

## Atmo Hauts-de-France

L'Observatoire de l'Air, agréé par le Ministère en charge de la transition écologique, est constitué 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. Il implique également la population dans certaines actions de surveillance de l'air.

**L'Observatoire de l'Air surveille** les polluants atmosphériques, **informe, alerte, sensibilise** et met à la disposition de ses adhérents des outils d'aide à la décision pour les **accompagner** dans la mise en œuvre de leurs projets.

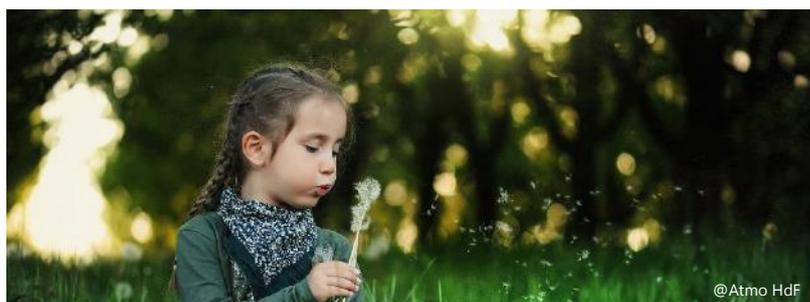
## Synthèse du Programme Particules (2013-2019) en Hauts-de-France

**La qualité de l'air est devenue ces dernières années une préoccupation grandissante dans la région Hauts-de-France pour les habitants, les associations, les collectivités, les acteurs économiques... Alors que la région est régulièrement concernée par des épisodes de pollution aux particules, plusieurs questions se posent sur leur présence dans l'air : sont-elles dangereuses pour notre santé ? Respirons-nous mieux ou moins bien dans notre région qu'ailleurs ?**

**L'observatoire régional de l'air, Atmo Hauts-de-France, développe depuis plusieurs années son expertise sur les particules, véritable enjeu environnemental et sanitaire en région. Il s'engage dans des études plus avancées permettant de mieux comprendre leurs origines pour permettre de mieux agir sur leurs effets.**

### DANS CETTE SYNTHÈSE

- P02 Que sont les particules ? Pourquoi les surveiller ?
- P03 Où et comment mesure-t-on les particules ?
- P04 Comment prévoit-on les concentrations en particules ?
- P05 A quoi ressemblent-elles ? De quoi sont-elles composées ?
- P06-P08 D'où viennent-elles ?
- P09 Comment se situe-t-on vis-à-vis de la réglementation ?
- P10 Des particules différentes en cas d'épisode de pollution ?
- P11 Y a-t-il des particularités régionales ?
- P12 Conclusion et Perspectives



@Atmo HdF

### Enjeux et objectifs

Entre 2013 et 2019, Atmo Hauts-de-France a réalisé plusieurs études sur différents points du territoire dans le cadre de son programme « Particules ». L'objectif principal de ces projets, cofinancés par le Conseil Régional des Hauts-de-France, et Amiens Métropole, des fonds européens ou encore de la DREAL Nord-Pas-de-Calais et l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), est de **caractériser les propriétés physico-chimiques des particules de tailles différentes, d'identifier et de quantifier leurs sources et de suivre leurs évolutions dans le temps et l'espace.**

Ce programme, toujours en cours, permet de répondre aux besoins, ponctuellement en situation d'urgence (en cas d'épisode de pollution) et aussi régulièrement, hors épisode, pour identifier les origines des particules. Ces informations permettent d'agir plus efficacement sur les sources de pollution, d'apporter une aide pour évaluer les impacts sanitaires à long terme de la pollution aux particules et d'accompagner la construction des plans d'actions adaptés aux différentes échelles (locale, régionale et européenne).

Atmo Hauts-de-France a croisé les résultats de son programme « particules » (particules ultrafines, black carbon, caractérisation physico-chimiques, épisodes de pollution, ...). Cette première synthèse résume l'ensemble des travaux et apporte de premiers éléments de réponses.

### 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

## Que sont les particules ? Pourquoi les surveiller ?

### Particules PM / Carbone suie / particules ultra fines : quelles différences ?

Les **particules atmosphériques** (notées « PM » pour « *Particulate matter* ») sont un mélange complexe de particules solides et liquides en suspension dans l'air.

Elles se distinguent en fonction de leur taille et de leur composition :

- **PM10/PM2.5/PM1** : dont le diamètre est respectivement inférieur à 10, 2,5 et 1  $\mu\text{m}$  (micromètres soit millièmes de mètre) ;
- **PUF (PM0.1)** : sont nommées particules ultrafines ou nanoparticules, de diamètre inférieur à 0,1  $\mu\text{m}$ .
- Le **Black Carbon (BC)**, également appelé « carbone suie », est un composant émis dans l'air lorsque la combustion de combustibles fossiles, de bois et d'autres types est incomplète. Il est principalement présent dans les particules fines PM2.5.

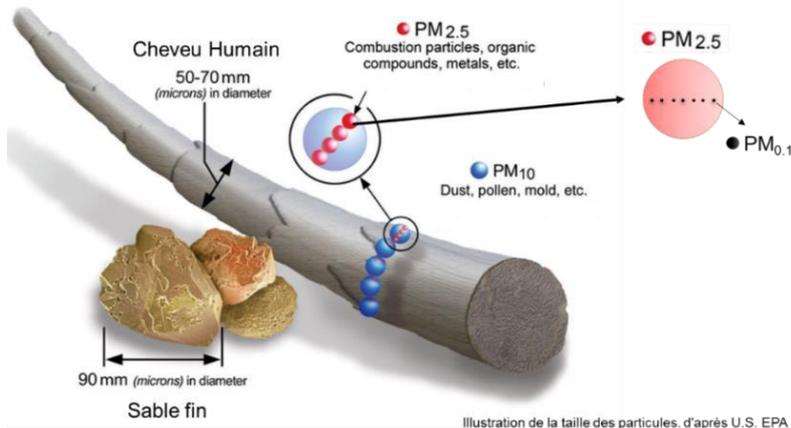


Illustration de la taille des particules. d'après U.S. EPA

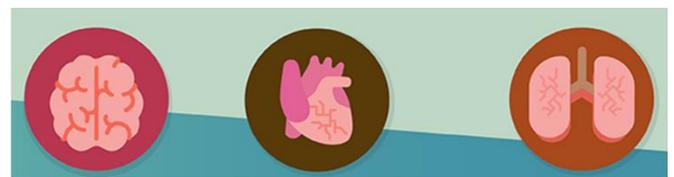
### Leurs impacts sur l'environnement



### Leurs impacts sur la santé

Plus les particules sont fines, plus elles se logent profondément dans notre organisme. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la pollution atmosphérique provoquerait environ 7 millions de décès chaque année par des maladies diverses.

