

Pourquoi cette étude ?

Depuis plusieurs années, la **particularité de Saint-Malo vis-à-vis de la pollution particulaire** a été identifiée. La mesure d'**ammoniac (NH₃)** au niveau de différents sites bretons en 2020-2021 a mis en avant des **concentrations moyennes plus élevées** à Saint-Malo et un analyseur en continu a été installé provisoirement.

Suite à la réalisation de l'évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) à Saint-Malo, l'ARS a sollicité Air Breizh afin d'**approfondir les connaissances sur les niveaux de PM_{2,5}** mesurés sur la commune. Cette étude permettra également de **compléter les investigations** menées sur l'ammoniac, précurseur gazeux de particules.

Sites de mesure et méthodologie



Localisation des points de mesure à Saint-Malo

Deux types de mesure ont été réalisées durant cette étude :

- Des mesures en continu avec des analyseurs (**PM₁₀, PM_{2,5} et NH₃**), exploitées de décembre 2021 à mai 2022,
- Des prélèvements passifs ou actifs qui sont ensuite analysés en laboratoire (**composition chimique des PM_{2,5} et NH₃**), du 9 mars au 5 mai 2022.

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}** sont des particules dont le **diamètre est respectivement inférieur à 10 et 2,5 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...).

Deux 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, NH₃, SO₂...).

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.

Synthèse du dispositif de mesure

| | PM | Spéciation PM _{2,5} | Ammoniac |
|-----------------|--|------------------------------|---------------------------|
| Station Rocabey | Analyseurs PM ₁₀ et PM _{2,5} | Préleveur | Analyseur + Tubes passifs |
| Point CCI | | | |
| Point ZI | | | Tubes passifs |

Quels sont les résultats ?

Composition chimique des PM_{2,5}

o Moyenne de mars à mai 2022

La comparaison entre les PM_{2,5} reconstituées et les PM_{2,5} mesurées présente une part non déterminée par analyse chimique d'environ 20%.

La **matière carbonée** (Carbone élémentaire-EC+ Matière organique-OM) contribue à hauteur de 44% de la composition des PM_{2,5}. La matière organique (40%) est émise directement dans l'atmosphère (sources anthropiques ou naturelles) et est aussi issue de mécanismes de transformation secondaire. Elle est composée d'une multitude d'espèces chimiques dont le nombre et la concentration sont impossibles à quantifier dans leur totalité. Certains composés ont été analysés car considérés comme marqueurs organiques de sources de PM (combustion bois, activités biogéniques). Le carbone élémentaire est émis directement dans l'atmosphère par les processus de combustion (trafic, chauffage).

Les **espèces inorganiques secondaires** (nitrate, sulfate et ammonium) constituent 42% des PM_{2,5} reconstituées. Elles sont dominées par les ions nitrate (19%) et par les ions sulfate non marin (13%) qui sont majoritairement associés à l'ammonium pour former le **nitrate d'ammonium** et le **sulfate d'ammonium**. Ils sont issus de mécanismes de formation secondaire impliquant des précurseurs gazeux (NO_x, SO₂ et NH₃).

o Suivi temporel

Les **concentrations journalières en PM_{2,5} sont variables** durant la campagne et la **composition chimique** (en concentration et en contribution dans les PM_{2,5}) **fluctue** également. La matière organique est le composé majeur au fil de l'étude. Les contributions des **espèces inorganiques primaires** (sels marins et poussières crustales) sont **faibles**, elles sont plus élevées lorsque les concentrations journalières en PM_{2,5} sont basses.

Influences anthropiques et naturelles

L'**influence d'activités anthropiques** (transports, agriculture...) est notable par **vents de Nord-Est** avec une forte contribution des **espèces inorganiques secondaires**. Ce secteur Nord-Est est fortement présent fin mars et courant avril 2022.

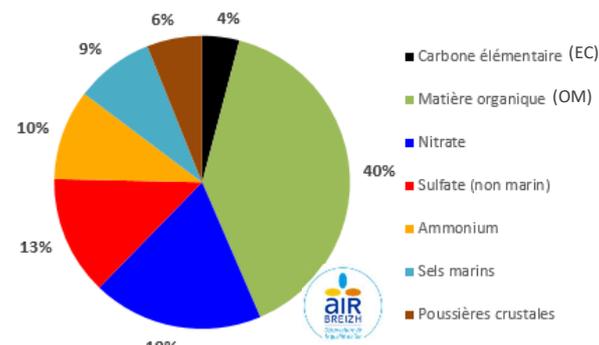
Par **vents de Sud-Est**, les particules carbonées constituent 50% des PM_{2,5}, révélant ainsi l'influence des activités anthropiques de la ville auxquelles s'ajoutent des **émissions naturelles** (remise en suspension de poussières minérales).

