

Atmo Hauts-de-France & Atmo Normandie

Ces deux observatoires régionaux de l'Air, agréés par le Ministère en charge de l'Ecologie, sont constitués des acteurs régionaux et locaux (les collectivités, les services de l'État, les acteurs économiques, les associations) mobilisés sur les enjeux de la qualité de l'Air, en lien avec la Santé, le Climat et l'Énergie.

Les Observatoires de l'Air surveillent les polluants atmosphériques, **informent, alertent, sensibilisent** et mettent à la disposition de leurs adhérents des outils d'aide à la décision pour les **accompagner** dans la mise en œuvre de leurs projets.

DANS CETTE SYNTHESE

- P02 Localisation et période d'étude
- P03 Principaux émetteurs et contexte météorologique
- P04 Concentration et composition chimique des PM10
- P05 Analyse statistique – identification des sources
- P06 Variation temporelle et spatiale
- P07 Episode de pollution
- P08 Conclusion et perspectives

Observatoire de l'Air des Hauts-de-France

Bâtiment Douai
199 rue Colbert
59800 Lille
Tél. : 03 59 08 37 30
contact@atmo-hdf.fr

Observatoire de l'Air de Normandie

3, place de la pomme d'or
76000 Rouen
Tél. : 02 35 07 94 30
contact@atmonormandie.fr

CARA Littoral 2021-2023 :

Une étude pour mieux connaître les sources des particules sur la zone littorale des Hauts-de-France et de la Normandie

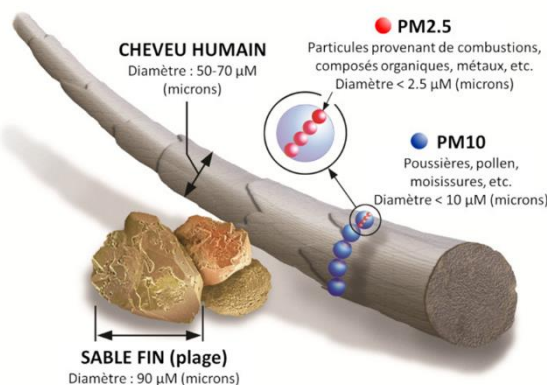


Pourquoi cette étude ?

En Hauts-de-France et en Normandie, il a été observé entre 2018 et 2019, une augmentation du nombre de jours de dépassement de la valeur réglementaire relative aux poussières en suspension dans l'air de taille inférieure ou égale à 10 µm - PM10 (> 50 µg/m³) pour une majorité des stations situées en zone côtière. Cette augmentation a principalement été constatée en période printanière. C'est dans ce contexte qu'en 2021, Atmo Hauts-de-France et Atmo Normandie, avec l'appui du LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air), ont mis en place une étude visant à améliorer la compréhension de ces épisodes de PM10 en zone littorale et ainsi donner aux acteurs locaux des pistes pour réduire les principales sources à l'origine de ces épisodes.

Partenaires et financeurs

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme CARA (caractérisation chimique des particules) et cofinancée par la Région Hauts-de-France, L'Agence Régionale de Santé Normandie, l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA).



L'ensemble des particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres (µm) est appelé PM10.

4 SITES ETUDIÉS



Les régions Normandie et Hauts-de-France et leurs départements en bleus clair et foncé, respectivement, les stations de mesures (en bleu) sélectionnées pour l'étude et les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI, en orange) où se trouvent ces stations

Le premier travail réalisé dans le cadre de cette étude a consisté à collecter quotidiennement des échantillons de particules PM10 sur des filtres sur l'ensemble des 4 sites. L'analyse chimique de ces filtres, effectuée a posteriori en laboratoire, permet de connaître la composition au jour le jour des particules PM10.

Carbones organique et élémentaire, ions majeurs, métaux et composés organiques « traceurs de source » font partie des espèces chimiques analysés sur chaque filtre prélevé. Il s'agit à la fois des constituants principaux des particules PM10 mais aussi d'éléments traces qui permettront de remonter à certaines sources.