Dans les Hauts-de-France, l'exposition chronique aux particules fines (PM2.5) serait responsable d'environ 6 500 décès par an et d'une perte d'espérance de vie entre 11 et 16 mois. Cela représente 13% de la mortalité totale de la région. ([Source Santé Publique France – BVS septembre 2016](#))



accident vasculaire cérébral maladie cardiaque

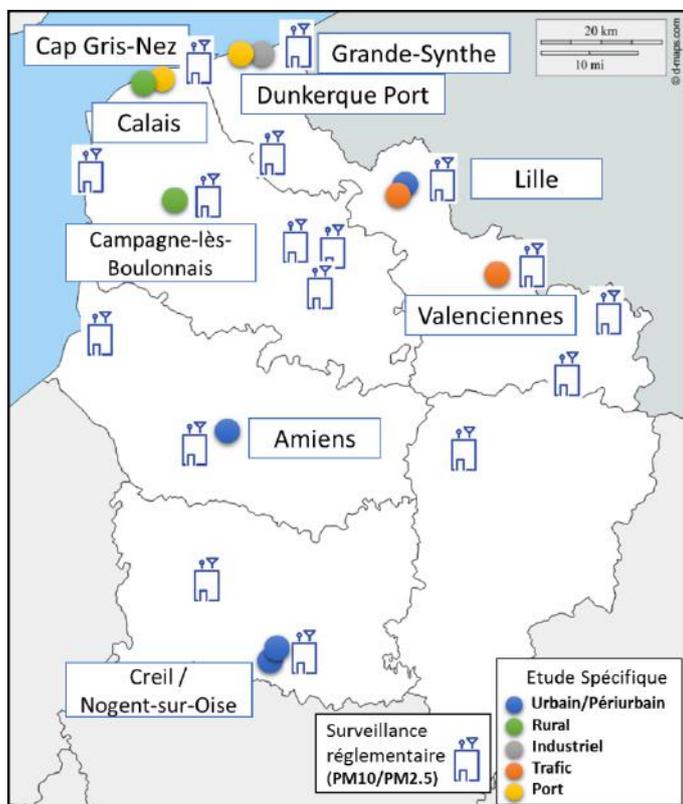
cancer du poumon et  
maladies respiratoires  
chroniques et aiguës,  
y compris l'asthme

\*d'après OMS

### Des particules sous surveillance

Les particules atmosphériques sont si petites qu'elles sont invisibles à l'œil nu mais pourtant présentes partout. Elles impactent notre santé et notre l'environnement, de façon chronique (moyen et long termes) et aiguë (notamment lors des épisodes de pollution). Connaître leur taille et leur composition est donc déterminant pour évaluer leurs impacts. Il existe pour cela différentes méthodes (mesure, modélisation, caractérisation physico-chimique).

## Où et comment mesure-t-on les particules ?



La carte présente les principales agglomération accueillant des sites de mesures de particules dans la région :

1) pour la surveillance réglementaire des particules PM10/PM2.5. *A noter qu'il peut exister plusieurs stations fixes sur la même agglomération (plus de détails sur le site [www.atmo-hdf.fr](http://www.atmo-hdf.fr)).*

2) pour les études spécifiques sur la caractérisation des particules : 4 sites urbains/périurbains, 2 sites proches de zones de trafic, 2 sites portuaires, 2 sites ruraux et 1 site en proximité industrielle.

**La grande variété des sources d'émissions et des conditions atmosphériques influencent les particules présentes dans l'air de la région.**



### Techniques de mesures

La **concentration massique** ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des particules PM10 et/ou des PM2.5 est mesurée sur 36 stations fixes sur les Hauts-de-France. Les techniques principales utilisées sont la microbalance oscillante ou l'atténuation du rayonnement bêta. Tous les deux méthodes sont en accord avec les exigences de la norme NF EN 16450. Atmo compte (au 30/01/2020) 103 points de mesures accrédités dont certains pour les particules PM10 et PM2.5 → détail sur le site du Cofrac [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) (portée d'accréditation disponible sous le N°1-6343) et sur [www.atmohdf.fr](http://www.atmohdf.fr)

### Caractérisation des particules :

La **méthode dite «off-line»** est une méthode basée sur le prélèvement sur filtre et qui apporte des résultats en différé après analyse. Les particules PM10 sont collectées sur des filtres en fibre de quartz, pendant 24h et sont ensuite analysées en laboratoire pour connaître leur taille et leur composition chimique. **Plus d'une trentaine d'espèces chimiques ont été identifiées pour chaque filtre prélevé** dans le cadre du Programme «Particules».

La **méthode «on-line»** est, quant à elle, basée sur des analyses automatiques qui peuvent fournir les informations physico-chimiques des particules en temps réel. Dans le Programme «Particules», **les instruments principalement utilisés sont l'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor), l'aéthalomètre et le compteur de particules ultrafines.**

Méthode off-line	Élément mesuré
Composition chimique des particules PM10	Carbone élémentaire (EC) et Carbone organique (OC)
	Anions et Cations solubles
	Éléments métalliques
	Sucres : mannose, glucose, lévoglucosan, mannosan et galactosan, arabitol et mannitol

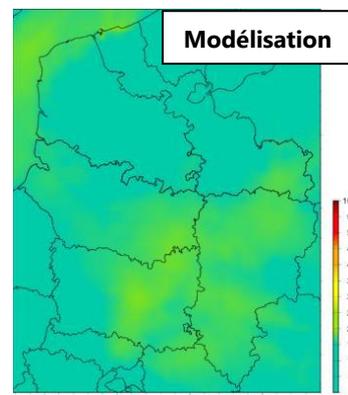
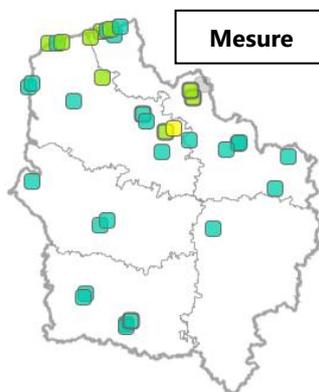
Méthode on-line	Élément mesuré
ACSM	Organiques, nitrate, sulfate, ammonium et chlorure dans les particules PM1 non réfractaires
Aéthalomètre	Carbone suie dans les particules PM2.5
Compteur de particules ultrafines	Nombre de particules ultrafines en 6 classes de taille entre 20-800 nm

## Comment prévoit-on les concentrations en particules ?

### Comment surveille-t-on les particules dans l'air ?

les particules sont soit mesurées, soit modélisées. Ces méthodes sont complémentaires et présentent un intérêt :

- **la mesure** : apporte une donnée précise et fiable, sur des durées courtes, mais qui reste coûteuse et inégalement répartie sur le territoire.
- **La modélisation** : estime les concentrations de polluants en tout point du territoire à partir de quelques sites de mesure et permet de les cartographier. Elle est utile pour permettre aux prévisionnistes d'évaluer les concentrations de polluants pour les jours suivants.



### Principe de la modélisation

**1<sup>ère</sup> étape** : récupérer les données d'entrée nécessaires (émissions de particules par secteur d'activité, données météorologiques, mesures...) pour lancer le modèle.

**2<sup>ème</sup> étape** : calculer avec le modèle de chimie-transport CHIMERE les différentes échéances de simulation (du J-1 au J+2).

**3<sup>ème</sup> étape** : exploiter et traiter statistiquement les informations produites pour corriger les sorties brutes des modèles et fournir des données plus pertinentes.