En lien avec la proximité littorale, l'**influence maritime** est constatée lorsque les vents sont issus des **secteurs Nord et Nord-Ouest** (sels marins respectivement à 20 et 17% des PM_{2,5}), en direction de la mer. Ces 2 derniers secteurs de vents ont rarement été rencontrés durant la période étudiée.

Mesures en continu des PM

décembre 2021 – mai 2022

Si un **écart important** est constaté entre les **PM₁₀** mesurées à Saint-Malo et d'autres stations du réseau de surveillance breton, le constat est différent pour les **PM_{2,5}**, qui sont **proches** (+/- 2 µg/m³) de Rennes Pays-Bas et Saint-Brieuc Balzac.



Moyenne des composantes majeures des PM_{2,5} du 10 mars au 3 mai 2022 à Saint-Malo (Station Rocabey)

Quels sont les résultats ?

Mesures passives de l'ammoniac sur 3 sites

Moyenne des mesures NH₃ du 3 mars au 4 mai 2022

8,0
µg/m³

Station Rocabey

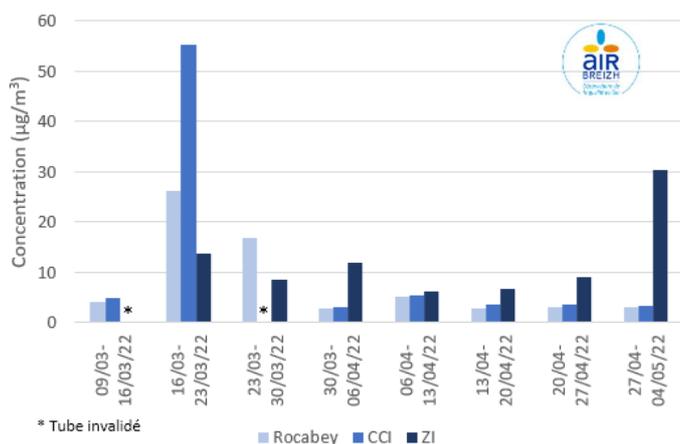
11,3
µg/m³

Point CCI

12,4
µg/m³

Point ZI

Les résultats 2022 sont supérieurs à ceux de 2021. Les mesures passives permettent d'étudier la **variabilité spatiale** des concentrations en ammoniac à Saint-Malo.



Evolution des concentrations de NH₃ par série pendant la campagne

Mesure en continu de l'ammoniac à Rocabey

Durant les 6 mois analysés, des **fluctuations journalières** importantes sont constatées à Saint-Malo et également à la station rurale, située en centre Bretagne (22). De plus, l'influence saisonnière est marquée avec une **augmentation des niveaux à partir de la mi-mars**, période associée aux activités agricoles de fertilisation azotée des sols.

La **station Rocabey** à Saint-Malo se démarque avec des **pics ponctuels plus forts** qu'en milieu rural à Kergoff (22).

L'analyse des **données horaires** permet de mieux caractériser les niveaux observés par mesure passive lors de de chaque série (durée de 7 jours). De plus, il a été constaté des **concentrations élevées en NH₃** plus fréquemment portées par des **vents de Sud-Est**.

L'ammoniac – NH₃

Ce composé **non réglementé** dans l'air ambiant (article R221-1 du code de l'environnement) est un gaz incolore, d'odeur piquante caractéristique. Il est reconnu comme **précurseur d'aérosols secondaires**.

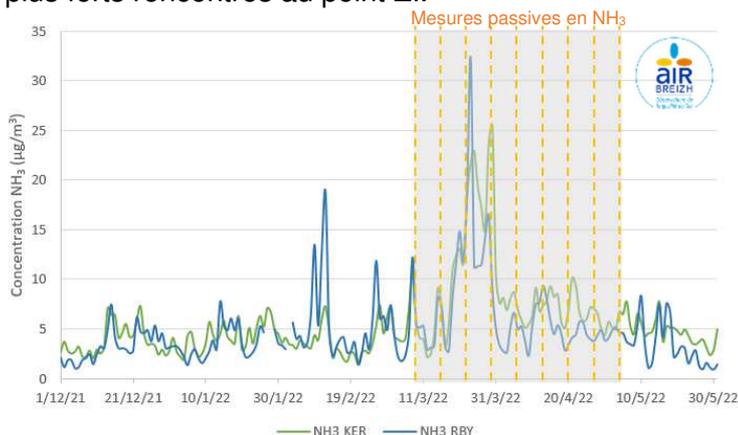
Le NH₃ peut être émis par différents secteurs : agricole, industrie, transports routiers. **En Bretagne**, plus de **99%** des émissions d'ammoniac proviennent de l'**agriculture**.

