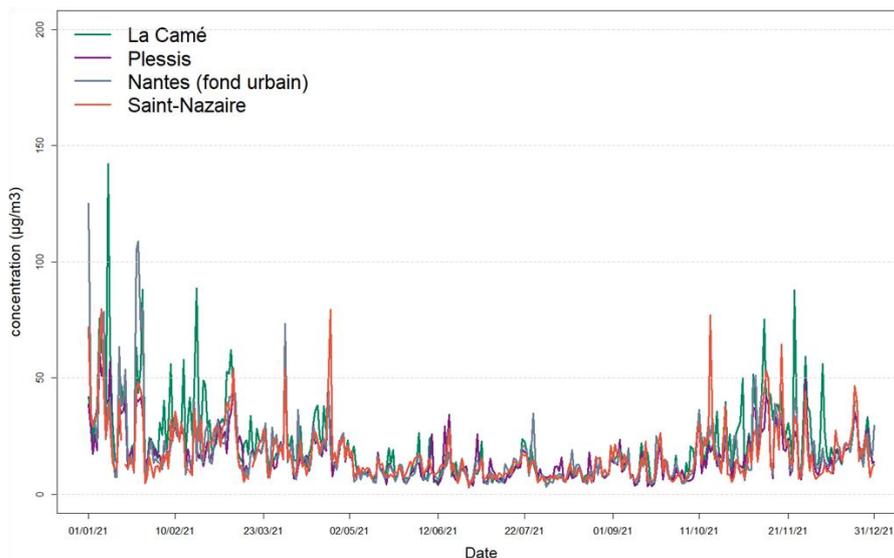


Figure 10 : en haut, évolution des **moyennes journalières** des concentrations de PM<sub>2,5</sub> en 2021 ; en bas, évolution des concentrations **maximum-horaire** journalières de PM<sub>2,5</sub> en 2021.

Les variations journalières des concentrations en PM<sub>2,5</sub> sont relativement homogènes entre les 4 sites de mesure, traduisant une influence régionale des teneurs moyennes en particules fines. Toutefois, quelques pics journaliers sont observés à La Camée par rapport aux autres sites, et seront explicités ci-après. De manière similaire aux PM<sub>10</sub>, les concentrations en PM<sub>2,5</sub> observent une variabilité saisonnière, avec un maximum relevé en saison hivernale en lien avec le chauffage individuel à cette période, et un minimum en saison estivale.

À échelle temporelle plus fine, des hausses ponctuelles des concentrations maximum-horaire journalières sont observées à La Camée par rapport à Plessis, confirmant l'observation faite pour les PM<sub>10</sub> et montrant une influence locale dans les teneurs en particules. Ces journées où des pics de concentrations horaires sont observées peuvent être interprétées plus finement afin de déceler une éventuelle influence de la zone Yara.

## Localisation des zones d'émission

Il apparaît certaines journées d'intérêt pour lesquelles les concentrations moyennes journalières relevées à La Camée (ou à Plessis) sont supérieures de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (c'est-à-dire plus de 2 fois la marge d'incertitudes de mesure) aux autres sites de mesure considérés. Ces surconcentrations journalières sont la conséquence de pics de concentrations horaires, dont la direction de vent associée renseigne sur la zone d'émission influente. Ces journées d'intérêt sont sensiblement les mêmes que celles relevées pour les PM10.

Date	Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Direction du vent (en °N)	Influence possible de Yara ? secteur [140°N;160°N] pour Camée, secteur [250°N;260°N] pour Plessis
	Camée	Plessis	Différence		
10-janv	28,4	15,7	+12,7	350 – 30	Non
23-janv	15,9	8,4	+7,5	Variable (vents très faibles)	Non
26-janv	29,7	16,6	+13,1	140 - 170	Oui
20-févr	28,9	14,5	+14,4	150 - 160	Oui
31-oct	10,8	6,8	+4,0	150 – 160	Oui
5-nov	15,9	9,6	+6,3	20 – 40	Non
10-nov	26,6	16,2	+10,4	30 – 40 (vents faibles)	Non
13-nov	13,2	6,5	+6,7	280 - 300	Non
24-nov	23,8	14,4	+9,4	10 - 30	Non

Tableau 2 : journées pour lesquelles les concentrations moyennes journalières en PM2,5 sont significativement supérieures ( $> 4\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur un site par rapport à l'autre site considéré

Sur 260 heures où La Camée est sous l'influence de l'environnement de Yara, 90 heures enregistrent une surconcentration horaire en PM2,5 à La Camée par rapport à Plessis. Trois journées ressortent particulièrement : les 26/01, 20/02 et 31/10. Lors de ces journées, l'augmentation des concentrations en PM2,5 observée à La Camée pendant les 2 à 8 heures où La Camée est spécifiquement sous les vents de la zone Yara, conduit à des surconcentrations en moyennes journalières comprises entre  $+4,0$  et  $+14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en comparaison aux concentrations enregistrées à Plessis.

En revanche, pour l'ensemble des autres journées où La Camée enregistre une concentration en PM2,5 plus importante que les autres sites, le site n'est pas sous les vents de Yara. Notamment, la carrière des Six-Croix (direction  $20^\circ\text{N} - 50^\circ\text{N}$ ) a une influence sur l'exposition aux PM2,5.

