

## Exploitation des premières mesures de caractérisation des particules sur le littoral des Hauts-de-France

Si les niveaux moyens annuels de particules PM10 et PM2.5 sont du même ordre de grandeur que dans les autres régions françaises, les Hauts-de-France se distinguent avec un nombre de valeurs journalières élevées récurrentes, en PM10 et de façon encore plus marquée sur les PM2.5. Cette particularité se traduit par des épisodes de pollution particulière fréquents et tout au long de l'année. Afin d'accompagner au mieux les pouvoirs publics dans la prise d'actions de réduction des émissions dans le cas de mesures d'urgences (en cas d'épisode) ou de plans et programmes de moyen et long terme (comme les PPA ou les PCAET) et d'anticiper l'introduction des particules PM2.5 dans le dispositif d'urgence, Atmo Hauts-de-France poursuit et renforce son programme de surveillance, en déployant des mesures en ligne de caractérisation chimique des particules, permettant ainsi la compréhension et l'anticipation des épisodes de pollution au plus près de leur formation. Cette note présente les premiers résultats (1<sup>er</sup> semestre 2023) mesurés sur la super station à Calais. Les premières mesures des espèces métalliques en temps réel sur un site sous influence industrielle sont également présentées. Ce projet est cofinancé par la Métropole Européenne de Lille, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et Atmo Hauts-de-France.

### Introduction

#### Enjeux régionaux

La région est régulièrement touchée tout au long de l'année par des épisodes de pollution particulière. La figure à droite présente le nombre de dépassement, pour les PM10, du seuil d'information et recommandation ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière) et du seuil d'alerte ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière) entre 2015 et 2022. De plus, les recommandations sanitaires de l'OMS sur les PM10 et PM2.5 sont dépassées systématiquement, aussi bien pour les moyennes annuelles que pour les valeurs journalières.

Sur la zone littorale, les stations de mesure de Calais Berthelot (43j), Saint-Pol-sur-Mer (47j) et Sangatte (33j) enregistrent le plus de dépassements aux PM10 entre 2018 et 2022.

Dans ce contexte, Atmo Hauts-de-France a renforcé, sur le site de Calais Berthelot courant 2023, les mesures permettant de mieux connaître les principales sources de particules.

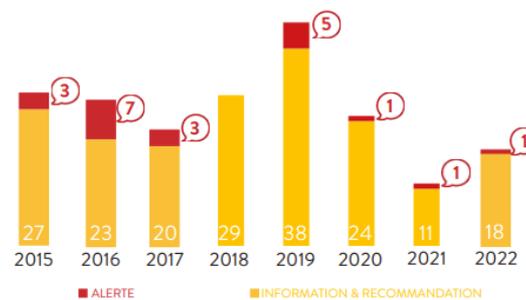
#### Objectifs de surveillance

Les particules dans l'air présentent une grande variété d'espèces chimiques. La super station à Calais est équipée de nombreux appareils avec pour objectif de :

- documenter la composition chimique des particules PM1 (organiques, nitrate, sulfate, ammonium et chlorure)
- comprendre la source et l'origine des particules lors d'épisodes de pollution
- construire d'une base de données de longue durée pour approfondir les connaissances sur la qualité de l'air (santé, modélisation...)

Sur le Dunkerquois, un analyseur en ligne de métaux est installé à Grande-Synthe, site sous influence industrielle. Ce nouvel équipement permet de mesurer en direct plus d'une trentaine d'éléments métalliques dans les PM10.

Evolution du nombre de jours d'épisode par niveau



Objectif	Paramètres recherchés	Site	Période de mesures des données traitées	Métrologie
Estimer l'impact du chauffage au bois et du trafic dans les particules	Carbone suie	Calais	1 <sup>er</sup> janvier – 30 juin 2023	AE 33
Identifier la nature des particules secondaires	Matière organique, nitrate et sulfate d'ammonium, chlorures	Calais	1 <sup>er</sup> janvier – 4 juin 2023	ACSM
Mesure des Particules Ultra Fines	Nombre total de particules à partir de 10 nm	Calais	Pas encore déployé	CPC
Evaluer la contribution des sources agricoles	Ammoniac	Calais	31 mai – 30 juin 2023	Picarro NH <sub>3</sub>
Répartition granulométrique des particules	PM10, PM2.5, PM1	Calais	1 <sup>er</sup> janvier – 30 juin 2023	FIDAS
Mesures de métaux en direct	Plus de 30 espèces métalliques	Grande-Synthe	13 mai – 6 juin 2023	XAct

## Sites de mesures



Calais se situe sur le littoral Côte d'Opale, du Pas-de-Calais et marque la limite entre la Manche et la Mer du Nord, à 38 km des côtes anglaises. La station de Calais Berthelot est une station urbaine qui mesure la pollution de fond. La station de Grande-Synthe est implantée en milieu urbain et mesure des concentrations directement influencées par les activités industrielles environnantes du Dunkerquois.

