



CHAUFFERIE DE THOUARÉ-SUR-LOIRE

Évaluation de la qualité de l'air
avant mise en place de la chaufferie

Campagne hiver 2026



Sommaire

Synthèse	2
Introduction	4
Dispositif de mesure.....	5
Taux de saisie des mesures	6
Conditions météorologiques	6
Situation vis-à-vis de la réglementation	7
Résultats pour les particules PM10	7
Résultats pour les particules fines PM2.5	11
Résultats pour le dioxyde d'azote NO ₂	14
Part estimée de combustion biomasse.....	18
Conclusions et perspectives.....	20
Annexes	22

Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Eneour LE GUIBAN,

Mise en page : Bérangère Poussin,

Exploitation du matériel de mesure : François Fauchoux

Validation : François Ducroz

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 de l'environnement, précisé par l'arrêté du 2 août 2025 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 le collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire pour avoir permis l'installation et le raccordement de la remorque-laboratoire durant le mois de mesure de la campagne.

Synthèse

Contexte et objectif

Dans son objectif d'atteindre une consommation locale 100 % 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 combinant une part de combustion de bois (83 %), une part de production solaire (13 %), et une part de combustion de gaz (4 %) va être construite sur le site du parc des sports à proximité du collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire, permettant d'alimenter notamment le collège Les Sables d'Or, le centre technique municipal, le complexe sportif, ainsi que la future cuisine centrale et le futur équipement multifonction.

Nantes Métropole a sollicité Air Pays de la Loire afin **de réaliser un état des lieux de la qualité de l'air dans ce quartier avant l'installation de la chaufferie biomasse**. Cette campagne permettra également d'évaluer l'influence de la future chaufferie sur la qualité de l'air une fois en fonctionnement.

Moyens

Des mesures automatiques ont été installées au niveau du parking du collège Les Sables d'Or, situé à 130 mètres de la future chaufferie sous les vents de sud. Une première campagne de mesure a été réalisée du 10 mars au 7 avril 2025. En l'absence de vents de sud lors de cette première campagne, une seconde campagne a été mise en œuvre entre le 3 février 2026 et le 10 mars 2026.

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, avant la construction de la future chaufferie. Ce rapport présente les mesures réalisées en 2026.

Résultats

Cette seconde campagne de mesure a permis de consolider les conclusions du premier état des lieux de la qualité de l'air mené en 2025, en situant les niveaux par rapport à ceux relevés en stations permanentes d'Air Pays de la Loire par flux de sud à sud-ouest. Ces nouvelles mesures ont permis de compléter les observations par vents provenant de la future chaufferie, avant sa mise en route.

Les résultats montrent :

- Des niveaux en PM10 et PM2.5 de même ordre sur le site de Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à Bouteillerie, et qu'en milieu périurbain à Saint Étienne de Montluc.
- Des niveaux de NO₂ plus faibles à Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à Bouteillerie, en lien avec un environnement moins exposé au trafic routier, mais plus élevés qu'en milieu périurbain à Saint Étienne de Montluc.
- Des niveaux de carbone suie liés à la combustion de biomasse plus marqués sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à la Bouteillerie, notamment en soirée.
- Par vents provenant de la future chaufferie, des niveaux à Thouaré-sur-Loire de même ordre qu'en milieu urbain et périurbain pour les particules PM10 et PM2.5, et intermédiaires entre urbain et périurbain pour le NO₂. Des niveaux plus élevés ont été relevés en soirée sur le carbone suie d'origine biomasse.

Finalement, la qualité de l'air est typique d'une zone périurbaine, sans spécificité particulière par vents de sud.

Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Comparaison aux valeurs réglementaires						
Valeur de référence	NO ₂		PM10		PM2.5	
Exposition aiguë	Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26					
Seuil d'information	200 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	50 µg/m ³ en moyenne journalière	—	-	
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	80 µg/m ³ en moyenne journalière	✓	-	
Valeur limite	200 µg/m ³ en moyenne horaire <i>à ne pas dépasser plus de 18h par an</i>	✓	50 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 35 jours par an</i>	✓	-	
Valeur guide OMS	200 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	45 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	—	15 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	X*
	25 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	—				
Exposition chronique						
Valeur limite	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	25 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Objectif qualité	-		30 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Valeur cible	-		-		20 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Valeur guide OMS	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	15 µg/m ³ en moyenne annuelle	—	5 µg/m ³ en moyenne annuelle	X

✓ : respect constaté de la valeur de référence ; ✓ : respect probable de la valeur de référence ; — : possible dépassement de la valeur de référence ; X : dépassement constaté de la valeur de référence

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 (4 jours de dépassement des 15 µg/m³ en moyenne journalière) s'inscrit dans un épisode national de hausse des particules fines en lien avec une remontée de sable du Sahara conjuguée aux émissions locales de PM2.5.

Une campagne de mesure supplémentaire sera menée une fois la chaufferie en fonctionnement, afin d'évaluer l'influence de celle-ci sur la qualité de l'air.

Introduction

Dans son objectif d'atteindre une consommation locale 100 % 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 combinant une part de combustion de bois (83 %), une part de production solaire (13 %), et une part de combustion de gaz (4 %) va être construite sur le site du parc des sports à proximité du collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire, permettant d'alimenter notamment le collège Les Sables d'Or, le centre technique municipal, le complexe sportif, ainsi que la future cuisine centrale et le futur équipement multifonction.

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, a sollicité Air Pays de la Loire afin **de réaliser un état des lieux de la qualité de l'air** avant la mise en fonctionnement de la future chaufferie collective, dans le but d'évaluer son impact sur la qualité de l'air une fois en fonctionnement.

Pour cela, une première campagne de mesure a été déployée du 10 mars 2025 au 7 avril 2025 au niveau du parking du collège Les Sables d'Or, à 110 mètres de l'emplacement de la future chaufferie sous les vents de sud. **Compte tenu de la trop faible fréquence des vents en provenance de la future chaufferie de Thouaré-sur-Loire durant la première campagne, une seconde campagne de mesure avant mise en route de celle-ci a été mise en œuvre entre le 3 février et le 10 mars 2026.**

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 fournissent des informations supplémentaires sur l'origine de ces particules (combustion de biomasse, combustion de combustibles fossiles).

Ce rapport présente les résultats relatifs à la seconde campagne de mesure menée sur le site du collège des Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire.

Dispositif de mesure

Afin d'établir l'état des lieux de la qualité de l'air, le laboratoire mobile a été installé au niveau du parking du collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire. Ce site est situé à 130 mètres de l'emplacement de la future chaufferie biomasse collective, et est sous son influence par vents de secteur sud (180 à 190°N).

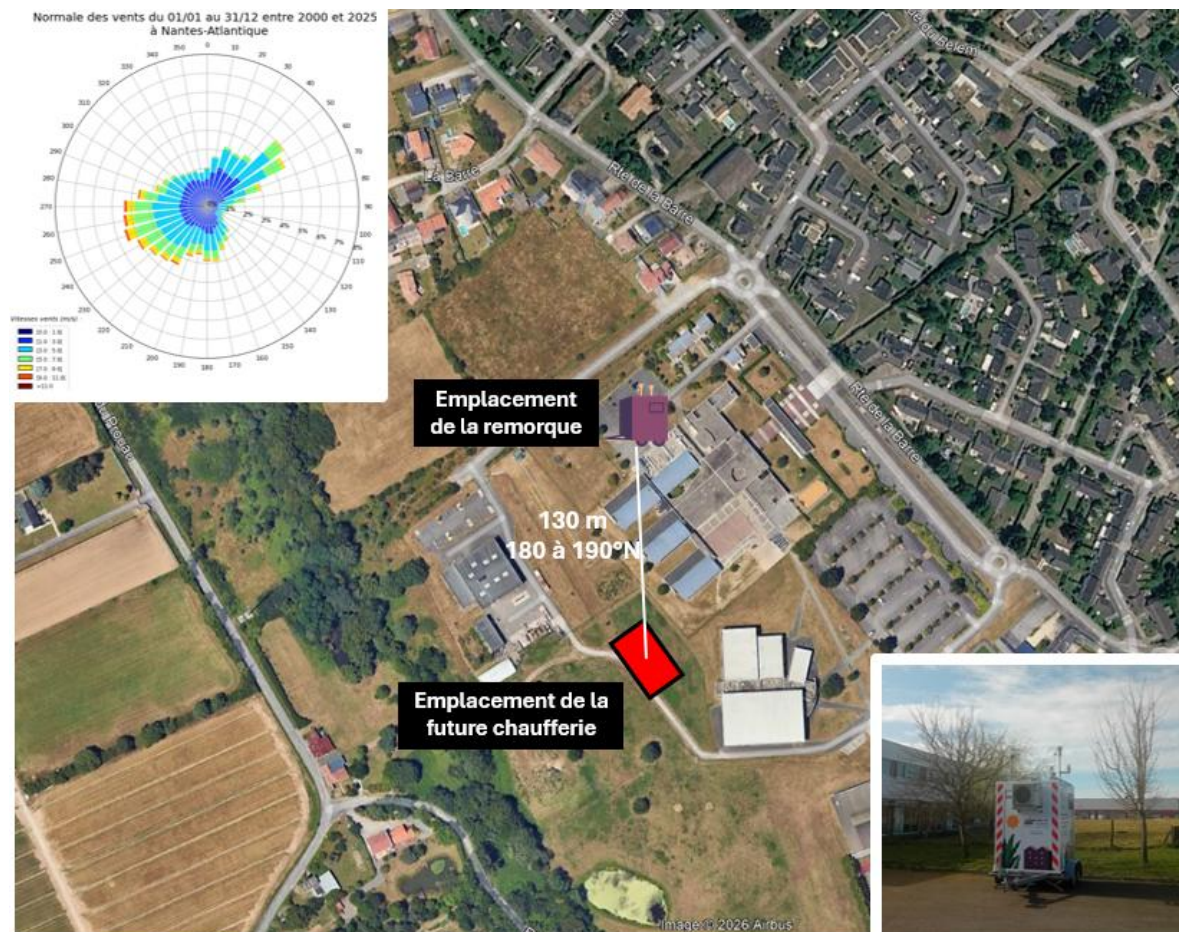


Figure 1 : emplacement du site d'implantation des instruments de mesure automatique (pictogramme violet) et de la chaufferie biomasse (encadré rouge)

En haut à gauche : rose des vents calculée sur 25 ans ; en bas à droite : photo de la station de mesure

Le laboratoire mobile est équipé d'analyseurs automatiques permettant la mesure en continu du dioxyde d'azote et particules PM10 et PM2.5, au pas de temps quart-horaire. En effet, ces polluants sont réglementés dans l'air ambiant, ont un impact sanitaire (présence de valeurs guides OMS qui peuvent être dépassées en milieu urbain) et sont émis par les procédés de combustion, notamment la combustion de biomasse.