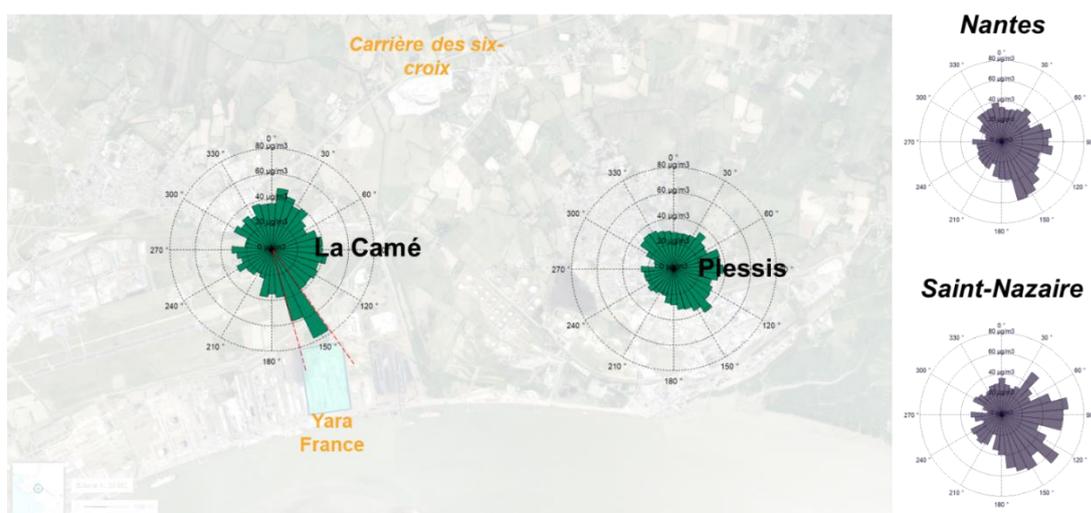


Figure 11 : roses de pollution des concentrations de pointe (percentiles 98) en PM2,5 à La Camée et Plessis. Celles de Nantes et Saint-Nazaire sont indiquées à titre de comparaison

A partir de l'observation des roses de pollution, la direction  $150^\circ\text{N} - 160^\circ\text{N}$  est visible sur l'ensemble des sites, traduisant l'influence de l'épisode de poussières sahariennes. Cette direction est toutefois plus marquée sur le site de La Camée, indiquant une influence également des émissions de Yara et son environnement.

# Conclusions sur les particules fines

L'étude des poussières montre :

- Un **respect des valeurs réglementaires journalières et annuelles** pour les PM10 et PM2,5, quel que soit le site considéré ;
- Une influence ponctuelle de la zone Yara sur le site de La Camée, lorsque La Camée est spécifiquement sous les vents de Yara. Sur les 260 heures où La Camée est sous l'influence de Yara, 110 heures (soit 42% du temps) enregistrent une surconcentration horaire en PM10, et 90 heures (soit 35% du temps) une surconcentration horaire en PM2,5 par rapport à Plessis. Ces épisodes d'influence ont un impact notable sur les concentrations journalières au cours de 4 jours dans l'année, où la contribution sur la moyenne journalière à La Camée est estimée à +9 à +14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10, et +4 à +14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5.
- La présence d'autres émetteurs à proximité immédiate de Yara (Sea Invest, terminal charbonnier, appointements, trafic routiers) rend complexe la détermination de l'influence exclusive de Yara.
- Une influence également de la carrière des Six-Croix, visible à la fois sur le site de La Camée et sur le site de Plessis.

# Résultats pour les nitrates et ammonium particuliers

Les prélèvements sur filtres se sont déroulés du 1<sup>er</sup> octobre au 31 décembre 2021, conjointement sur les sites de La Camée (Montoir-de-Bretagne) et Plessis (Donges), par période de 24h. Les concentrations prélevées sur un filtre représentent donc une moyenne journalière.

Il est rappelé que l'usine a connu plusieurs arrêts techniques dans l'année (voir partie « Dispositif de mesure »). Sur la période concernée par les mesures sur filtres, la période d'arrêt s'établit du 15 au 30 décembre. Cette période permet d'apprécier l'exposition de la population aux nitrates d'ammonium lorsqu'il n'y a pas d'influence de l'industrie Yara.

En conséquence, 15 filtres d'intérêt ont été sélectionnés dans l'objectif d'appréhender l'impact de l'installation de Yara sur les niveaux d'ammonium et de nitrate à La Camée, zone habitée la plus proche, et à Plessis, zone habitée plus lointaine mais positionnée plus sous les vents de Yara.

Les filtres ont été sélectionnés selon les critères suivants :