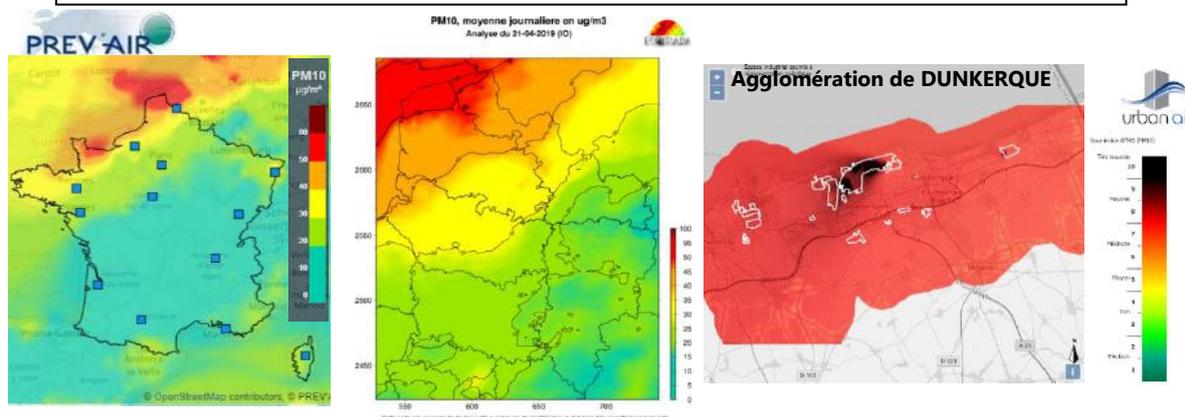
Atmo Hauts-de-France utilise différents outils numériques de modélisation à différentes échelles géographiques permettant de simuler la concentration des polluants sur des mailles plus ou moins fines et prévoir ainsi la qualité de l'air dans la région :

- **Esmeralda** : plateforme inter-régionale (EtudeS Multi RégionALES De l'Atmosphère) avec des mailles de 3 km ;
- **Prév'air** : plateforme nationale avec des mailles de 10 km ;
- **Urban'air** : plateforme fine échelle (maille de 15 m) pour 8 agglomérations des Hauts-de-France : Amiens, Arras, Béthune, Calais, Douai, Dunkerque, Lille et Saint-Omer.

Ces cartes sont disponibles quotidiennement sur le site [www.atmo-hdf.fr](http://www.atmo-hdf.fr) (rubrique «accéder aux données»)

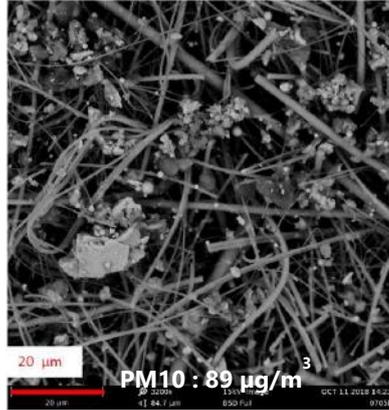
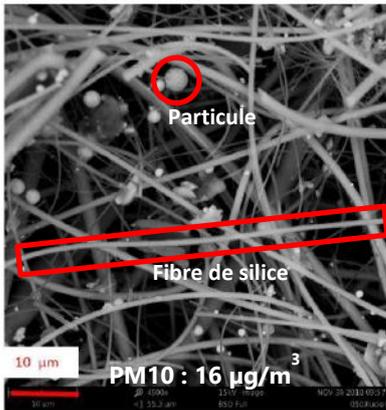
Dans quelques mois des cartes quotidiennes modélisées à fine échelle seront également disponibles.

Exemple de carte de modélisation pour les particules PM10 par les 3 plateformes pour le 21/04/2019 à échelles nationale, régionale et locale (ex. agglomération de Dunkerque)



## A quoi ressemblent les particules ? De quoi sont-elles composées ?

Les particules atmosphériques présentent des formes et des tailles très variées. Des travaux en collaboration avec Polytech Lille ont permis de visualiser des particules PM10 grâce à la technique de **microscopie électronique à balayage** (MEB).

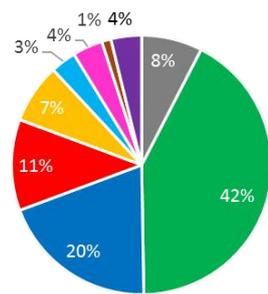


Les images MEB à gauche montrent des particules PM10 prélevées à Grande-Synthe en 2018. Les fibres de silice constituent le support de prélèvement sur lequel reposent les particules. Les particules présentent des formes (sphérique, cubique, irrégulière...) et des tailles très différentes. La concentration en particules PM10 est exprimée en microgramme par mètre cube d'air. Sur l'image à gauche, les particules sont moins nombreuses avec une concentration de 16 µg/m³ que celle de droite avec 89 µg/m³.

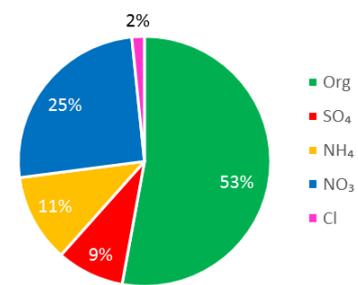
©PolytechLille

OM ou Org : matière organique  
EC : carbone élémentaire  
NO<sub>3</sub> : nitrate  
SO<sub>4</sub> : sulfate  
NH<sub>4</sub> : ammonium  
Na : sodium  
Cl : chlorure  
PM1-NR : particules inférieures à 1 µm, non-réfractaires

PM10 à Nogent-sur-Oise (2013-2016)

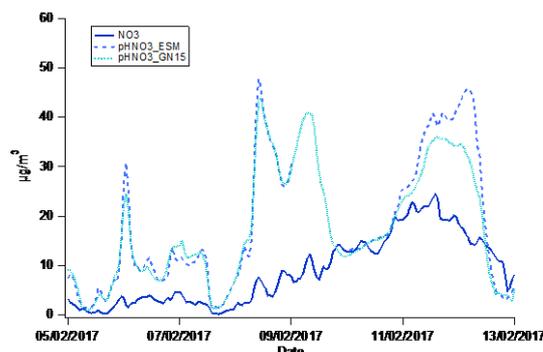
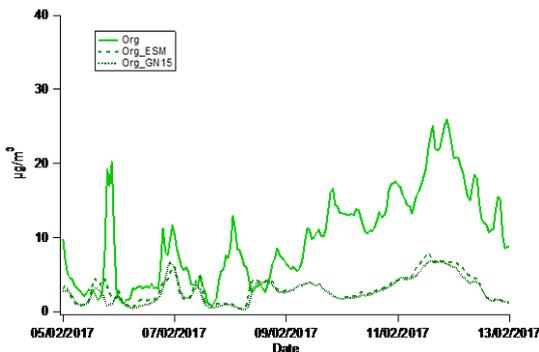


PM1-NR à Creil (2016-2017)



Le premier graphe ci-dessus représente la composition moyenne des particules PM10 à Nogent-sur-Oise entre 2013 et 2016. Le deuxième graphe (à droite) correspond à la composition majeure des particules PM1 à Creil entre 2016 et 2017. Malgré la différence de taille et de période, **la composition moyenne des particules reste semblable : les composés organiques sont majoritaires** (42 à 53%), suivis par le nitrate, le sulfate et l'ammonium. Les sels marins (NaCl) se retrouvent principalement dans la fraction grossière de particules PM10, et représentent environ 7% de leur masse.