En parallèle, la taille des particules ainsi qu'un indicateur de combustion, le Black Carbon (ou carbone suie), et certains polluants gazeux ont été mesurés en continu afin de pouvoir décrire finement chaque épisode de pollution.

66 Quatre stations ont été sélectionnées pour cette étude : deux en Hauts-de-France, et deux en Normandie. A chaque fois, un site rural et un site urbain a été choisi afin d'étudier les différences éventuelles entre ces 2 typologies.

CHIFFRES CLES

5 mois de prélèvements en
(février à juin 2021)

4 stations de mesures

553 filtres analysés

> 40 espèces chimiques
recherchées

2 rapports d'études publiés

Hauts-de-France : Calais Berthelot (CA8)



Hauts-de-France : Arrest (RU3)



Normandie : Phare d'Ailly (AIL)



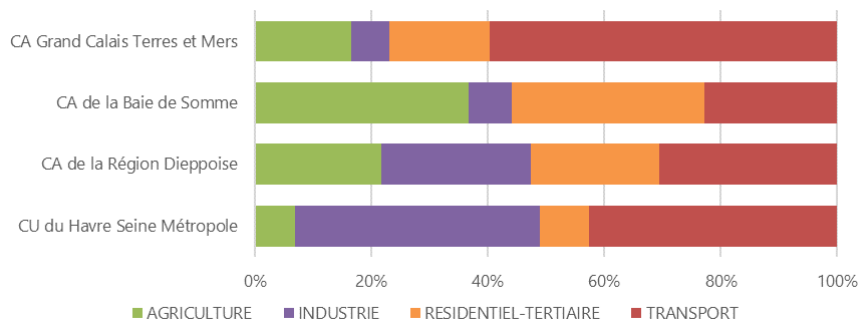
Normandie : Le Havre ville haute (HVH)



Illustration du préleveur
et des filtres à prélever

Principaux émetteurs

Contribution des différents secteurs aux émissions de PM10 en 2018



Emissions de particules PM10 et leur répartition par secteur d'activité dans les quatre EPCI. Les données d'émissions (PCITv2, MTEs, juin 2018) ont été extraites de la version A2018_v2020_v4 de l'inventaire d'Atmo Hauts-de-France. Atmo Normandie Inventaire version V3.2.6 ; format de rapportage « Tous secteurs ».

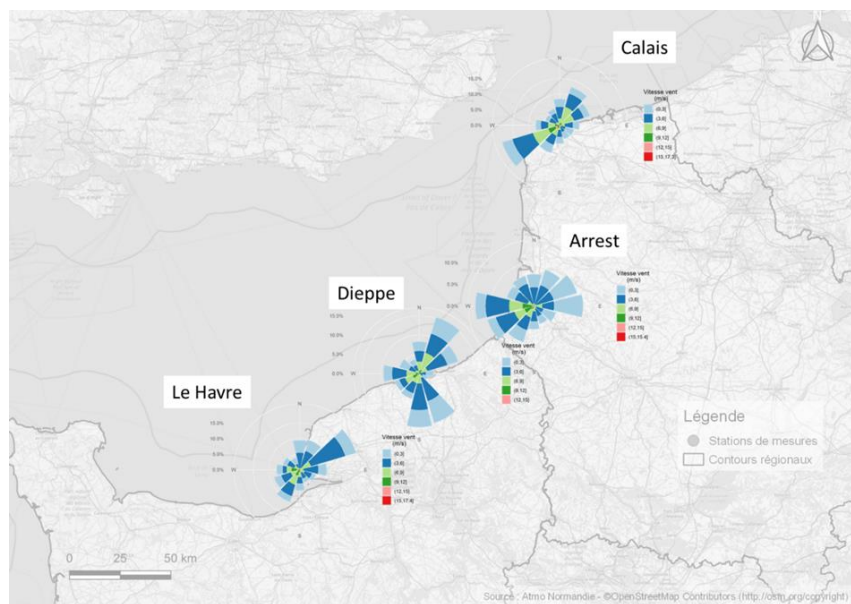
La contribution relative du secteur **Agriculture** aux émissions de PM10 pour l'EPCI Baie de Somme est la plus importante soit 37% contre 7 à 25% des émissions de PM10 pour les 3 autres EPCI.