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

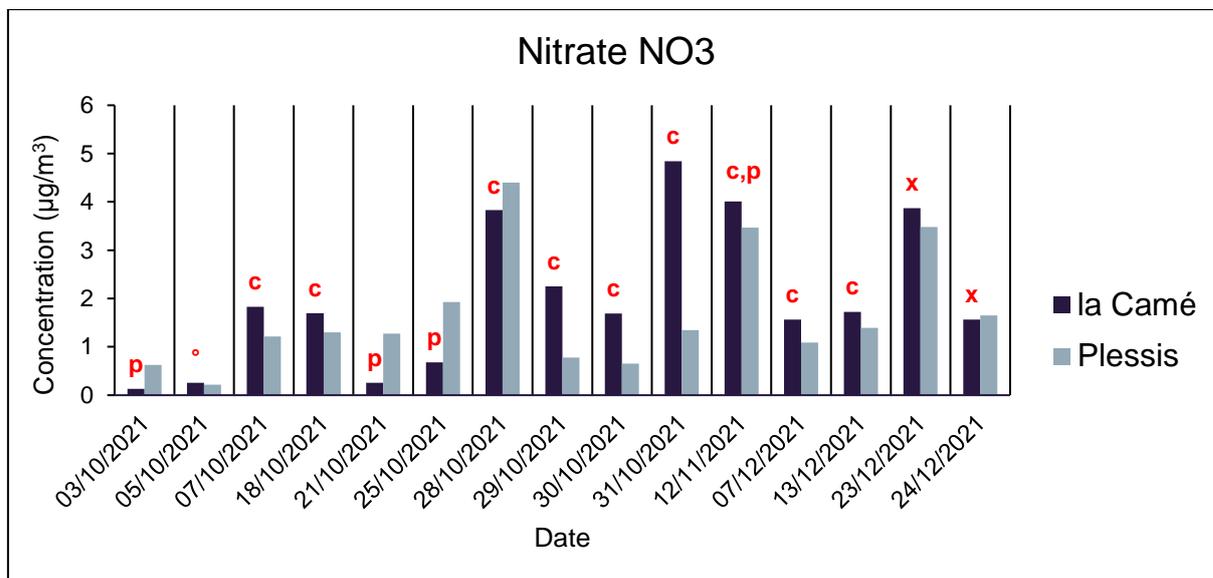
Jour de prélèvement	Site sous les vents	% de temps par jour où le site est sous les vents	Observations
03/10/2021	Plessis	29 %	
05/10/2021	Aucun	0 %	Vents forts, plein ouest.
07/10/2021	Camée	27 %	
18/10/2021	Camée	23 %	
21/10/2021	Plessis	31 %	
25/10/2021	Plessis	32 %	
28/10/2021	Camée	36 %	
29/10/2021	Camée	19 %	Pics de particules fines ce jour
30/10/2021	Camée	26 %	
31/10/2021	Camée	16 %	Pics de particules fines ce jour
12/11/2021	Camée puis Plessis	8 % (La Camée) 27 % (Plessis)	Pics de particules fines ce jour
07/12/2021	Camée	17 %	Pics de particules fines ce jour
13/12/2021	Camée	27 %	
23/12/2021	Camée	29 %	Arrêt des ateliers de Yara
24/12/2021	Camée	25 %	Arrêt des ateliers de Yara

Tableau 3 : journées de prélèvement sur filtres sélectionnés pour analyse. Les valeurs entre parenthèse indiquent le pourcentage de temps où le site était sous les vents de l'industrie au cours d'une journée

# Résultats

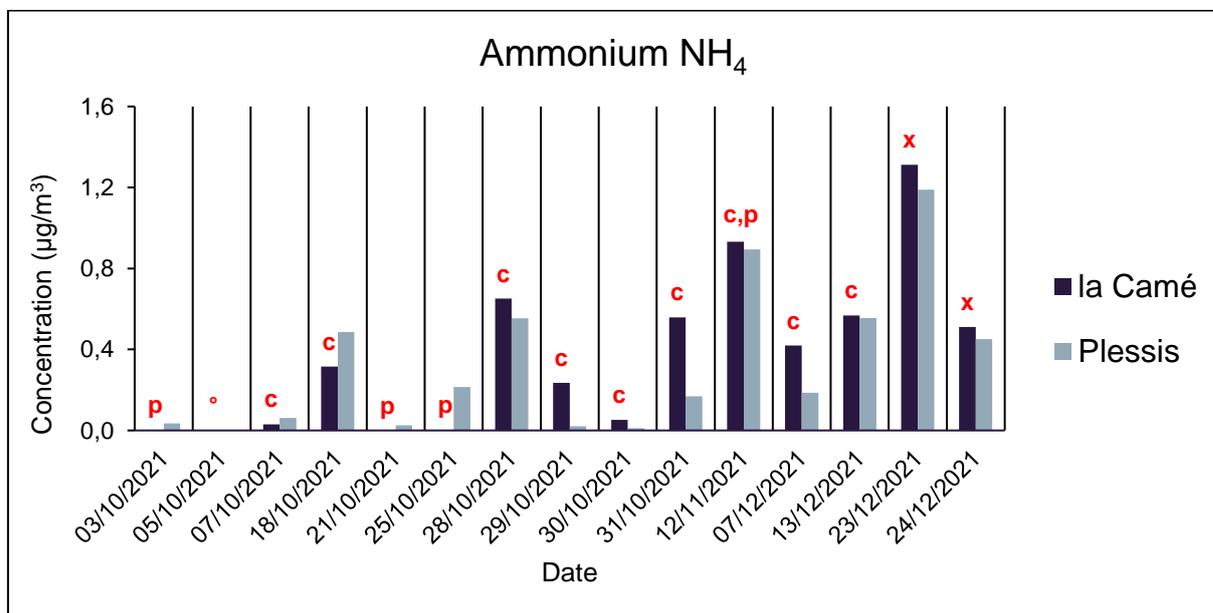
Il n'existe pas en France de valeur réglementaire pour les concentrations de nitrate et d'ammonium dans l'air ambiant.

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



- c** journées pour lesquelles le site de La Camée a été sous les vents de Yara (sud-est)
- p** journées pour lesquelles le site de Plessis a été sous les vents de Yara (sud-ouest)
- o** journées de références pour laquelle aucun des 2 sites n'était sous l'influence de Yara
- x** journées de références lors desquelles Yara était à l'arrêt, alors que La Camée a été sous les vents de Yara (sud-est)

Figure 12 : concentrations en nitrate (mesures par filtres)



- c** journées pour lesquelles le site de La Camée a été sous les vents de Yara (sud-est)
- p** journées pour lesquelles le site de Plessis a été sous les vents de Yara (sud-ouest)
- o** journées de références lors desquelles aucun des 2 sites n'était sous l'influence de Yara
- x** journées de références lors desquelles Yara était à l'arrêt, alors que La Camée a été sous les vents de Yara (sud-est)

Figure 13 : concentrations en ammonium (mesures par filtres)

Les concentrations en nitrate varient :

- A la Camée entre 0,1 et 4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne de 2,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les 15 jours ;
- A Plessis entre 0,2 et 4,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne de 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les 15 jours.

