



Dispersion de polluants atmosphériques

par Lucas Busson, Ingénieur de Recherche, SCM SA

Septembre 2026

Document de travail

Résumé opérationnel

Les émissions de polluants provenant d'une usine, ou d'une installation industrielle quelconque, sont bien surveillées ; de même, chaque ville dispose de stations de mesure de la qualité de l'air. Mais le lien entre les deux est mal connu : quelle proportion de la pollution émise affecte réellement les habitants ? Cette proportion est-elle fixe, ou variable ? En ce dernier cas, de quoi dépend-elle ?

Pour répondre à ces questions, nous comparons les émissions d'un polluant, les oxydes d'azote NO_x , à partir d'un site industriel (une cheminée d'usine), à la qualité de l'air mesurée dans la ville voisine. Les deux mesures sont faites de manière indépendante et les deux sont fiables.

Les résultats montrent que les relevés effectués dans la ville ne suivent pas les émissions du site industriel : il existe une grande différence entre ce que le site émet (Quantité émise ou QE) et ce qui est présent au niveau des stations de mesures (Quantité présente ou QP). Le rapport QP/QE varie entre 1/100 000 et 5/1 000, avec une valeur moyenne de 7/10 000. Trois fois sur quatre, il est inférieur à 1/10 000. De plus, les mesures de qualité de l'air ne reflètent pas les pics de pollution à l'émission : lorsque QE a un pic, ce n'est pas le cas de QP.

Pour les mois d'hiver (novembre à mars), le quotient est égal 1/10 000. Concernant les mois d'été (mai à août), le quotient est bien plus faible, aux alentours de 3/100 000. En été, alors que les émissions par l'usine sont les mêmes, la qualité de l'air s'améliore.

I. Travaux antérieurs

De nombreuses études ont été menées sur la qualité de l'air, ainsi que sur les émissions de polluants. AirParif publie régulièrement de nombreuses études sur la qualité de l'air dans la capitale, comme le rapport d'août 2025 sur l'amélioration de la qualité de l'air à Paris entre 2012 et 2022 :

https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Rapport%20d%27%C3%A9tude%20Paris%202012-2022_VF.pdf

Des bilans sur la qualité de l'air sont aussi régulièrement émis à Paris ou à Saint-Quentin-en-Yvelines, par exemple.

Une autre étude a été menée par le SDES, le service des statistiques du ministère de l'énergie, des transports, du logement et de l'environnement. Il s'agit d'un bilan sur la qualité de l'air extérieur en France en 2024 :

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/media/8742/download?inline>

Le CITEPA publie régulièrement un baromètre des émissions de polluants atmosphériques. Chaque mois, il établit les émissions de polluants en fonction des secteurs industriels :

<https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/barometre-des-emissions-mensuelles/>

La région Occitanie et son partenaire Atmo Occitanie ont publié un rapport sur les émissions de polluants dans la région pour la période 2008-2018 :

<https://www.atmo-occitanie.org/sites/default/files/publications/2022-01/Pollution%20atmosph%C3%A9rique%20et%20GES%20-%20bilan%20de%20dix%20ans%20-%20observation.pdf>

Des thèses sont aussi rédigées sur ce sujet, par exemple, une thèse sur l'influence des types de temps sur la pollution urbaine :

https://theses.hal.science/tel-05316292/file/va_LAGMIRI_Souad.pdf

Le ministère de la Santé a mené une étude sur la qualité de l'air et les sources de pollution ainsi que leurs effets sur la santé :

<https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/air-exterieur/qualite-de-l-air-exterieur-10984/article/qualite-de-l-air-sources-de-pollution-et-effets-sur-la-sante>

II. Les données

Les émissions provenant des sites industriels sont particulièrement surveillées. Nous étudions l'influence de ces émissions sur la qualité de l'air des riverains.

Pour cela, les émissions d'un site industriel de la région de Mantes-la-Jolie sont comparées aux données sur la qualité de l'air à Mantes. Le polluant observé est NO_x ; cela recouvre l'ensemble des oxydes d'azote.

Les émissions du site industriel sont mesurées dans la cheminée du site : elles sont à la fois précises et fiables. Les données relatives à la qualité de l'air proviennent d'une station d'AirParif située sur la commune de Mantes-la-Jolie.