### Comparaison de la composition chimique mesurée par l'ACSM et simulée par le modèle (à gauche : composés organiques ; à droite : nitrate)



NO<sub>3</sub> : nitrate mesuré

pHNO<sub>3</sub>\_ESM et pHNO<sub>3</sub>\_GN15 : nitrate estimé par le modèle Esmeralda (résolution 3 km et 15 km, respectivement)

Org : composés organiques mesurés

Org\_ESM et Org\_GN15 : composés organiques estimés par le modèle Esmeralda (résolution 3 km et 15 km, respectivement)

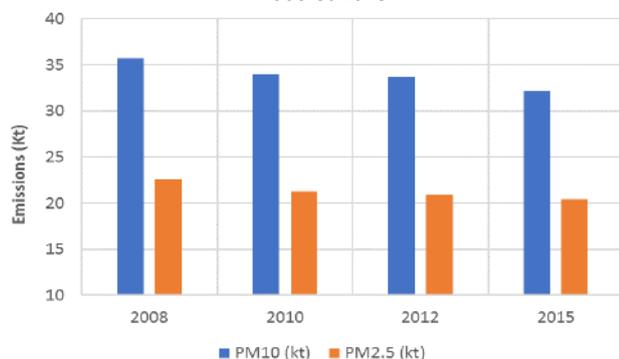
La modélisation peut permettre aussi de simuler la composition des particules PM10. Une comparaison entre la mesure ACSM et la modélisation (modèle Esmeralda) montre que le modèle sous-estime les composés organiques, et surestime les particules inorganiques (nitrate, sulfate et ammonium). Cette différence entre la mesure et le modèle peut être très importante en cas de forte concentration (épisode de pollution). **La mesure de la composition chimique est ainsi nécessaire pour mieux comprendre les épisodes liés aux particules et améliorer la modélisation.**

## D'où viennent les particules ?

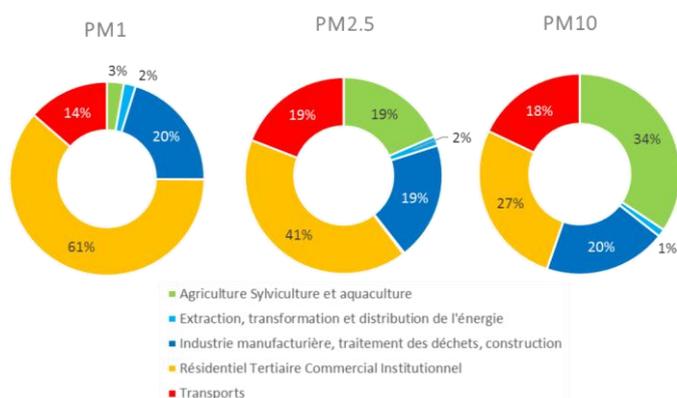
Les particules peuvent être d'origines naturelles et/ou d'origines anthropiques, c'est-à-dire liées à l'activité humaine :

- **les particules naturelles** proviennent d'évènements naturels, tels que l'érosion des sols, les embruns marins, les éruptions volcaniques, le sable du désert, ... et sont aussi d'origines végétales comme les pollens.
- **les particules anthropiques** peuvent être émises par le transport (véhicules automobiles, trains, bateaux et avions), les activités industrielles, les activités agricoles, les activités résidentielles (ex. chauffage), etc.

Evolution des émissions de particules PM10 et PM2.5 (en ktonnes) en région HdF entre 2008 et 2015

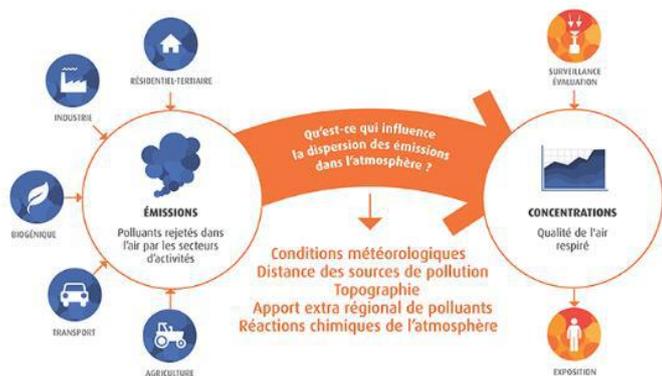
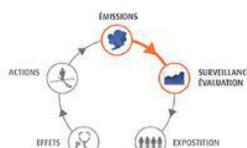


Les émissions des particules PM10, PM2.5 et PM1 par secteur en région HdF (A2015\_V5)



En Hauts-de-France, les émissions anthropiques de particules PM10 et PM2.5 sont en légère diminution entre 2008 et 2015 (~10% en moins). La répartition par secteur est différente en fonction de la taille des particules. Les activités résidentielles constituent le premier émetteur pour les particules PM1 et PM2.5, suivies par les activités industrielles et le transport. Les différents secteurs (sauf le secteur de l'énergie) émettent tous des particules PM10 avec des proportions proches (entre 18% et 34%).

### DES ÉMISSIONS AUX CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'ATMOSPHÈRE



### Des émissions aux concentrations

Il ne faut pas confondre les **émissions de polluants**, qui représentent les quantités rejetées par une source de pollution, avec les **concentrations de polluants**, qui correspondent à la quantité de polluants que l'on respire.

En plus des particules primaires (directement rejetées dans l'atmosphère) et présentées ci-dessus, **il existe aussi des particules secondaires**. Celles-ci se forment par réaction physico-chimiques dans l'atmosphère à partir des polluants gazeux et/ou particules déjà présents.

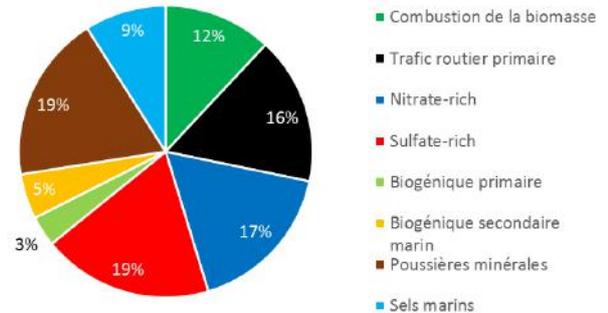
**Le mélange de particules primaires et secondaires peut se déplacer jusqu'à des milliers de kilomètres de la source d'émission. C'est pourquoi, il est nécessaire de caractériser les particules afin d'identifier leurs origines pouvant être lointaines. Pour ce faire il existe plusieurs méthodes présentées en pages 7 et 8.**

## D'où viennent les particules ?

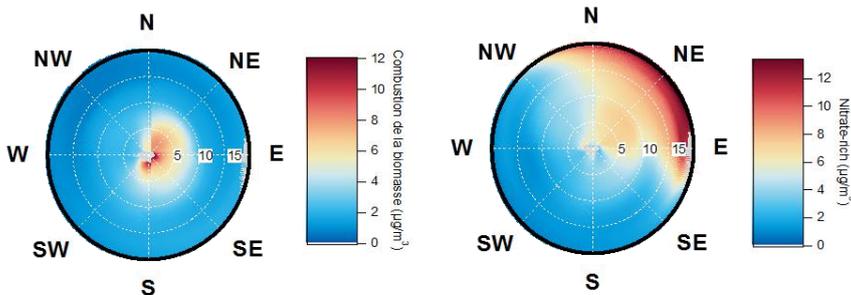
A partir du modèle source-récepteurs (e.g. PMF : *Positive Matrix Factorization*), l'analyse permet d'identifier et de répartir les sources de polluants atmosphériques, à partir de la concentration observée. Elle peut aussi prendre en compte les profils de sources de pollution connues, ou/et les conditions météorologiques pour mieux identifier les sources.