Les concentrations en ammonium varient :

- A la Camée entre 0 et 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne de 0,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les 15 jours ;
- A Plessis entre 0 et 1,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne de 0,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les 15 jours.

Les résultats montrent que :

- (1) Lorsque la Camée est sous les vents de Yara et son environnement et que Yara est en fonctionnement, les surconcentrations à La Camée sont en moyenne de +0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate et +0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ammonium par rapport à Plessis ;
- (2) Lorsque Plessis est sous les vents de Yara et son environnement et que Yara est en fonctionnement, les surconcentrations à Plessis sont en moyenne de +0,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate et +0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ammonium, par rapport à La Camée ;
- (3) Lorsqu'aucun des sites n'est sous les vents de Yara et que Yara est en activité, les concentrations sont équivalentes sur les 2 sites (0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate, et inférieures aux limites de détection de l'appareil pour l'ammonium).
- (4) Lorsque La Camée est sous les vents de Yara et son environnement et que Yara est à l'arrêt, les concentrations sont proches entre les deux sites (surconcentration à La Camée de +0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate et pour l'ammonium par rapport à Plessis).

Le 23 décembre, alors que les ateliers de Yara sont à l'arrêt depuis le 14 décembre, les concentrations en nitrate sont de 3,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à La Camée et de 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Plessis. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que l'ensemble des autres journées. Les concentrations en ammonium sont de 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur La Camée et 1,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Plessis, des niveaux supérieurs à ceux relevés les autres journées (concentrations comprises entre 0 et 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ces niveaux de nitrates et d'ammonium ne peuvent être liés aux activités de Yara, mais sont associés à d'autres émetteurs locaux ou régionaux qui contribuent au bruit de fond, et dont les concentrations mesurées dépendent des conditions météorologiques.

## Conclusions sur le nitrate d'ammonium particulaire

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Conditions	Élément	Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		La Camée	Plessis
<b>Moyenne des 15 journées</b>	Nitrate $\text{NO}_3$	2,0	1,7
	Ammonium $\text{NH}_4$	0,4	0,3
<b>Lorsque La Camée est sous les vents de Yara, en fonctionnement (n = 9*)</b>	Nitrate $\text{NO}_3$	2,6	1,7
	Ammonium $\text{NH}_4$	0,4	0,3
<b>Lorsque Plessis est sous les vents de Yara, en fonctionnement (n = 4*)</b>	Nitrate $\text{NO}_3$	1,3	1,8
	Ammonium $\text{NH}_4$	0,3	0,3
<b>Lorsque La Camée est sous les vents de Yara, en arrêt (n = 2*)</b>	Nitrate $\text{NO}_3$	2,7	2,6
	Ammonium $\text{NH}_4$	0,9	0,8
<b>Lorsqu'aucun des sites n'est sous les vents de Yara (n = 1*)</b>	Nitrate $\text{NO}_3$	0,2	0,2
	Ammonium $\text{NH}_4$	< L.Q.	< L.Q.

Tableau 4 : concentrations de nitrate et d'ammonium particulières mesurées sur les 15 jours d'intérêt

\*Limite de l'étude : cette étude n'est basée que sur quelques jours dans l'année, limitant la représentativité statistique des échantillons

# Résultats pour les retombées totales de nitrate et d'ammonium

Les ions nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ont été évalués par prélèvements des retombées atmosphériques sur 4 sites dans l'environnement de Yara. Les prélèvements durent environ 1 mois, en parallèle sur les sites. Les résultats sont exprimés en mg/m<sup>2</sup>/j.

