

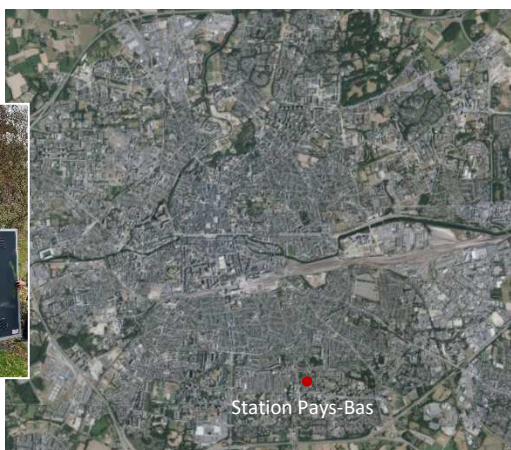
Pourquoi ces mesures ?

Les particules sont invisibles à l'œil nu mais présentes partout. L'**impact**, notamment **sanitaire** des particules fines a été largement démontré. La toxicité des particules est dépendante de la taille mais aussi de la composition des particules.

Le **suivi réglementaire** en air ambiant est basé sur la mesure de la **concentration massique** ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Art. R221-1 Code de l'environnement) et cette surveillance est réalisée au niveau de 10 stations fixes en Bretagne.

Afin d'obtenir des informations complémentaires aux mesures réglementaires et d'acquérir une meilleure compréhension sur l'origine des particules ponctuellement, **lors des épisodes de pollution particulaire** mais aussi **en dehors des périodes de dépassement de seuil**, des mesures de composition chimique sont réalisées à Rennes.

Station de mesure et méthodologie



Localisation de la station Pays-Bas à Rennes

La composition chimique des particules fines est suivie **en continu** au niveau de la **station urbaine de fond Pays-Bas à Rennes** grâce à :

- **Aethalomètre** AE33 mesurant le carbone suie (ou Black Carbon - BC),
- **ACSM** (Aerosol Chemical Speciation Monitor) mesurant la matière organique et les ions majeurs.

Que sont les particules ?

Les particules atmosphériques (notées **PM** pour « Particulate Matter ») sont un mélange de composés solides et/ou liquides en suspension dans un milieu gazeux.

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

Les **PM₁₀**, **PM_{2,5}** et **PM₁** sont des particules dont le **diamètre est respectivement inférieur à 10, 2,5 et 1 μm** (micromètres).

Origine et composition des particules

Elles peuvent être **d'origine naturelle** (embruns marins, pollens, spores, érosion des sols, feux de forêts, poussières sahariennes, éruptions volcaniques...) ou **d'origine anthropique** (trafic routier, chauffage, agriculture, industrie...).

2 catégories de particules se distinguent selon le processus de formation :

- les **particules primaires** directement émises par différents processus (combustion, érosion, remise en suspension...),
- les **particules secondaires** formées dans l'atmosphère par réaction physico-chimiques à partir de précurseurs gazeux (ex : NO_x , NH_3 , SO_2 ...).

La composition des PM est complexe de par la multitude de sources et les nombreux mécanismes de transformation physico-chimiques.

Les PM sont composées :

- d'une **fraction carbonée** avec la matière organique et le carbone suie,
- d'une **fraction inorganique** dont les ions inorganiques primaires (sels marins, poussière terrigène...) et secondaires (issus de précurseurs gazeux) et les éléments métalliques.

Quel sont les résultats ?

Carbone suie (BC)

La mesure du carbone suie permet de distinguer et de quantifier deux sources principales du BC :

- o la **combustion de biomasse** (wb – « wood burnig ») : ex du chauffage au bois,
- o la **combustion d'hydrocarbures** (ff – « fuel fossile ») : ex du trafic routier.

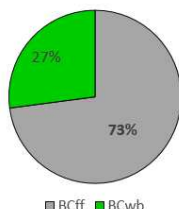
En 2020, le **trafic constitue la principale source (73%) de carbone suie**. A noter que la moyenne annuelle mesurée ($0,7\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la station rennaise fait partie des niveaux de BC les plus bas rencontrés en France parmi une 20^{aine} de station de même typologie.

Les **concentrations maximales en BC** sont atteintes en **automne et en hiver**. Cette variation au cours de l'année est liée à l'augmentation du BC issu de la combustion de biomasse avec le **chauffage résidentiel en période froide** et en particulier le chauffage au bois. Les conditions météorologiques expliquent également les évolutions constatées (ex avec le mois de décembre 2020 qui fut très pluvieux ce qui a pour effet de lessiver l'atmosphère et ainsi de baisser les concentrations).