L'année 2018 est choisie pour l'étude, car commune aux deux jeux de données. Les données étant disponibles toutes les minutes pour le site ou toutes les heures pour AirParif, les moyennes journalières sont calculées pour plus de facilité.

Les journées avec des données manquantes sont supprimées. Cela concerne à la fois les données de Mantes et celles du site. Les journées avec très peu de données provenant du site industriel sont elles aussi supprimées. En tout, sur les 365 jours de l'année, 20 jours sont retirés de la base de données.

Les polluants sur le site d'AirParif sont mesurés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tandis que les données du site industriel sont mesurées en mg/Nm^3 . Cette dernière unité signifie milligramme par mètre cube d'air normalisé, c'est-à-dire un air sous des conditions normales à savoir 0°C et 1013 Pa.

La première étape est d'harmoniser les données pour que les deux jeux aient la même unité. Les données du site industriel sont converties en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, l'unité des données d'AirParif. Dans un premier temps, les données sont converties en mg/m^3 via la loi des gaz parfaits. Nous avons récupéré les données de température de Mantes pour mener à bien ce calcul (données publiques). Enfin les données sont converties du mg/m^3 au $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Un extrait des résultats est fourni dans le tableau ci-dessous :

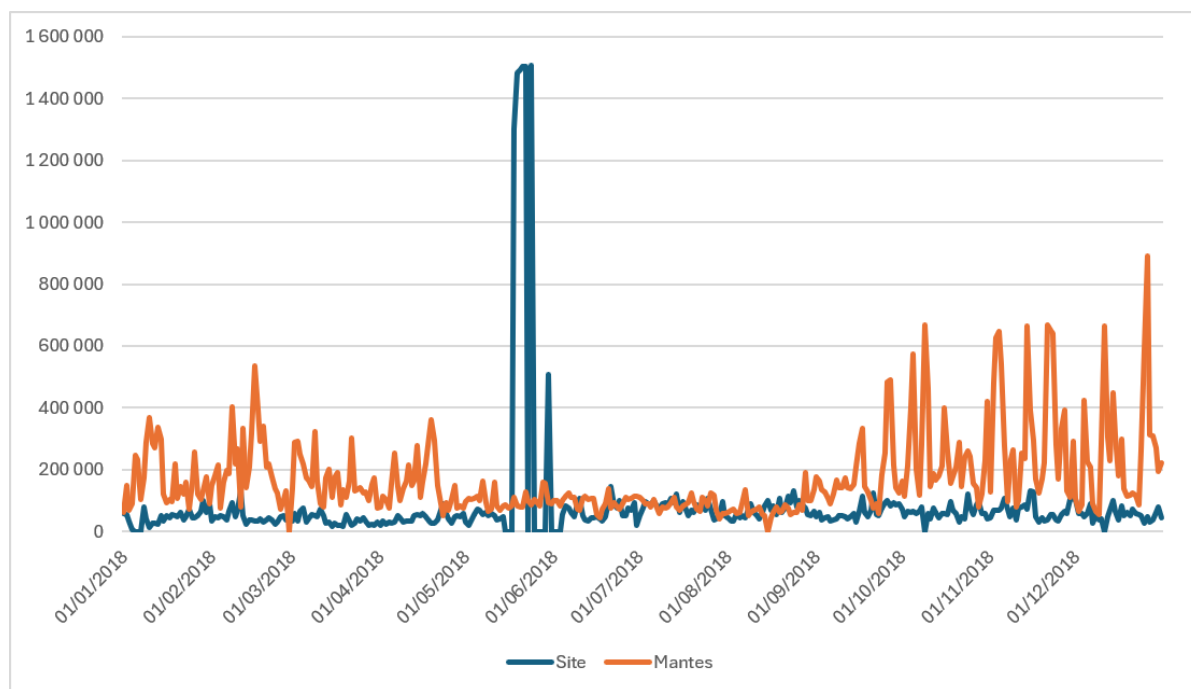
Date	Nox (mg/Nm^3)	T ($^\circ\text{C}$)	Nox (mg/m^3)	Nox ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mantes
01/01/2018	54,9	6,8	56,3	56271	12,6
02/01/2018	52,6	7,7	54,0	54047	30,0
03/01/2018	31,4	8,8	32,5	32457	13,6
04/01/2018	0,2	10,6	0,2	237	17,7
05/01/2018	0,0	7,8	0,0	0	49,0
06/01/2018	0,0	6,2	0,0	0	46,6
07/01/2018	0,0	5,1	0,0	0	20,9
08/01/2018	3,4	5	3,5	3470	35,0
09/01/2018	39,4	5,4	40,2	40229	57,8
10/01/2018	7,6	6,4	7,7	7737	73,5

Les données d'AirParif provenant de la station de Mantes sont dans la dernière colonne. Les données issues du site industriel figurent dans l'avant-dernière colonne.