La contribution relative du secteur des **Transports** représente 60% et 43% des émissions de PM10 respectivement pour l'EPCI Grand Calais Terres et Mers et pour l'EPCI Havre Seine Métropole.

Concernant le secteur **Résidentiel-Tertiaire**, il représente une part plus importante des PM10 de l'EPCI Baie de Somme avec 33% des émissions alors qu'il ne représente que 8% des émissions de PM10 dans l'EPCI du Havre Seine Métropole.

Le secteur **Industriel** contribue peu aux émissions des 2 EPCI en Hauts-de-France avec 7% des émissions. A l'inverse sa contribution est plus marquée pour les EPCI Région Dieppoise et Havre Seine Métropole puisqu'il représente respectivement 26 et 42% des émissions.

Contexte météorologique durant l'étude



Vitesses et directions du vent sur 4 stations météorologiques pendant la période de l'étude.

La station **Calais** se caractérise par des vents majoritairement du **secteur sud-ouest** dont la vitesse est plus soutenue que les vents en provenance des autres secteurs.

La station d'**Arrest** se caractérise par une vitesse de vent moyenne inférieure à 5 m/s. Lors de l'étude, les vents étaient majoritairement en provenance du **secteur ouest-sud-ouest**.

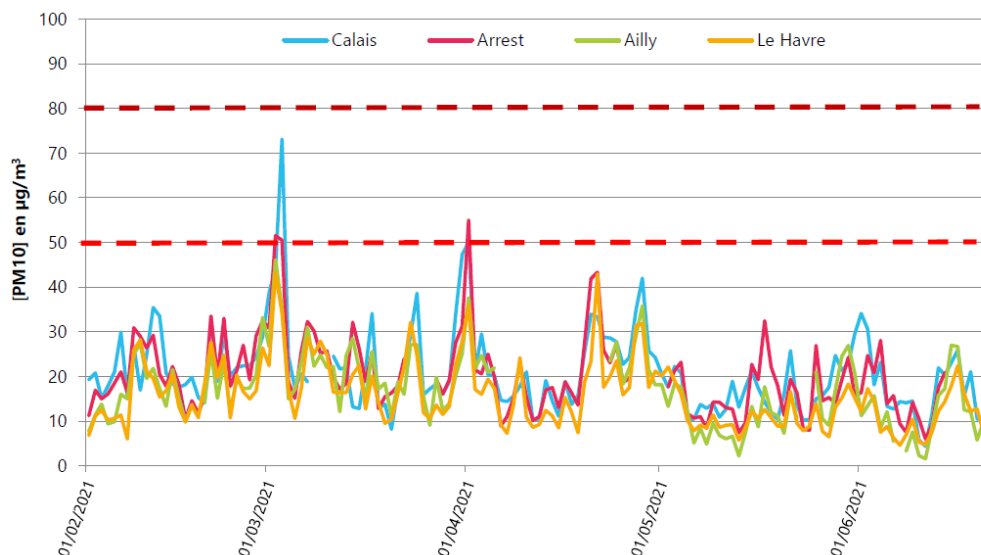
Les vents sur la station de **Dieppe** venaient en majorité des secteurs **sud-sud-est** et **nord-nord-est** avec globalement des vitesses inférieures à 5 m/s.

La station du **Havre** se caractérise par des vents majoritairement en provenance du secteur **nord-est** et de vitesse moyenne d'environ 5 m/s.

Le vent est un facteur essentiel dans la répartition des polluants. Le vent intervient par sa direction pour orienter les masses d'air ; par sa vitesse pour disperser les polluants.

Concentration journalière de PM10

Comparaison des moyennes journalières de PM10 sur les sites de Calais, Arrest, Ailly et Le Havre entre le 01/02/2021 et le 20/06/2021



Moyennes journalières en PM10 pour les 4 sites sur la période étudiée (ligne en pointillé rouge : seuil d'information et de recommandation, PM10 en moyenne journalière > 50 µg/m³ ; ligne en pointillé rouge foncé : seuil d'alerte, PM10 en moyenne journalière > 80 µg/m³)

Les évolutions temporelles de ces concentrations sont globalement similaires pour les quatre stations étudiées et ce, malgré les distances qui les séparent et leurs différentes typologies.