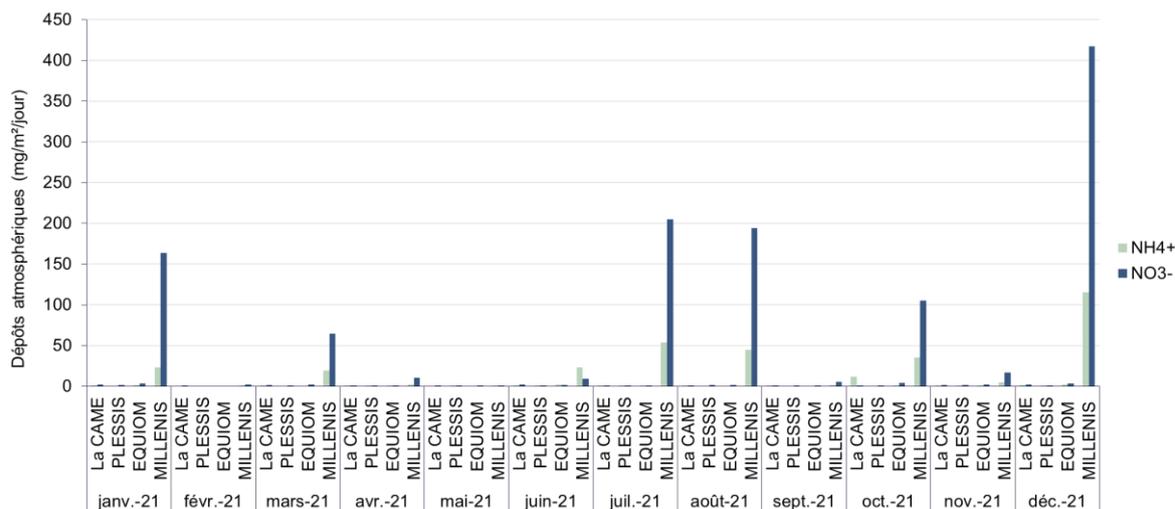


Figure 14 : dépôts atmosphériques de nitrate et d'ammonium

- A la Camée, sur les 12 mois de prélèvements, les retombées en ammonium varient entre 0,01 à 11,82 mg/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 1,56 mg/m<sup>2</sup>/j. Les retombées en nitrate varient de 0,08 à 2,28 mg/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 1,01 mg/m<sup>2</sup>/j ;
- A Plessis, les retombées moyennes sur l'année sont en moyenne de 0,56 mg/m<sup>2</sup>/j pour l'ammonium et de 0,66 mg/m<sup>2</sup>/j pour le nitrate, avec des retombées stables tout au long de l'année ;
- Sur le site d'EQUIOM, situé à 730 mètres au nord-est de Yara, les retombées en ammonium varient entre 0,01 et 2,28 mg/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 1,09 mg/m<sup>2</sup>/j. Les retombées en nitrate varient quant à elles entre 0,01 et 4,31 mg/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 1,87 mg/m<sup>2</sup>/j. Ces valeurs moyennes sont faibles et régulièrement sous les limites de détection ;
- Sur le site Millénis enfin, situé au plus proche de l'industrie, à 210 m, les retombées sont plus variables selon les mois, oscillant entre 0,20 et 115 mg/m<sup>2</sup>/j pour l'ammonium, avec une moyenne de 26,96 mg/m<sup>2</sup>/j. Les retombées en nitrate suivent la même tendance, avec des variations entre 0,02 et 417 mg/m<sup>2</sup>/j, et une moyenne de 99,37 mg/m<sup>2</sup>/j.

Ces résultats confirment les résultats issus de la modélisation, avec une **décroissance de l'influence de Yara avec la distance dans l'exposition aux retombées atmosphériques de nitrates d'ammonium**, passant de 26,96 à 1,56 mg/m<sup>2</sup>/j entre 210 et 1500 m de l'établissement. Les sites les plus exposés sont les industries et entreprises situées à proximité immédiate de Yara (comme Millénis). **Les concentrations relevées en zones habitées (La Camée, Plessis) sont faibles et régulièrement proches des limites de détection (annexe 2)**, ce qui confirme les études de modélisation.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des retombées moyennes sur l'année, par site :

Site (et distance par rapport à Yara)	Retombées moyennes (mg/m <sup>2</sup> /j)	
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Camée (1 500 m)	1,56	1,01
Plessis (4 700 m)	0,56	0,66
EQUIOM (730 m)	1,09	1,87
Millénis (210 m)	26,96	99,37

Tableau 5 : retombées moyennes en ions nitrate et ammonium en 2021, par site

# 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 à ces substances et d'apprécier l'influence des émissions de Yara sur ces concentrations.

Le dispositif mis en œuvre à partir d'octobre 2020, et poursuivi en 2021, comprend des mesures automatiques et permanentes de particules PM10 et PM2,5 au niveau des zones habitées de La Camée et de Plessis. S'y ajoutent des mesures de retombées atmosphériques de nitrate et d'ammonium tout au long de l'année, ainsi que la spéciation du nitrate d'ammonium dans l'air ambiant par des mesures par filtres, en automne.

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

- Sur 260 heures où La Camée est sous l'influence de Yara, seules 110 heures (soit 42% du temps) montrent des surconcentrations horaires ( $> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM10, et 90 heures (soit 35% du temps) des surconcentrations horaires ( $> 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM2,5 par rapport à Plessis ;
- Ces surconcentrations horaires ont un impact sur les concentrations moyennes journalières de 4 jours dans l'année, dont la contribution est estimée entre +9,2 et +14,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10, et entre +4 et +14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 ;
- Le site de Plessis ne semble pas être influencé par les émissions de Yara sur son exposition aux particules fines ;
- La carrière des Six-Croix a été identifiée comme une autre source d'influence significative dans les teneurs en particules fines, sur les 2 sites de La Camée et de Plessis ;
- Sur 15 journées spécifiques d'analyse, une surconcentration des nitrates et ammonium particuliers est également attribuable à l'influence de Yara, dont la contribution s'élève en moyenne à +0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le nitrate et +0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ammonium lorsque La Camée ou Plessis est spécifiquement sous les vents de l'industrie au cours d'une journée. Les valeurs les plus élevées ont toutefois été observées alors que l'usine était à l'arrêt ;
- Une décroissance rapide des retombées atmosphériques en ions nitrate et ammonium avec la distance, passant de 27 à 1,6  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$  entre 210 m et 1,5 km de l'établissement pour l'ammonium, et de 99 à 1  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$  pour le nitrate.

D'autre part, 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 13,8 et 16,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que pour les PM2,5 (entre 8,6 et 10,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Des niveaux de PM10 inférieurs à la valeur limite et à l'objectif de qualité** en moyenne annuelle, et inférieurs aux seuils réglementaires journaliers ;
- **Des niveaux de PM2,5 inférieurs à la valeur limite annuelle, mais proches de l'objectif de qualité** ;
- 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 relevée 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.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales conclusions :

Polluant	Respect des seuils réglementaires ?	Influence de la zone d'activité Yara ?	Contribution estimée	D'autres émetteurs que Yara ?
<b>PM10 et PM2,5</b>	Respect de la valeur limite annuelle Proche de l'objectif de qualité en PM2,5	Oui	Surconcentration entre +4 et +16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la moyenne journalière (4 jours dans l'année)	Oui, influence de la carrière des Six-Croix
<b>Nitrates d'ammonium</b>	Pas de valeurs réglementaires	De Yara et son environnement	+0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le nitrate +0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ammonium	Non déterminé

# Perspectives

Les mesures de poussières PM10 et PM2,5 réalisées sur les sites de La Camée et Plessis se poursuivent en 2022. Une comparaison des niveaux de concentration des particules fines avec les valeurs réglementaires pourra être poursuivie, ainsi que l'étude fine de l'influence des émissions de Yara. Les mesures de concentrations de nitrate d'ammonium s'effectueront d'octobre à décembre 2022, sur les sites de La Camée et Plessis selon le même dispositif. De plus, le suivi permanent de ces polluants permettra d'apporter des éléments d'information sur la qualité de l'air dans le cadre de l'étude de zone sur le territoire de la CARENE, pilotée par la DREAL.