En complément, la part de particules de carbone suie issues de combustion biomasse a été estimée par un aéthalomètre AE-33. Ce type de mesure permet d'estimer la part de carbone suie émise par la combustion de biomasse et de la distinguer de la part émise par combustion de combustible fossile.

Les mesures ont été effectuées du 3 février 2026 au 10 mars 2026.

À des fins de comparaison, les mesures effectuées au collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire sont comparées aux mesures permanentes effectuées sur le réseau de station de mesure d'Air Pays de la Loire :

- **Bouteillerie** : cette station située au cimetière de la Bouteillerie, à Nantes, mesure le niveau de fond urbain,
- **Saint Étienne de Montluc** : cette station, située en milieu industriel peu influencé, est représentative d'un niveau de fond périurbain pour le dioxyde d'azote et les particules.

	Thouaré	Bouteillerie	Saint Étienne de Montluc
PM10 et PM2.5	✓	✓	✓
NO ₂	✓	✓	✓
Carbone suie	✓	✓	

Taux de saisie des mesures

Le taux de saisie des mesures correspond à la proportion des mesures valides au sein de la période de mesure. Les taux de saisie des mesures automatiques sont présentés dans le tableau suivant :

	PM10	PM2.5	NO ₂	AE33 (part biomasse)
Taux de saisie des mesures horaires du 03/02/2026 au 10/03/2026	98 %	98 %	97 %	96 %

Des taux de saisie de plus de 96 % ont été relevés sur les mesures automatiques, traduisant un bon fonctionnement des différents analyseurs.

Conditions météorologiques

Au cours de la campagne de mesure, les vents de secteur sud, en provenance de la future chaufferie, ont été majoritaires, tandis que les flux de nord-est ont été sous-représentés par rapport aux normales climatiques. Les flux de sud-ouest sont représentatifs de conditions dépressionnaires.

Le site de mesure au niveau du collège est exposé aux vents de la future chaufferie pour le secteur de vents de vents de 180 à 190°N. Ces vents ont représenté 62 heures au cours de la campagne, soit environ 7,2 % du temps de mesure (cf. rose des vents ci-dessous). 170 mm de précipitations cumulées ont été enregistrées durant la campagne, soit +106 % par rapport à la normale (moyenne des précipitations sur la même période, les 25 dernières années).

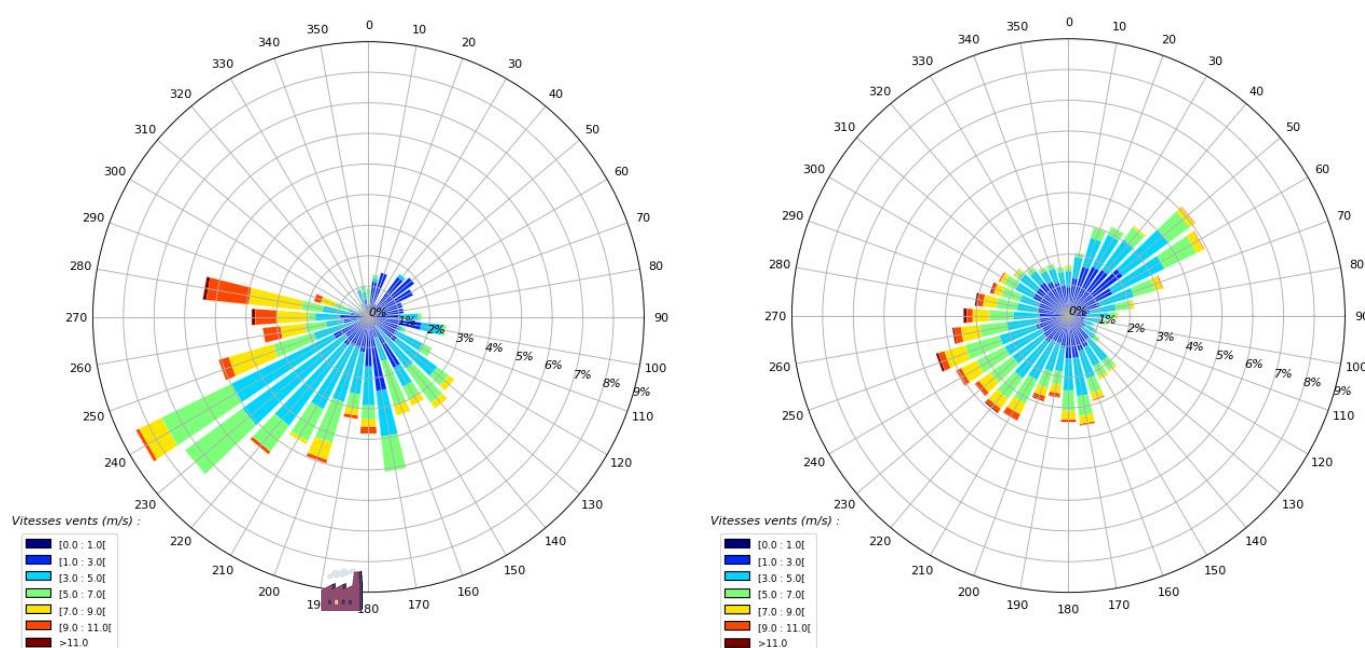


Figure 2 : roses des vents à Nantes-Atlantique du 3 février au 10 mars 2026 (à gauche) ; normale des vents à Nantes-Atlantique sur la période spécifique de la campagne (à droite). Sources : données Météo-France

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 par rapport au nord 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

VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Les valeurs guides de l'OMS : *NON CONTRAIGNANTES*

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) détermine les niveaux d'exposition (en concentrations et durées) pour protéger la santé des populations et des végétaux, ce sont les « valeurs guides ». Ces lignes directrices visent à donner des conseils sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air aux responsables de l'élaboration des politiques. Les dernières valeurs guides publiées par l'OMS datent de septembre 2021.

Les valeurs réglementaires :

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées au niveau européen dans des directives, et sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

- **Seuils de déclenchement des épisodes de pollution :** *exposition court terme à une pollution aiguë (1h à 24h)*

CONTRAIGNANTES

- **Seuil d'information et de recommandation :** seuil à partir duquel la concentration d'un polluant atmosphérique peut représenter un risque pour la santé humaine des populations sensibles et justifie une information auprès du grand public.

- **Seuil d'alerte :** seuil au-delà duquel la concentration d'un polluant atmosphérique représente un risque pour la santé humaine et justifie la mise en place de mesures d'urgence afin de réduire les émissions.

- **Autres seuils réglementaires :** *exposition court terme à long terme (1h à 1 an)*

CONTRAIGNANTE

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

NON CONTRAIGNANTES

- **Objectif de qualité :** niveau de pollution atmosphérique à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

- **Valeur cible :** niveau à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

Résultats pour les particules PM10



Les particules fines PM10 et PM2,5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10µm et 2,5µm, elles sont de nature variée, naturelles ou d'origine humaine. Les PM10 proviennent principalement de l'agriculture, du chauffage au bois, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2,5 sont essentiellement liées au chauffage au bois, à l'industrie, à l'agriculture et aux transports routiers.



Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.



Les phénomènes sont généralement de grande envergure (échelle régionale ou nationale). La pollution produite localement s'ajoute alors à une pollution importée d'autres régions.



Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.



Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes les plus évidentes. Certaines particules fines, appelées « carbone suie », contribueraient au réchauffement climatique.

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 des concentrations fait l'objet d'une **valeur limite**, fixée à 40 µg/m³, et d'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 à 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 série de données, ici l'ensemble des mesures horaires :

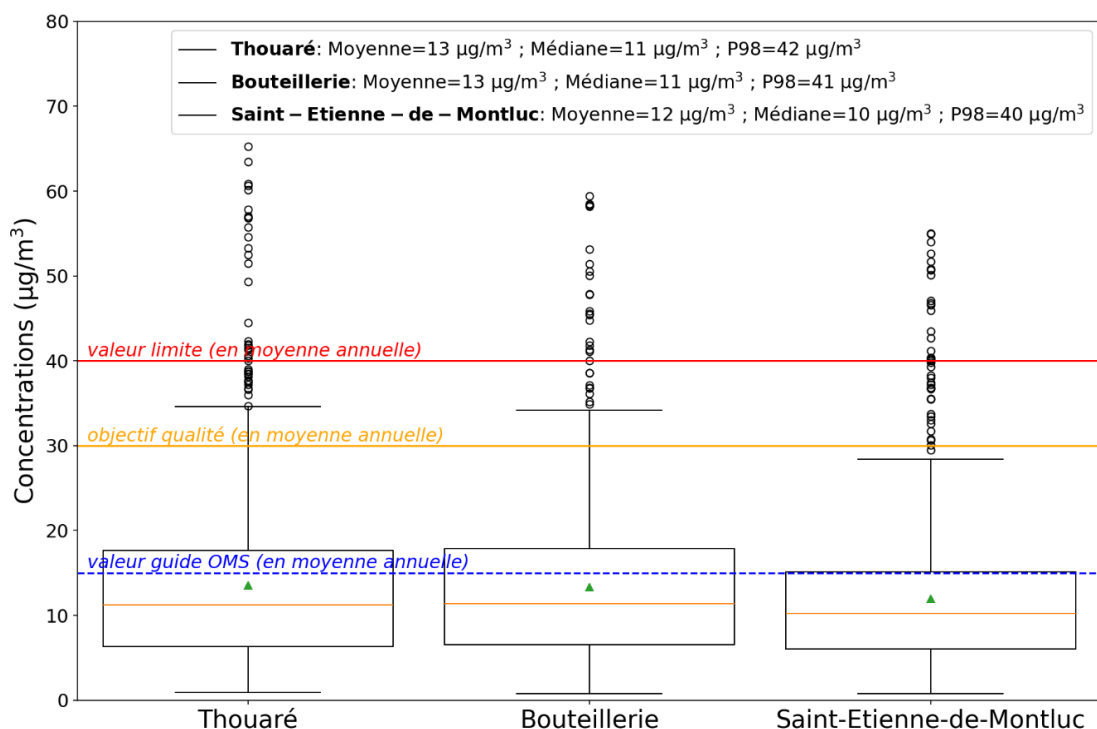
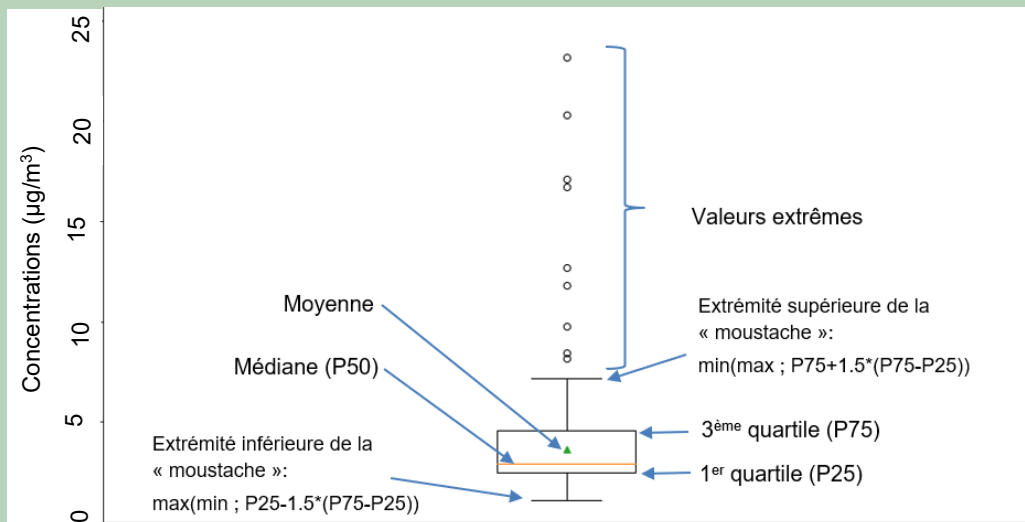