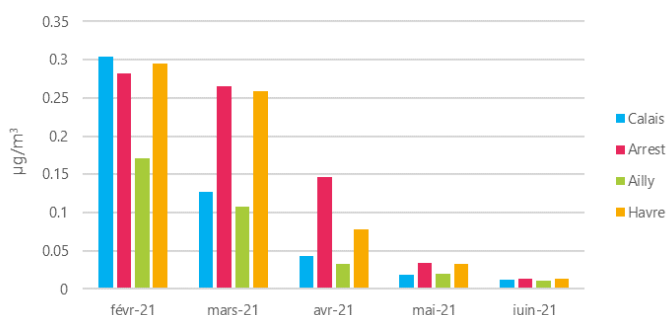
Ce résultat suggère que les concentrations en PM10 mesurées au niveau de ces sites sont souvent sous l'influence de masses d'air qui se déplacent sur de grandes échelles (régionale/interrégionale/Europe).

Globalement, sur la période d'étude, ce sont les concentrations mesurées à Calais qui sont les plus élevées.

Composition chimique – traceurs de source

Parmi les espèces chimiques recherchées sur les filtres, certaines sont des traceurs de sources. 2 exemples sont donnés ci-dessous :

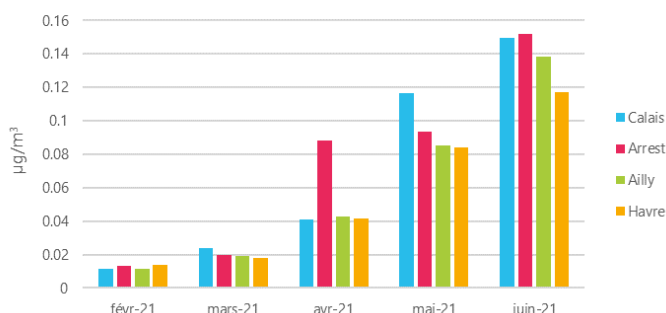
Lévoglucosan



L'acide méthanesulfonique (MSA) est considéré comme un traceur secondaire des émissions biogéniques marines. Le MSA présente des évolutions saisonnières significatives avec des concentrations maximales observées en mai et juin, qui sont principalement dues au fort ensoleillement et aux températures élevées, en lien avec l'activité du phytoplancton.

Le **lévoglucosan** est un bon traceur de la combustion du bois, notamment le chauffage en hiver. Son évolution saisonnière est typique avec des maxima observés au mois de février et des niveaux minimums en juin. Parmi ces 4 sites, **Arrest** présente un niveau plus élevé, notamment en mois d'avril. Ailly est moins influencé par la combustion de biomasse par rapport aux autres sites.

MSA



Analyse statistique – identification des sources

La PMF, un outil statistique pour remonter aux sources de particules

L'outil statistique Positive Matrix Factorization (PMF) permet la détermination de la contribution des principales sources et mécanismes de formation des polluants, à partir d'un jeu de données aussi dense que possible, en termes de nombre d'échantillons et d'espèces chimiques mesurées.

Cette méthode est couramment utilisée et maîtrisée depuis de nombreuses années par les équipes de recherche, partenaires du projet ce qui a permis une analyse innovante permettant de mettre en évidence de nombreuses sources.

La PMF a permis de distinguer **11 facteurs** qui ont pu être associés à des profils de sources des particules PM10. Certains facteurs sont regroupés et **9 sources** sont finalement prises en compte pour la partie d'interprétation :

3 sources naturelles

Sels marins : contient 2 facteurs différents : les sels marins frais et les sels marins vieilliss.

Biogénique primaire : est principalement liée à la microflore fongique des sols et à la surface de la végétation.

Biogénique secondaire : contient également 2 facteurs différents : MSA-rich et SOA biogénique. Ces deux facteurs sont constitués par des particules organiques secondaires (formées dans l'atmosphère) et biogéniques.