## Premières tendances/enseignements (1<sup>er</sup> semestre 2023)

### Particules (PM1, PM2.5 et PM10)

Les niveaux des particules mesurés sont similaires sur les deux stations à Calais et à Malo-les-Bains (Dunkerque). Les concentrations des particules PM1, PM2.5 et PM10 sont autour de 10, 12 et 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne pour la période d'étude. Les concentrations maximales sont à 49-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules fines PM2.5, et à 55-57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 en moyenne journalière. A noter que les PM10 sont environ 2 fois plus importantes que les PM1. Les particules naturelles issues de sels marins sont responsables, pour partie, de ces grosses particules.

Concentrations semestre 1 - 2023



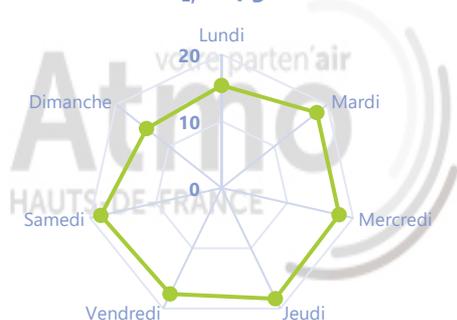
### Oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>) mesurés à Calais

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Toute combustion d'énergie produit du NO et du NO<sub>2</sub>, mais au contact de l'air, le NO est rapidement oxydé en dioxyde d'azote. Le monoxyde d'azote est considéré comme un très bon indicateur de la pollution d'origine automobile.

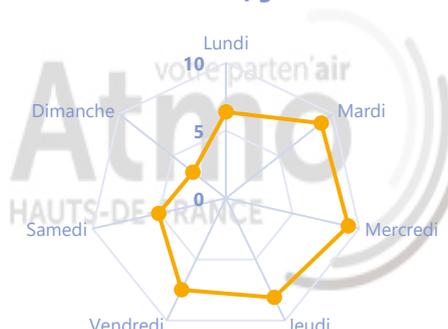
Les deux polluants montrent un cycle hebdomadaire significatif : concentration plus importante en semaine et moins élevée le week-end, notamment pour le polluant primaire NO.

La valeur moyenne de NO<sub>2</sub> pendant la période d'étude est à 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , qui est inférieure à la réglementation actuelle (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) mais supérieure à la recommandation OMS (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle)

Profil journalier de concentration en NO<sub>2</sub>, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

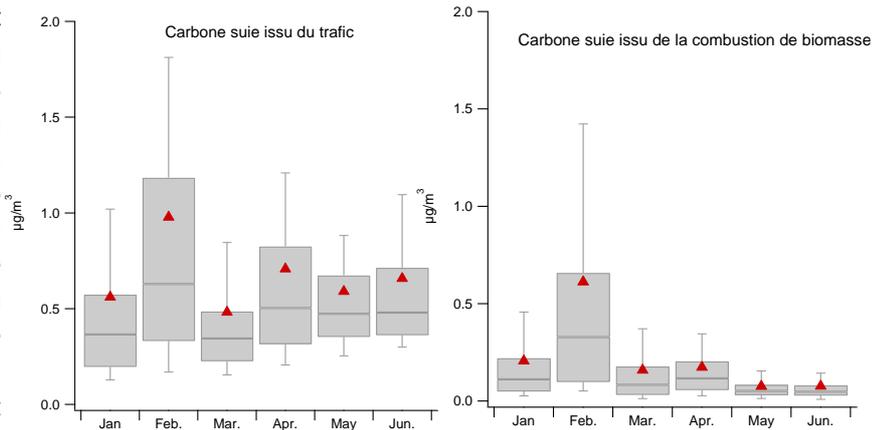


Profil journalier de concentration en NO, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## Carbone suie et ses sources

