



© edit photo : Alexandre LAMOUREUX



QUALITÉ DE L'AIR À SAINT GILLES CROIX DE VIE

Rapport intermédiaire

Campagne été 2022



air pays de
la Loire
www.airpl.org

Sommaire

Synthèse	4
Introduction générale	5
1^{ère} Partie	8
Diagnostic de la qualité de l'air	8
Conditions expérimentales	8
Résultats	9
Dioxyde d'azote (NO ₂)	9
Particules inférieures à 10 µm : PM10	12
Particules inférieures à 2,5 µm : PM2.5	14
Ozone (O ₃)	15
Monoxyde de carbone (CO)	17
2^{ème} Partie	18
Analyse des mesures par microcapteurs	18
Dispositif déployé	18
Période de mesure	18
Résultats	19
Dioxyde d'azote (NO ₂)	19
Particules inférieures à 10 µm : PM10	19
Particules inférieures à 2.5 µm : PM2.5	19
Conclusions et perspectives	20
Annexes	22

contributions

Coordination de l'étude, interprétation et rédaction : Kristan Cuny-Guirriec et Camille Magnan

Mise en page : Bérangère Poussin

Métérologie Opérationnelle : Arnaud Tricoire et Sonia Cécile

Validation : François Ducroz et 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 le Pays de Saint Gilles Croix de Vie Agglomération, ainsi que la ville de Saint Gilles Croix de Vie, notamment les services de la Salle de la Conserverie, pour son assistance lors de l'installation et du retrait des appareils de mesure.

Synthèse

Contexte

Dans le cadre de son Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET), le Pays de Saint Gilles Croix de Vie Agglomération a mandaté Air Pays de la Loire pour évaluer la qualité de l'air sur son territoire selon trois objectifs :

- Évaluer la qualité de l'air du territoire du Pays de Saint Gilles Croix de Vie à l'échelle annuelle ;
- Évaluer l'impact de la saison estivale sur la teneur en polluants réglementaires ;
- Évaluer la qualité des mesures par microcapteur pour envisager une pérennisation de ce type d'installation.

Qualité de l'air à Saint Gilles Croix de Vie

Une campagne de mesure de 2 mois a été effectuée du 7 juillet au 29 août 2022 sur le site de la Conserverie, à Saint Gilles Croix de Vie. Ces mesures ont évalué en temps réel les concentrations des principaux polluants réglementaires (PM10, PM2.5, NO₂, O₃, et CO).

Les résultats de campagne de mesure montrent que les concentrations des polluants mesurés à Saint Gilles Croix de Vie se situent à des niveaux supérieurs à ceux relevés en station de référence de fond urbain, et inférieurs à ceux relevés en situation de trafic routier. Cela traduit une qualité de l'air caractéristique d'un fond urbain avec influence de trafic routier, reflétant l'impact de la saison touristique en situation estivale.

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats par polluant réglementaire, en moyenne sur les 2 mois de mesure estivale :

Polluant	Saint-Gilles Croix de Vie	La Roche-sur-Yon	Nantes (Centre)	Bd des Frères de Goncourt (Nantes)	Probabilité de respect des seuils réglementaires*	Probabilité de respect valeurs guides OMS*
NO ₂ (µg/m ³)	7,3	5,1	5,9	18,3	☺	☺ annuel ☺ journalier
PM10 (µg/m ³)	17,7	13,9	13,2	16,2	☺	☺ annuel ☺ journalier
PM2.5 (µg/m ³)	7,1	6	6,5	8,9	☺	☺ annuel ☹ journalier
O ₃ (µg/m ³)	66	74	72		☺ seuil d'information ☹ objectif de qualité	☹
CO (µg/m ³)	204	148			☺	☺

Tableau 1 : tableau de synthèse des résultats par polluants vis-à-vis des valeurs réglementaires

☺ = probabilité de respect de la valeur réglementaire ; ☹ = probabilité de dépassement de la valeur réglementaire
☺ = dépassement constaté de la valeur réglementaire.

* l'ensemble des valeurs réglementaires est rappelé en annexe 6

Les mesures hivernales, attendues en hiver 2023, permettront par comparaison de vérifier si la saison touristique engendre une modification de la caractérisation de la qualité de l'air à Saint Gilles Croix de Vie, passant d'un fond périurbain à un fond urbain avec influence de trafic routier lors de la saison estivale.

Mesures par microcapteurs

Parallèlement, un réseau de microcapteurs a été déployé sur la collectivité de manière expérimentale afin de mesurer le NO₂, les PM10 et les PM2.5.

Les mesures se sont avérées peu concluantes. Le coefficient de détermination entre les microcapteurs et l'appareil de référence (entre 0 et 0,5) ne permet pas de considérer les mesures par microcapteurs de ce constructeur comme fiables. De ce fait, les mesures des microcapteurs ne répondent pas aux attentes du projet et ne permettent pas une analyse de la qualité de l'air sur ce territoire. Un autre constructeur sera choisi et testé pour la seconde phase de mesure, à partir de début 2023.