Une grande différence apparaît entre les deux jeux de données. Il y a en moyenne un facteur de 3 700 entre les concentrations en oxydes d'azote à la sortie de la cheminée et celles dans la ville de Mantes. Les concentrations sont bien plus élevées à la sortie de la cheminée du site. Ce facteur varie généralement entre 300 et 1 000. Mais il existe certains cas où la concentration en Nox dans la cheminée est 94 000 fois supérieure à celle relevée à Mantes. Dans certains cas, la concentration en oxydes d'azote n'est que 2.5 fois supérieure aux relevés à Mantes.

III. Comparaison entre les séries de données

Nous comparons l'évolution des émissions du site industriel aux relevés effectués à Mantes. Sur un même graphique, les moyennes journalières sont tracées pour voir si les deux courbes ont des évolutions similaires. Afin d'homogénéiser les données, les données de Mantes sont multipliées par 5000 pour avoir le même ordre de grandeur que les émissions du site industriel. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous :

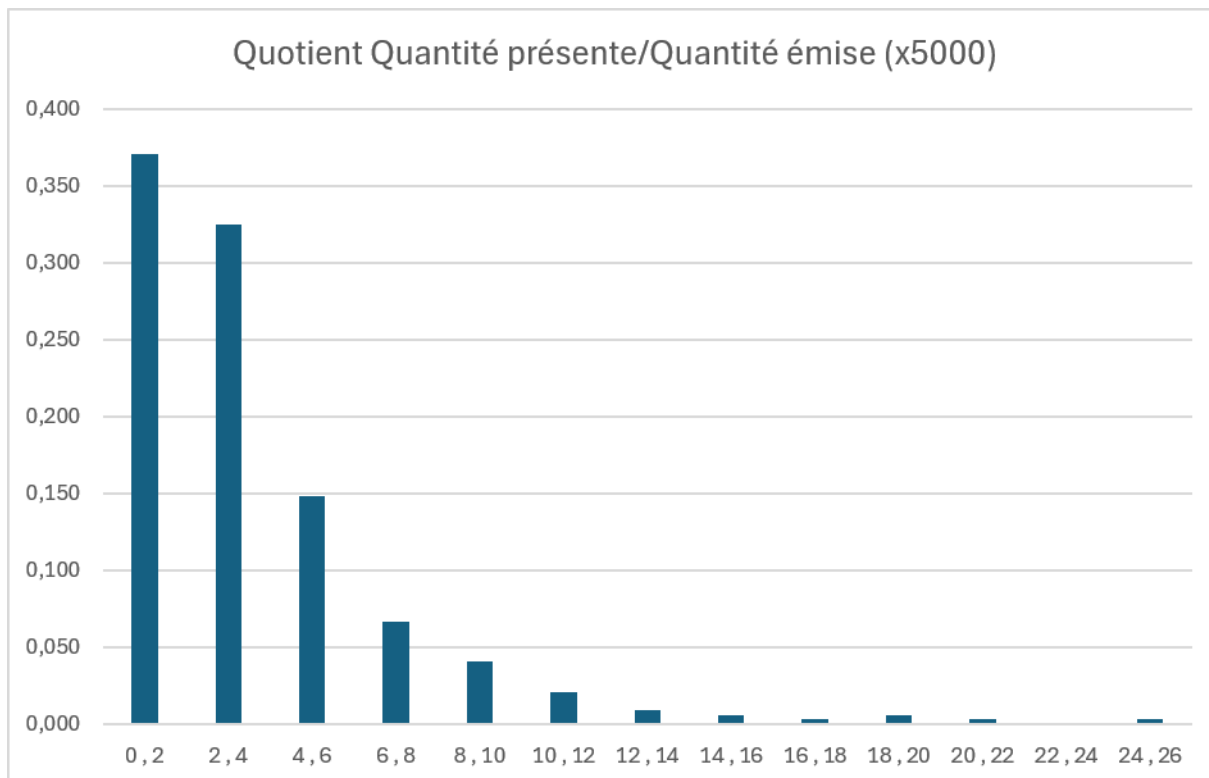


La courbe bleue représente les émissions du site industriel, tandis que la courbe orange représente les relevés effectués à Mantes-la-Jolie, multipliés par 5 000. Les deux courbes n'ont pas les mêmes tendances. Les relevés à Mantes sont beaucoup plus variables que les émissions du site. Un pic très important est constaté entre le 18/05 et le 24/05 avec des valeurs atteignant 1 504 683 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La cause exacte de ces fortes valeurs n'est pas connue.