Figure 3 : boxplots des concentrations horaires en PM_{10} , du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- La concentration moyenne en PM_{10} sur le site de Thouaré-sur-Loire ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est similaire à celles relevées en milieu urbain ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Bouteillerie), et en milieu périurbain ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint Étienne de Montluc).
- De la même manière que lors de la campagne de 2025, l'objectif de qualité, fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et la valeur limite fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, ont une forte probabilité d'être respectés, par comparaison aux mesures permanentes qui n'ont pas dépassé ces valeurs en 2025 et les années précédentes.
- Un dépassement de la valeur guide de l'OMS fixée à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, n'est pas à exclure sachant que cette valeur a été dépassée en 2022, et approchée en 2023 sur le site de la Bouteillerie.

La figure suivante présente l'évolution des concentrations journalières en PM10 durant la campagne.

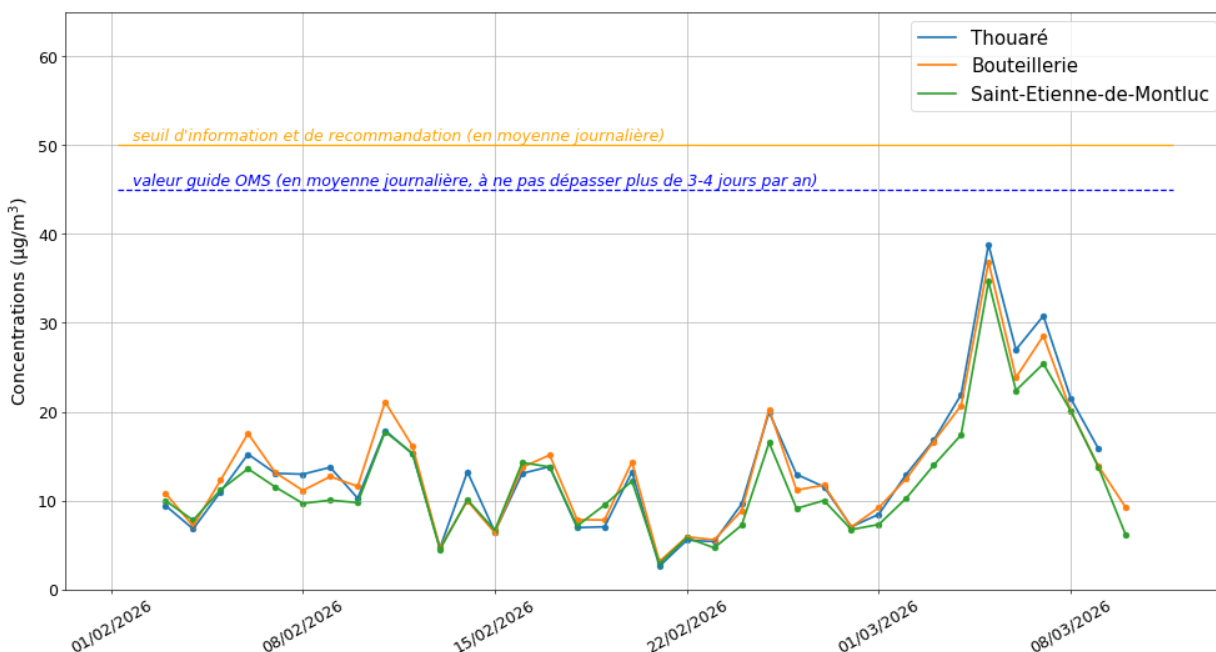


Figure 4 : évolution des concentrations journalières en PM10, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats indiquent :

- Une bonne corrélation des niveaux moyens journaliers en PM10 entre les trois sites, traduisant une influence régionale sur ce polluant.
- Les niveaux relevés sur le site de Thouaré-sur-Loire sont proches de ceux relevés au niveau du cimetière de la Bouteillerie.
- Le seuil d'information et de recommandation n'a jamais été dépassé au cours de la campagne de mesure.
- Par comparaison aux stations permanentes, les valeurs limites ont de fortes probabilités d'être respectées à Thouaré-sur-Loire. En revanche, le risque de dépassement n'est pas à exclure pour la valeur guide de l'OMS définie en moyenne journalière, sachant que cette valeur a été dépassée en 2023 au cimetière de la Bouteillerie.

Ces résultats sont en accord avec les conclusions de la campagne menée en 2025 sur le site de Thouaré-sur-Loire.

La figure ci-dessous présente l'évolution des concentrations en PM10 au sein d'une journée moyenne, lorsque les vents proviennent des directions 180 et 190°N, en provenance de la future chaufferie de Thouaré-sur-Loire :

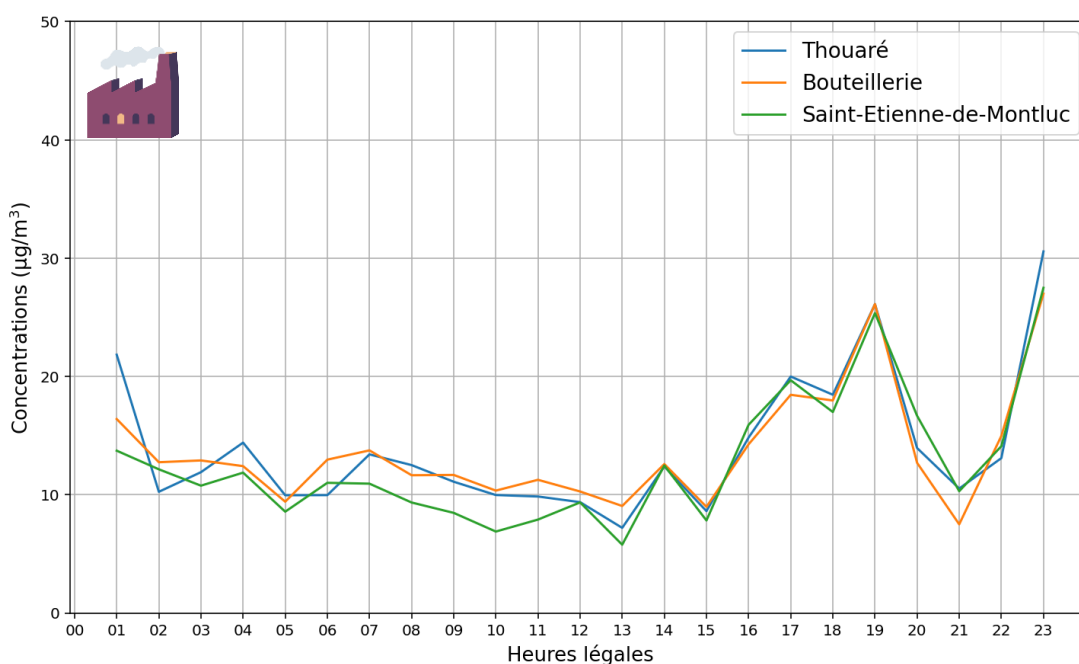


Figure 5 : profils journaliers moyens en particules PM10 par vents provenant des directions 180°N et 190°N, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Lorsque les vents proviennent de la future chaufferie, aucune différence significative n'est relevée entre les mesures de PM10 à Thouaré-sur-Loire et celles du cimetière de la Bouteillerie et de Saint Étienne de Montluc.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS. Les concentrations présentées sont arrondies à la même précision que les valeurs de référence, conformément aux recommandations nationales¹ :

Particules PM10					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à Thouaré	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	Moyenne 13 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30 µg/m ³	Moyenne 13 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	15 µg/m ³	Moyenne 13 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Exposition aigüe			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur limite française	Moyenne journalière	50 µg/m ³ 35 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 39 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'information	Moyenne journalière	50 µg/m ³	Moyenne journalière maximale 39 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'alerte	Moyenne journalière	80 µg/m ³	Moyenne journalière maximale 39 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	45 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 39 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période

Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'a été constaté lors de la campagne. Toutefois, un dépassement du seuil d'information et de recommandation (50 µg/m³ en moyenne journalière) et de la valeur guide de l'OMS (45 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) n'est pas à exclure par comparaison aux années précédentes au niveau du cimetière de la Bouteillerie.

De même, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas à exclure pour les mêmes raisons.

¹ Guide méthodologique pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air – LCSQA

Résultats pour les particules fines 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.
- À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La figure suivante présente sous forme d'un boxplot les statistiques de mesure PM2.5 au cours de la campagne.

