



CHAUFFERIE DE LA MINAIS, SAINTE-LUCE-SUR-LOIRE

Évaluation de la qualité de l'air

Campagne Hiver 2024/2025



Sommaire

Synthèse	3
Introduction	4
Dispositif de mesure	5
Taux de disponibilité des mesures	7
Conditions météorologiques	7
Situation vis-à-vis de la réglementation	8
Résultats pour les particules PM10	8
Résultats pour les particules PM2.5	10
Résultats pour le dioxyde d'azote NO ₂	12
Évaluation de l'influence de la chaufferie	14
Fonctionnement de la chaufferie bois	14
Influence sur les particules fines.....	14
Influence du chauffage au bois individuel	16
Part estimée de combustion biomasse.....	17
Conclusions et perspectives	18
Annexes	19

Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Kristan Cuny-Guirriec,

Mise en page : Bérangère Poussin,

Exploitation du matériel de mesure : Edouan Fachat, François Faucheux

Validation : François Ducroz, Céline Puente Lelièvre

Conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 2 août 2022 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

Remerciements

Air Pays de la Loire remercie les services municipaux de la ville de Sainte-Luce-sur-Loire pour avoir permis l'installation de la remorque-laboratoire sur le site de la halle sportive de La Minais au cours des 4 mois de campagne de mesure, et la société IDEX pour avoir fourni les informations relatives au fonctionnement de la chaufferie bois tout au long de la campagne.

Synthèse

Contexte et objectif

Dans son objectif de 100 % d'énergie renouvelable en 2050, Nantes Métropole souhaite élargir le nombre d'équipements raccordés au réseau de chaleur urbain. C'est dans ce contexte qu'une chaufferie biomasse a été mise en service en 2012 dans le quartier de la Minais, à Sainte-Luce-sur-Loire, permettant d'alimenter en eau chaude (eau chaude sanitaire et chauffage) des logements collectifs ainsi qu'un groupe scolaire et la halle sportive.

Nantes Métropole, en lien avec des représentants de l'association des riverains de La Minais, a sollicité Air Pays de la Loire afin **d'évaluer l'influence de la chaufferie collective sur la qualité de l'air dans ce quartier.**

Moyens

Des mesures automatiques ont été installées au niveau de la halle sportive de La Minais, établissement recevant du public (ERP) situé à 330 mètres de la chaufferie sous les vents dominants de sud-ouest. Les mesures de concentrations de particules PM10 et PM2.5, de dioxyde d'azote NO₂, et la part estimée de carbone suie issue de combustion biomasse ont été effectuées du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025, incluant une période hors chauffe (du 4 octobre au 6 novembre 2024).

Résultats

Les résultats montrent que :

- Les niveaux enregistrés sont représentatifs d'un milieu périurbain, avec une influence du chauffage individuel au bois notamment en soirée.
- L'influence systématique de la chaufferie n'a pas été mise en évidence sur les teneurs en PM10 et PM2.5.
- La contribution de la combustion biomasse dans la part de carbone suie montre un impact du chauffage, notamment du chauffage individuel au bois.
- La nuit du 24 au 25 décembre, une augmentation généralisée des particules est constatée sur les sites de l'agglomération nantaise, et particulièrement sur le site de La Minais, en lien avec le recours au chauffage individuel lors de cette nuit du réveillon. Les niveaux plus élevés sur le site de La Minais durant cette période sont liés notamment aux émissions du chauffage individuel au bois. Toutefois, l'absence de vents durant cette nuit ne permet pas d'exclure une influence ponctuelle de la chaufferie.
- Aucune influence de la chaufferie n'est démontrée sur les teneurs en NO₂.
- Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Valeur réglementaire	PM10	PM2,5	NO₂
Objectif de qualité (an)	✓	✓	✓
Valeur limite (an)	✓	✓	✓
Seuil d'information (jour)	✓	-	✓
Valeur guide OMS (an)	✓	X	✓
Valeur guide OMS (jour)	✓	X*	X

✓ : respect de la valeur réglementaire ; X : probable dépassement de la valeur réglementaire ; X* : dépassement constaté

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 s'inscrit dans un épisode régional voire national de hausse des particules fines, en lien avec une vague de froid qui s'étend du 12 au 22 janvier et au cours de laquelle le recours au chauffage au bois individuel est accru. Tous les sites de mesure permanents sont également concernés par ce dépassement.

Introduction

Dans son objectif de 100 % d'énergie renouvelable en 2050, Nantes Métropole souhaite élargir le nombre d'équipements raccordés au réseau de chaleur urbain. C'est dans ce contexte qu'une chaufferie alimentée au bois et au gaz a été implantée dans le quartier de la Minais, à Sainte-Luce-sur-Loire, permettant d'alimenter en eau chaude (eau chaude sanitaire et chauffage) des logements collectifs ainsi qu'un groupe scolaire et la halle sportive. Cette chaufferie est d'une puissance totale de 3600 kW, avec un mix de 800 kW produit par la combustion bois et 2 800 kW produit par la combustion gaz.

Les chaufferies collectives fonctionnant à la biomasse permettent d'augmenter la part d'énergie renouvelable dans le mélange énergétique. Ces structures soulèvent toutefois des questionnements voire des inquiétudes de la part des riverains sur l'impact qu'ont ces installations sur la qualité de l'air.

Nantes Métropole, en lien avec des représentants de l'association des riverains de La Minais, a sollicité Air Pays de la Loire afin **d'évaluer l'influence de la chaufferie collective sur la qualité de l'air dans ce quartier.**

Pour cela, une campagne de mesure a été déployée du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025 au niveau de la halle sportive de La Minais, à 330 mètres de l'emplacement de la chaufferie sous les vents dominants de sud-ouest. La période de chauffe a débuté le 6 novembre 2024.

Les mesures de concentrations de particules PM10 et PM2.5 et les concentrations de dioxyde d'azote NO₂ permettent de comparer les niveaux relevés à la réglementation en vigueur et aux stations de mesure permanentes de la métropole nantaise. En outre, les mesures de carbone suie issue de combustion biomasse fournissent des informations supplémentaires sur l'origine de ces particules (combustion de biomasse, combustion de combustibles fossiles).

Dispositif de mesure

Afin de répondre à la surveillance, un laboratoire mobile a été installé à la halle sportive de la Minais. Ce site est situé à 330 mètres de l'emplacement de la chaufferie biomasse collective, et est sous son influence par vents de sud-ouest (compris entre 240°N et 250°N), qui sont les vents dominants dans la région.



Figure 1 : emplacement du site d'implantation des instruments de mesure automatique (balise bleue) et de la chaufferie bois (encadré rouge)

Le laboratoire mobile est équipé d'analyseurs automatiques permettant la mesure en continu des particules PM10 et PM2.5, au pas de temps horaire, par granulomètre optique FIDAS.

En complément, l'estimation de la part de particules issue de combustion biomasse a été mesurée par un aéthalomètre AE-33. Ce type de mesure permet d'estimer la part émise par la combustion de biomasse et de la distinguer de la part émise par combustion fossile. La part de combustion biomasse peut être conjointement issue de la chaufferie bois et du chauffage au bois individuel, sans possibilité de discriminer l'une ou l'autre des sources.

Les mesures ont été effectuées du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025 inclus. La chaufferie bois a été mise en route à partir du 6 novembre 2024. Cela inclus 32 jours hors période de chauffe, et 84 jours pendant la période de chauffe.

Les mesures effectuées dans le quartier de La Minais sont comparées aux mesures permanentes effectuées sur le réseau de station de mesure d'Air Pays de la Loire (carte ci-dessous). Ces stations, non influencées par une chaufferie collective, sont utilisées comme sites de référence.

- **Bouteillerie** : cette station située au cimetière de la Bouteillerie, à Nantes, mesure le niveau de fond urbain.
- **La Chauvinière** : cette station, située dans le quartier de la Chauvinière à Nantes, mesure le niveau de fond périurbain.