La présence de nombreux autres émetteurs à proximité immédiate de Yara (Sea Invest, terminal charbonnier, zones d'apportements, activité vrac, trafic routier, ...) complexifie l'évaluation de l'influence exclusive de Yara. Un renforcement de la caractérisation des poussières permettrait de mieux différencier l'influence de Yara des autres émetteurs alentours. L'ajout d'un site de mesure, ou l'élargissement du nombre de jours d'analyse de nitrates et d'ammonium particuliers pourrait répondre à cette limite.

# 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 2021

# Annexe 1 : concentrations de nitrate et ammonium particulaires

Date	Site	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$
03/10/2021	La Camée	0,13	0,002
	Plessis	0,63	0,03
05/10/2021	La Camée	0,25	< L.Q.
	Plessis	0,22	< L.Q.
07/10/2021	La Camée	1,83	0,03
	Plessis	1,21	0,06
18/10/2021	La Camée	1,70	0,32
	Plessis	1,30	0,49
21/10/2021	La Camée	0,25	< L.Q.
	Plessis	1,27	0,03
25/10/2021	La Camée	0,68	0,003
	Plessis	1,93	0,21
28/10/2021	La Camée	3,83	0,65
	Plessis	4,40	0,55
29/10/2021	La Camée	2,25	0,23
	Plessis	0,78	0,02
30/10/2021	La Camée	1,69	0,05
	Plessis	0,65	0,01
31/10/2021	La Camée	4,84	0,56
	Plessis	1,35	0,17
12/11/2021	La Camée	4,01	0,93
	Plessis	3,47	0,89
07/12/2021	La Camée	1,57	0,42
	Plessis	1,09	0,19
13/12/2021	La Camée	1,72	0,57
	Plessis	1,39	0,55
23/12/2021	La Camée	3,87	1,31
	Plessis	3,48	1,19
24/12/2021	La Camée	1,56	0,51
	Plessis	1,65	0,45

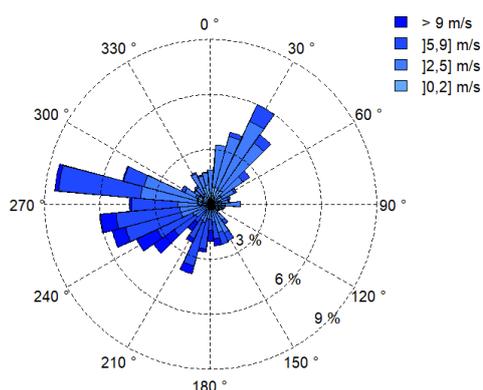
La limite de quantification (LQ) est de  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , soit  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$

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

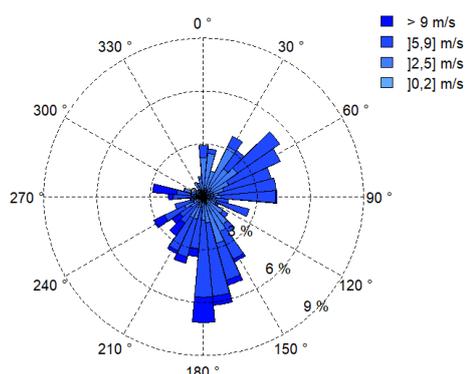
Mois	Site	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/m <sup>2</sup> /jour)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/m <sup>2</sup> /jour)
Janvier 2021	La CAME	0,28	2,28
	PLESSIS	< L.Q.	1,72
	EQUIOM	1,23	3,68
	MILLENIS	23,39	163,49
Février 2021	La CAME	< L.Q.	0,27
	PLESSIS	< L.Q.	< L.Q.
	EQUIOM	< L.Q.	< L.Q.
	MILLENIS	0,81	2,11
Mars 2021	La CAME	0,11	1,23
	PLESSIS	< L.Q.	0,86
	EQUIOM	< L.Q.	1,95
	MILLENIS	19,08	64,11
Avril 2021	La CAME	0,09	0,58
	PLESSIS	0,55	0,51
	EQUIOM	0,33	0,92
	MILLENIS	2,26	10,66
Mai 2021	La CAME	< L.Q.	0,08
	PLESSIS	0,03	0,05
	EQUIOM	< L.Q.	0,10
	MILLENIS	0,20	0,02
Juin 2021	La CAME	0,55	2,16
	PLESSIS	0,96	0,52
	EQUIOM	2,20	1,67
	MILLENIS	23,02	8,84
Juillet 2021	La CAME	0,32	0,61
	PLESSIS	0,86	0,11
	EQUIOM	0,29	1,15
	MILLENIS	53,86	205,13
Août 2021	La CAME	0,14	1,14
	PLESSIS	< L.Q.	1,22
	EQUIOM	< L.Q.	1,26
	MILLENIS	44,50	193,80
Septembre 2021	La CAME	0,02	0,11
	PLESSIS	< L.Q.	0,02
	EQUIOM	< L.Q.	0,03
	MILLENIS	1,43	5,27
Octobre 2021	La CAME	11,82	0,56
	PLESSIS	< L.Q.	0,35
	EQUIOM	1,10	4,31
	MILLENIS	35,37	105,26
Novembre 2021	La CAME	0,61	1,27
	PLESSIS	0,60	1,22
	EQUIOM	0,17	2,12
	MILLENIS	4,61	16,50
Décembre 2021	La CAME	1,69	1,82
	PLESSIS	0,37	0,64
	EQUIOM	2,28	3,41
	MILLENIS	115,02	417,28