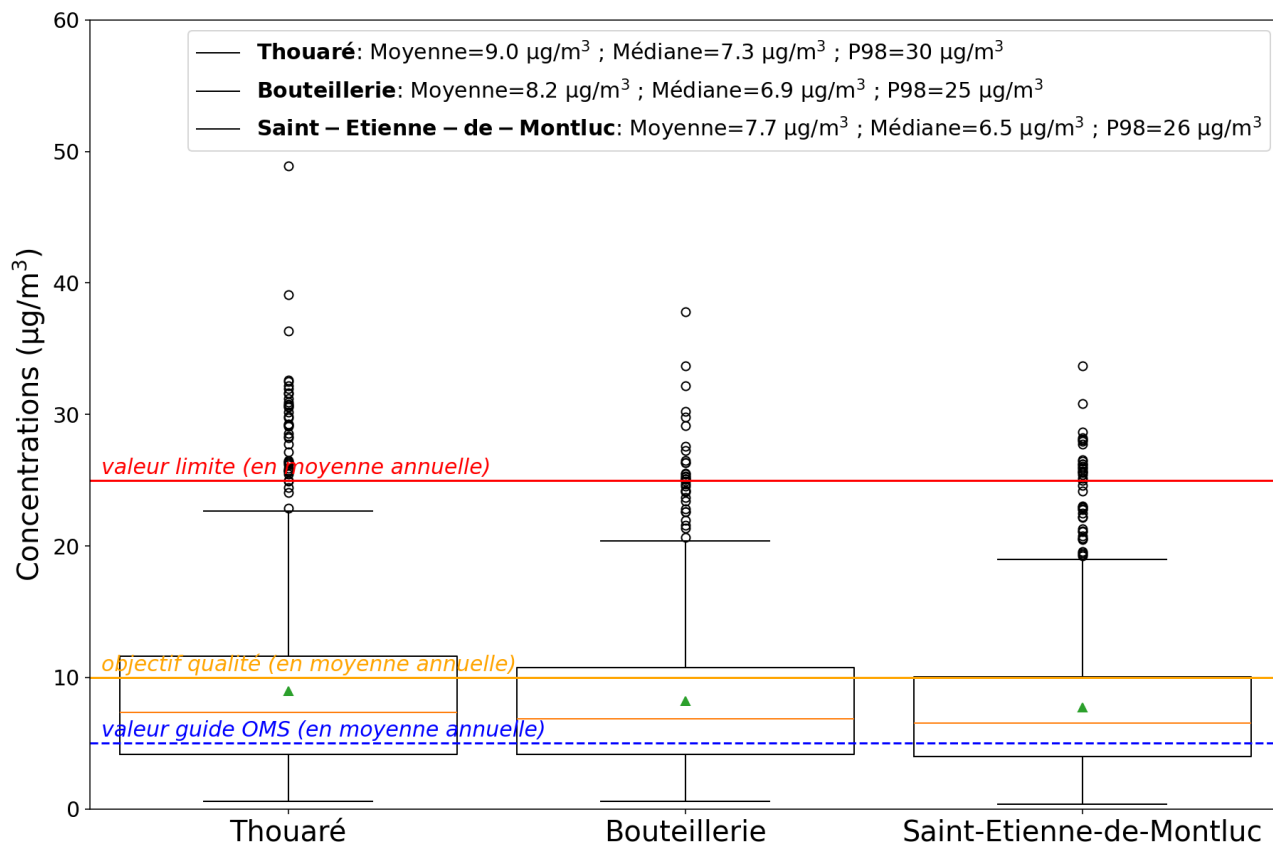


Figure 6 : boxplots des concentrations horaires en PM2.5, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes en PM2.5 relevées à Thouaré-sur-Loire (9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont respectivement 9,8 % et 16 % plus élevées que celles relevées au cimetière de la Bouteillerie (8,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et à Saint Étienne de Montluc (7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Vis-à-vis de la réglementation, par comparaison avec la station de mesure permanente du cimetière de la Bouteillerie, il est probable que la valeur limite annuelle (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) soit respectée à Thouaré-sur-Loire. Il est également probable que l'objectif de qualité (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) soit respecté ou approché.
- La valeur guide annuelle préconisée par l'OMS (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a toutefois de fortes chances d'être dépassée, ce seuil étant dépassé sur l'ensemble des stations de mesure permanentes de la région en 2025 et les années précédentes.

L'évolution des concentrations journalières en PM2.5 confirme le comportement régional des particules avec une corrélation des niveaux entre les 3 sites de mesure :

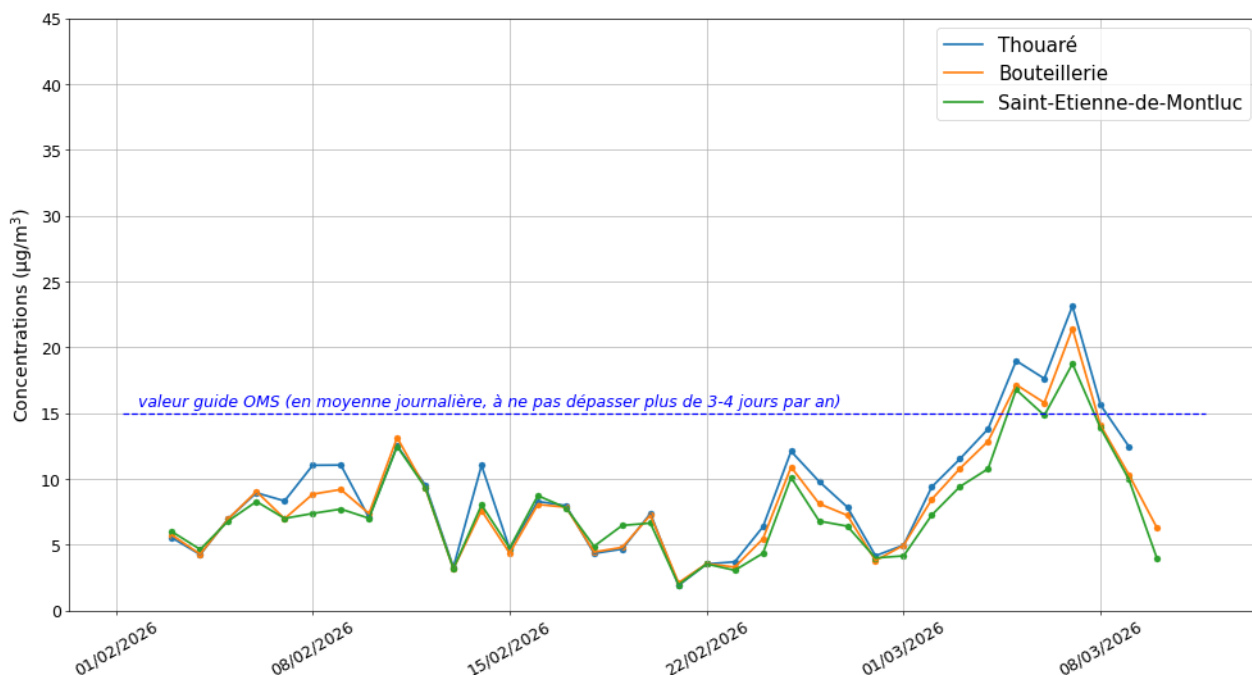


Figure 7 : évolution des concentrations journalières en PM2.5, du 3 février au 10 mars 2026

Lors de la campagne de mesure, la valeur guide journalière de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) a été dépassée. En effet, durant 4 jours (du 5 au 8 mars), les concentrations journalières étaient supérieures à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire, et sur les autres sites de mesure, témoignant d'un phénomène régional, concernant la moitié nord de la France (cf. annexe 1 : hausse nationale des particules fines PM2.5). Cette hausse s'explique par l'import d'une masse d'air chargée en sable du Sahara, conjuguée aux émissions locales de PM2.5.

La figure suivante présente l'évolution des concentrations en PM2.5 au sein d'une journée moyenne, lorsque les vents proviennent des directions 180°N et 190°N , en provenance de la future chaufferie de Thouaré-sur-Loire :

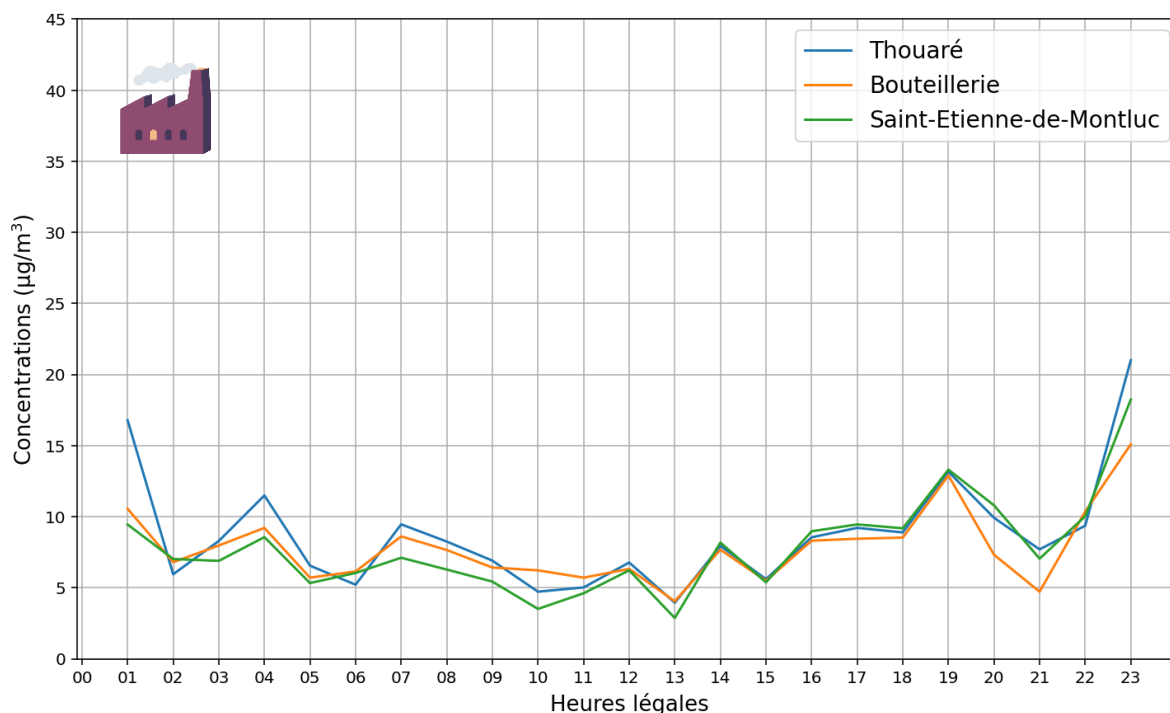


Figure 8 : profils journaliers moyens en particules PM2.5 par vents provenant des directions 180°N et 190°N , du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Lorsque les vents proviennent de la future chaufferie, l'évolution temporelle des concentrations est synchronisée entre les 3 sites, confirmant l'absence d'influence spécifique sur le secteur de Thouaré-sur-Loire.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Particules fines PM2.5					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à Thouaré	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	25 µg/m ³	Moyenne 9 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur cible	Moyenne annuelle	20 µg/m ³	Moyenne 9 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	10 µg/m ³	Moyenne 9 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	5 µg/m ³	Moyenne 9 µg/m ³	✗	Moyenne mesurée sur la période supérieure au seuil
Exposition aiguë			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	15 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 23 µg/m ³	✗	Moyenne journalière maximale mesurée sur la période supérieure au seuil

L'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées durant la campagne. Néanmoins un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an a été constaté durant la campagne.