L'outil **ZeFir** permet de combiner la concentration mesurée et les paramètres du vent/de la masse d'air afin d'identifier la source géographique des polluants.

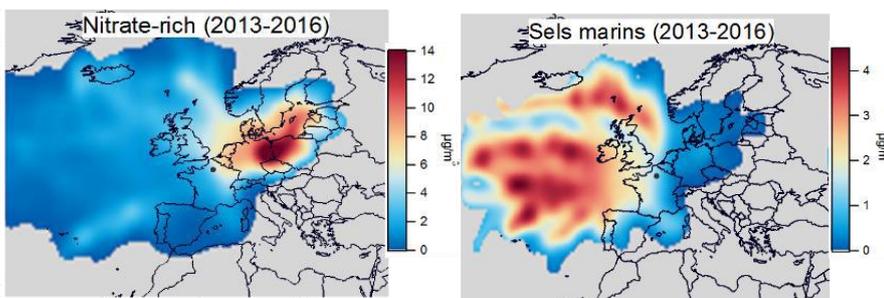
Répartition des sources PM10 à Nogent-sur-Oise (2013-2016)



Rose de pollution par la méthode NWR (*Non-parametric wind regression*)



Carte de pollution par la méthode CWT (*Concentration-Weighted Trajectory*)



Cette étude nous indique différentes sources de particules PM10 observées à Nogent-sur-Oise, avec un mélange de sources anthropiques et naturelles, provenant de différentes zones géographiques.

L'analyse PMF permet tout d'abord d'identifier et de quantifier 8 sources principales de particules PM10 mesurées à Nogent-sur-Oise. Leurs origines géographiques sont déterminées en 3 catégories à l'aide de l'outil Zéfir :

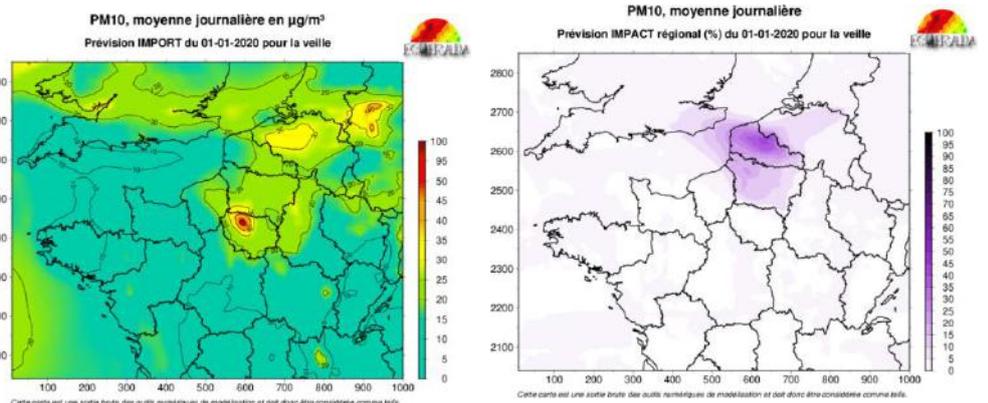
- 2 sources locales (la combustion de la biomasse, principalement liée au chauffage au bois et au trafic routier primaire) ;
- 2 sources régionales (les biogéniques primaires directement émises par la végétation et les poussières minérales/industrielles) ;
- 4 sources principalement liées à des processus de transports de particules sur des longues distances (le nitrate-rich, le sulfate-rich, le biogénique secondaire émis par le phytoplancton marin et les sels marins).

Les particules secondaires nitrate-rich et sulfate-rich ont des origines géographiques assez similaires en provenance notamment d'Europe centrale (Allemagne, Pologne et République Tchèque), et aussi de la zone Benelux (Belgique, Pays-Bas et Luxembourg). Les sels marins proviennent majoritairement de l'Océan Atlantique Nord.

### Quelle part de particules importée ?

La modélisation permet d'estimer la part d'import (sources extérieures à la région) et l'influence des sources régionales.

Les cartes ci-contre montrent les origines des particules PM10 observées dans la région pour le 31/12/2019 : en plus d'une production locale de particules très importante (carte de droite), et notamment dans le département du nord, environ 20 à 25 µg/m³ des particules seraient importées (carte de gauche).



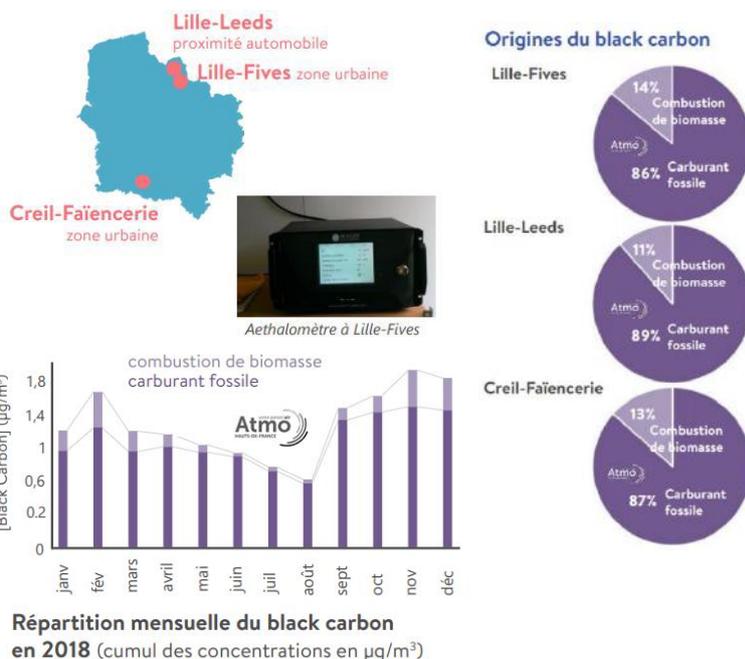
## D'où viennent les particules ?

Le **Black Carbon** (BC), également appelé « carbone suie », est un composant émis dans l'air lorsque la combustion de combustibles fossiles, de bois et d'autres types est incomplète. Il est principalement présent dans les particules fines PM2.5. Il est mesuré à l'aide d'un aethalomètre.

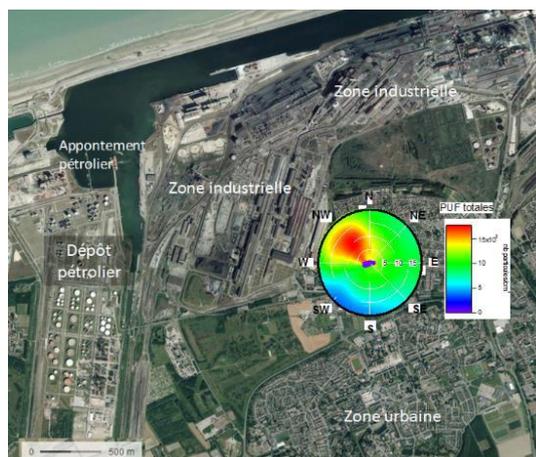
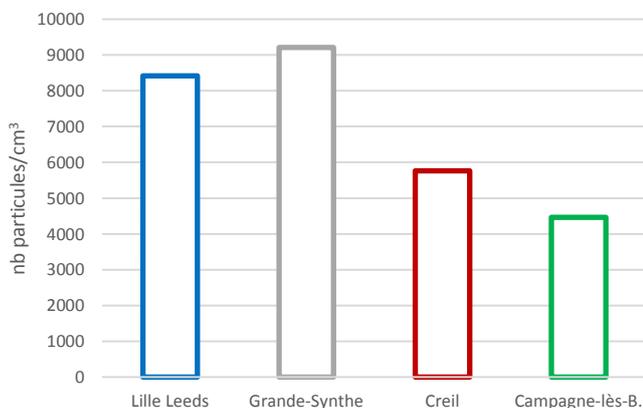
Les mesures de Black Carbon permettent d'estimer la part du trafic (carburant fossile) et de combustion de biomasse (ex. chauffage au bois). En 2018, le trafic a constitué la principale source (86 à 89%) de carbone suie sur les 3 sites de mesures (Lille-Fives, Lille-Leeds et Creil).