Introduction générale

Conformément à sa stratégie définie dans son PCAET « suivre et améliorer la qualité de l'air sur le territoire », le Pays de Saint Gilles Croix de Vie Agglomération s'interroge sur l'impact de la saison estivale sur les concentrations en polluants réglementaires, où la population passe notamment de 50 000 habitants en moyenne à l'année à 250 000 habitants en été.

Pour cela, la collectivité a sollicité Air Pays de la Loire afin d'effectuer des mesures automatiques des différents polluants réglementaires associés au trafic routier et à la pollution estivale : le dioxyde d'azote (NO₂), le monoxyde de carbone (CO), les particules PM10 et particules fines PM2.5, et l'ozone (O₃). Afin d'accompagner la collectivité dans son diagnostic de la qualité de l'air, et à titre expérimental, Air Pays de la Loire a également déployé sur le territoire des mesures par microcapteurs, permettant de mesurer en parallèle le dioxyde d'azote, les particules PM10 et les particules fines PM2.5¹.

L'objectif est triple :

- Évaluer la qualité de l'air du territoire du Pays de Saint Gilles Croix de Vie au regard des seuils de réglementation. Le respect des valeurs réglementaires, basé sur une année entière, ne peut être effectué *stricto sensu*, mais la probabilité de respect de ces seuils pourra être évaluée par comparaison avec les mesures permanentes effectuées sur notre réseau de station ;
- Évaluer l'impact de la saison estivale sur la teneur en polluants réglementaires ;
- Évaluer la qualité des mesures par micro-capteur pour envisager une pérennisation de ce type d'installation.

Pour répondre à cet objectif, deux stratégies de mesure ont été déployées en parallèle :

- (1) Une campagne de mesure sur site en 2 temps – été, puis hiver, est envisagée afin d'évaluer les concentrations des principaux polluants réglementaires en deux situations météorologiques contrastées. Cette comparaison été/hiver permet également d'évaluer l'impact de la saison touristique sur les polluants mesurés.
- (2) 6 microcapteurs ont en outre été installés sur le territoire afin d'étudier leur fiabilité en comparaison avec les mesures de référence du laboratoire mobile, utilisé dans le cadre de la campagne de mesure. En effet, les microcapteurs constituent depuis quelques années une solution de mesure de certains polluants à moindre coût, qui peut être complémentaire aux outils de référence d'Air Pays de la Loire. De par leur faible coût et leur simplicité de mise en œuvre, ils s'adaptent facilement à leur environnement. Il existe un grand nombre de microcapteurs ; leurs coût, fiabilité et maturité sont variables (cf. challengeAirLab : <https://airparif.shinyapps.io/ChallengeResultsFR/>). L'objectif, ici, est d'évaluer leur pertinence dans le cadre d'une campagne de mesure multisites sur un territoire.

Ce rapport intermédiaire présente les résultats de la première phase de la campagne de mesure, effectuée du 7 juillet au 29 août 2022. Ces résultats seront complétés à l'issue de la campagne hivernale (hiver 2023) dans un rapport final.

¹ Mesures du NO₂ par capteur électrochimique, mesures des PM₁₀ et PM_{2.5} par capteur optique.

Réglementation en air ambiant

Les concentrations de polluant dans l'air sont réglementées par le décret 2010-1250 du 21/10/2010.

La réglementation définit plusieurs niveaux :

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 à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information : 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.

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ont un impact sur la qualité de l'air, en particulier sur la dispersion des polluants dans l'atmosphère. L'ensemble des données météorologiques utilisées au cours de cette campagne sont issues de la station Météo-France de La Roche-sur-Yon.

**Rose des vents à la Roche-sur-Yon
du 7/07 au 29/08/2022**

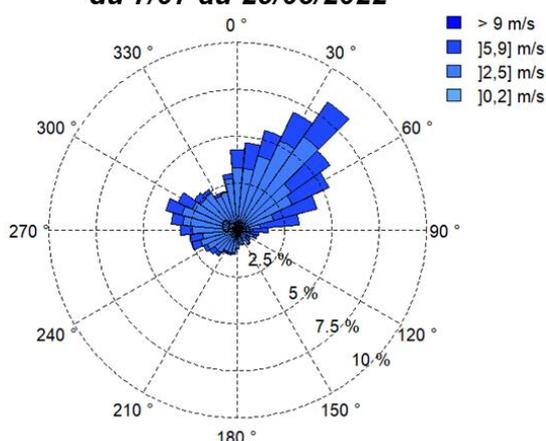


Figure 1 : rose des vents à La Roche-sur-Yon, au cours de la phase estivale (source : Météo-France)

La figure ci-dessus représente la rose des vents mesurés à la station Météo-France de La Roche-sur-Yon pendant la campagne de mesure estivale.