# Annexe 3 : rose des vents mensuelles

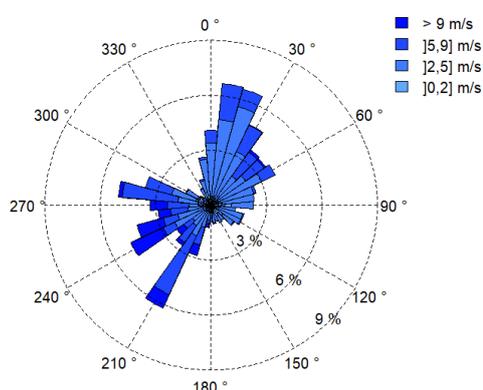
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, janvier 2021



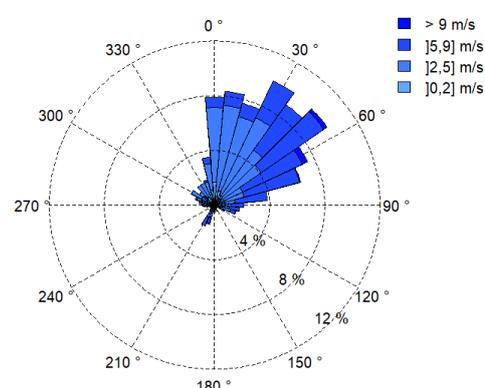
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, février 2021



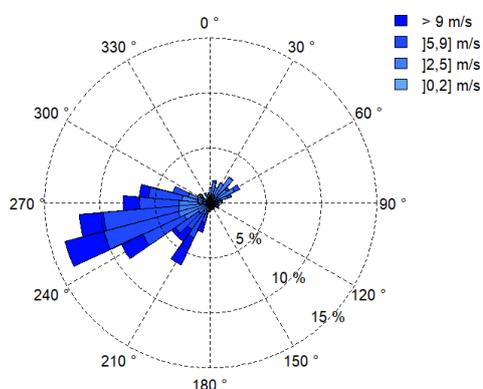
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mars 2021



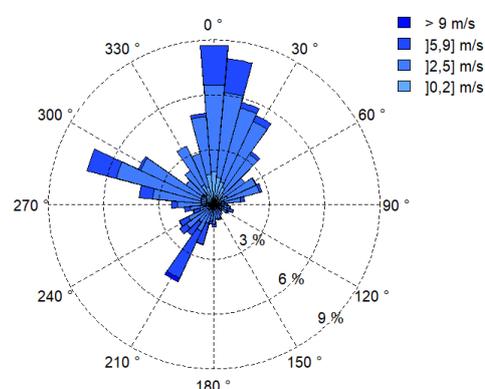
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, avril 2021



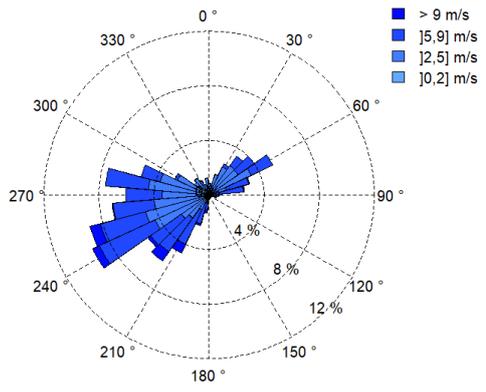
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, mai 2021



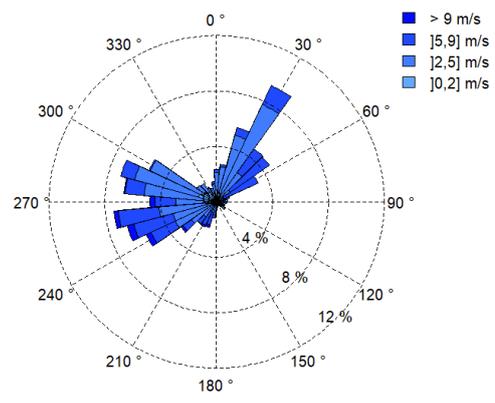
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juin 2021



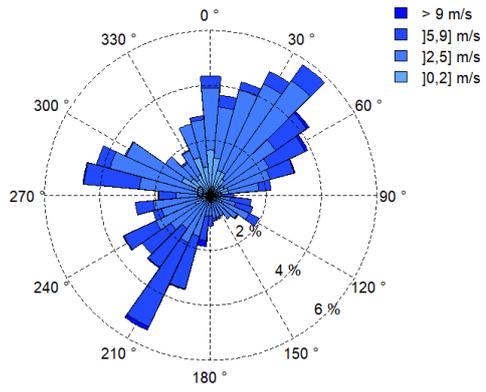
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, juillet 2021



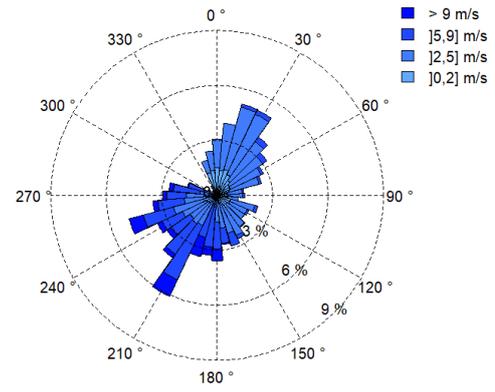
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, août 2021



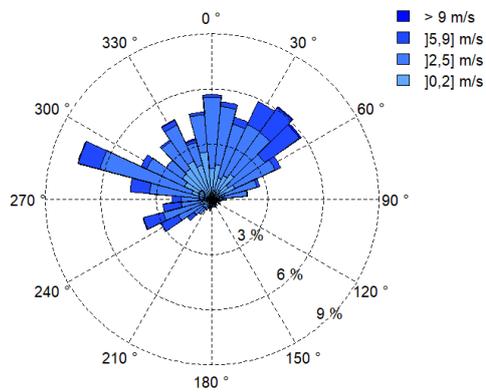
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, septembre 2021