5 sources anthropiques

Trafic routier primaire : combine des émissions à l'échappement ainsi qu'une partie des émissions hors-échappement.

Combustion de fuel lourd : liés à la combustion de fioul lourd par le transport maritime, les raffineries et centrales thermiques.

Industries : diverses émissions industrielles (métallurgie, verrerie, production d'énergie, ...).

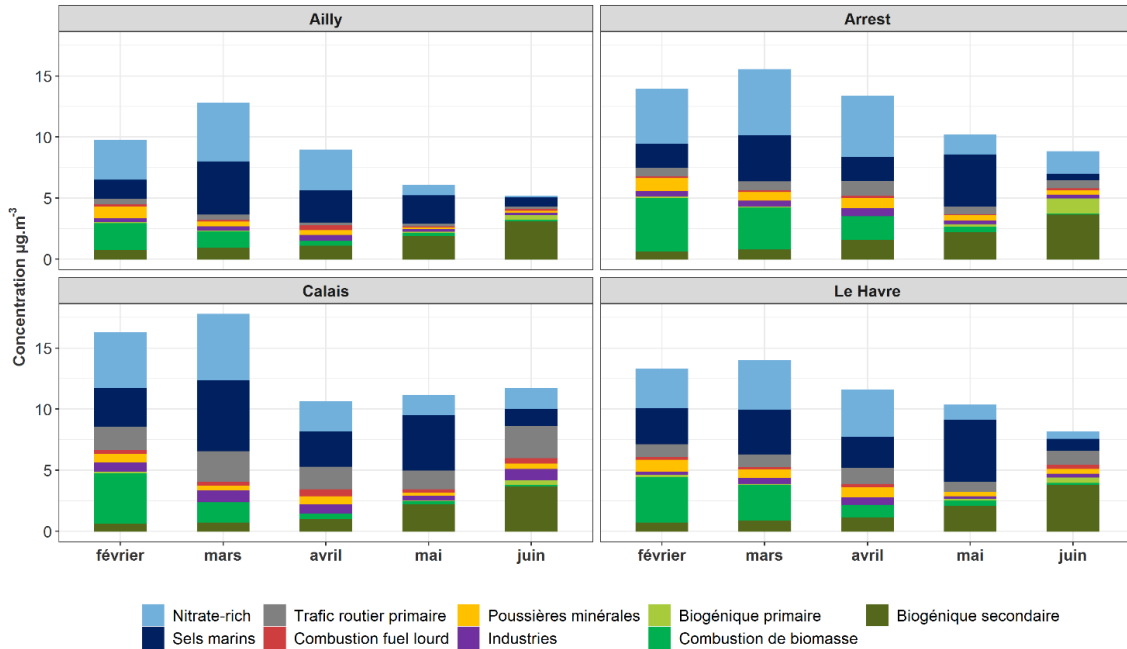
Combustion de biomasse : correspond principalement au chauffage au bois en hiver, mais peut également concerner la combustion des déchets verts ou les feux de forêt.

Nitrate-rich : Cette source combine deux composés inorganiques secondaires importants : le nitrate d'ammonium et le sulfate d'ammonium.

1 source mixte

Poussières minérales : caractérise les processus de remise en suspension des poussières. Cette source peut également