Le site de mesure, situé à proximité immédiate du boulevard de l'Égalité et proche du centre-bourg (figure 3), est influencé par les émissions de polluants du boulevard pour des vents compris entre 130°N et 250°N. Ces vents ont représenté 17 % du temps de mesure lors de la phase estivale. L'influence du Quai des Greniers, à l'est de la station de mesure, est limitée par la Salle de la Conserverie qui fait office de barrage pour les vents en provenance du quai.

La phase estivale a été marquée par des vents majoritaires de nord-est. Les vents sont globalement bien établis (> 2 m/s). Ces vents sont associés à des périodes anticycloniques, favorisant un fort ensoleillement en été, avec de possibles imports et production d'ozone.

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.

L'été 2022 a été marqué par une succession d'épisodes caniculaires et une sécheresse remarquable. Les mesures effectuées à La Roche-sur-Yon confirment ce constat national. La phase estivale, avec une température moyenne de 22,8°C, se situe au-dessus des normales saisonnières (19,5°C en moyenne sur la période juillet-août 1991 - 2020). La température minimale a été de 12,2°C et la température maximale de 41°C.

Ces journées à fortes amplitudes thermiques, fort ensoleillement et aux températures élevées sont généralement favorables à la production d'ozone. Elles sont également favorables aux inversions de température au petit matin, qui ont pour effet d'accumuler localement les polluants avant la montée des températures.

Evolution de la température (en moyenne horaire) à la Roche-sur-Yon du 7/07 au 29/08/2022

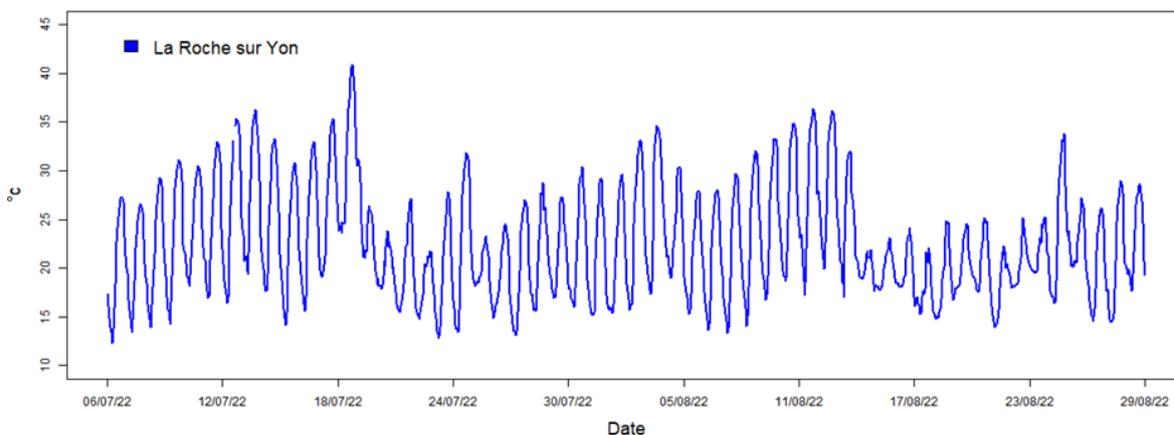


Figure 2 : évolution horaire de la température à la station Météo-France de la Roche-sur-Yon au cours de la phase estivale.

1^{ère} Partie

Diagnostic de la qualité de l'air

Conditions expérimentales

Dispositif déployé

Afin de répondre aux objectifs de l'évaluation, un laboratoire mobile a été installé dans l'enclos de la Salle de la Conserverie, à Saint Gilles Croix de Vie (Figure 3). Ce site a été privilégié afin d'être au plus proche du centre-ville et à proximité immédiate des axes routiers fréquentés (Boulevard de l'Égalité au sud, et Quai des Greniers à l'est).

Ce laboratoire, équipé d'analyseurs automatiques, permet un suivi en temps réel des niveaux de polluants dans l'air (mesures tous les quarts d'heure) : le dioxyde d'azote (NO₂), le monoxyde de carbone (CO), les particules PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm) et particules fines PM2.5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm), et l'ozone (O₃).



Figure 3 : localisation du laboratoire mobile de mesure à proximité du centre-ville de Saint Gilles Croix de Vie, et illustration du laboratoire mobile

Période de mesure

La phase de mesure estivale s'est déroulée du 7 juillet au 29 août 2022.

Taux de validité des mesures

Le tableau ci-dessous donne les taux de disponibilité des mesures sur la première phase de campagne :

localisation	période de mesure	taux de validité des mesures				
		PM10	PM2.5	NO ₂	O ₃	CO
Salle de la Conserverie	du 07/07 au 29/08/22	99 %	97 %	99 %	99 %	93 %

Résultats

Les sous-parties suivantes présentent, polluant par polluant, les résultats de mesure obtenus pendant la campagne. Pour chacun de ces polluants, les mesures sont comparées aux valeurs réglementaires et aux mesures effectuées dans des stations permanentes d'Air Pays de la Loire.