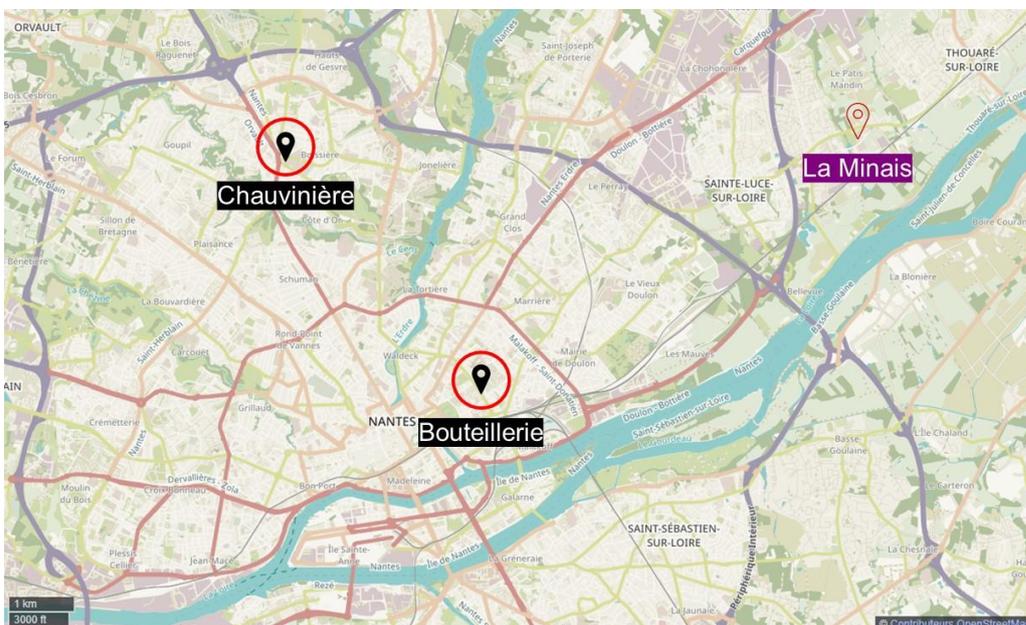


Figure 2 : localisation de la station de La Minais et des stations de référence de l'agglomération nantaise à La Chauvinière et à Bouteillerie

Le tableau ci-dessous résume les différents polluants mesurés par station.

	La Minais	Bouteillerie	La Chauvinière
PM10 et PM2.5	✓	✓	✓
NO ₂	✓	✓	✓
Carbone suie	✓	✓	

Taux de disponibilité des mesures

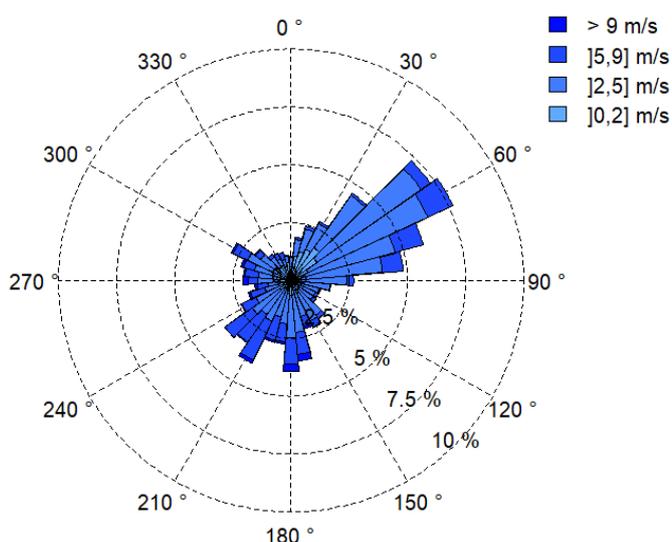
Le tableau ci-dessous présente les taux de disponibilité des mesures par polluant sur la totalité de la campagne.

	PM10	PM2.5	NO2	AE33 (part biomasse)
Taux de validité des mesures sur 4 mois de campagne	97 %	97 %	96 %	96 %

Conditions météorologiques

Au cours de la campagne de mesure, les vents de secteurs nord-est ont été majoritaires. Les vents de sud-ouest ont, à l'inverse, été sous-représentés sur les 4 mois de mesure par rapport aux normales climatiques.

Le site de mesure à la halle sportive de La Minais est exposé aux vents de la chaufferie pour des directions de vents comprises entre 240°N et 250°N. Ces vents ont représenté 71 heures au cours de la campagne, soit 3 % du temps de mesure (cf. roses des vents ci-dessous). Sur ces 71 heures, 19 heures concernent une exposition hors période de chauffe, et 52 heures durant la période de chauffe.



Rose des vents

La rose des vents est un moyen de représenter dans un même graphique la direction et la vitesse moyenne des vents mesurés à un point donné, dans notre cas une station Météo-France.

Comment lire une rose des vents :

- L'orientation (la provenance) des vents est indiquée sur l'axe extérieur.
- 0° = nord, 90° = est, 180° = sud, 270° = ouest.
- La longueur d'une pale indique la proportion (sur les axes verticaux et circulaires intérieurs) de vents mesurés pour une orientation donnée. Plus une pale est longue, plus la station a mesuré de vents en provenance de cette orientation.
- Les classes de vitesse de vents (en m/s) sont représentées par un dégradé de couleur.

Situation vis-à-vis de la réglementation

Résultats pour les particules PM10



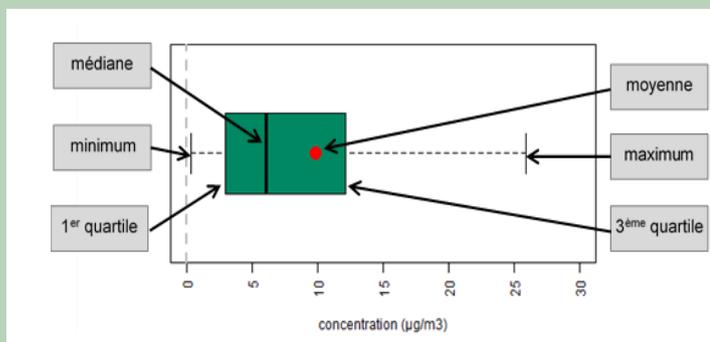
Les concentrations en particules PM10 sont réglementées en France à quatre niveaux :

- Un **seuil d'information** et de recommandation fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière et d'un **seuil d'alerte** fixé à 80 µg/m³ en moyenne journalière.
- Cette valeur journalière de 50 µg/m³ ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an (valeur limite en moyenne journalière).
- La moyenne annuelle de la concentration est elle aussi l'objet d'une **valeur limite**, fixée à 40 µg/m³,
- Un **objectif de qualité** fixé à 30 µg/m³.
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 45 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 - 4 jours par an, et 15 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous représente sous forme de bloxplot (cf. encadré Méthodologie) la distribution statistique des concentrations horaires relevées tout au long de la campagne de mesure.

Méthodologie

Le graphique ci-dessus est une boîte à moustaches (aussi appelée boxplot), il représente les principales caractéristiques statistiques d'une distribution de données, ici l'ensemble des mesures horaires :



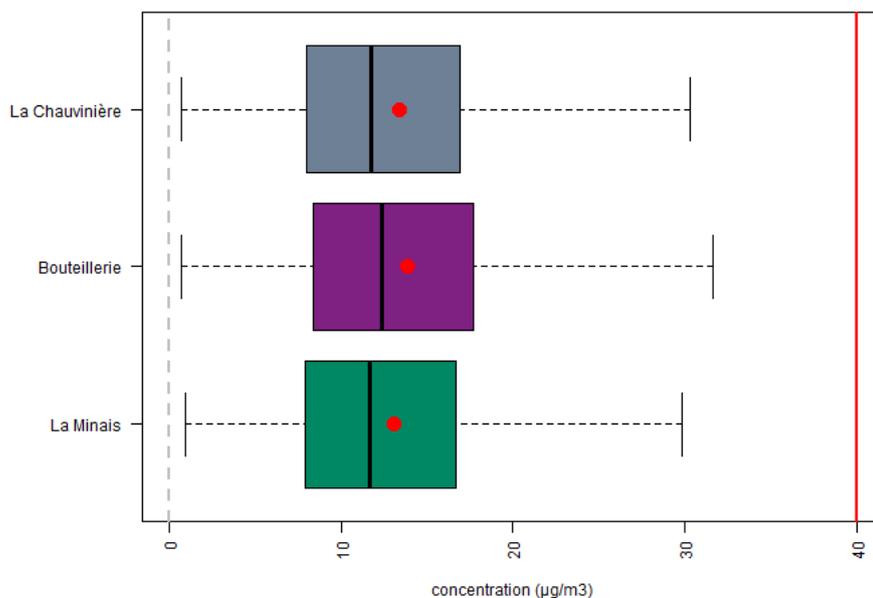


Figure 4 : boxplot des concentrations horaires en PM10, du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025. La valeur limite annuelle est indiquée par le trait rouge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ces résultats montrent que :

- La concentration moyenne en PM10 à La Minais ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est équivalente à celles relevées en milieu urbain ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la Chauvinière et $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Bouteillerie).
- L'objectif de qualité, fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et la valeur limite fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ont une forte probabilité de ne pas être dépassés en moyenne annuelle par comparaison aux mesures permanentes qui n'ont pas dépassé ces valeurs en 2024 et les années précédentes.
- La valeur guide de l'OMS fixée à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, est également probablement respectée, ce seuil étant respecté sur les stations permanentes de Bouteillerie et de La Chauvinière sur l'année 2024.