A **Saint-Malo Agglomération**, la **répartition des émissions de NH₃ est différente** avec une contribution de l'agriculture de 84%, de l'**industrie** à hauteur de **12%** et enfin du traitement des déchets avec 3%.

Source : Air Breizh ISEA v4.1 2018

Le contrôle des émissions de NH₃ est important afin de réduire les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5}. La Directive européenne 2016/2284/EU **définit des plafonds d'émission** pour chaque état membre. La France a fixé ses objectifs de réduction des émissions dans le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA).

Pour la majorité des prélèvements (63%), les **concentrations maximales sont mesurées au point ZI**. La proximité immédiate de l'industrie spécialisée en nutrition végétale et rejetant de l'ammoniac explique les niveaux plus forts rencontrés au point ZI.



Evolution journalière des concentrations en NH₃ à la station Rocabey (RBY) et à la station rurale nationale (KER)

Conclusion

Spéciation chimique des PM_{2,5}

Contrairement aux PM₁₀, les niveaux moyens mesurés en PM_{2,5} à la station Rocabey à Saint-Malo sont comparables à ceux mesurés à Rennes et Saint-Brieuc.

Les **composés majoritaires** analysés dans les PM_{2,5} de mars à mai sont la **matière organique** (40%) et le **nitrate** (19%). La comparaison de quelques prélèvements à ceux réalisés, en centre Bretagne (station Kergoff) pendant les mêmes journées, a mis en évidence une **cohérence régionale**.

Les **influences anthropiques** (transport, agriculture...) et **naturelles** (embruns et poussières minérales) sont constatées et varient en fonction de la **direction des vents**.

Mesure de l'ammoniac

Les **mesures passives** réalisées au niveau de 3 points (Rocabey, CCI, ZI) de mars à mai 2022 permettent de confirmer la **variabilité spatiale des concentrations en NH₃ à Saint-Malo**. L'influence des émissions de NH₃ de l'industrie située au Nord-Est du point de prélèvement ZI est constatée.

Les **mesures en continu** mise en place provisoirement depuis décembre 2021 à la station Rocabey sont comparées à la station rurale nationale. La **variabilité horaire** est **forte** à Saint-Malo et confirme **l'influence des industries malouines émettrices** de NH₃ en fonction des conditions météorologiques.

+51%

Écart entre max
horaire NH₃ à Saint-
Malo et à la station
rurale nationale
Kergoff (22)

Episode particulière de fin mars 2022

L'épisode de pollution aux PM₁₀ du 24 au 30 mars 2022 illustre la **complexité et la variabilité de la composition chimique des PM_{2,5}** avec des sources multiples : trafic, chauffage résidentiel, activités agricoles, industrie et sources naturelles (poussières terrigènes). Cet épisode inter-régional est majoritairement lié à des **particules inorganiques secondaires** en lien en partie à des transports de masses d'air chargées en PM en provenance du nord de l'Europe auxquelles s'ajoutent des émissions locales (notamment industrielles le 24 mars). Les **conditions météorologiques** influent sur la dispersion, l'accumulation de polluants ou encore la provenance des masses d'air et ainsi sur la composition et les niveaux en PM. En effet, l'arrivée des vents de secteur Nord et le retour de la pluie ont mis fin à l'épisode de pollution.

Perspectives :

L'analyse est à approfondir sur la fraction grossière des PM₁₀.

La réalisation de mesure de PM à d'autres points du territoire permettrait d'évaluer la variation spatiale des concentrations dans l'air ambiant.

L'installation pérenne d'un analyseur d'ammoniac en continu semble judicieuse étant donnée la problématique locale mise en évidence.

L'exploitation de données d'activités industrielles horaires avec des connaissances sur les éventuelles émissions diffuses de NH₃ permettrait une analyse plus fine des influences potentielles.

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

Contact :

Gaël Lefeuvre (Directeur)