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>
---	---	---	--	---

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

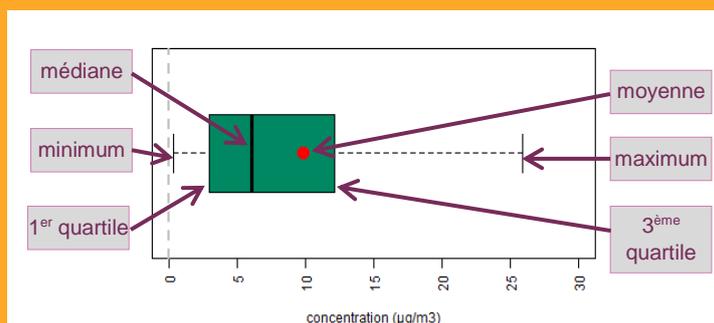
- Une **valeur limite en moyenne annuelle** fixée à 40 µg/m³ ;
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an ;
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixée à 200 µg/m³ en moyenne horaire ;
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise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

Le dioxyde d'azote est un marqueur du trafic routier, étant principalement émis par ce secteur.

La figure 4 ci-dessous représente, sous forme d'un boxplot (cf. encadré *Méthodologie*) la répartition statistique des mesures sur les 3 sites de mesure, au cours des deux phases de la campagne.

Méthodologie

Le graphique ci-dessous 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 :



Eté 2022

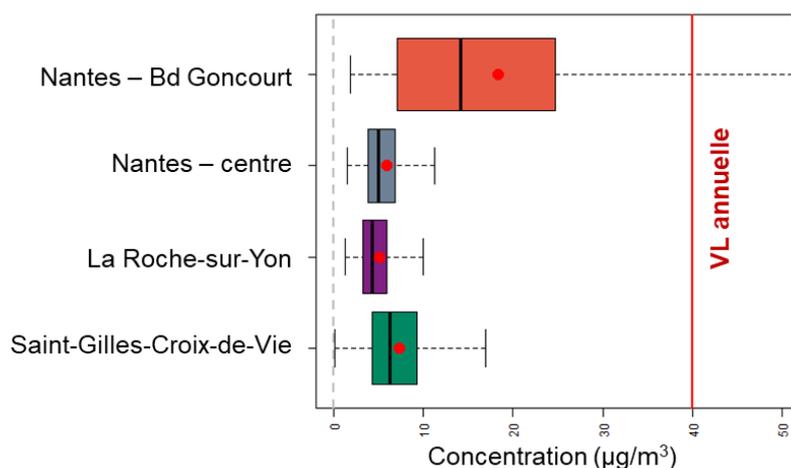


Figure 4 : boxplot des concentrations en NO₂ au cours de la phase estivale. La valeur limite annuelle est représentée par le trait rouge.

En été, les concentrations à Saint Gilles Croix de Vie sont plus dispersées que sur les sites urbains de La Roche-sur-Yon et Nantes–centre, et les concentrations moyennes y sont plus élevées (7,3 µg/m³ à Saint Gilles Croix de Vie, 5,1 µg/m³ et 5,9 µg/m³ à La Roche-sur-Yon et Nantes – centre, respectivement). Elles restent toutefois inférieures aux valeurs relevées à proximité du Boulevard des Frères de Goncourt à Nantes (18,3 µg/m³ en moyenne sur les 2 mois de mesure).

Cela s’explique par la proximité immédiate du site de mesure de Saint Gilles Croix de Vie avec le Boulevard de l’Égalité, fréquenté, mais dont le trafic demeure moins important que celui du Boulevard des Frères de Goncourt. Le boulevard de l’égalité est également moins enclavé que celui des Frères de Goncourt, dont les bâtiments qui l’encadrent produisent un *effet canyon*, limitant la dispersion des polluants dans l’air.

Ces résultats montrent en outre que :

- Les moyennes sur les deux mois de mesure à Saint Gilles Croix de Vie (7,3 µg/m³) **indiquent une forte probabilité que la valeur limite** (40 µg/m³) **et que l’objectif de qualité** (40 µg/m³) **soient respectés** au cours de l’année ;
- **Vis-à-vis des seuils préconisés par l’OMS**, par comparaison avec les sites de mesure permanente à La Roche-sur-Yon et Nantes-centre, qui enregistrent une concentration moyenne de 10 et 14 µg/m³ respectivement sur l’année 2021, il est **probable que la valeur guide annuelle soit dépassée** à Saint Gilles Croix de Vie.