Variation temporelle et spatiale

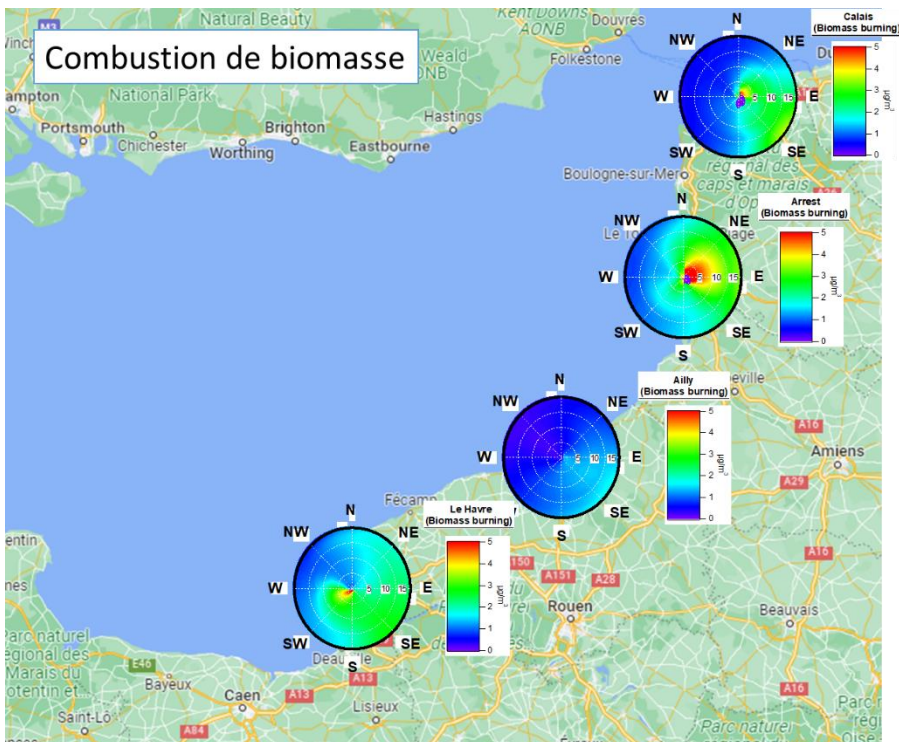


Les contributions moyennes mensuelles (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) obtenues pour chaque site sont présentées dans la figure ci-dessus.

Combustion de la biomasse : présente une variabilité mensuelle très marquée sur l'ensemble des sites. En février, elle représente globalement plus d'1/4 de la masse des PM10 alors qu'elle ne constitue que 1 à 2% des PM10 en juin.

Nitrate-rich : représente une fraction majoritaire des PM10 entre les mois de février et d'avril sur l'ensemble des sites. Elle constitue en moyenne mensuelle entre 1/4 à plus d'1/3 de la masse de PM10 selon les sites.

Biogéniques secondaires : présente un cycle saisonnier bien marqué avec des concentrations maximales observées en juin.



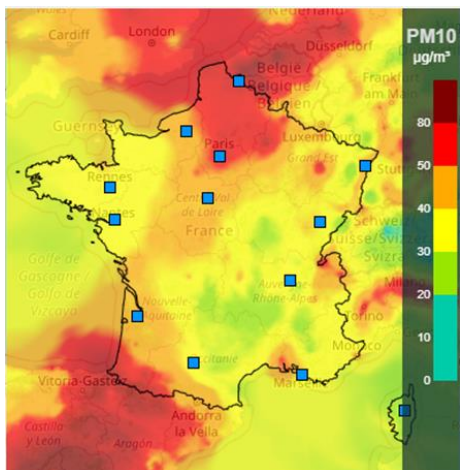
Comment lire une rose de pollution ?

Les concentrations élevées proche du centre de la rose sont associées à des vents faibles et par conséquent à des sources plutôt locales. A l'inverse des concentrations fortes en périphérie de la rose sont à relier à des vents forts et donc à des sources plus lointaines.

Les roses de pollution montrent que cette source est très locale, avec des maxima de concentrations associés uniquement aux vents faibles (< 5 km/h).