Par ailleurs, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle est très probable étant donné que celle-ci est dépassée sur l'ensemble des stations dans les Pays de la Loire.

Résultats pour le dioxyde d'azote NO₂

? 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).	🕒 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.	📍 Les taux de NO_x sont généralement plus élevés près des voies de circulation et sous les vents des établissements industriels à rejets importants.	👤 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.	🌳 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.
---	---	---	---	---

Les oxydes d'azote (NO_x) correspondent à la somme des concentrations de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂). Les procédés de combustion, incluant la combustion du bois, conduisent à l'émission principalement de monoxyde d'azote (NO), qui s'oxyde rapidement pour former le dioxyde d'azote (NO₂). En termes d'impact sanitaire, seul le dioxyde d'azote (NO₂) est réglementé dans l'air ambiant.

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, et un seuil d'alerte fixé à 400 µg/m³ en moyenne horaire.
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise des valeurs guides de 200 µg/m³ en moyenne horaire, 25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et 10 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot la répartition statistique des mesures sur les 3 sites de mesure au cours de la campagne :

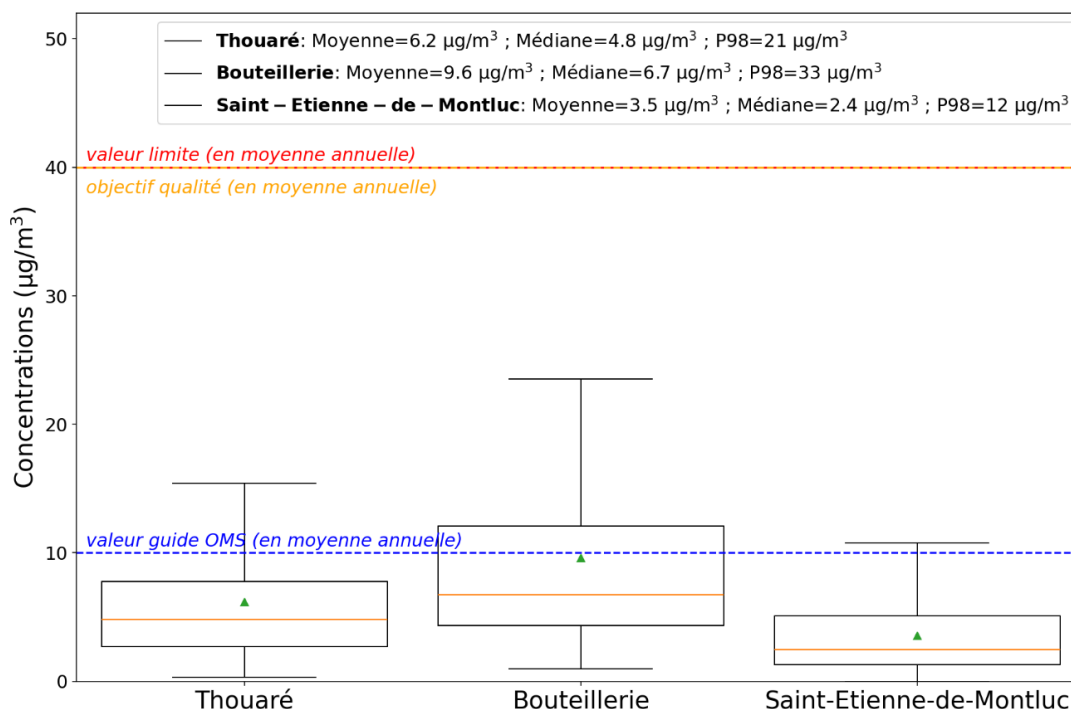


Figure 9 : boxplots des concentrations horaires en NO₂, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations en NO₂ à Thouaré-sur-Loire (6,2 µg/m³) sont 35 % inférieures à celles relevées en milieu urbain (9,6 µg/m³ à Bouteillerie), mais 77 % supérieures à celles enregistrées en milieu périurbain de Saint Étienne de Montluc (3,5 µg/m³). Cela s'explique par une plus faible densité urbaine ainsi qu'une plus faible influence du trafic routier sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire par rapport au site du cimetière de la Bouteillerie.
- Du point de vue de la réglementation, par comparaison à la station de la Bouteillerie qui respecte la valeur limite en moyenne annuelle, il est probable que ce seuil soit également respecté sur le site de Thouaré-sur-Loire.
- Un respect de la valeur guide annuelle de l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle) est probable compte tenu des niveaux plus faibles enregistrés à Thouaré-sur-Loire par rapport à Bouteillerie.

La figure suivante présente l'évolution des concentrations moyennes journalières en NO₂ durant la campagne :

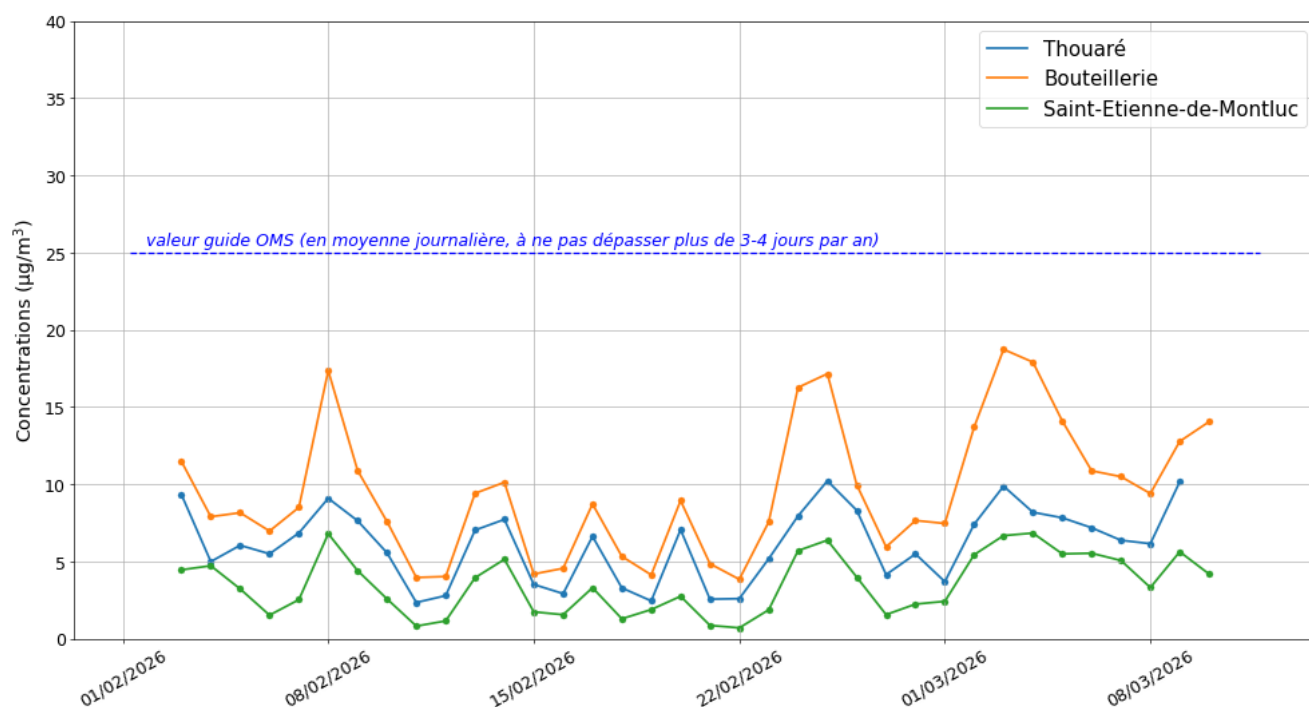


Figure 10 : évolution des concentrations moyennes journalières en NO₂, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Les niveaux journaliers moyens en NO₂ enregistrés sur le site de Thouaré-sur-Loire sont intermédiaires entre ceux de la station périurbaine de Saint Étienne de Montluc et ceux de la station urbaine de Bouteillerie, confirmant une exposition au trafic routier globalement plus faible sur le site du collège qu'en centre-ville de Nantes.
- Un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière n'est toutefois pas à exclure par comparaison aux valeurs enregistrées au cimetière de la Bouteillerie, et plus largement sur les autres sites de la région.