Les mesures du maximum horaire journalier en NO₂ à Saint Gilles Croix de Vie au cours de la phase estivale de mesure (Figure 5) permettent d’établir que :

- L’évolution des concentrations en NO₂ est synchrone sur l’ensemble des sites ;
- Le maxima horaire au cours de la campagne a été de 37,6 µg/m³ le 11 août, un niveau plus de 5 fois inférieur au seuil d’information et de recommandation ;
- **Aucun dépassement du seuil d’information et de recommandation**, et donc, du seuil d’alerte, n’a été enregistré durant la campagne de mesure, ni ailleurs dans la région ;
- **La valeur guide journalière préconisée par l’OMS** n’a jamais été dépassée au cours de la campagne estivale.

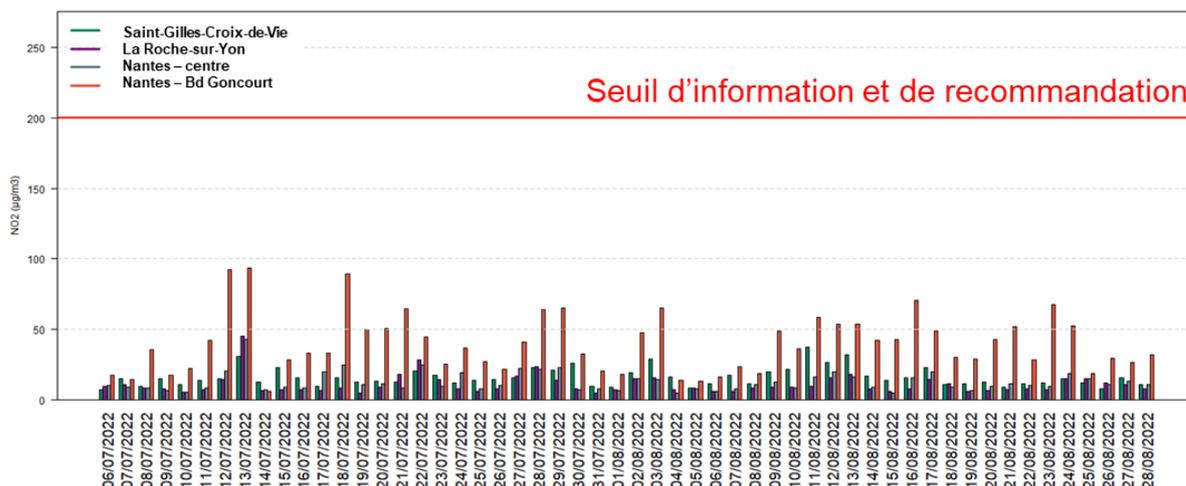


Figure 5 : évolution des maxima horaires journaliers des concentrations en NO₂ au cours de la phase estivale

La figure 6 montre le profil journalier moyen des concentrations en NO₂ à Saint Gilles Croix de Vie, en comparaison avec les autres sites de mesure permanente.

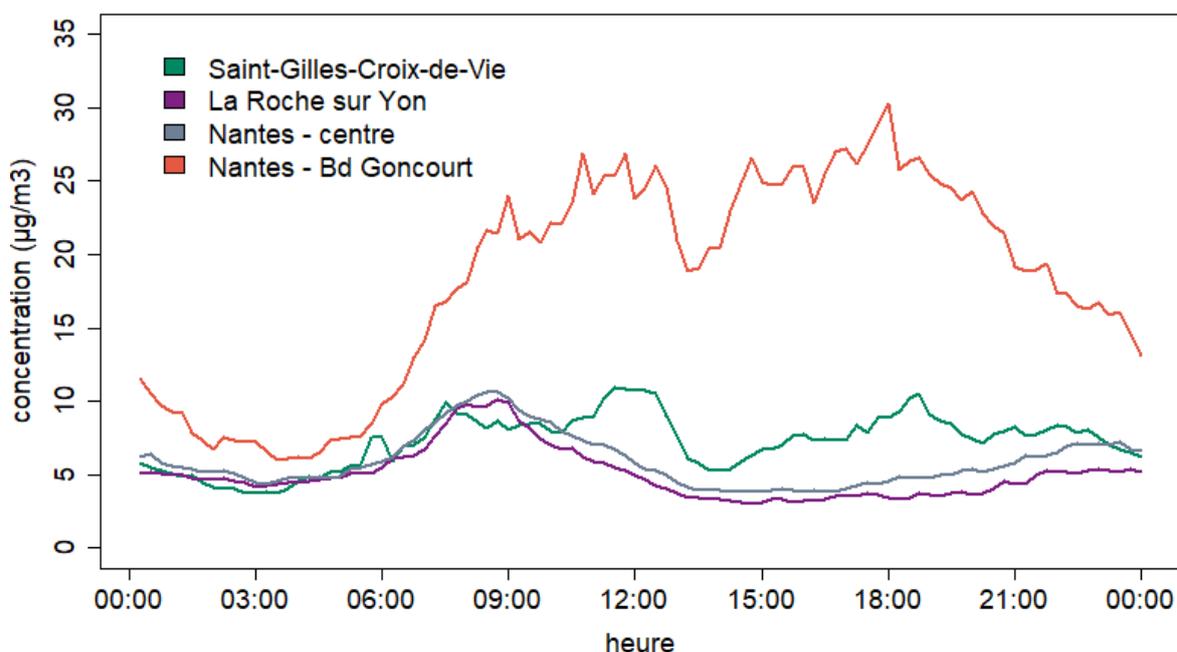


Figure 6 : évolution des concentrations en NO₂ au cours d'une journée moyenne à Saint Gilles Croix de Vie, par comparaison aux sites urbains de Nantes-centre et de La Roche-sur-Yon, et au site de trafic routier du Boulevard des Frères de Goncourt.