Pour la station Lille-Fives, les concentrations maximales sont constatées durant les mois d'automne et d'hiver. Le BC lié à la combustion de biomasse est plus important de novembre à février, correspondant à la période de chauffage résidentiel.

A partir de 2020, un nouveau point de mesure sera installé à Campagne-lès-Boulonnais et permettra d'évaluer les émissions du BC en zone rurale.



### Concentration moyenne en nombre de particules ultrafines pour 4 sites étudiés



Roses de pollution PUF à Grande-Synthe (2018)

Depuis 2018, les **particules ultrafines (PUF)** sont surveillées en continu à Lille-Leeds (proximité automobile). En parallèle, en 2018, 3 autres points de mesures de courte durée ont été installés dans la région : Grande-Synthe (industriel/portuaire), Creil (urbain) et Campagne-lès-Boulonnais (rural). **Environ 5000 particules par centimètre cube d'air ont été mesurées en milieux rural et urbain** (niveau de fond régional). Les sites à proximité du trafic et de l'industrie sont exposés à un niveau deux fois supérieur au niveau de fond.

Les PUF dans la région proviennent de différentes sources :

- Le **trafic routier**, source principale de PUF en milieu urbain (Lille Leeds et Creil).
- Les émissions **industrielles/portuaires**, sources principales des PUF à Grande-Synthe.
- Le **chauffage au bois**, source de PUF comprises entre 100 et 200 nm en période hivernale, notamment pour Creil et Campagne-lès-Boulonnais.
- En période estivale, la **formation de nouvelles particules** est une source importante de PUF les plus fines (20-30 nm) pour tous les sites, notamment à Campagne-lès-Boulonnais et à Grande-Synthe.

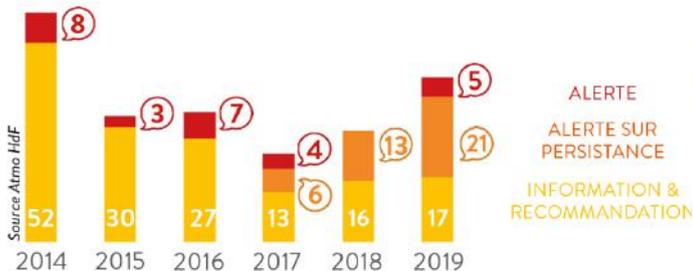
## Est-ce que la réglementation est respectée ?

Polluants	Valeurs recommandées par OMS		Valeur limite UE/France		Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne journalière	
PM10	20 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> (max 3 j/an)	40 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> (max 35 j/an)	50 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup> <b>Sur persistance :</b> 50 µg/m <sup>3</sup> pour le jour même et le lendemain
PM2.5	10 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup> (max 3 j/an)	25 µg/m <sup>3</sup>	/	/	/

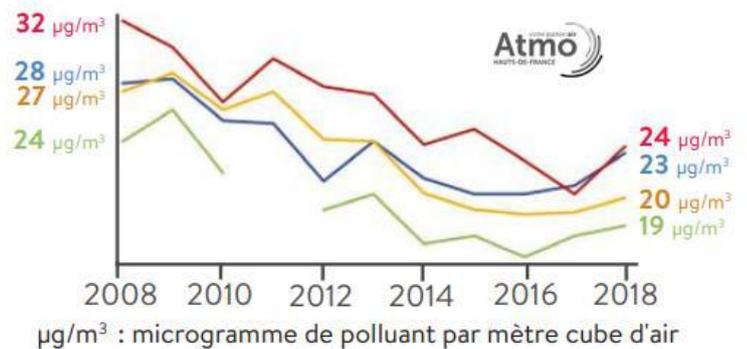
La réglementation sur les particules en air ambiant à différents niveaux (international, européen et national) est résumée dans le tableau ci-dessus. **Seules les particules PM10 et PM2.5 font l'objet d'une réglementation. Le dispositif d'information et d'alerte, gérant les épisodes de pollution, intègre uniquement les particules PM10.**

Dans la région Hauts-de-France, le nombre d'épisodes liés aux particules PM10 a diminué entre 2014 et 2017, puis a légèrement augmenté en 2018. **En 2019, la région Hauts-de-France a connu 43 jours d'épisodes de pollution aux particules.**

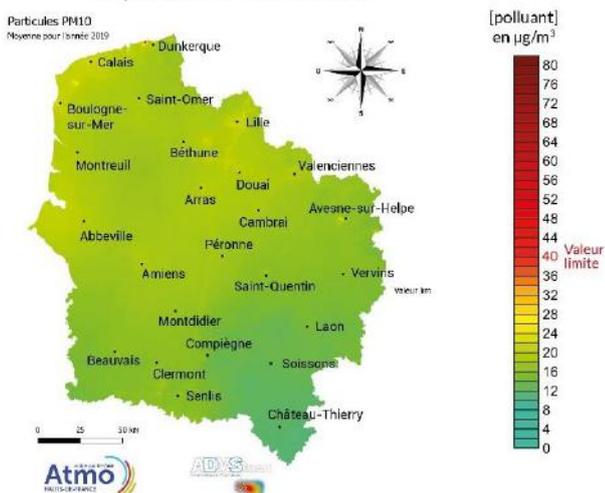
### Evolution du nombre de jours d'épisodes de pollution dus aux particules PM10



### Historique des concentrations annuelles en particules PM10



### Concentrations moyennes annuelles en particules PM10 en 2019

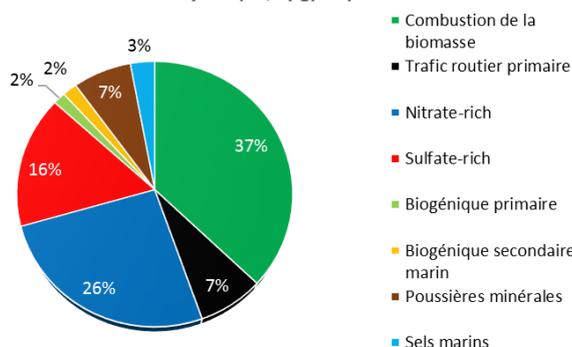


**La concentration annuelle des particules PM10 a diminué depuis 2008 pour toutes les typologies de mesures (urbaines/périurbaines, rurales, proximité), avec un léger rebond en 2018.** La moyenne annuelle des particules PM10 respecte la réglementation depuis 2008 (inférieure à 40 µg/m<sup>3</sup>) sur tous les sites de mesures. A noter cependant, qu'en 2018, le département du Nord présente une concentration plus élevée que les autres départements.