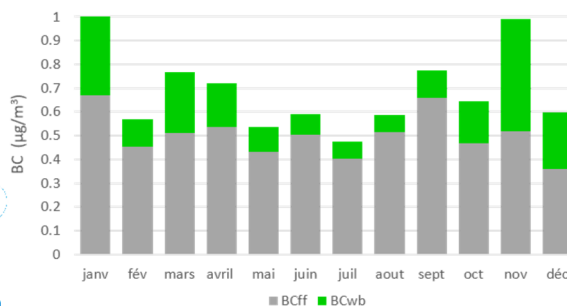
La **comparaison 2019-2020** permet de mettre en avant des niveaux en BC légèrement moins élevés en 2020 du fait des conditions météorologiques et de l'impact des mesures prises en lien avec la pandémie de Covid (en particulier la baisse du trafic).



Aethalomètre à la station Pays-Bas à Rennes



Composition du Black Carbon en 2020 à Rennes



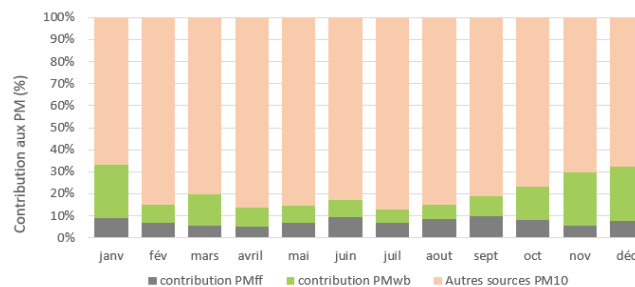
Evolution mensuelle des concentrations en carbone suie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2020 à Rennes

Contribution des phénomènes de combustion dans les PM10

L'estimation des concentrations de PM10 attribuables aux 2 principales sources de combustion est possible à partir des concentrations en BCff et BCwb et de coefficients issus de la littérature.

En moyenne sur l'année 2020, les **sources de combustion expliquent 20% de la concentration massique des PM10** mesurée au niveau de la station Pays-Bas à Rennes.

La contribution moyenne mensuelle de la part des PM10 liée à la combustion d'hydrocarbures (ff) est relativement stable au fil de l'année (5 - 10%) alors que celle de la combustion de biomasse varie suivant les saisons (6 - 25%) avec le recours au chauffage résidentiel l'hiver.



Moyenne mensuelle des contributions aux PM10 des fractions issues de la combustion de biomasse (wb) et d'hydrocarbures (ff) en 2020 à Rennes

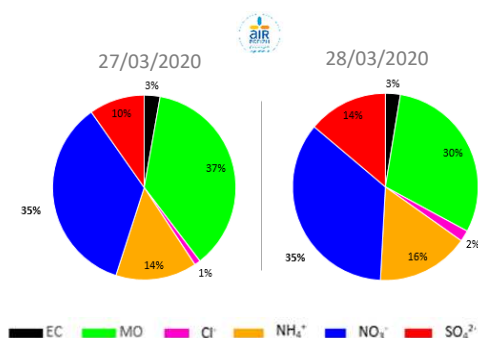
Quels sont les résultats ?

Composition chimique des particules

En moyenne en 2020 (février - décembre), la concentration moyenne en PM1 non-réfractaires (PM1-NR) est de $6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La **matière organique** est le **composé dominant des PM1-NR** avec une contribution de 61%. Les composés inorganiques contribuent en proportion moins importante ; les ions nitrate à 17%, sulfate à 13%, ammonium à 8% et le chlorure est l'espèce minoritaire avec seulement 1%.

La **variation saisonnière** des différents composés est plus ou moins marquée. En hiver les concentrations en matière organique sont plus élevées en raison de l'augmentation des sources d'émissions (combustion de biomasse en lien avec l'usage accru du chauffage résidentiel). Au début du printemps, les concentrations en composés inorganiques secondaires (NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-}) augmentent. Les épandages agricoles (sources d'ammoniac) associés aux émissions de NO_x et couplés à des conditions météorologiques favorables (températures froides et condition de stabilité atmosphérique) à la formation d'aérosols inorganiques secondaires (nitrate d'ammonium – NH_4NO_3) expliquent cette augmentation ainsi que la survenue d'épisodes de pollution printanier. Le transport de particules par des masses d'air issues du secteur Nord-Nord-Est contribue aux niveaux des concentrations des composés inorganiques secondaires mesurés au printemps.