Ces résultats montrent :

- Des concentrations en NO₂ plus élevées en cours de journée que la nuit, en lien avec le trafic routier ;
- Des concentrations en NO₂ à Saint Gilles Croix de Vie dont les variations en journée sont moins marquées que sur les autres sites urbains, où le niveau baisse à Nantes-centre et La Roche-sur-Yon après le pic matinal. Ce même constat est observé sur le site de trafic routier du boulevard des Frères des Goncourt, à des niveaux plus élevés ;
- Ces observations traduisent l'incidence du trafic routier à Saint Gilles Croix de Vie, important en période estivale, sur les niveaux de NO₂ qui se maintiennent à des niveaux plus élevés qu'en fond urbain tout au long de la journée et qui expliquent que les concentrations moyennes au cours de la campagne soient plus élevées à Saint Gilles Croix de Vie qu'au centre de Nantes ou de La Roche-sur-Yon.

Particules inférieures à 10 µm : PM10

<p>?</p> <p>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.</p>	<p>🕒</p> <p>Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.</p>	<p>📍</p> <p>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.</p>	<p>👤</p> <p>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.</p>	<p>🌳</p> <p>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.</p>
--	---	--	---	--

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 (2021) indique une valeur guide de 45 µg/m³ en moyenne journalière, et 15 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure de PM10 au cours de la phase estivale. Les mesures effectuées à Saint Gilles Croix de Vie sont comparées à celles effectuées à Nantes (centre-ville, et boulevard des frères de Goncourt) ainsi qu'à La Roche-sur-Yon.

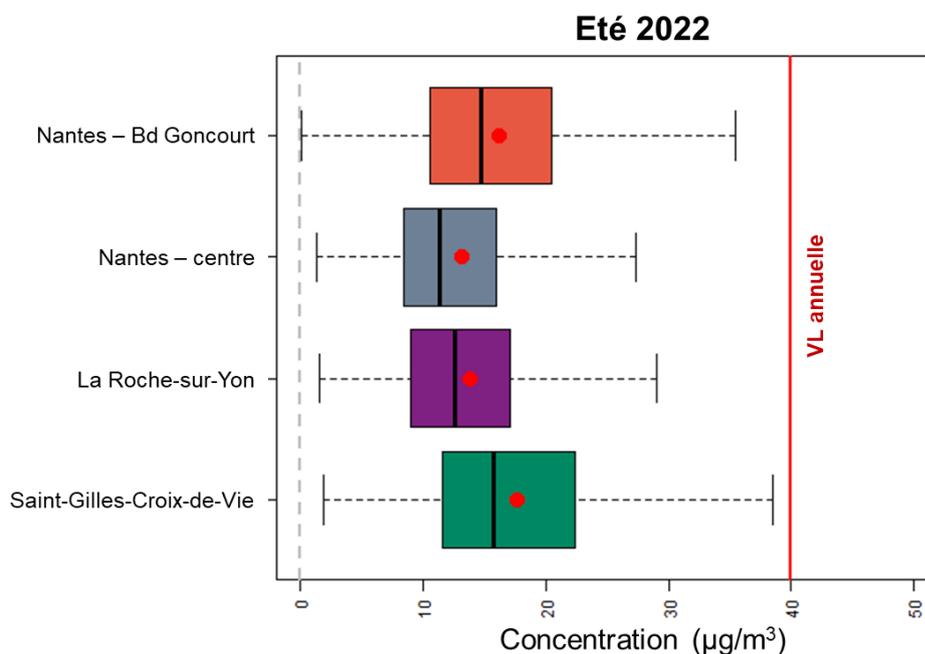


Figure 7 : boxplot des concentrations horaires en PM10 au cours de la phase estivale. La valeur limite annuelle est représentée par le trait rouge.