La figure ci-dessous présente l'évolution des concentrations journalières en PM10 sur les 4 mois de mesure.

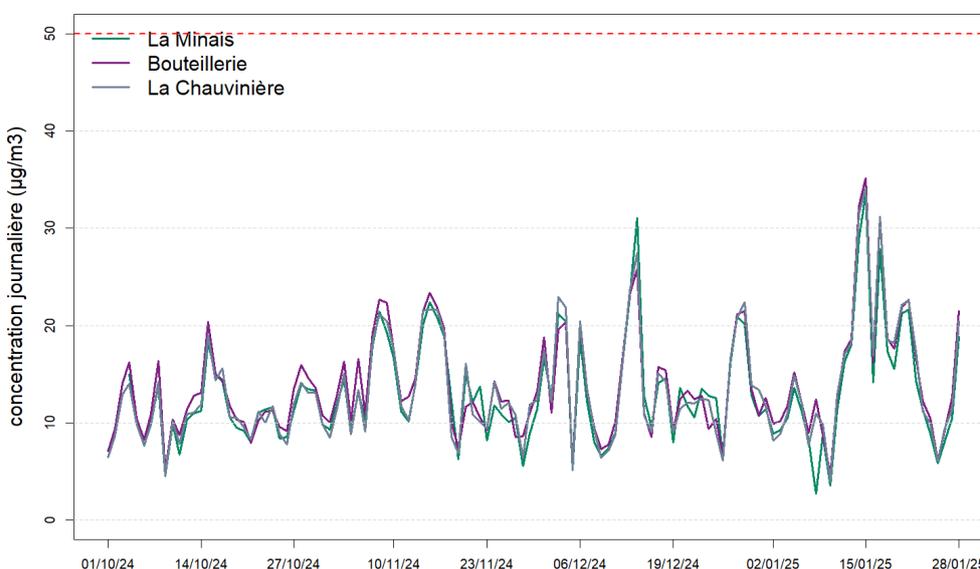


Figure 5 : évolution des concentrations journalières en PM10 au cours de la campagne. Le seuil d'information est indiqué par le trait rouge ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ces résultats montrent que :

- L'évolution des concentrations journalières à La Minais est synchronisée et proche de celles relevées sur les sites urbains de Bouteillerie et de La Chauvinière, traduisant une influence régionale sur ce polluant.
- Le seuil d'information et de recommandation n'a pas été dépassé au cours de la campagne de mesure.
- La valeur guide journalière de l'OMS n'a pas été dépassée au cours de la campagne. Cette recommandation de l'OMS étant respectée sur les sites de Bouteillerie et la Chauvinière sur l'ensemble de l'année 2024, il est probable qu'elle le soit également à La Minais.

Résultats pour les particules PM2.5

Les concentrations en particules fines PM2.5 sont soumises en France à deux seuils en valeur moyenne annuelle :

- Une valeur limite annuelle fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Un objectif de qualité de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 – 4 jours par an, et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous présente sous forme d'un boxplot les statistiques de mesures PM2.5 au cours de la campagne.

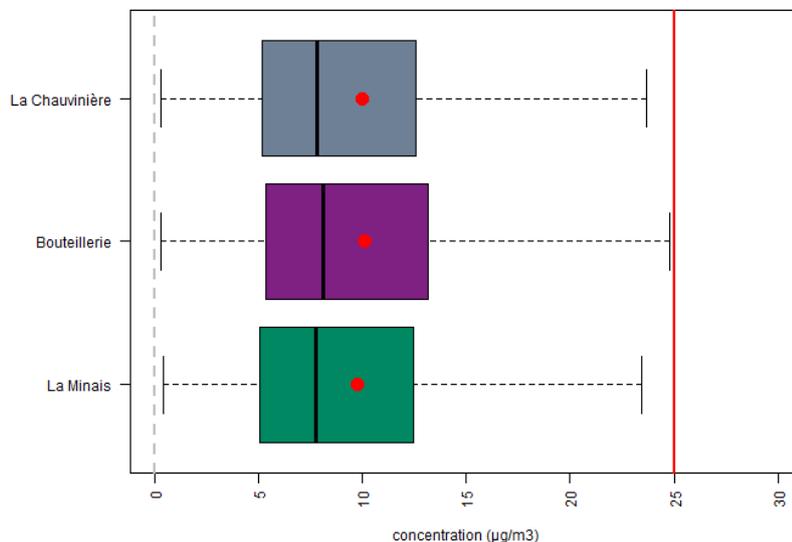


Figure 6 : boxplot des concentrations horaires en PM2.5, du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025. La valeur limite annuelle est indiquée par le trait rouge ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes en PM2.5 sont homogènes entre les 3 sites, comprises entre $9,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Vis-à-vis de la réglementation, par comparaison avec les stations de mesure permanentes à la Bouteillerie et à La Chauvinière en 2024, il est probable que l'objectif de qualité ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et que la valeur limite annuelle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) soient respectés à La Minais.
- La valeur guide annuelle préconisée par l'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a toutefois de forte chance d'être dépassée, ce seuil étant dépassé sur les stations de mesure permanentes en 2024.

À plus fine échelle, l'évolution des concentrations journalières confirme le comportement régional des particules fines avec une évolution synchrone en PM2.5 entre les 3 sites de mesure.

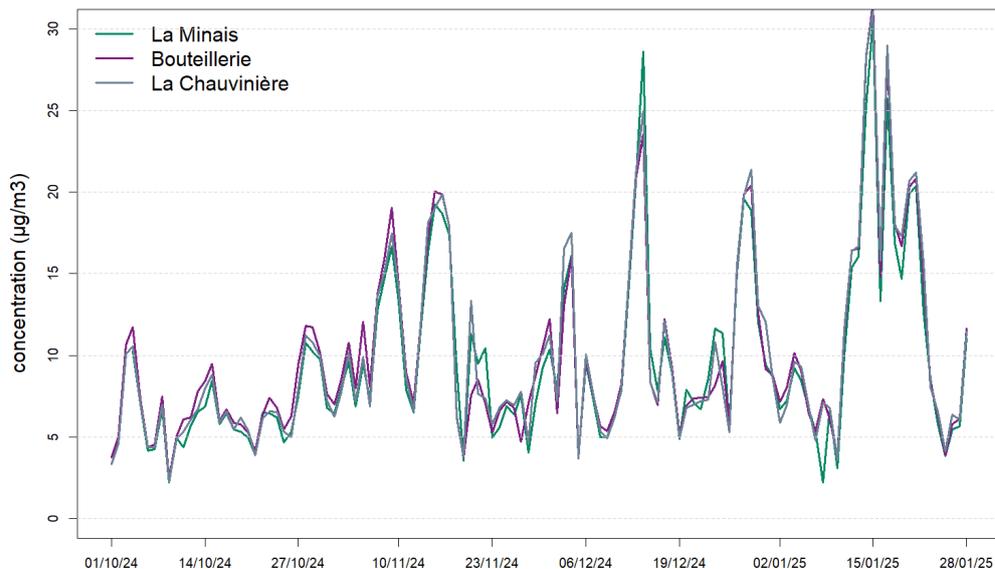


Figure 7 : évolution des concentrations journalières en PM2.5 au cours de la campagne

Au cours de la campagne de mesure, la valeur guide journalière de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée 19 jours sur le site de La Minais : 11 jours en 2024, et 8 jours en 2025. A ce titre, la recommandation de l'OMS en moyenne journalière n'est pas respectée sur ces deux années. A titre d'information, le dépassement de cette valeur est également constaté sur les autres sites de mesure, témoignant d'un phénomène régional.