IV. Analyse du quotient Quantité présente/Quantité émise

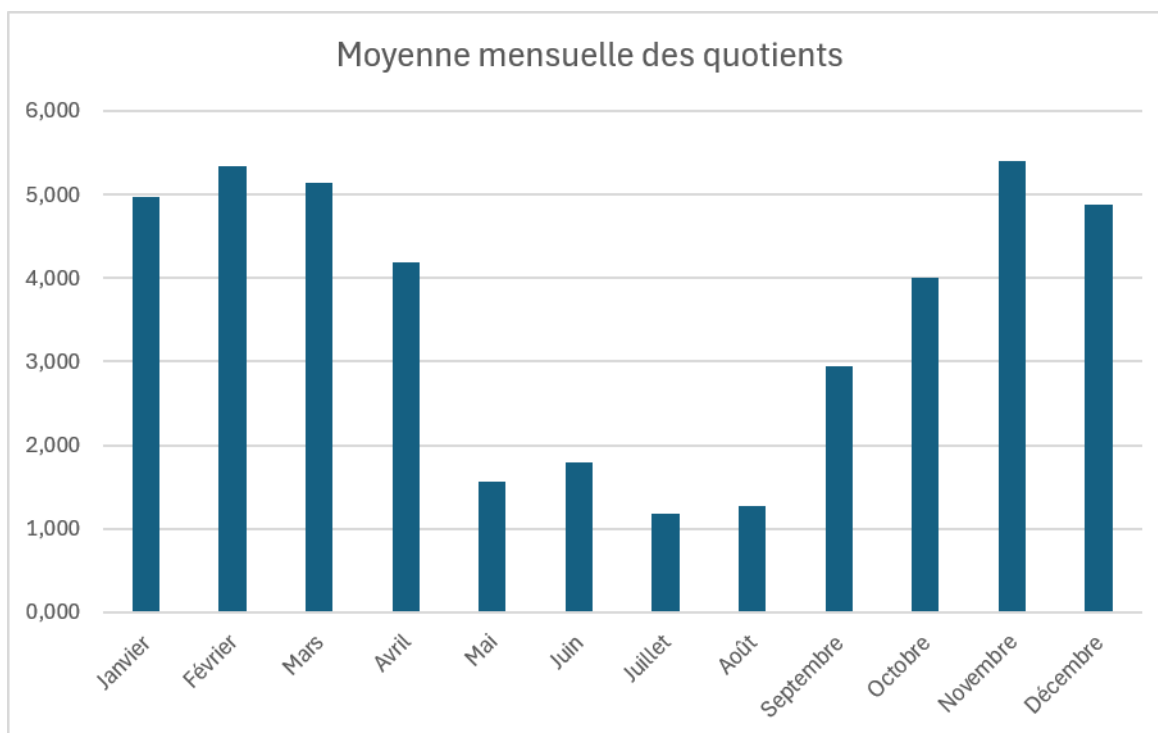
Ce qui intéresse la population est le rapport entre la Quantité présente (ce que les gens respirent) et la Quantité émise. Plus précisément, il s'agit du rapport entre ce que les personnes sont susceptibles d'absorber dans leur organisme et ce que les sites industriels émettent.