Ces résultats montrent que :

- Les moyennes sur les mesures estivales à Saint Gilles Croix de Vie ($17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ont des niveaux supérieurs à ceux enregistrés à La Roche-sur-Yon et Nantes – Centre (de $13,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $13,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement), et proches de ceux enregistrés au Bd des Frères de Goncourt ($16,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- Cela peut s'expliquer par une influence du trafic routier au niveau du site de mesure à Saint Gilles Croix de Vie. Les niveaux de pointe en PM10 y sont plus élevés qu'en milieu urbain du fait des émissions du trafic routier et de la remise en suspension des particules.
- Les stations de mesures permanentes de La Roche-sur-Yon et Nantes (centre-ville et Bd des Frères de Goncourt) respectent les seuils réglementaires annuels en 2021. Par comparaison, il est donc **probable** que **la valeur limite** ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et que **l'objectif de qualité** ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) **soient respectés** à Saint Gilles Croix de Vie au cours de l'année ;
- **Vis-à-vis des seuils préconisés par l'OMS**, par comparaison avec les sites de mesure permanente à La Roche-sur-Yon et Nantes, il est **probable que la valeur guide annuelle soit dépassée** à Saint Gilles Croix de Vie.

Les mesures de concentrations journalières de PM10 à Saint Gilles Croix de Vie (Figure 8) permettent d'établir que :

- L'évolution des concentrations journalières en PM10 est synchrone sur l'ensemble des sites, traduisant une influence régionale plutôt que locale ;
- Le maxima journalier au cours de la campagne a été de $37,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 9 août, **un niveau inférieur au seuil d'information et de recommandation et a fortiori au seuil d'alerte** ;
- Vis-à-vis des seuils préconisés par l'OMS, la valeur guide journalière est respectée tout au long de la campagne.

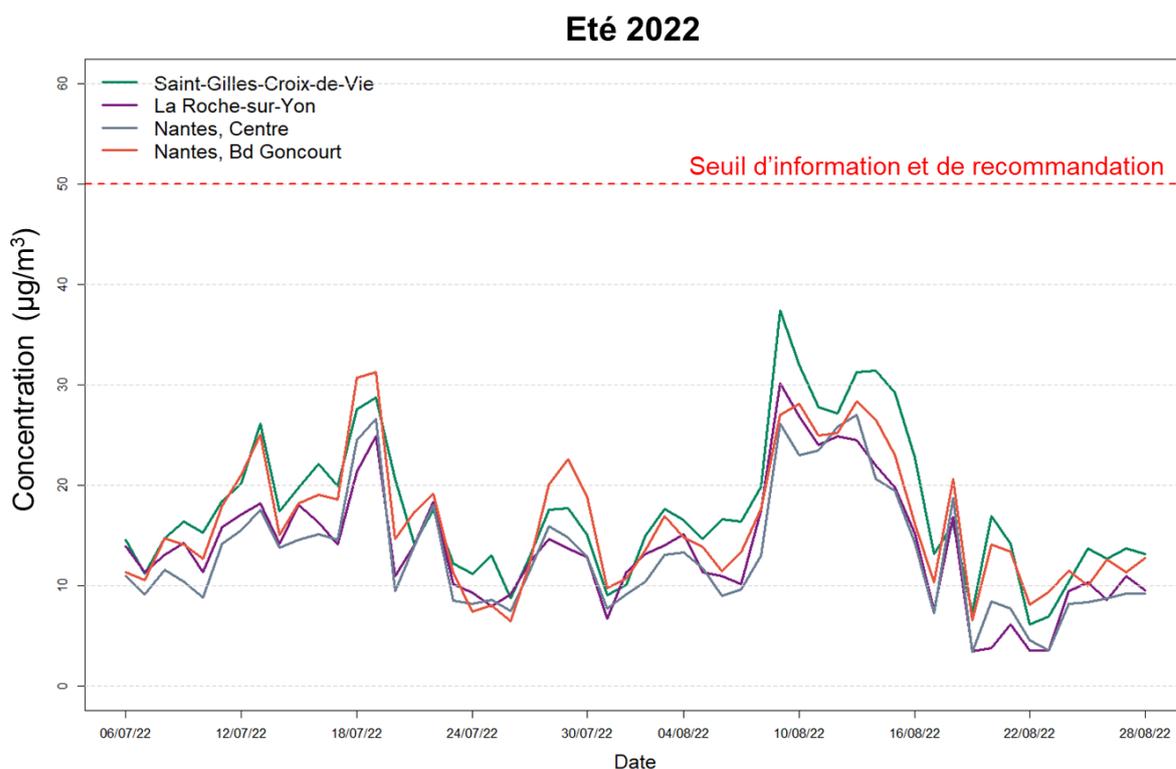


Figure 8 : maxima horaires journaliers des concentrations en PM10 au cours de la phase estivale

Particules inférieures à 2,5 µm : PM2.5

Les concentrations en particules PM_{2,5} sont soumises en France à trois seuils en valeur moyenne annuelle :

- Une **valeur limite annuelle** fixée à 25 µg/m³ ;
- Une **valeur cible pour la protection de la santé humaine** fixée à 20 µg/m³ ;
- Un **objectif de qualité** de 10 µg/m³ ;
- À titre d'information, l'OMS (2021) indique une **valeur guide de 15 µg/m³ en moyenne journalière, et 5 µg/m³ en moyenne annuelle.**

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure de PM_{2.5} sur la phase estivale. Les mesures effectuées à Saint Gilles Croix de Vie sont comparées à celles effectuées aux centres-villes de Nantes et La Roche-sur-Yon, en milieu urbain de fond, et au boulevard des Frères de Goncourt à Nantes, en contexte de trafic routier.