Particulièrement, la période du 12 au 22 janvier est caractérisée par une vague de froid et une atmosphère stable¹. Le recours au chauffage, notamment le chauffage au bois individuel, lors de ces vagues de froid engendre une augmentation des émissions en particules, et la stabilité atmosphérique favorise l'accumulation continue de ces particules. Cela explique que la valeur guide de l'OMS ait été dépassée lors de cet épisode.

¹ Lors des périodes anticycloniques en hiver, les températures au sol refroidissent plus vite que l'air environnant au cours de la nuit. Cela engendre une couche d'inversion thermique où l'air froid reste bloqué au sol. Les polluants qui sont émis dans cette couche sont difficilement dispersés du fait de la stabilité atmosphérique, conduisant à leur accumulation progressive dans l'air ambiant.

Résultats pour le dioxyde d'azote NO₂

 <p>Le monoxyde d'azote (NO) se forme par combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphériques lors des combustions. Ce polluant, principalement émis par les pots d'échappement, se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂).</p>	 <p>Les NO_x présentent en milieu urbain deux pics de pollution aux heures de pointe du matin et du soir. À l'échelle annuelle, la pollution est plus forte en hiver avec des émissions plus importantes et des conditions de dispersion moins favorables.</p>	 <p>Les taux de NO_x sont généralement plus élevés près des voies de circulation et sous les vents des établissements industriels à rejets importants.</p>	 <p>Le NO₂ est irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.</p>	 <p>Les NO_x participent à la formation des pluies acides. Sous l'effet du soleil, ils favorisent la formation d'ozone et contribuent ainsi indirectement à l'accroissement de l'effet de serre.</p>
---	---	---	--	---

Le dioxyde d'azote est un marqueur du trafic routier, étant principalement émis par ce secteur en milieu urbain. Mais toute combustion incomplète, incluant la combustion de bois, est susceptible d'émettre ce polluant.

Les concentrations en dioxyde d'azote sont réglementées à 3 niveaux :

- Une **valeur limite et un objectif de qualité en moyenne annuelle** fixés à 40 µg/m³.
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 200 µg/m³ en moyenne horaire.
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une **valeur guide de 25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3-4 jours par an, et 10 µg/m³ en moyenne annuelle.**

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot (cf. encadré *Méthodologie*) la répartition statistique des mesures sur les 3 sites de mesure au cours de la campagne.

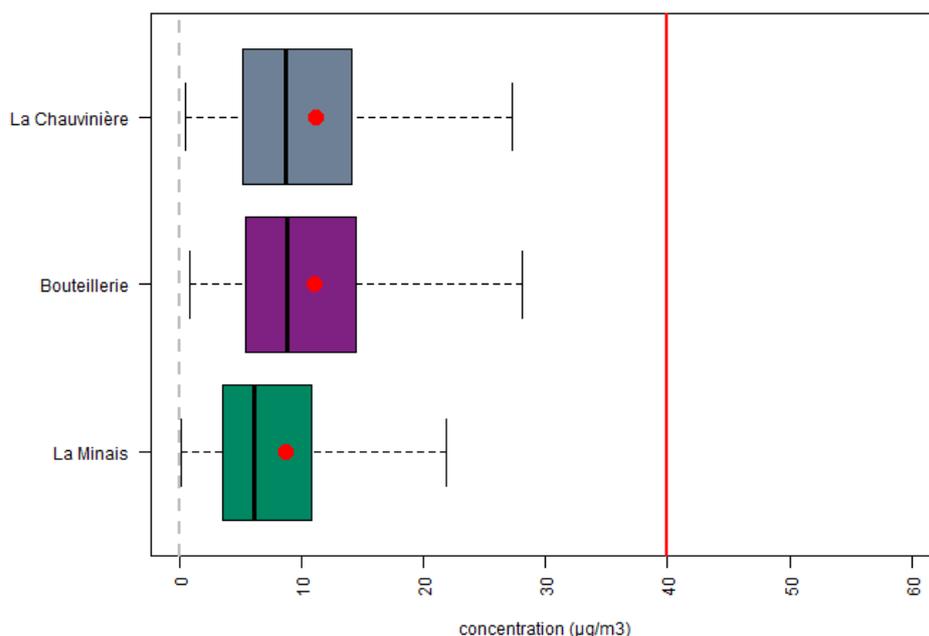


Figure 8 : boxplot des concentrations horaires en NO₂, du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025. La valeur limite annuelle est indiquée par le trait rouge (40 µg/m³)

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations en NO₂ à La Minais (8,7 µg/m³) sont plus faibles que celles relevées en milieu urbain (11 µg/m³ à Bouteillerie) à périurbain (11,2 µg/m³ à La Chauvinière). Cela s'explique par une moindre influence du trafic routier dans le quartier de La Minais.
- Du point de vue de la réglementation, par comparaison avec la station de la Bouteillerie et de La Chauvinière qui respectent l'objectif de qualité et la valeur limite en moyenne annuelle (< 40 µg/m³ sur l'année 2024), il est probable que ce seuil soit également respecté à La Minais.
- La valeur guide annuelle de l'OMS (10 µg/m³) est également probablement respectée à La Minais sur une année, cette valeur étant respectée sur les sites de mesure permanents de La Chauvinière et Bouteillerie en 2024.

La figure ci-dessous montre l'évolution des concentrations horaires maximales par jour au cours de la campagne.

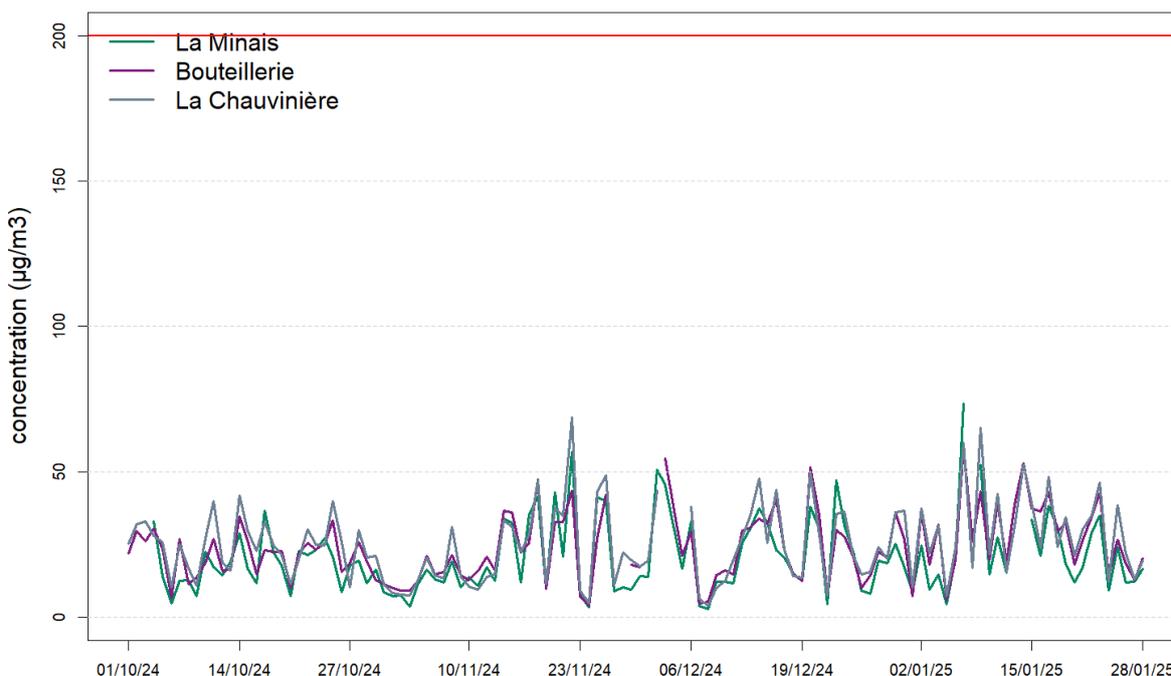


Figure 9 : évolution des concentrations horaires maximales de NO₂ par jour au cours de la campagne. La valeur limite annuelle est indiquée par le trait rouge (200 µg/m³)