Le black carbon, appelé également carbone suie, est un composé constitué de carbone (C) dont la couleur noire absorbe le rayonnement lumineux. Ses principales sources sont les moteurs à combustion ( $BC_{ff}$ ), et donc par extension le trafic routier, et la combustion résidentielle de bois ( $BC_{wb}$ ). Le carbone suie lié au trafic est important durant les 6 mois de mesures, notamment au mois de février. Le carbone suie lié au chauffage au bois est plus élevé en période froide, avec un pic en février. Durant ce mois, les conditions météorologiques hivernales (températures basses, absence de vents), ont favorisé le recours au chauffage et bloqué la dispersion des polluants dans l'atmosphère.



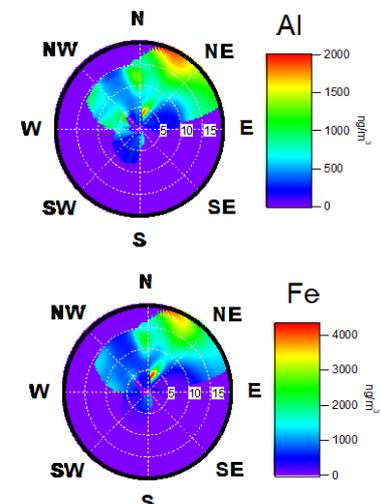
## Métaux

L'analyseur de métaux en ligne a été conçu pour la mesure en temps réel et en continu d'un large panel de métaux dans l'air ambiant (25 espèces métalliques dans cette étude).

La concentration moyenne sur la période de mesures des 4 métaux réglementés (Plomb, Arsenic, Cadmium, et Nickel) indique des valeurs inférieures à la valeur limite en moyenne annuelle (Pb :  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , As :  $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ , Cd :  $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ , Ni :  $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ ). Certaines espèces métalliques présentent une concentration très importante : Al ( $917 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Ca ( $1658 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Cl ( $2687 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Fe ( $1579 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), S ( $847 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Si ( $522 \text{ ng}/\text{m}^3$ ).

Les concentrations en Calcium et le Chlore s'expliquent par l'environnement côtier et illustrent les embruns marins comme source de particules. La présence de Silicium est principalement due à la remise en suspension locale et régionale des poussières du sol et des routes. L'Aluminium, le Fer et le Soufre sont principalement émis par les activités industrielles. Les roses de pollution de l'Aluminium et du Fer sont très similaires, indiquant une source commune pendant la période de mesures. Les concentrations élevées se situent dans les directions Nord-Nord-Est, associées avec le vent fort (émission par les cheminées en hauteur).

Espèce métallique	Moyenne ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	Médiane ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )
Al	917	601.5	0	6850
As	0.9	0.7	0	29.6
Ba	1.6	0	0	23.3
Br	8.7	7.6	0.2	114.7
Ca	1658.5	1086.9	10	12115.5
Cd	0.6	0	0	9.6
Cl	2687.4	2443	66.1	7596.9
Cr	2.8	1.2	0	54.6
Cu	3.4	2.2	0.01	23.6
Fe	1579.9	729	5.5	17694.8
K	197.9	149	3.3	1701.4
Mn	60.8	21	0	2080.6
Ni	0.5	0	0	31.5
Pb	6.1	2.2	0	135.9
S	847.7	791.8	20.9	2135.5
Si	522.8	323.4	0	4540.3
Ti	19.6	15.5	0.04	101.5
V	2.1	1.7	0	14.3
Zn	49.8	20.5	0	1577



Roses de pollution de l'Aluminium et du Fer à Grande-Synthe du 13 mai au 6 juin 2023