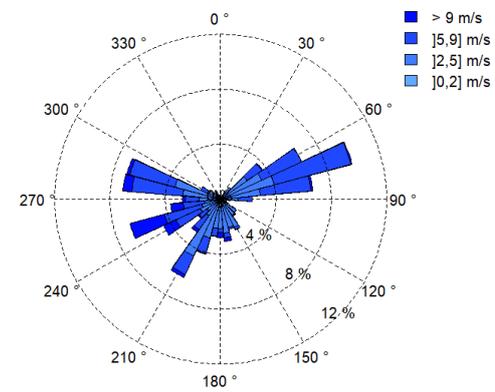
Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, octobre 2021



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, novembre 2021



Rose des vents à Montoir-de-Bretagne, décembre 2021



# 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.

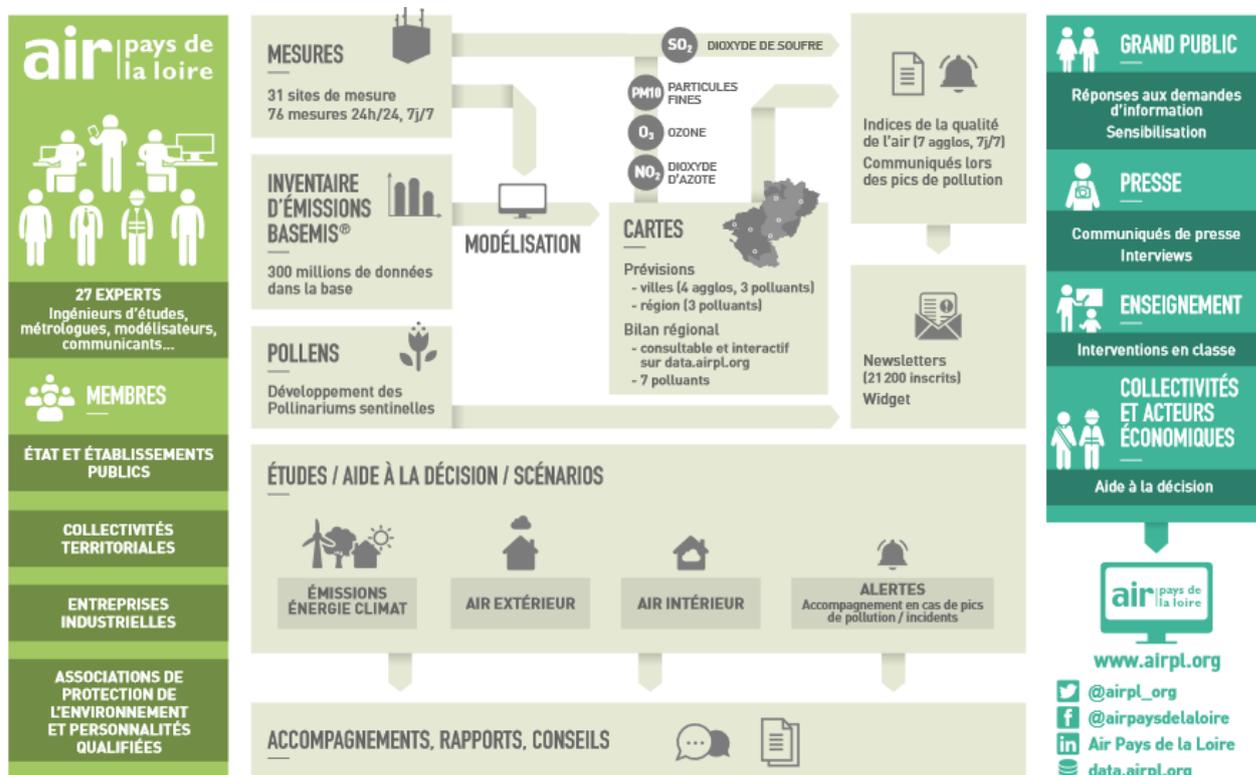
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- 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 fines (ou poussières) PM10 et PM2,5

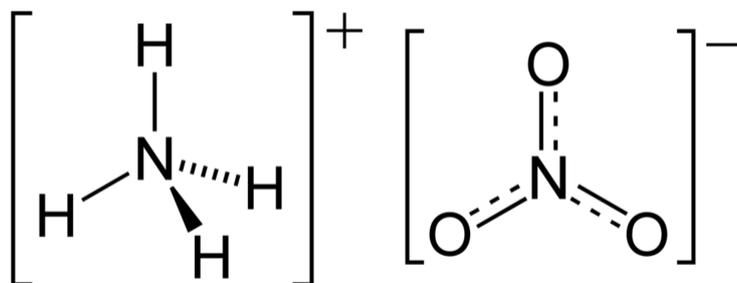
Les particules fines ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux 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 2021

## SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

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

TYPE DE SEUIL (µg/m <sup>3</sup> )	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>(3)</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>(2)</sup> 200 <sup>(3)</sup>	-	500 <sup>(2)</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/m <sup>3</sup> )	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O <sub>3</sub> )	DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	OXYDES 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	CADIUM	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 35 par an (percentile 90,4 annuel)  
(3) à ne pas dépasser plus de 3 par an (percentile 99,2 annuel)  
(4) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,79 annuel)  
(5) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,73 annuel)  
(6) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet  
(7) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 par an en moyenne sur 3 ans  
(8) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet  
(9) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile.

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

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

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



## **AIR PAYS DE LA LOIRE**

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

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