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations horaires maximales relevées à La Minais sont systématiquement proches de celles relevées à Bouteillerie et La Chauvinière.
- Sur l'ensemble des journées considérées, le seuil d'information et de recommandation (200 µg/m³ en moyenne horaire) n'est jamais atteint. Le maximum horaire enregistré durant la campagne atteint 74 µg/m³ à La Minais, le 7 janvier, un niveau plus de deux fois plus faible que le seuil d'information.
- La valeur guide journalière recommandée par l'OMS (25 µg/m³ sur une journée à ne pas dépasser plus de 3-4 jours par an) est dépassée au cours de la journée du mardi 14 janvier sur le site de La Minais. Ce jour-là, un dépassement de la valeur guide est également constaté sur le site de la Bouteillerie. Les températures particulièrement froides de ce jour (-4,8°C) associées à une atmosphère stable ont pu conduire à une élévation des émissions des oxydes d'azote en lien avec le trafic routier, et à une faible dispersion de ces polluants dans l'air.
- Cette recommandation de l'OMS a été respectée sur l'ensemble de l'année 2024 sur les stations de référence, en lien avec des conditions météorologiques dispersives (nombreuses perturbations). En revanche, la valeur guide journalière a été dépassée les années précédentes, notamment en 2022 et 2023. Compte-tenu de l'homogénéité des mesures à l'échelle de la métropole, il est raisonnable de penser que le dépassement de cette valeur guide est probablement dépassée plus de 3-4 jours par an sur le site de la Minais également.

Évaluation de l'influence de la chaufferie

Fonctionnement de la chaufferie bois

La chaudière au bois a été remise en fonctionnement à partir du 6 novembre 2024. Elle a ensuite connu des périodes d'arrêt pour maintenance préventive :

- Le 9 décembre 2024
- Entre le 3 janvier et le 6 janvier 2025
- Du 27 janvier au 29 janvier 2025

La chaudière au gaz était en fonctionnement nominal tout au long de la période de mesure.

Influence sur les particules fines

L'analyse de l'influence des émissions de la chaufferie sur les niveaux en particules fines dans son environnement se base sur l'étude détaillée des concentrations horaires relevées à La Minais et comparées aux autres stations de référence non-influencées, croisée avec la direction des vents et les périodes de fonctionnement de la chaufferie. Le site de La Minais est influencé par les émissions de la chaufferie pour des vents compris entre 240°N et 250°N. Le tableau ci-dessous recense les concentrations moyennes horaires en PM10 et PM2.5 relevées à La Minais et comparées à la station de la Chauvinière (le comportement des particules sur ces deux stations étant proche) lorsque :

- Scénario 1 : le site de la Minais est sous les vents de la chaufferie, hors période de chauffe (représente 19 heures).
- Scénario 2 : le site de La Minais est sous les vents de la chaufferie en fonctionnement (représente 52 heures).

Direction de vent (°N)		La Minais	La Chauvinière	Différence
Scénario 1 : [240 ; 250] hors période de chauffe	PM10 (µg/m³)	10,5	10,7	-0,2
	PM2.5 (µg/m³)	5,7	5,7	0
Scénario 2 : [240 ; 250] pendant période de chauffe	PM10 (µg/m³)	11,9	12,2	-0,3
	PM2.5 (µg/m³)	8,5	8,4	+0,1

Ces résultats indiquent que :

- Lorsque le site de La Minais est spécifiquement sous les vents de la chaufferie bois et que celle-ci est en fonctionnement (scénario 2), les concentrations sont supérieures de +1,4 µg/m³ pour les PM10 et +2,8 µg/m³ pour les PM2.5 à la même situation lorsque la chaufferie est à l'arrêt.
- Pour autant, l'écart des concentrations mesurées entre le site de La Minais et le site témoin de La Chauvinière reste stable dans ces deux situations, les concentrations en particules à La Chauvinière étant également plus élevées dans le cas du scénario 2. Cela montre qu'il n'y a pas d'influence des émissions de la chaufferie bois sur les concentrations moyennes relevées sur le site de La Minais lorsque celle-ci est en fonctionnement.

Les roses de concentrations présentées ci-dessous permettent également d'identifier les sources influençant les concentrations en particules sur le site de La Minais. Ces roses de concentrations sont comparées à celles enregistrées sur les sites non influencés de la Bouteillerie et de La Chauvinière.

Méthodologie

La localisation des zones d'émissions se base sur l'étude des roses de concentrations (roses de pollution) enregistrées sur le site de La Minais.

Ce type de graphique indique les niveaux de polluant en fonction de la direction des vents enregistrés par Météo-France à Nantes-Atlantique. Sur un site donné, il permet de savoir sous quelle direction de vent les niveaux sont les plus élevés et ainsi de localiser les zones d'émissions prépondérantes.

La manière de lire une rose de pollution est la suivante : dans une direction donnée, la longueur de la pale correspond aux concentrations de pointe (P98) relevées lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.

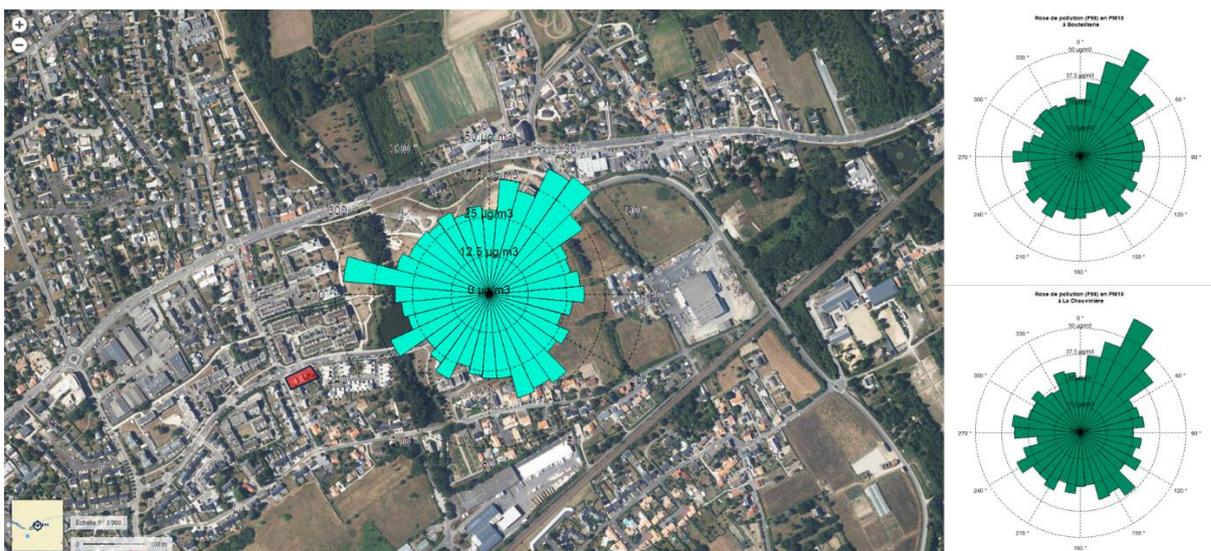


Figure 10 : rose de concentrations de pointe (percentile-98) en PM10 sur le site de La Minais, comparée à celles de Bouteillerie (en haut à droite) et La Chauvinière (en bas à droite)



Figure 11 : rose de concentrations de pointe (percentile-98) en PM2.5 sur le site de La Minais, comparée à celles de Bouteillerie (en haut à droite) et La Chauvinière (en bas à droite)

Ces résultats mettent en évidence des directions préférentielles d'apport en particules :