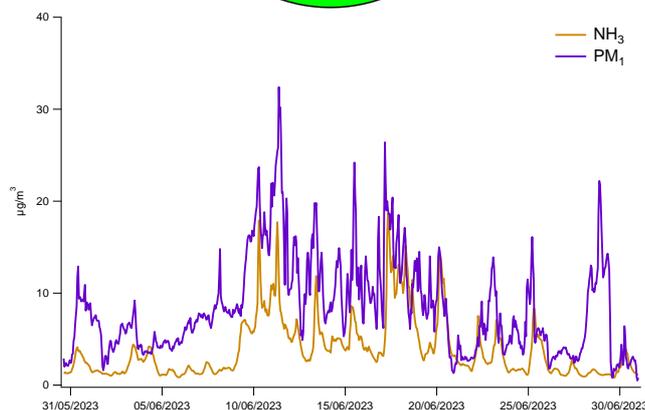
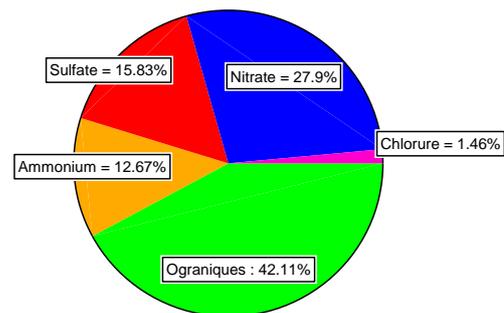
## Composition chimique des particules

La caractérisation des particules PM1 (non-réfractaires) montre que les particules secondaires inorganiques (nitrate d'ammonium et sulfate d'ammonium) représentent plus que 56% des PM1 mesurées.

L'ammoniac est un gaz émis majoritairement par les activités agricoles. Il interagit avec d'autres gaz, (notamment les NOx émis par le trafic routier), aboutissant à la formation de particules secondaires de nitrate d'ammonium. On note une bonne corrélation entre la concentration en ammoniac et les particules PM1 durant juin 2023, illustrant l'impact des émissions agricoles sur la formation des particules. L'anti-corrélation entre les particules et l'ammoniac, couplée à la hausse du traceur de transport longue distance (sulfate), peut indiquer une origine extra-régionale des particules mesurées.

Enfin, la contribution de la matière organique aux particules traduit la présence des marqueurs de combustion de biomasse en période hivernale.

Contribution des espèces chimiques aux particules PM1 à Calais (semestre 1 - 2023)



Evolution des concentrations horaires en ammoniac (traceur agricole) et des particules PM1 – juin 2023

## Conclusion et perspectives

La création de la super station à Calais permet de surveiller en temps réel les principales espèces chimiques qui composent les particules dans l'air. Cette note nous porte les premières tendances/enseignements du 1<sup>er</sup> semestre 2023.

Les niveaux des particules mesurés sont similaires sur les deux stations à Calais et à Malo-les-Bains (Dunkerque). A noter que les **PM10 sont environ 2 fois plus importantes que les PM1**. Les particules naturelles issues de sels marins expliquent en partie ces grosses particules. **Les oxydes d'azote (NO<sub>2</sub> et NO) montrent un cycle hebdomadaire significatif** : concentration plus importante en semaine et moins élevée le week-end, notamment pour le polluant primaire NO, relatant ainsi l'impact du trafic routier sur le site de Calais.

En hiver, le carbone suie issu du trafic routier et le carbone suie issu du chauffage au bois sont tous deux plus élevés en février, en lien avec le recours au chauffage et les conditions météorologiques moins dispersives rencontrées. **La composition chimique des PM1 est dominée (plus de 56%) par les particules secondaires. La bonne corrélation** entre la concentration en **ammoniac (gaz) et les particules PM1** au mois de juin 2023 montre le lien entre les activités du secteur agricole et la formation de particules secondaires. L'analyse de 25 espèces métalliques à fine résolution temporelle (une heure) permet la discrimination des sources d'émissions sur le littoral dunkerquois (source naturelle, activités industrielles, remise en suspension...). Les premières exploitations montrent des corrélations entre éléments et des concentrations pour les métaux réglementés du même ordre de grandeur que le fonds régional.

En 2024, Atmo Hauts-de-France poursuit le déploiement des mesures de **particules fines et ultrafines (PUF), avec une implantation sur Calais Berthelot et Grande-Synthe**. L'année complète de mesure fera l'objet d'une exploitation sur ces deux stations pour mieux comprendre la variation temporelle des particules. Combinées à des analyses statistiques avancées, ces mesures aident à mieux comprendre les principales sources d'émissions des particules, les influences potentielles des processus secondaires et les origines géographiques des épisodes de pollution. Ces informations faciliteront la mise en œuvre, par les différents acteurs – collectivités et pouvoirs publics, de mesures spécifiques à court terme et des plans d'action à long terme, réduisant les émissions de particules et de leurs espèces précurseurs.