Episode de pollution particulière les 27 et 28 mars 2020



Composition chimique des PM1 à Rennes les 27 et 28 mars 2020

La mesure du carbone suie met en avant une contribution faible des phénomènes de combustion dans la masse des PM10. La composition moyenne des espèces mesurées par l'ACSM pendant l'épisode de pollution ($\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) de fin mars 2020 est différente de la situation moyenne annuelle. Les composés organiques sont moins importants alors que les contributions en composés inorganiques sont plus élevées. Des composés non quantifiés par les analyseurs (particules « grossières » probablement d'origine naturelle telle que les poussières minérales) représente quasi un tiers des PM10 le 28/03/2020. Lors de cet épisode qui a concerné une large partie Nord de la France, l'analyse des modèles et des rétrotrajectoires met en évidence des imports de PM en provenance du Nord-Est et de l'Est de l'Europe.

A noter que ce dépassement de seuil réglementaire est survenu lors du 1^{er} confinement (contexte de restrictions des déplacements en lien avec la pandémie de covid) ainsi, avec des conditions de trafic normales, les niveaux auraient été probablement plus conséquents.

Quels composés sont mesurés ?

L'ACSM est un analyseur automatique qui permet de caractériser en continu, la **composition chimique des particules PM1 non-réfractaires** (notées **PM1-NR**). Les espèces non réfractaires sont les composés qui se vaporisent à une température inférieure à 600°C .

Les espèces mesurées sont la **matière organique (MO)**, les ions inorganiques **sulfate (SO_4^{2-})**, **nitrate (NO_3^-)**, **ammonium (NH_4^+)** et **chlorure (Cl⁻)**. Les composés tels que les sels marins, les poussières minérales ne sont pas mesurés par cet analyseur.



ACSM à la station Pays-Bas à Rennes

Conclusion

Carbone suie

La mesure du carbone suie par l'AE33 permet de distinguer les 2 principales sources de combustion :

- la combustion d'hydrocarbures comme le trafic routier,
- la combustion de biomasse telle que le chauffage au bois.

L'influence de ces sources varie selon les saisons et plus particulièrement la combustion de biomasse qui impacte les niveaux de PM10 en hiver.

20%

Contribution moyenne des phénomènes de combustion (trafic et chauffage) dans les PM10

Composition chimique des particules

Les espèces mesurées dans les particules submicroniques (diamètre < 1µm) par l'analyseur automatique en continu présentent une variation saisonnière. La matière organique est le composé dominant avec des concentrations plus élevées en période froide (utilisation de chauffage résidentiel). Les particules secondaires inorganiques (nitrate et sulfate d'ammonium) jouent un rôle important en période printanière.

5

Espèces chimiques mesurées dans les PM1-NR
Matière organique, nitrate, sulfate, ammonium et chlorure

Episode particulaire de fin mars 2020

Le déclenchement de la procédure de dépassement du seuil information/recommandation (> 50 µg/m³ en moyenne journalière), en période de confinement, coïncide avec des conditions météorologiques printanières propices à la formation d'aérosols inorganiques secondaires et avec l'arrivée de masses d'air chargées en particules en provenance de l'Est et du Nord-Est de l'Europe.

Cette situation met en évidence la contribution des différentes sources de pollution particulaire. Les niveaux de PM10 auraient probablement été plus forts en cas de trafic « normal » (hors restriction de déplacement).

Perspectives :

La mesure de particules ultrafines (diamètre inférieur à 0,1 µm) va être mise en œuvre à Rennes ce qui permettra un suivi en continu de la concentration en nombre de particules.

Les mesures réalisées par ACSM peuvent être valorisées par un outil statistique qui permet d'identifier les sources de la fraction organique des particules mesurées.

Les résultats pourraient aider les décideurs dans leur action/plan en faveur de la qualité de l'air.

Pour en savoir plus

AIR BREIZH

3 rue du Bosphore – Tour ALMA

8^{ème} étage

35200 Rennes

Tél. 02 23 20 90 90

www.airbreizh.asso.fr

Rapport complet disponible sur le site d'Air Breizh

Contact :

Gaël Lefeuvre (Directeur)