- Pour les directions de vents comprises entre 10°N et 50°N : la surconcentration en particules PM10 et PM2.5 est visible autant à La Minais que sur les sites non influencés, témoignant d'un apport en particules fines régional dans cette direction de vents, et souvent lié aux épisodes particulaires nationaux en situation hivernale.
- Pour les directions de vents comprises entre 140°N et 160°N : la surconcentration en PM10 et PM2.5 est observée autant à la Minais que sur les autres sites de mesure, ne traduisant pas d'influence locale.
- Pour la direction de vent 240°N (en provenance de la chaufferie bois) et 280°N, une surconcentration en particules est également observée. Cela est lié à un pic de concentrations en particules PM10 et PM2.5 dans la nuit du 24 au 25 décembre. Cette élévation est moins observée sur les autres sites. Au cours de cette nuit du réveillon, le chauffage au bois individuel est particulièrement sollicité. Toutefois, en l'absence de vents établis (< 2 m/s), une influence de la chaufferie la Minais ne peut pas être exclue.
- Cette nuit-là, la chaufferie était en fonctionnement nominal, sans anomalie particulière. L'augmentation des particules sur le site de La Minais a eu lieu entre le 24 décembre à 22h et le 25 décembre à 7h. Sur cet intervalle, les concentrations en PM10 ont atteint 35 µg/m³ à La Minais (contre 24 µg/m³ à la Chauvinière et 22 µg/m³ à Bouteillerie). Celles en PM2.5 ont atteint 33 µg/m³ à La Minais (contre 22 µg/m³ à la Chauvinière et 21 µg/m³ à Bouteillerie).
- Sur les deux journées du 24 et du 25 décembre, la valeur guide journalière de l'OMS demeure respectée tant sur les PM10 que sur les PM2.5.

Plus spécifiquement, la figure ci-dessous présente la comparaison des roses de concentrations en PM10 hors période de chauffe (du 04/10/2024 au 05/11/2024) et pendant la période de chauffe (du 06/11/2024 au 28/01/2025). La même comparaison pour les PM2.5 et pour la part de combustion biomasse dans le carbone suie est présentée en annexe 1.

La comparaison des roses de concentrations hors période de chauffe avec celles effectuées pendant la période de chauffe ne montre pas d'influence spécifique de la chaufferie bois, hormis la nuit du réveillon de Noël durant laquelle une influence possible de la chaufferie ne peut pas être exclue.



Figure 12 : comparaison des roses de concentrations en PM10 hors période de chauffe (à gauche) et pendant la période de chauffe (à droite)

Influence du chauffage au bois individuel

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des concentrations horaires en particules PM10 et PM2.5 (particulièrement émises par la combustion du bois) lors d'une journée moyenne, sur le site de La Minais et les sites de comparaison :

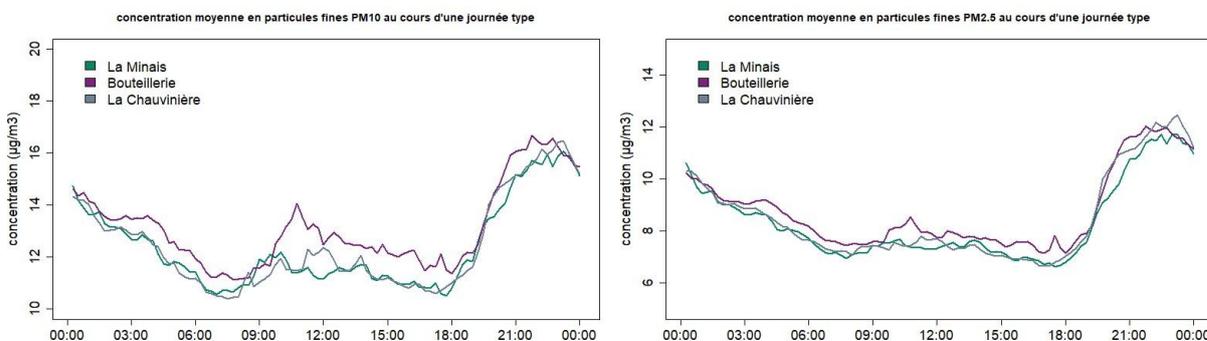


Figure 13 : profil journalier moyen d'évolution de la concentration en PM10 (à gauche) et en PM2.5 (à droite)

Ces graphiques montrent que sur l'ensemble des sites de mesure, les concentrations en PM10 et PM2.5 sont les plus élevées en soirée, à partir de 18h, puis baissent dans la nuit jusqu'à atteindre leur minimum en journée. Ce signal est caractéristique du chauffage au bois individuel en hiver.

Part estimée de combustion biomasse

Parmi les particules mesurées, la part de particules attribuable au carbone suie issue de la combustion biomasse peut être estimée. Les émissions de carbone suie peuvent provenir à la fois de la chaufferie bois et à la fois du chauffage au bois individuel.

Ces mesures se font par aethalomètre AE33. Le site de La Minais est comparé au site de la Bouteillerie à Nantes, site non influencé sur lequel un AE33 est installé en permanence.

En moyenne, la part de particules attribuable au carbone suie issue de combustion biomasse est estimée à 35 % sur le site de la Minais, une valeur proche de celle relevée à Bouteillerie (38 %).

Le graphique suivant montre l'évolution de la contribution de la combustion biomasse mesurée dans le carbone suie au cours d'une journée type (moyennée sur les 4 mois de mesure).

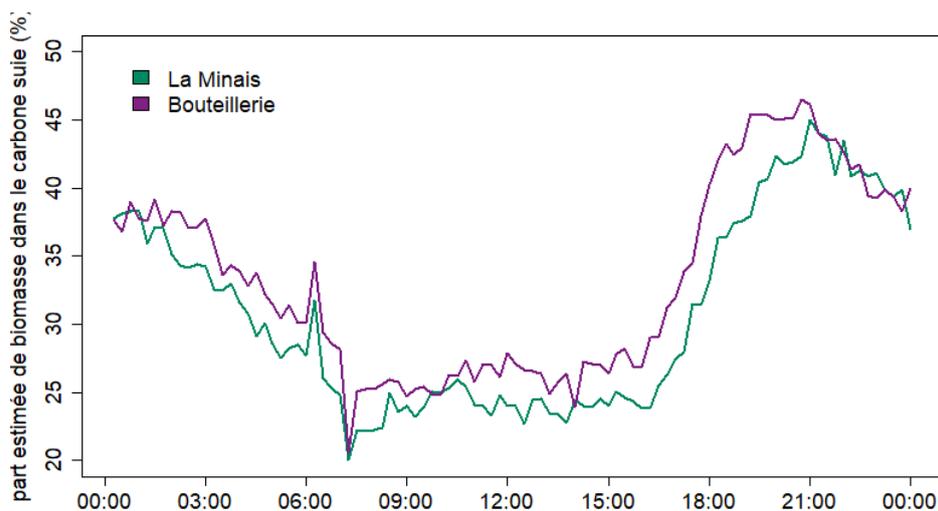


Figure 14 : profil journalier moyen d'évolution de la part estimée de biomasse dans le carbone suie (en %)

Ces résultats montrent que :

- Le profil journalier moyen observé sur le site de la Minais est synchrone avec celui de la Bouteillerie.
- La part de biomasse dans le carbone suie, tant sur le site de La Minais qu'à la Bouteillerie, présente un minimum en journée (autour de 20 à 30 %), puis une hausse à partir de 18h jusqu'à un maximum qui atteint 50 % de part de biomasse à 21h. Cette part estimée de biomasse baisse ensuite dans la nuit jusqu'au matin, pour retrouver son niveau de fond à 20 %.
- Ce signal journalier, qui rejoint celui observé pour les particules PM10 et PM2.5, est caractéristique du chauffage au bois individuel qui devient actif en soirée à partir de 18h.

Conclusions et perspectives

Dans son objectif de 100 % d'énergie renouvelable en 2050, Nantes Métropole souhaite élargir le nombre d'équipements raccordés au réseau de chaleur urbain. C'est dans ce contexte qu'une chaufferie alimentée au bois et au gaz a été implantée dans le quartier de la Minais, à Sainte-Luce-sur-Loire, permettant d'alimenter en eau chaude (chauffage et eau chaude sanitaire) des logements collectifs ainsi qu'un groupe scolaire et la halle sportive.