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

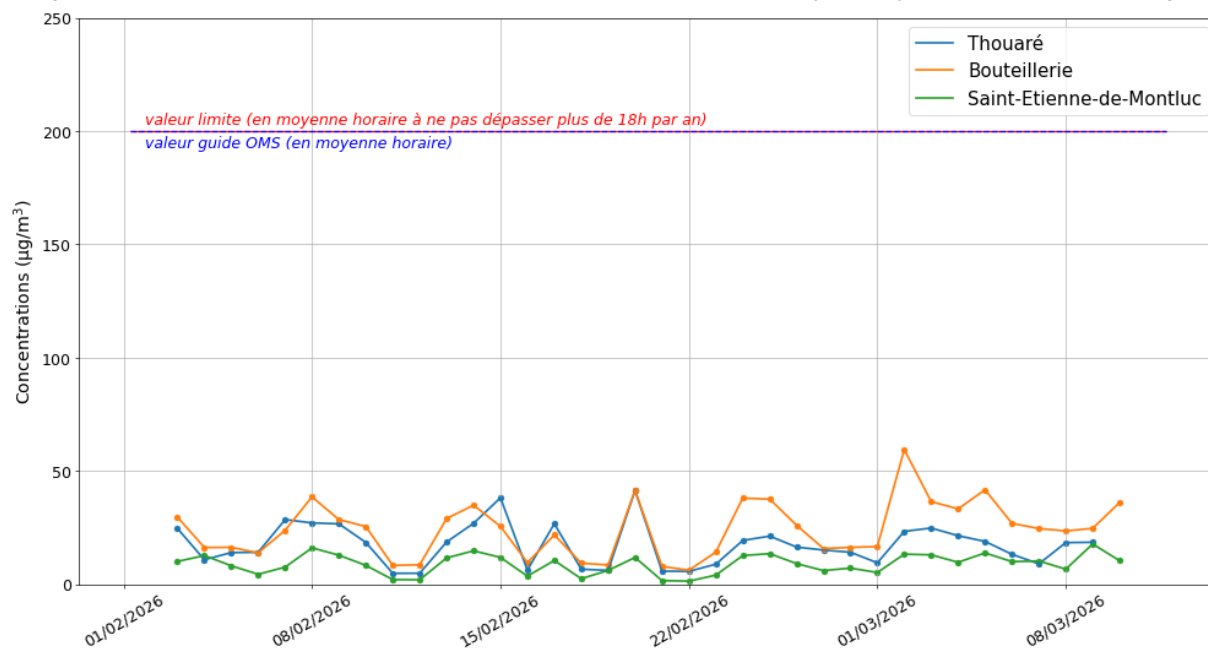


Figure 11 : évolution des concentrations horaires maximales journalières en NO₂, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Les niveaux de pointe relevés sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire sont de même ordre ou inférieurs à ceux relevés à Bouteillerie.
- Sur l'ensemble des journées de la campagne, la valeur limite (200 µg/m³ en moyenne horaire) n'est jamais atteinte. Un maximum horaire de 41 µg/m³ a été enregistré sur le site de Thouaré-sur-Loire le 20/02/2026 à 10h, soit près de 5 fois plus faible que le seuil d'information et de la valeur guide de l'OMS, fixés à 200 µg/m³ en moyenne horaire.

L'évolution des concentrations de NO₂ au sein de la journée, lorsque les vents proviennent de la direction de la future chaufferie de Thouaré-sur-Loire (180 à 190°N) est présentée ci-dessous :

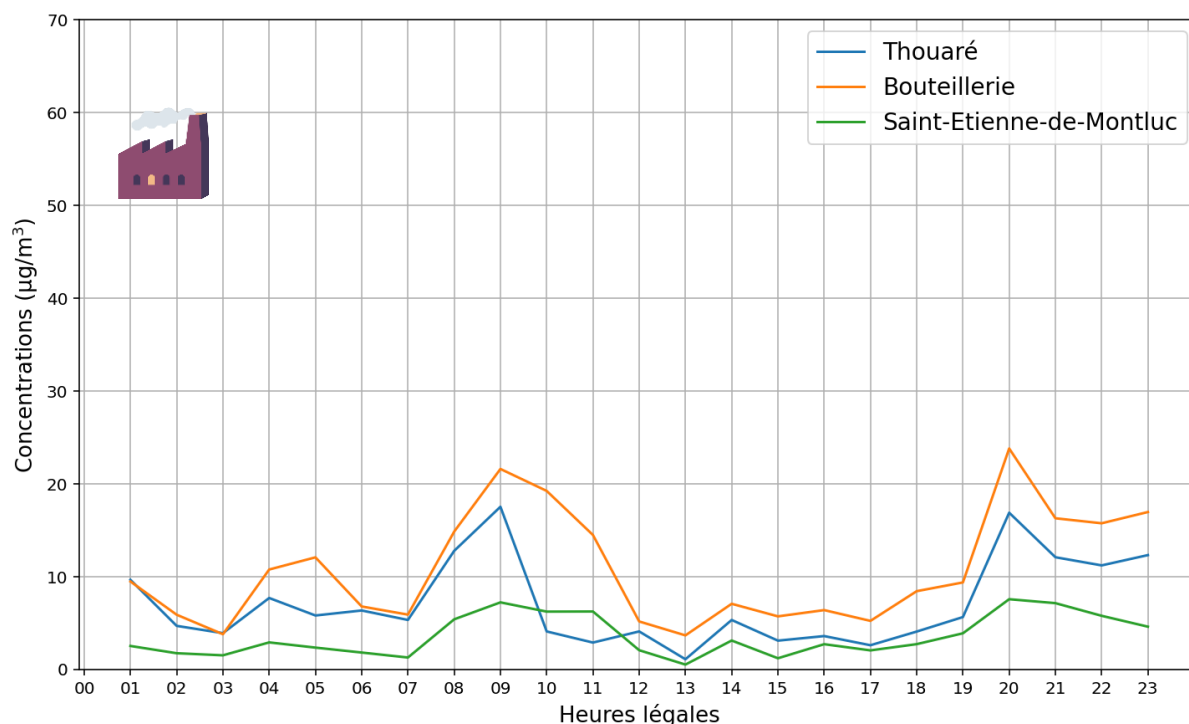


Figure 12 : profils journaliers des concentrations en NO₂ par vents provenant des directions 180°N et 190°N, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent que :

- Les niveaux de NO₂ relevés sur le site de Thouaré-sur-Loire, lorsque les vents proviennent de la future chaufferie, sont intermédiaires entre ceux de la station Bouteillerie et de Saint Étienne de Montluc.
- Deux élévations des concentrations sont retrouvées en journée : une première le matin autour de 9h, et une seconde le soir vers 20h. Ces élévations sont expliquées par la concomitance de deux phénomènes : des émissions d'oxydes d'azote plus élevées durant ces heures, en lien avec les trajets domicile-travail, et des conditions météorologiques propices à l'accumulation des polluants le matin et le soir. Par vents de sud, l'évolution temporelle des concentrations au sein de la journée est synchrone entre les trois sites, indiquant une absence d'influence spécifique sur le site de Thouaré-sur-Loire dans ces directions de vents.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Dioxyde d'azote (NO ₂)					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à Thouaré	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	Moyenne 6 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	10 µg/m ³	Moyenne 6 µg/m ³	✓	Moyennes mesurées sur la période supérieures au seuil sur les sites 1 et 2
Exposition aiguë			Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26		
Valeur limite française	Moyenne horaire	200 µg/m ³ 18 heures maximum par an	Moyenne horaire maximale 41 µg/m ³	✓	Aucune heure de dépassement sur la période
Seuil d'information	Moyenne horaire	200 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 41 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	400 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 41 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2005)	Moyenne horaire	200 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 41 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	25 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 10 µg/m ³	✓	Aucun jour de dépassement sur la période

L'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées durant la campagne. Cependant, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière n'est pas à exclure, par comparaison aux valeurs enregistrées au cimetière de la Bouteillerie, et plus largement sur les autres sites de la région.

Part estimée de combustion biomasse

De manière générale, les particules PM10 et PM2.5 peuvent être issues de différentes sources (combustion, remise en suspension de particules, formées par réaction chimique, embruns marins, ...). Le carbone suie est un type de particules faisant partie de la catégorie des PM2.5, et est formé par la combustion incomplète d'hydrocarbures fossiles ou de biomasse.

Afin de pouvoir distinguer la **contribution de la combustion de biomasse** de celle de la **combustion d'hydrocarbures fossiles**, au sein des particules de carbone suie, un aéthalomètre AE33 a été installé dans la remorque laboratoire.

L'évolution des concentrations horaires de carbone suie en lien avec la combustion de biomasse durant la campagne est présentée dans la suite :

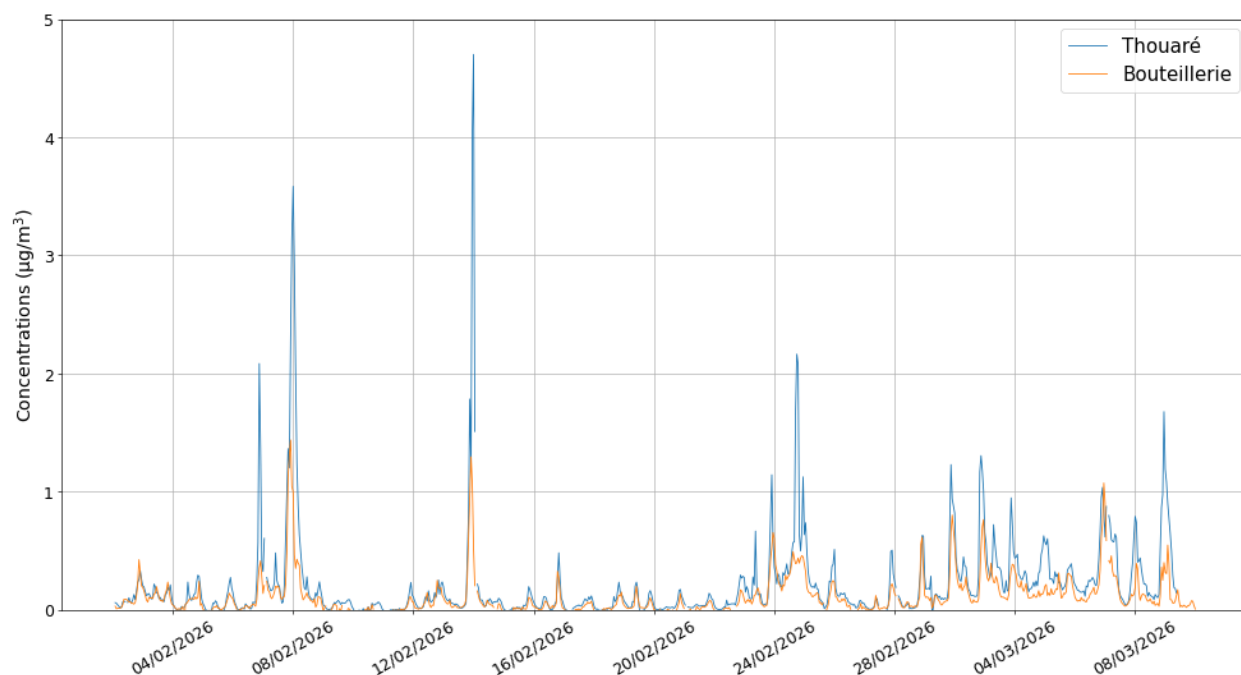


Figure 13 : évolution des concentrations horaires de carbone suie liée à la combustion biomasse, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats montrent :

- Une bonne corrélation entre les niveaux de carbone suie liés à la combustion de biomasse relevés sur le site de Thouaré-sur-Loire et ceux relevés à Bouteillerie.
- Des hausses de concentrations plus prononcées sur le site de Thouaré-sur-Loire, comparativement au cimetière de la Bouteillerie.