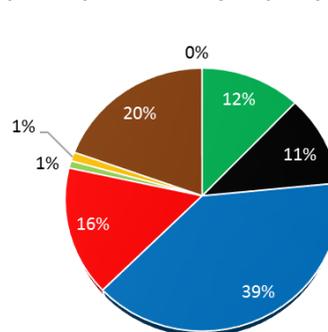
En revanche, les valeurs recommandées par l'OMS ne sont toujours pas respectées : 50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an et une moyenne annuelle de particules PM10 inférieure à 20 µg/m<sup>3</sup>.

## Des particules différentes lors des épisodes de pollution ?

Episodes hivernaux moyens (61,4 µg/m<sup>3</sup>)



Episodes printaniers moyens (54,7 µg/m<sup>3</sup>)



L'analyse des particules à Nogent-sur-Oise, lors des épisodes de pollution observés en hiver et au printemps entre 2013 et 2016, montre que :

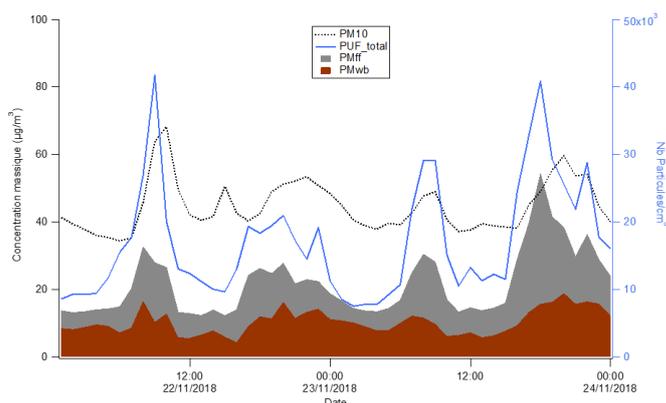
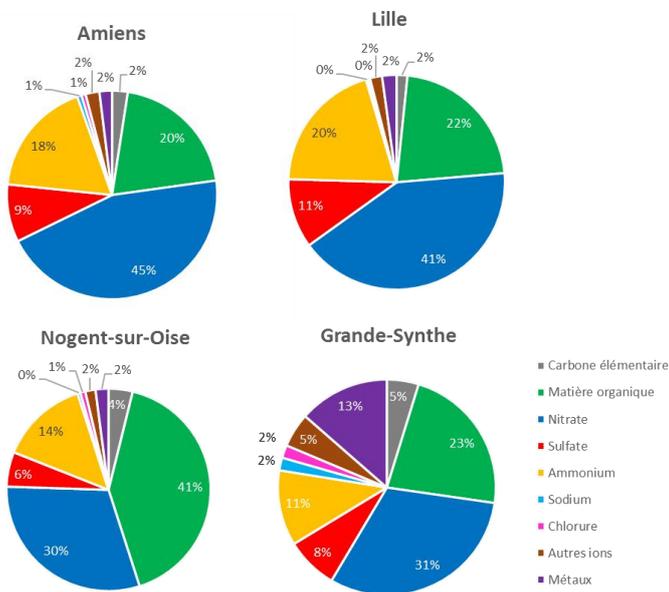
- Les épisodes de pollution printaniers à Nogent-sur-Oise sont dominés par la présence de particules secondaires : nitrate d'ammonium (39%), poussières minérales (20%), et sulfate d'ammonium (16%). En général, ce phénomène s'étend sur une très grande surface (interrégionale).
- Pour les épisodes hivernaux, la combustion de la biomasse (37%) et le nitrate-rich (26%) sont les sources principales de particules PM10, qui pourraient provenir de sources, à la fois locales et lointaines.

### Analyse des épisodes de pollution sur le premier semestre 2018 pour différents sites (Amiens, Lille, Nogent et Grande-Synthe).

À Amiens et Lille, les compositions chimiques des particules PM10 sont très similaires pendant les jours d'épisodes de pollution : 41 à 45% de nitrate, 18 à 20% d'ammonium, et 9 à 11% de sulfate. Ces éléments inorganiques contribuent en moyenne, à hauteur de 72%, de la masse des particules PM10 durant les jours de dépassement sur ces deux sites. La matière organique contribue à hauteur de 20%, et les autres constituants à environ 6%.

À Nogent-sur-Oise, la matière organique (41%) due au chauffage au bois et les particules inorganiques secondaires (50%) sont les composés dominants pendant les jours de dépassement. La contribution due au chauffage est plus importante que sur les autres sites.

À Grande-Synthe, les métaux représentent 13% des particules PM10 pendant les épisodes, une valeur environ 6 fois supérieure à celle des autres sites (2%). Ces métaux proviennent principalement du secteur industriel et de la combustion de fuel lourd.

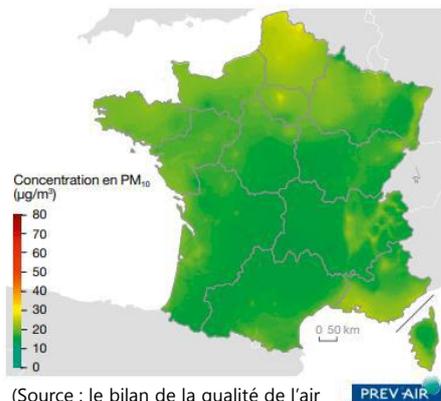


### PUF & BC en cas d'épisode

Le black carbone (BC) et les particules ultrafines (PUF) peuvent également fournir les informations pour comprendre la nature d'un épisode. Par exemple, sur le graphe, l'axe de gauche présente la concentration des particules PM10 et ses sources. Il montre que les sources locales primaires (trafic PM10f) et chauffage au bois (PM10wb) représentent plus de 50% des particules PM10 entre le 22 et le 24 novembre 2018. L'axe de droite illustre la concentration des PUF en nombre, qui est très similaire pour ces deux sources. On considère qu'il s'agit d'un épisode mixte (50% de sources primaires – production directe de particules – et 50% de sources secondaires – réactions physico chimiques qui forment des particules).

## Les particules : une particularité des Hauts-de-France ?

### Concentrations moyennes annuelles de fond en PM10 en France en 2018



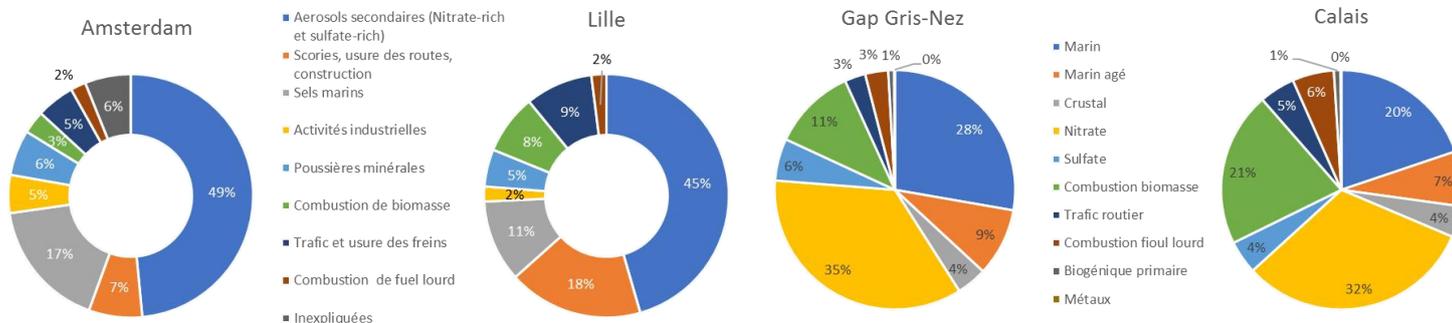
(Source : le bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2018)

En comparaison avec les autres régions françaises, les concentrations moyennes annuelles en particules PM10, mesurées en situations de fond en Hauts-de-France, sont plus élevées en 2018. Cette particularité pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs : sa situation géographique, ses émissions locales, ses conditions météorologiques...