Nantes Métropole, en lien avec des représentants de l'association de riverains de La Minais, a sollicité Air Pays de la Loire afin **d'évaluer l'influence de la chaufferie collective sur la qualité de l'air dans ce quartier**. Une campagne de mesure a été déployée du 4 octobre 2024 au 28 janvier 2025 au niveau de la halle sportive de La Minais pour y mesurer les concentrations de particules PM10 et PM2.5, de dioxyde d'azote NO₂, et la part estimée de carbone suie issue de combustion biomasse. La chaufferie a été mise en fonctionnement le 6 novembre 2024. Cette campagne a inclus 32 jours de mesure hors période de chauffe, et 84 jours de mesure pendant la période de chauffe.

Les résultats montrent que :

- Les niveaux enregistrés sont représentatifs d'un milieu périurbain, avec une influence du chauffage individuel au bois notamment en soirée.
- L'influence systématique de la chaufferie n'a pas été mise en évidence sur les teneurs en PM10 et PM2.5.
- La nuit du 24 au 25 décembre, une augmentation généralisée des particules est constatée sur les sites de l'agglomération nantaise, et particulièrement sur le site de La Minais, en lien avec le recours au chauffage individuel, dont le chauffage au bois lors de cette nuit du réveillon. Les niveaux plus élevés sur le site de La Minais durant cette période sont liés notamment aux émissions du chauffage individuel au bois. Toutefois, l'absence de vents durant cette nuit ne permet pas d'exclure une influence ponctuelle de la chaufferie.
- Aucune influence de la chaufferie de La Minais n'est démontrée sur les teneurs en NO₂.
- Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Valeur réglementaire	PM10	PM2,5	NO2
Objectif de qualité (an)	✓	✓	✓
Valeur limite (an)	✓	✓	✓
Seuil d'information (jour)	✓	-	✓
Valeur guide OMS (an)	✓	X	✓
Valeur guide OMS (jour)	✓	X*	X

✓ : respect de la valeur réglementaire ; X : probable dépassement de la valeur réglementaire ; X* : dépassement constaté

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 s'inscrit dans un épisode régional voire national de hausse des particules fines, en lien avec une vague de froid qui s'étend du 12 au 22 janvier et au cours de laquelle le recours au chauffage au bois individuel est accru. Tous les sites de mesure permanents sont également concernés par ce dépassement.

Annexes

- Annexe 1 : comparaison des roses de concentrations avant / pendant la période de chauffe
- Annexe 2 : Air Pays de la Loire
- Annexe 3 : techniques d'évaluation
- Annexe 4 : types des sites de mesure
- Annexe 5 : polluants
- Annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2025
- Annexe 7 : effets des polluants atmosphériques sur la santé

Annexe 1 : comparaison des roses de concentrations avant / pendant période de chauffe



comparaison des roses de concentrations en PM2.5 hors période de chauffe (à gauche) et pendant la période de chauffe (à droite)



comparaison des roses de pourcentage en part estimée de combustion biomasse contenue dans le carbone suie, hors période de chauffe (à gauche) et pendant la période de chauffe (à droite)

Annexe 2 : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère chargé de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

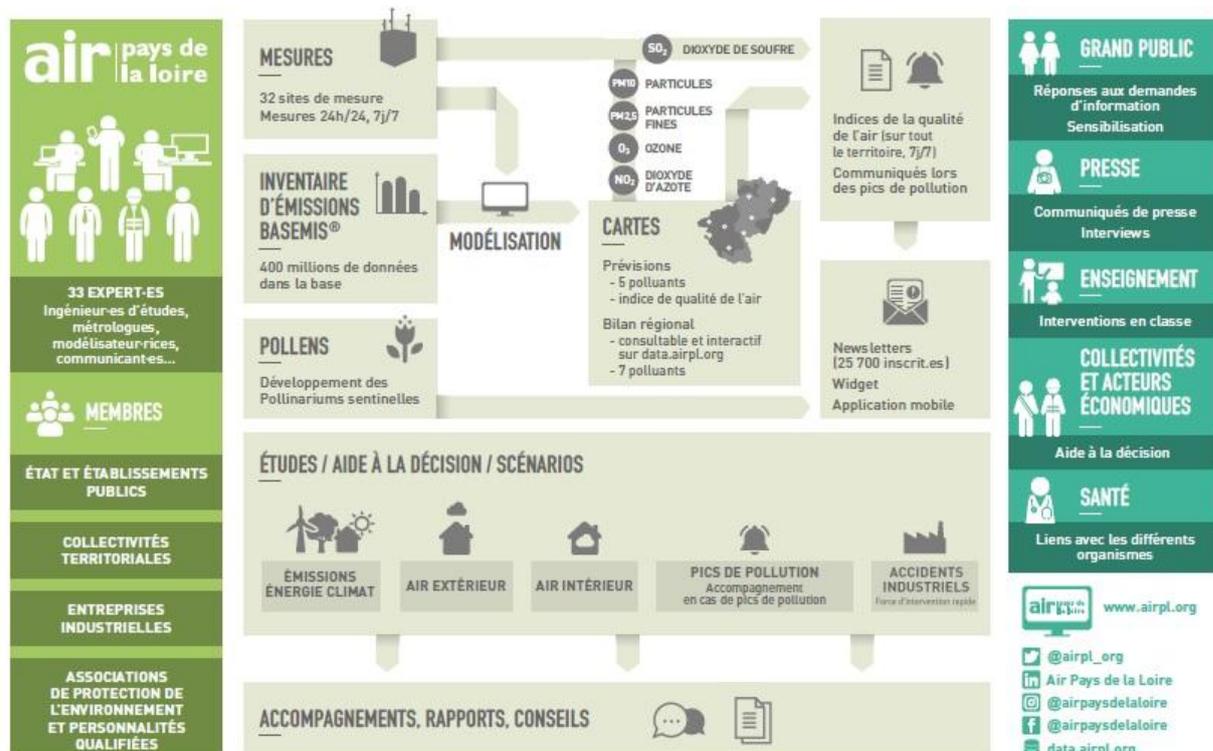
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur www.airpl.org : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Bluesky (@airpl.bsky.social) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



Annexe 3 : techniques d'évaluation

Mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote

Méthode - normes

Le dioxyde d'azote est détecté par la technique de chimiluminescence - norme **NF EN 14211**.

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Étalonnage

Ces mesures sont étalonnées par des étalons de transfert raccordés au laboratoire d'étalonnage airpl, lab certifié COFRAC 17025 dans le domaine "chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz".

Mesures des concentrations atmosphériques en particules PM10 et PM2.5

Méthode – normes

Les mesures de particules fines sont effectuées à l'aide du système TEOM-FDMS, selon la norme **NF EN 16450**. Cette technique est équivalente à la méthode gravimétrique de référence de la norme **NF EN 12341**. Elle prend en compte la fraction volatile de l'aérosol et est utilisée depuis le 1^{er} janvier 2007 par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air pour le suivi réglementaire des teneurs en particules fines en milieu urbain. Elle s'est substituée aux mesures par TEOM seul qui ne prenaient pas en compte les aérosols semi volatils.

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Mesures du carbone suie et de sa part liée à la combustion fossile

Méthode – normes

La mesure de carbone suie est effectuée à l'aide d'un aéthalomètre AE33, qui consiste à mesurer la lumière absorbée par les particules prélevées sur une bande filtrante. La différence d'absorption de la lumière entre une bande exposée aux particules et une bande non exposée détermine le coefficient d'absorption de la lumière par ces particules. Sur la longueur d'onde à 830 nm, ce coefficient d'absorption permet d'estimer spécifiquement la contribution du carbone suie issue des combustions.

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Annexe 4 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites urbains

Les sites urbains sont localisés dans une zone densément peuplée en milieu urbain et de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution ; ils caractérisent la pollution moyenne de cette zone.



sites périurbains

Les sites périurbains sont localisés dans une zone peuplée en milieu périurbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.