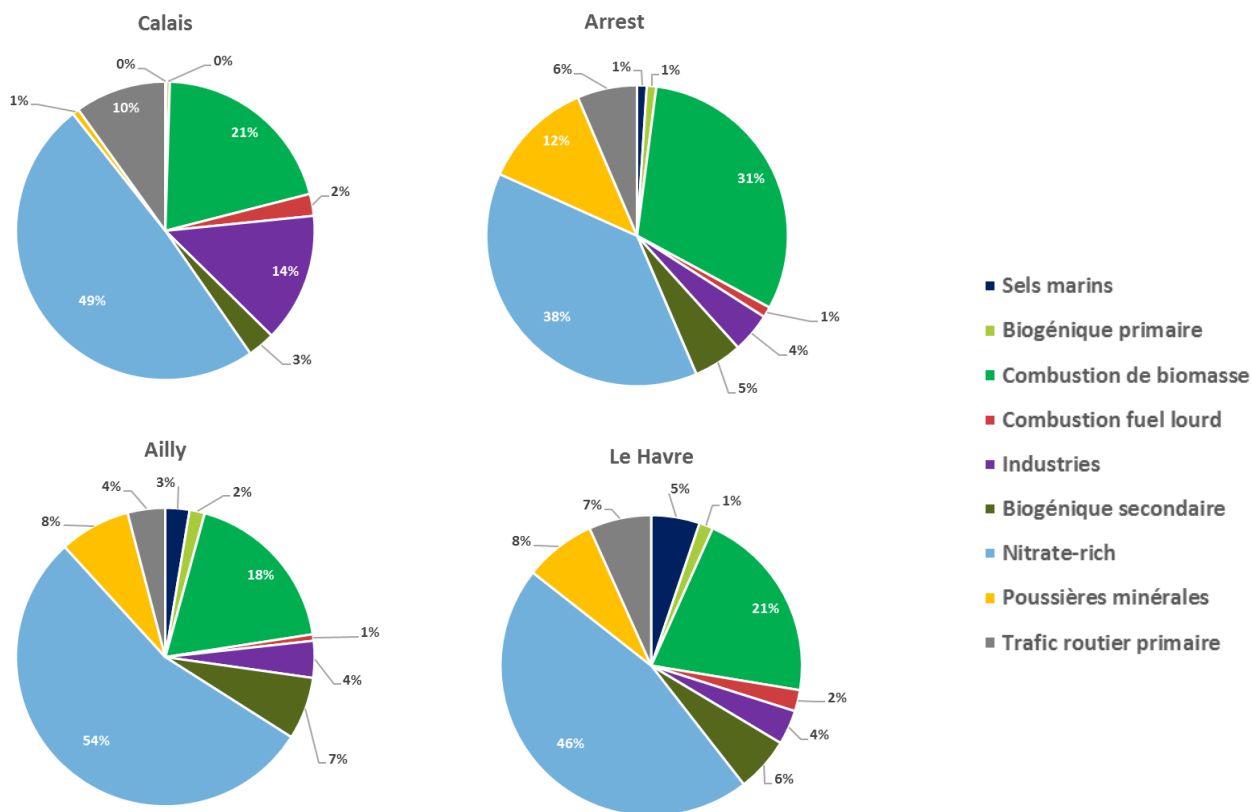
Arrest est le site le plus impacté par cette source, probablement due à la forte utilisation de chauffage au bois dans les villages alentour. Le site d'Ailly est le moins impacté par cette source. A noter que ce site rural est excentré par rapport aux zones habitées et se trouve sur les hauteurs d'une falaise.

Zoom sur un épisode de pollution



Un épisode de pollution particulaire a touché les régions Hauts-de-France et Normandie les 2 et 3 mars 2021. Il s'agit d'un épisode à grande échelle (carte Prév'air du 3 mars à gauche, source : <http://www2.prevoir.org/>).

Sur la zone d'étude, les dépassements du seuil d'information et de recommandation (IR) ont eu lieu les 2 et 3 mars sur la station à Arrest et le 3 mars sur la station à Calais. Le niveau le plus fort de **73 µg/m³** a été enregistré le 3 mars à **Calais**. Sur les 2 stations d'étude en Normandie, les concentrations les plus fortes ont été enregistrées le 2 mars sans dépassement du seuil IR. Elles variaient entre 43 et 44 µg/m³.



La figure ci-dessus montre que cet épisode de pollution particulaire est de type « mixte », caractérisé principalement par une contribution majoritaire de la source « nitrate-rich » (de l'ordre de 40 à 55% de la masse des PM10 selon les sites) et celle de la combustion de biomasse (d'environ 20 à 30% de la masse des PM10). Le trafic routier constitue également une source significative de PM10 notamment pour les stations de fond urbain (environ 10%).