En comparaison avec les autres pays européens, la concentration moyenne des particules PM10 et PM2.5 mesurée en Hauts-de-France pour l'année 2017 est très proche de celle des pays voisins (zone Benelux et Allemagne). Les niveaux les plus élevés se situent au nord de l'Italie, en Pologne et sur les pays de l'Est. L'Europe du Nord présente un niveau, relativement, plus faible.

Projet **Joaquin** (Joint Air Quality Initiative) : les campagnes de mesures de 14 mois ont été réalisées en 2015 sur 5 villes (Amsterdam, Anvers, Leicester, Lille et Wijk aan Zee) dans le nord-ouest de l'Europe afin de connaître [la composition et les sources des particules PM10](#).

Projet **ECUME** : mené en 2015, avec pour objectif d'améliorer les connaissances sur les particules PM10 en zone littorale de la région. Il comprend 3 volets : un inventaire des émissions dans les ports, une campagne de mesure et l'identification des sources de particules.

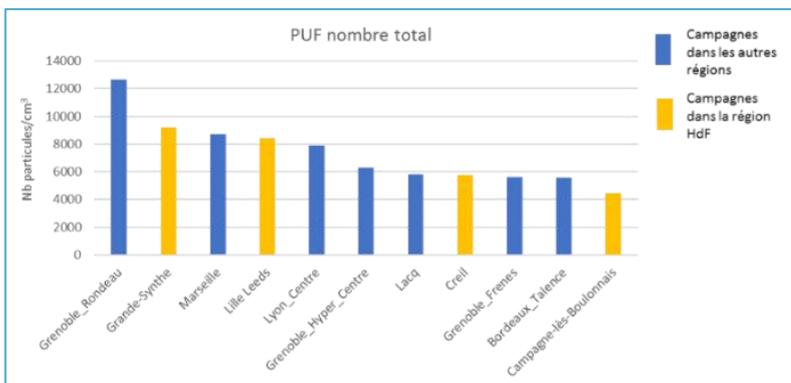


8 profils de sources de particules et une fraction inexpliquée ont été identifiés pour les 5 sites étudiés. Ici Amsterdam et Lille sont présentés comme exemples.

La plus grande partie des particules PM10 (40 - 48%) s'explique par les aérosols secondaires, qui sont principalement dus au facteur riche en nitrate. Le facteur combustion de biomasse à Lille est le plus élevé (8%) par rapport aux autres sites (3-4%).

Les contributions de plusieurs sources de particules ont été comparées entre le Port de Calais et le Cap Gris-Nez durant la période du 29 janvier au 17 avril 2014. Les aérosols inorganiques secondaires (nitrate et sulfate), composent les particules dans des proportions équivalentes sur les deux sites. Les sels marins sont plus importants au Cap Gris-Nez qu'à Calais.

A l'inverse, la combustion de la biomasse et de fioul lourd contribuent deux fois plus aux particules à Calais que sur le site rural du Cap.



**Concernant les particules ultrafines (PUF), leur niveau dans notre région est comparable avec les autres sites français de même typologie** comme présenté sur le graphique de gauche (en jaune, les mesures dans les Hauts-de-France, en bleu, celles des autres sites français).

## Conclusions

**La région Hauts-de-France connaît régulièrement des épisodes de pollution dus aux particules et ce, quasiment tout au long de l'année.** Le niveau de fond de particules PM10 en région est également assez élevé au regard des concentrations nationales. Les particules représentent donc un enjeu régional tant **pour la santé de la population que pour l'environnement.**

**Le Programme « Particules » piloté par Atmo Hauts-de-France depuis plusieurs années montre, par une analyse croisée des différentes études,** que les épisodes de pollution printaniers en particules sont surtout liés à la présence de nitrate d'ammonium et de composés organiques secondaires sur l'ensemble du territoire alors que les épisodes hivernaux sont dus principalement au chauffage au bois.

Le trafic routier et les activités industrielles pourraient contribuer, quant à eux, aux particules toute l'année. Les sources naturelles comme les sels marins, les poussières minérales et les biogéniques varient selon la saison et leurs niveaux sont relativement faibles en cas d'épisodes et hors épisodes. Les zones industrielles présentent une proportion importante de métaux dans les particules. Concernant les particules ultrafines (PUF), notre région présente un niveau comparable aux autres sites français de même typologie.

A noter toutefois que ces travaux ne couvrent que certains points du territoire et certaines périodes. **La diversité des sources et la complexité de la problématique des particules nécessitent de poursuivre ces travaux dans les Hauts-de-France.**



## Perspectives

En 2020, de nouveaux travaux s'organiseront sur plusieurs thématiques pour répondre aux objectifs suivants :

- Mieux comprendre l'impact des particules sur la santé en collaboration avec les partenaires santé (ex. : la maladie respiratoire BPCO (bronchopneumopathie chronique obstructive), le potentiel oxydant...);
- Mesurer les particules ultrafines et la composition chimique des particules en air intérieur (ex. : dans le métro Lillois, les ERP...);
- Mettre en œuvre la stratégie ammoniac (NH<sub>3</sub>) à l'origine des particules secondaires et les particules ultrafines PUF;
- Evaluer de nouvelles méthodes de mesures (ex. : CPC (Condensation Particle Counter), MPSS (Mobility particle size spectrometer), mesures de métaux en continu par fluorescence X...);
- Identifier les sources des particules avec l'analyse statistique;
- Améliorer la prévision;
- Collaborer avec les partenaires scientifiques pour étudier les polluants émergents (Potentiel oxydant, Aérosols organiques secondaires...);
- Partager nos études via de nouveaux outils (ex. : Open data, Lab d'innovation...).

Ces études permettraient au grand public et aux acteurs privés et publics de mieux comprendre la problématique liée aux particules et ainsi de mieux agir dans leur vie quotidienne et dans leur politique environnementale. Ce Programme Particules pourra également servir d'outil d'aide à la décision pour des plans d'actions, tant au niveau local, régional ou européen.

### Conditions de diffusion :

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 ne peut 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.

### Références des études disponibles sur [www.atmo-hdf.fr](http://www.atmo-hdf.fr)

- Rapport Ecume 2013-2015
- Rapport Joaquin PM10 (2015)
- Programme CARA Nogent-sur-Oise (2013-2016)
- Evaluation de l'origine géographique des particules PM10 à Nogent-sur-Oise (2013-2016)
- Caractérisation des particules submicroniques de Creil (2016-2017)
- Stratégie « particules ultrafines » pour la région Hauts-de-France (2017-2021)
- Caractérisation des particules PM10 dans la région Hauts-de-France (2018)
- Surveillance des particules ultrafines dans la région Hauts-de-France (2018-2019)