Annexe 5 : polluants

Les oxydes d'azote (NO_x)

Les NO_x comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (53 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

Les particules

Les particules constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM10), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules fines, appelées PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardiovasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2 25

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

Décret 2010-1250 du 21/10/2010 – arrêté ministériel du 07/04/2016

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS			
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 ⁽¹⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽²⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽²⁾ 3 ^{ème} seuil : 360 ou à partir du 2 ^e jour de prévision de dépassement duseuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽²⁾ 200 ⁽²⁾	-	500 ⁽²⁾
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 ^e jour de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	-

(1) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire.
(2) dépassé pendant 3h consécutives.
(3) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

Seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

Seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

AUTRES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Décret 2010-1250 du 21/10/2010

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	OXYDES D'AZOTE (NO _x)	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO (a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	25	5	-	20 ⁽¹⁾	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽²⁾	-	-	-	125 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation
(2) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 99,4 annuel)
(3) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)
(4) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,79 annuel)
(5) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,73 annuel)
(6) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(7) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25j par an en moyenne sur 3 ans
(8) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(9) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile.

Valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

Valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

	PARTICULES FINES PM2,5		PARTICULES PM10		OZONE O ₃		DIOXYDE D'AZOTE NO ₂		DIOXYDE DE SOUFRE SO ₂		MONOXYDE DE CARBONE CO		
	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme		
Valeurs OMS	15 µg/m ³ a	5 µg/m ³	45 µg/m ³ a	15 µg/m ³			100 µg/m ³ a (moy. sur 8h) 60 µg/m ³ b (saison de pointe)	-	200 µg/m ³ (moy. horaire) 25 µg/m ³ a (moy. sur 24h)	10 µg/m ³	500 µg/m ³ (moy. sur 10 min) 40 µg/m ³ a (moy. sur 24h)	-	100 mg/m ³ (moy. sur 15 min) 35 mg/m ³ (moy. horaire) 10 mg/m ³ (moy. sur 8h) 4 mg/m ³ a (moy. sur 24h)

Annexe 7 : effets des polluants atmosphériques sur la santé

La qualité de l'air représente un enjeu sanitaire majeur. En effet, il s'agit du deuxième facteur de risque de maladies non transmissibles dans le monde selon l'OMS [1]. Selon **Santé publique France**, environ **40 000 décès sont attribuables** chaque année à une exposition chronique aux particules fines (PM2,5), et 7 000 décès sont liés à une exposition au dioxyde d'azote ; ce qui représente respectivement 7 % et 1 % de la mortalité totale annuelle française [2]. Une autre étude de **Santé publique France**, parue en janvier 2025, a montré qu'en Pays de la Loire, chaque année, il serait possible d'éviter jusqu'à 1400 nouveaux cas de maladies respiratoires chez l'enfant et jusqu'à 2 600 nouveaux cas de maladies cardiovasculaires, métaboliques et respiratoires chez l'adulte si les niveaux de pollution de l'air respectaient les valeurs guides de l'OMS [3].

Qu'est-ce qu'un polluant ?

Les polluants sont des molécules présentes dans l'air qui peuvent représenter un danger pour la santé humaine et l'environnement. Ce « danger », c'est-à-dire la capacité qu'à la molécule à provoquer un dommage, dépend de ses propriétés physico-chimiques (charge, solubilité, taille...).

Parmi les polluants surveillés dans l'air, on retrouve :

- **Les particules fines (PM2.5 et PM10)** : elles sont capables de pénétrer profondément dans les poumons, voire d'atteindre la circulation sanguine (pour les particules ultrafines). Elles peuvent entraîner des inflammations chroniques, provoquant des maladies cardiovasculaires, des cancers et des troubles respiratoires.
- **Le dioxyde d'azote (NO₂)** l'inhalation régulière de NO₂ peut aggraver les maladies respiratoires, telles que l'asthme, et rendre les individus plus vulnérables aux infections respiratoires.

D'autres polluants, dont certains ne sont pas réglementés dans l'air (pesticides...), ont des effets sur la santé. Les polluants atmosphériques sont susceptibles d'interagir entre eux, augmentant potentiellement leur toxicité. Par exemple, les particules fines peuvent transporter des métaux lourds ou des hydrocarbures.

Exposition aux polluants atmosphériques

Les polluants, bien que présentant une propriété intrinsèque de toxicité spécifique à la molécule considérée, doivent entrer en contact avec un organisme pour provoquer des dommages. Cette notion d'**exposition** est essentielle, elle désigne le contact direct ou indirect entre un individu et un polluant. L'exposition à la pollution peut être aiguë ou chronique :

1. **Exposition aiguë** : une exposition brève à des concentrations élevées de polluants peut entraîner des effets immédiats, tels que des irritations des voies respiratoires, des crises d'asthme ou des maux de tête.
2. **Exposition chronique** : une exposition prolongée à de faibles niveaux de pollution, cumulée sur plusieurs années, peut entraîner des maladies cardiovasculaires, des cancers, des troubles respiratoires chroniques (BPCO...) et d'autres pathologies graves.

Pourquoi certaines populations sont-elles plus vulnérables ?

Certaines personnes présentent une plus grande susceptibilité aux effets délétères de la pollution atmosphérique. Ces individus font partie des **populations vulnérables**, ce sont notamment les **enfants**, les **personnes âgées** et celles souffrant de **maladies chroniques**.

- **Les enfants** sont particulièrement sensibles en raison de systèmes de défense et de détoxification encore en développement. Leur respiration plus rapide les expose davantage aux polluants présents dans l'air. Selon l'Organisation mondiale de la santé, l'exposition à long terme aux polluants peut entraîner des retards dans le développement pulmonaire, un risque accru d'asthme et d'infections pulmonaires [4].
- **Les personnes âgées** ont des systèmes immunitaires affaiblis, et leurs organes respiratoires sont souvent déjà fragilisés par des pathologies chroniques (BPCO, insuffisance cardiaque, diabète). Cela les rend plus vulnérables aux effets de la pollution, qui peut aggraver leur condition et mener à des complications graves comme des infarctus ou des accidents vasculaires cérébraux.
- **Les individus atteints de maladies chroniques**, telles que l'asthme ou les maladies cardiovasculaires, sont également plus exposés. Les polluants exacerbent leurs symptômes, et l'inflammation systémique déjà présente dans leur organisme est amplifiée, augmentant les risques d'hospitalisation et de complications.

Des améliorations, mais des efforts à poursuivre

La qualité de l'air est réglementée en Europe, des seuils de concentrations atmosphériques pour certains polluants existent depuis plus de 20 ans. De nombreuses politiques publiques de réduction des émissions et des évolutions technologiques ont été mises en place depuis lors. Ces efforts ont porté leur fruit car l'**Agence européenne pour l'environnement** estime qu'entre 2005 et 2022, l'amélioration de la qualité de l'air en France a permis d'éviter **53 % des décès** liés à cette pollution [5].

Cependant, malgré ces progrès, des efforts supplémentaires sont nécessaires. En effet, les seuils réglementaires européens restent supérieurs aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé. Ces dernières, révisées en 2021, fixent des objectifs plus stricts, alignés sur les dernières connaissances scientifiques concernant l'impact de certains polluants sur la santé humaine. On considère aujourd'hui que plus de 95 % de la population des agglomérations françaises est exposée à des seuils de particules fines et d'ozone dépassant les nouvelles valeurs guides de l'OMS [6].

Références

- [1] [Organisation Mondiale de la Santé, «Qualité de l'air ambiant et santé.» \[En ligne\]](#)
- [2] [Santé Publique France, «Impact de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019.» \[En ligne\]](#)
- [3] [Santé Publique France, «Estimation des bénéfices potentiels pour la santé d'une amélioration de la qualité de l'air ambiant en Pays de la Loire.» 2025. \[En ligne\]](#)
- [4] [Organisation Mondiale de la Santé, «Les nouvelles lignes directrices mondiales de l'OMS sur la qualité de l'air visent à éviter des millions de décès dus à la pollution atmosphérique.» WHO. \[En ligne\]](#)
- [5] [European Environment Agency, «Faits saillants sur la pollution de l'air par pays.» \[En ligne\]](#)
- [6] [Commissariat général au développement durable \(CGDD\), «Qualité de l'air : combien d'agglomérations ont dépassé les seuils en 2022 ?..» \[En ligne\]](#)
- [7] [Santé Publique France, «Pollution atmosphérique : quels sont les risques ?.» Santé Publique France. \[En ligne\]](#)



AIR PAYS DE LA LOIRE

5 rue Édouard-Nignon
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02
Fax + 33 (0)2 40 68 95 29
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org