L'évolution des concentrations de carbone suie en lien avec la combustion de biomasse au sein de la journée est présentée ci-dessous :

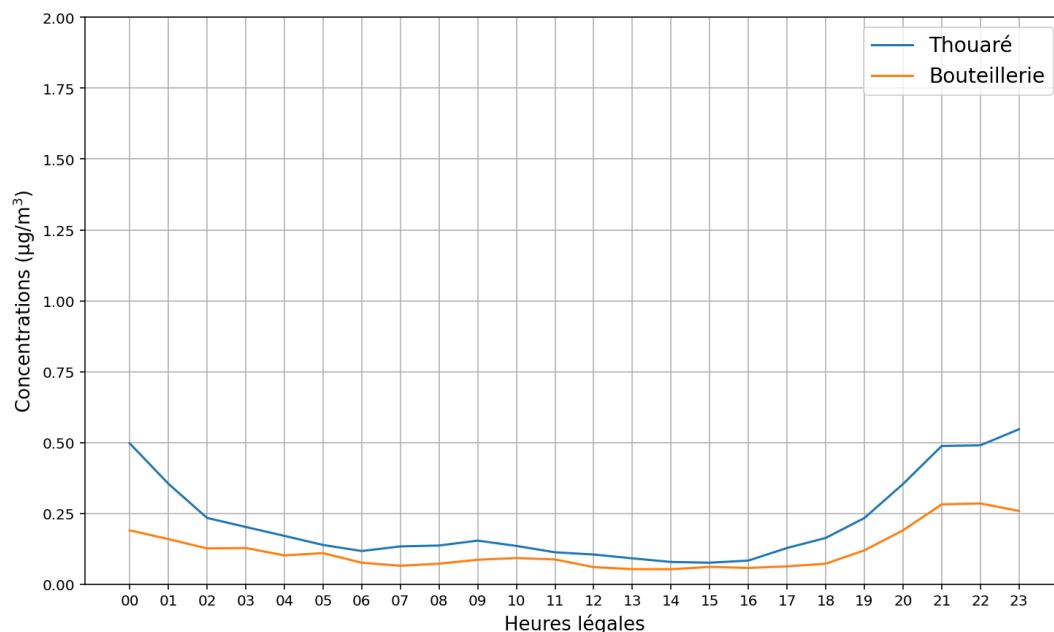


Figure 14 : profils journaliers des concentrations en carbone suie liées à la combustion biomasse, du 3 février au 10 mars 2026

Les résultats indiquent :

- Un profil homogène entre les 2 sites, avec des niveaux minimums en journée, maximums le soir, et qui diminuent dans la nuit, en lien avec la dynamique des émissions issues du chauffage individuel au bois.
- une influence liée à la combustion de biomasse plus élevée notamment en soirée sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire par rapport au cimetière de la Bouteillerie. Une explication possible est la présence d'émissions liées au chauffage individuel au bois (maisons individuelles) plus marquées à Thouaré-sur-Loire qu'en centre-ville de Nantes.

La figure précédente a été tracée par vents provenant de la direction de la future chaufferie :

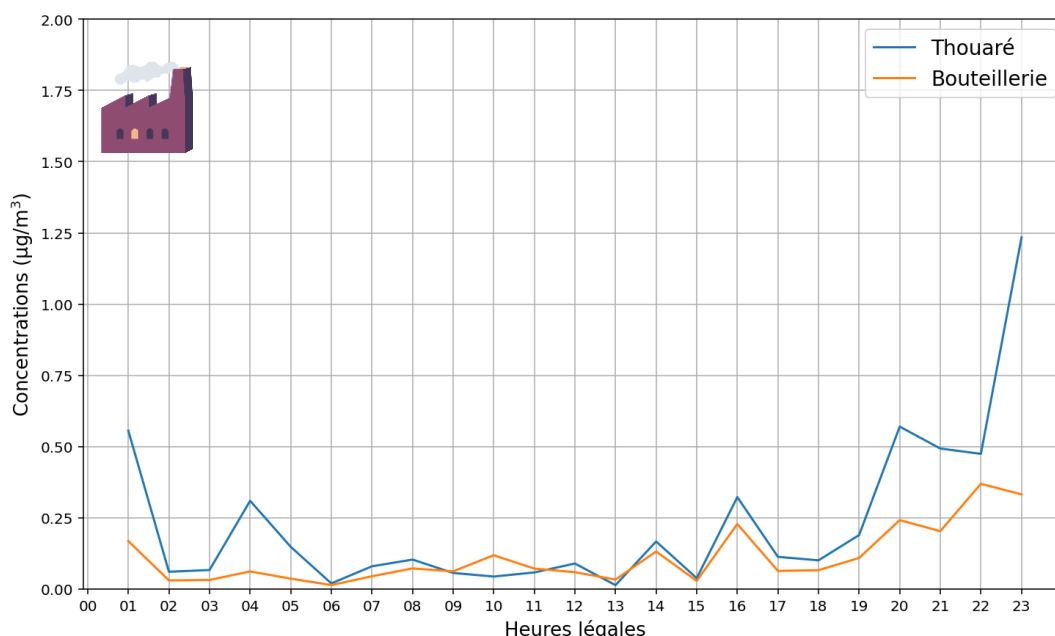


Figure 15 : profils journaliers des concentrations en carbone suie liées à la combustion biomasse par vents provenant des directions 180°N et 190°N, du 3 février au 10 mars 2026

Ces résultats confirment une influence de la combustion de biomasse plus élevée sur le site de Thouaré-sur-Loire, lorsque les vents proviennent de la future chaufferie, de la même façon que pour les autres directions de vents. Ainsi, l'influence relevée sur les concentrations en carbone suie par vents provenant de la future chaufferie n'est pas spécifique à ces directions, mais a été relevée plus globalement sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire.

Conclusions et perspectives

Dans son objectif d'atteindre une consommation locale 100 % 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 combinant une part de combustion de bois (83 %), une part de production solaire (13 %), et une part de combustion de gaz (4 %) va être construite sur le site du parc des sports à proximité du collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire, permettant d'alimenter notamment le collège Les Sables d'Or, le centre technique municipal, le complexe sportif, ainsi que la future cuisine centrale et le futur équipement multifonction.

Nantes Métropole a sollicité Air Pays de la Loire afin **de réaliser un état des lieux de la qualité de l'air dans ce quartier avant la mise en fonctionnement de la chaufferie bois**. Une première campagne de mesure a été déployée du 10 mars au 7 avril 2025 au niveau du parking du collège Les Sables d'Or de Thouaré-sur-Loire 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. En l'absence de vents en provenance de la future chaufferie lors de cette première campagne, une seconde campagne a été déployée du 3 février au 10 mars 2026 au niveau du parking du collège de Thouaré-sur-Loire.

Cette seconde campagne de mesure a permis de consolider les conclusions du premier état des lieux de la qualité de l'air mené en 2025, en situant les niveaux par rapport à ceux relevés en stations permanentes d'Air Pays de la Loire par flux de sud à sud-ouest. Ces nouvelles mesures ont permis de compléter les observations par vents provenant de la future chaufferie, avant sa mise en route.

Une campagne de mesure supplémentaire sera menée une fois la chaufferie en fonctionnement, afin d'évaluer l'influence de celle-ci sur la qualité de l'air.

Les résultats montrent :

- Des niveaux en PM10 et PM2.5 de même ordre sur le site de Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à Bouteillerie, et qu'en milieu périurbain à Saint Étienne de Montluc.
- Des niveaux de NO₂ plus faibles à Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à Bouteillerie, en lien avec un environnement moins exposé au trafic routier, mais plus élevés qu'en milieu périurbain à Saint Étienne de Montluc.
- Des niveaux de carbone suie liés à la combustion de biomasse plus marqués sur le site du collège de Thouaré-sur-Loire qu'en milieu urbain à la Bouteillerie, notamment en soirée.
- Par vents provenant de la future chaufferie, des niveaux à Thouaré-sur-Loire de même ordre qu'en milieu urbain et périurbain pour les particules PM10 et PM2.5, et intermédiaires entre urbain et périurbain pour le NO₂. Des niveaux plus élevés ont été relevés en soirée sur le carbone suie d'origine biomasse.

Finalement, la qualité de l'air est typique d'une zone périurbaine, sans spécificité particulière par vents de sud.

Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Comparaison aux valeurs réglementaires						
Valeur de référence	NO ₂		PM10		PM2.5	
Exposition aiguë	Période considérée - 03/02/26 – 10/03/26					
Seuil d'information	200 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	50 µg/m ³ en moyenne journalière	—	-	
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	80 µg/m ³ en moyenne journalière	✓	-	
Valeur limite	200 µg/m ³ en moyenne horaire <i>à ne pas dépasser plus de 18h par an</i>	✓	50 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 35 jours par an</i>	✓	-	
Valeur guide OMS	200 µg/m ³ en moyenne horaire	✓	45 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	—	15 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	X*
	25 µg/m ³ en moyenne journalière <i>à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an</i>	—				
Exposition chronique						
Valeur limite	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	25 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Objectif qualité	-		30 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Valeur cible	-		-		20 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓
Valeur guide OMS	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	✓	15 µg/m ³ en moyenne annuelle	—	5 µg/m ³ en moyenne annuelle	X

✓ : respect constaté de la valeur de référence ; ✓ : respect probable de la valeur de référence ; — : possible dépassement de la valeur de référence ; X : dépassement constaté de la valeur de référence

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 (4 jours de dépassement des 15 µg/m³ en moyenne journalière) s'inscrit dans un épisode national de hausse des particules fines en lien avec une remontée de sable du Sahara conjuguée aux émissions locales de PM2.5.

Une campagne de mesure supplémentaire sera menée une fois la chaufferie en fonctionnement, afin d'évaluer l'influence de celle-ci sur la qualité de l'air.