Les quotients obtenus sont très faibles avec un ordre de grandeur de 10^{-4} à 10^{-5} . Pour plus de lisibilité dans le traitement des résultats, tous les quotients sont multipliés par 5000. L'histogramme des données est présenté ci-dessous :



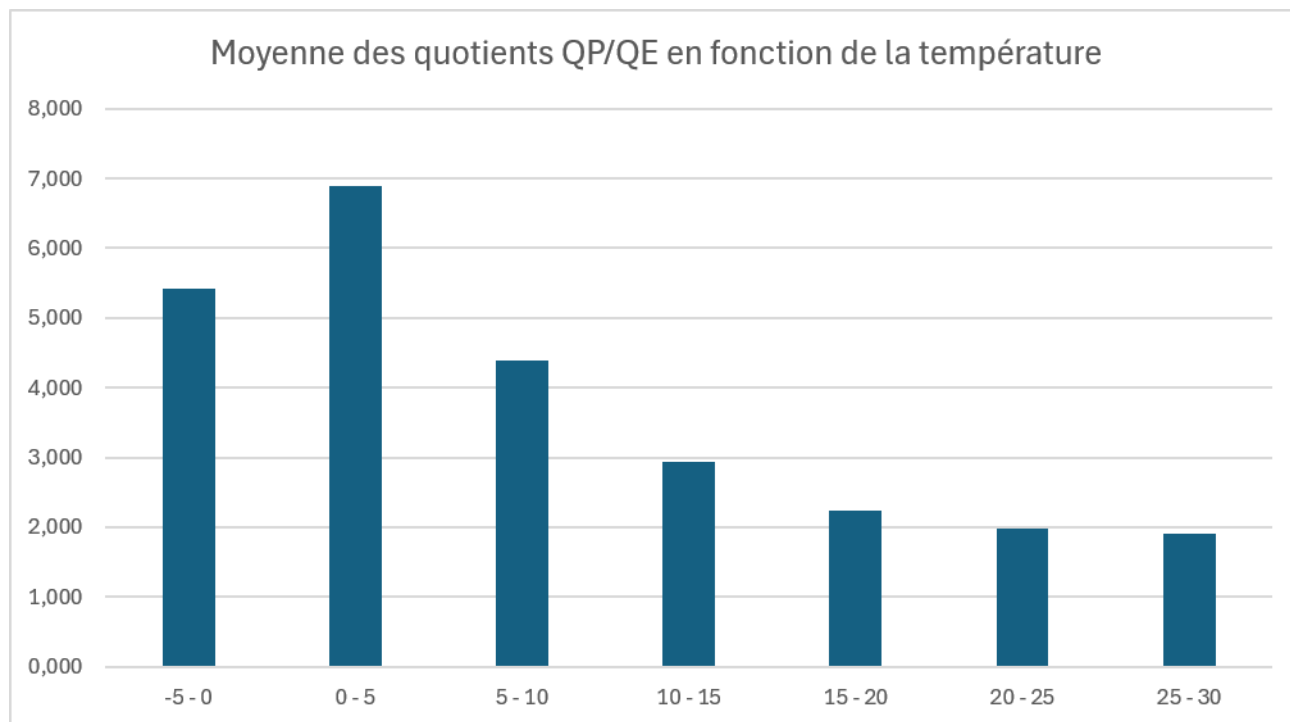
En abscisse se trouvent les valeurs du quotient Quantité présente/Quantité émise. En ordonnée se trouve la part respective de chaque classe de l'histogramme. Chaque quotient a une probabilité d'être en dessous de 0.0001 égale à 0.75.

Nous calculons les moyennes des quotients en fonction du mois ou de la température. Les résultats sont présents dans le graphique ci-dessous :



Une forte saisonnalité apparaît dans les résultats. Pour les mois d'hiver (novembre à mars), le quotient est égal 10^{-4} . Concernant les mois d'été (mai à août), le quotient est bien plus faible, aux alentours de 3.10^{-5} .

Après l'analyse mensuelle, voici l'influence des températures sur les émissions. Les températures sont rangées par classes de 5°C , de -5°C à 30°C . Pour chacune des classes, la moyenne des rapports est calculée. Les résultats sont donnés dans le graphique ci-dessous :



Plus la température est élevée, plus le rapport entre la quantité présente et la quantité émise est faible. Cela signifie que la quantité présente est bien plus faible en été, lors des fortes chaleurs. Si les quantités émises restent stables tout au long de l'année, la qualité de l'air s'améliore en été.

Cela correspond à l'analyse mensuelle réalisée plus tôt. Durant les mois chauds d'été, le rapport QP/QE est bien plus faible que durant les mois froids d'hiver. Cela est dû à la stabilité des relevés de polluants à Mantes. Durant l'été, il n'y a pas les fortes variations des relevés présents en hiver. Durant les mois d'hiver, les concentrations en oxydes d'azote fluctuent fortement d'un jour à l'autre.