La prépondérance de la source nitrate-rich sur l'ensemble des quatre sites étudiés indique que cet épisode est d'échelle (supra-)régionale, impliquant le transport de masses d'air chargées en nitrate d'ammonium sur de longues distances. Néanmoins il n'est pas exclu que du nitrate d'ammonium complémentaire puisse se former plus localement à partir des émissions d'ammoniac et d'oxydes d'azote plus locales.

Conclusion

Comme nous l'avons vu précédemment, les sources de particules en suspension qui influencent les concentrations des 4 sites investigués sur l'ensemble de la période d'étude sont à la fois liées à l'activité humaine (sources anthropiques) mais aussi naturelles. Ces 2 types de sources sont, en moyenne, représentées à peu près à part égale.

5 sources se distinguent et les actions sont proposées pour les sources anthropiques :

- La source nitrate-rich qui est, en grande partie, associée aux émissions agricoles d'ammoniac sur l'Europe centrale et le Bénélux mais aussi nationales voire locales. Ces émissions se combinent à celles d'oxydes d'azote principalement liées au trafic automobile, maritime et à l'industrie pour former du nitrate d'ammonium, espèce secondaire susceptible de voyager sur de longues distances. Pour diminuer les concentrations en particules, il est nécessaire de poursuivre la mise en place de bonnes pratiques agricoles afin de tendre vers une diminution de l'utilisation des engrais azotés de synthèse et limiter ainsi les émissions d'ammoniac.

- La combustion de biomasse essentiellement associée au chauffage en bois en période froide
Le renouvellement des appareils de chauffage anciens ou peu performants (foyers ouverts) constitue un véritable levier pour diminuer les émissions de particules du secteur résidentiel, accompagné de sensibilisation sur les bonnes pratiques (qualité du combustible, entretien de l'appareil ...).

- Le trafic automobile sur les sites urbains

Si le renouvellement progressif du parc automobile par des véhicules moins polluants favorise la diminution des émissions, la limitation du nombre de véhicules en circulation via le report modal (développement de modes de transports doux, augmentation de l'offre de transport en commun, création/prolongation de pistes cyclables, incitation au co-voiturage, offre d'auto-partage...) permettra notamment de limiter l'exposition de la population à proximité de axes de circulation.

- Les sels marins et les aérosols biogéniques secondaires d'origine naturelle

Lors des jours où des concentrations plus élevées ont été enregistrées, la proportion des sources anthropiques à la masse des PM10 est plus importante qu'en moyenne. C'est le cas notamment durant l'épisode de pollution des 2-3 mars 2021.

Perspectives

Compte-tenu de la complexité chimique des particules atmosphériques (PM), la mesure de leur potentiel oxydant (PO), c'est-à-dire leur capacité à dégrader les antioxydants et donc à endommager les cellules et les tissus de l'organisme, pourrait être un meilleur indicateur des impacts des PM sur la santé humaine. C'est pour cette raison que l'IGE (Institut des Géosciences de l'Environnement) a souhaité ajouter ce type de mesure à l'étude.

L'exploitation des résultats du PO est encore en cours avec pour objectif de permettre de faire le lien entre les différentes sources identifiées et leur impact sanitaire.

Conditions de diffusion :

Synthèse extraite des rapports d'étude n°01/2021/SZH/V0 et n°01/2023/SZH/V0

Résultats analysés selon les objectifs de l'étude, le contexte et le cadre réglementaire des différentes phases de mesures et les connaissances météorologiques disponibles. Atmo Hauts-de-France et Atmo Normandie ne peuvent en aucun cas être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, des publications diverses et de toute œuvre utilisant ses mesures pour lesquels elle n'aura pas donné d'accord préalable.

Le respect des droits d'auteur s'applique à l'utilisation et à la diffusion de ce document. Les données présentées restent la propriété d'Atmo Hauts-de-France et peuvent être diffusées à d'autres destinataires. Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit être signalée par « source : Atmo Hauts-de-France ». L'association vous fournira sur demande de plus amples précisions ou informations complémentaires dans la mesure de ses possibilités.

66

Rapports d'études complets
disponibles sur le site
www.atmo-hdf.fr et
www.atmonormandie.fr