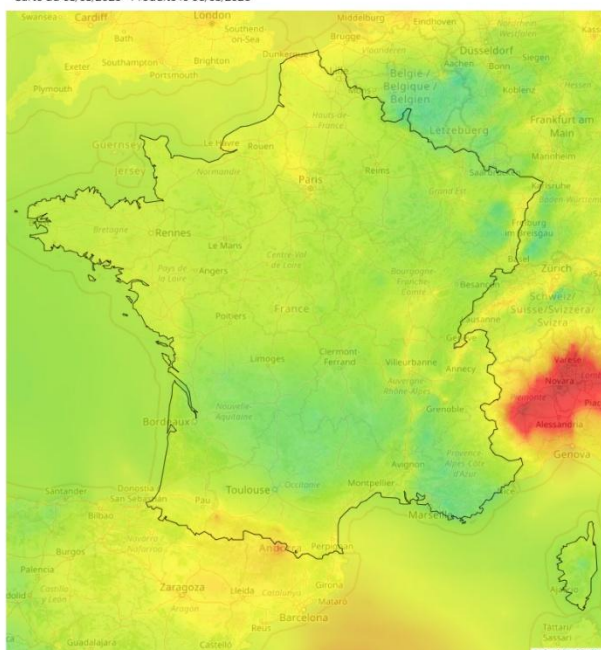
Annexes

- Annexe 1 : hausse nationale des particules fines PM2.5
- 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 2026
- Annexe 7 : effets des polluants atmosphériques sur la santé

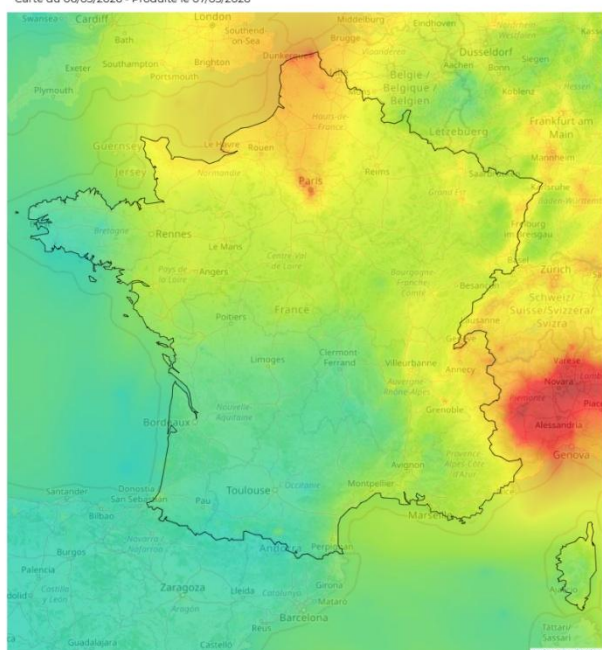
Annexe 1 : hausse nationale des particules fines PM2.5



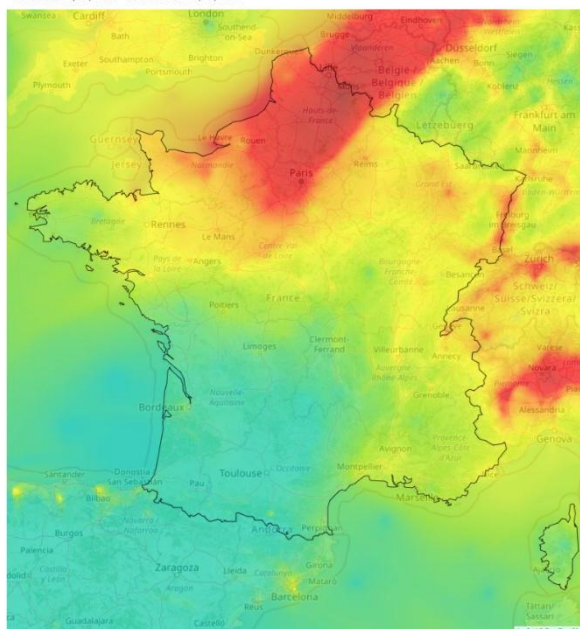
PM_{2.5} - Moyenne journalière - Métropole
Analyse Chimere
Carte du 05/03/2026 - Produite le 06/03/2026



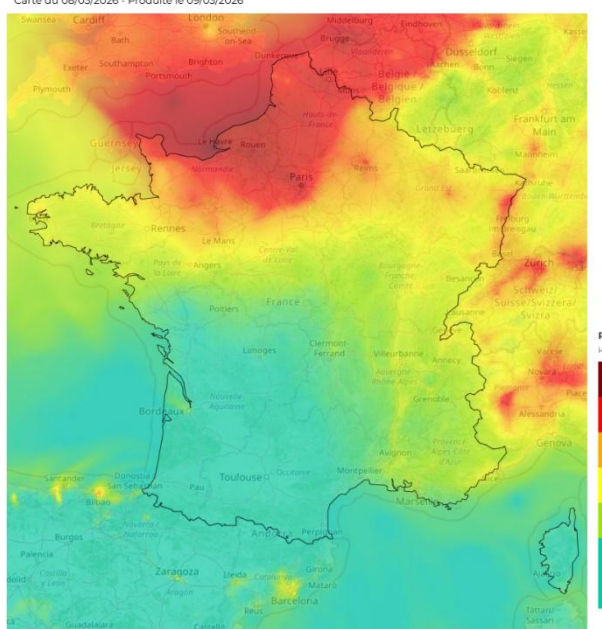
PM_{2.5} - Moyenne journalière - Métropole
Analyse Chimere
Carte du 06/03/2026 - Produite le 07/03/2026



PM_{2.5} - Moyenne journalière - Métropole
Analyse Chimere
Carte du 07/03/2026 - Produite le 08/03/2026



PM_{2.5} - Moyenne journalière - Métropole
Analyse Chimere
Carte du 08/03/2026 - Produite le 09/03/2026



Cartes de modélisation réanalysées des concentrations moyennes journalières en PM2.5 en France les 5, 6, 7 et 8 mars 2026 (source : PREV'AIR)

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.

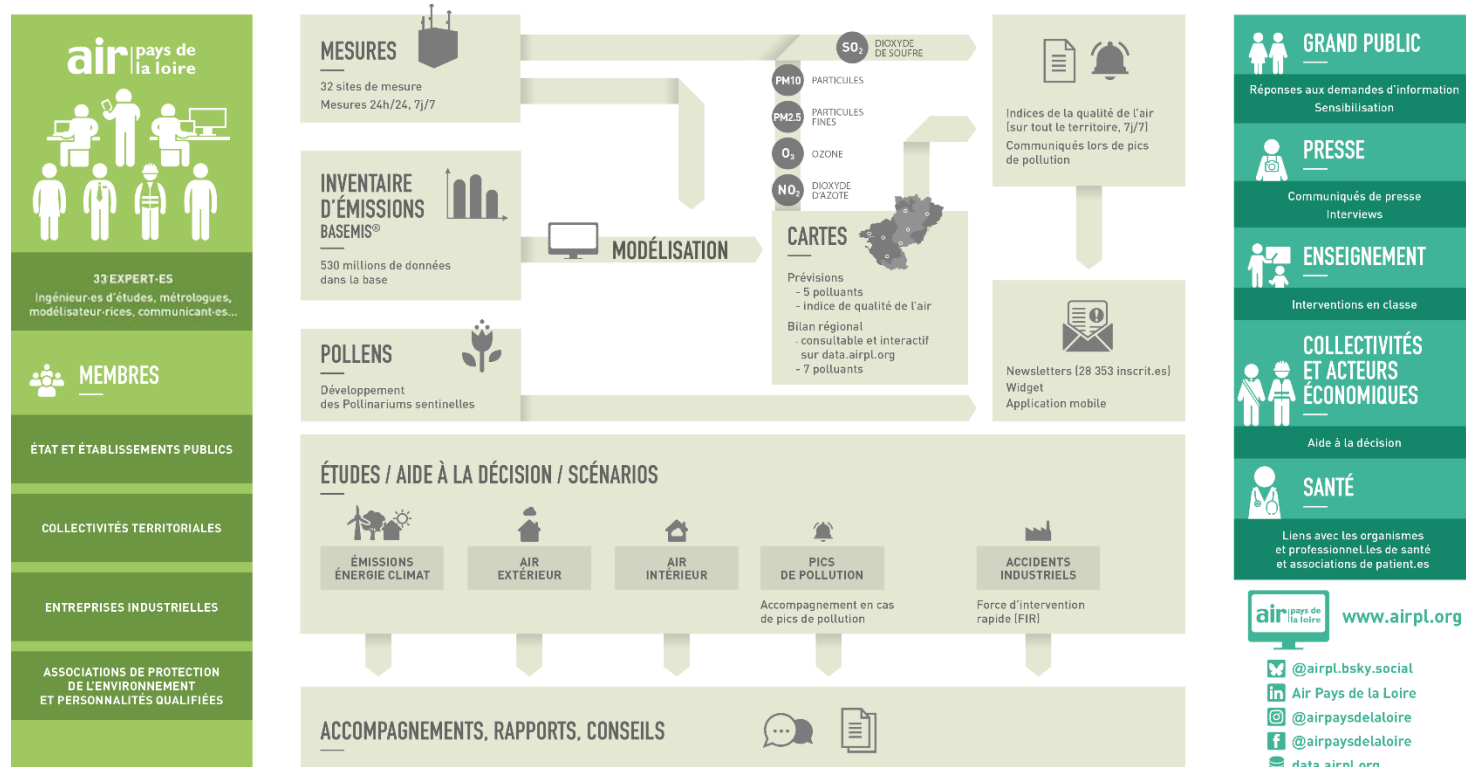
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- 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 2026

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 du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽²⁾ 200 ⁽³⁾	-	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 35 par an (percentile 95,4 annuel)

(3) à ne pas dépasser plus de 3 par an (percentile 99,2 annuel)

(4) à ne pas dépasser plus de 18 par an (percentile 99,79 annuel)

(5) à ne pas dépasser plus de 24 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 25 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)	
Valeurs OMS	15 µg/m³ ^a	5 µg/m³	45 µg/m³ ^a	15 µg/m³	100 µg/m³ ^a (moy. sur 8h) 60 µg/m³ ^b (saison de pointe)	-	200 µg/m³ (moy. horaire) 25 µg/m³ ^a (moy. sur 24h)	10 µg/m³	500 µg/m³ (moy. sur 10 min) 40 µg/m³ ^a (moy. sur 24h)	-	100 mg/m³ (moy. sur 15 min) 35 mg/m³ (moy. horaire) 10 mg/m³ (moy. sur 8h) 4 mg/m³ ^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 (PM_{2,5}), 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 (PM_{2,5} 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
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org