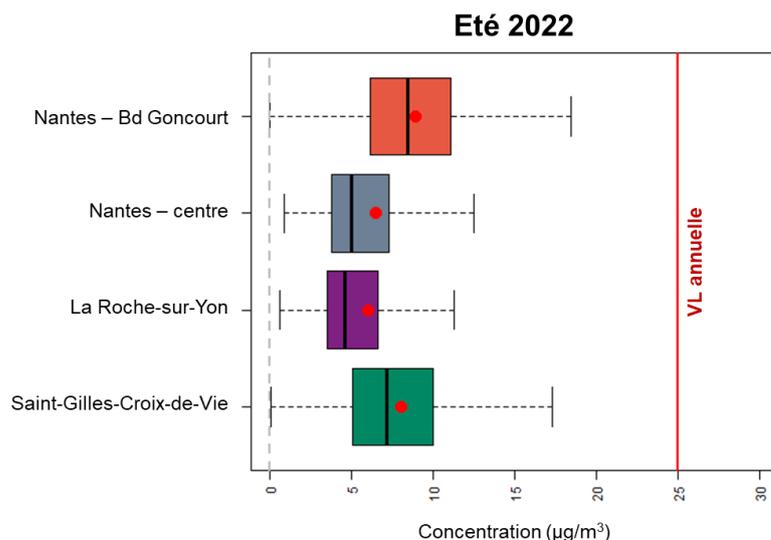


Figure 9 : boxplot des concentrations horaires en PM_{2.5} au cours de la phase estivale. La valeur limite annuelle est représentée par le trait rouge.

Ces résultats montrent que :

- Les moyennes de mesure à Saint Gilles Croix de Vie, de 7,1 µg/m³, ont des niveaux intermédiaires entre ceux enregistrés en milieu urbain à Nantes (6,5 µg/m³) et La Roche-sur-Yon (6,0 µg/m³), et ceux enregistrés en contexte de trafic routier au boulevard des Frères de Goncourt (8,9 µg/m³).
- La dispersion des mesures à Saint Gilles Croix de Vie se rapproche de celle observée en contexte de trafic routier au boulevard des Frères de Goncourt plutôt que de celles observées en milieu urbain. Cela traduit des niveaux de pointe plus élevés à Saint Gilles Croix de Vie qu'au centre-ville de Nantes et La Roche-sur-Yon, et plus associé à une signature de trafic routier, comme ce qui avait été observé pour les PM₁₀.
- Par comparaison aux mesures moyennes annuelles des stations permanentes à Nantes et La Roche-sur-Yon, il est **fort probable que la valeur limite (25 µg/m³) et que l'objectif de qualité (10 µg/m³) soient respectés** au cours de l'année à Saint Gilles Croix de Vie.
- **Vis-à-vis des seuils préconisés par l'OMS**, par comparaison avec les sites de mesure permanente à La Roche-sur-Yon et Nantes, il est **probable que la valeur guide annuelle (5 µg/m³ en moyenne annuelle) soit dépassée** à Saint Gilles Croix de Vie.

A échelle journalière, l'évolution des moyennes journalières confirme ce comportement régional des particules fines, avec une évolution synchrone en PM_{2.5} entre les trois sites de mesure. Les concentrations relevées à Saint Gilles Croix de Vie sont, à l'instar des PM₁₀, à un niveau intermédiaire à celles relevées à Nantes et la Roche-sur-Yon et celles relevées au boulevard des Frères de Goncourt. Cela traduit une qualité de l'air caractéristique d'un milieu de fond urbain avec influence du trafic routier.

Vis-à-vis des seuils préconisés par l'OMS, la valeur guide journalière (15 µg/m³) est dépassée 2 jours au total (les 9 et 10 août) sur la phase estivale, ce qui représente 4 % du temps de mesure.

Ozone (O₃)



Les concentrations en Ozone sont réglementées par :

- Un seuil d'information et de recommandation fixé à 180 µg/m³ en moyenne horaire,
- Un seuil d'alerte fixé à 240 µg/m³ en moyenne horaire, pour le 1^{er} seuil,
- Un objectif de qualité fixé à 120 µg/m³ en moyenne 8-horaire.
- *A titre d'information, l'OMS (2021) indique une valeur-guide de 100 µg/m³ en moyenne sur 8 heures.*

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure d'ozone sur la phase estivale. Les mesures effectuées à Saint Gilles Croix de Vie sont comparées à celles effectuées aux centres-villes de Nantes et La Roche-sur-Yon, en milieu urbain, le site du Boulevard des Frères de Goncourt n'étant pas équipé d'un analyseur d'ozone.

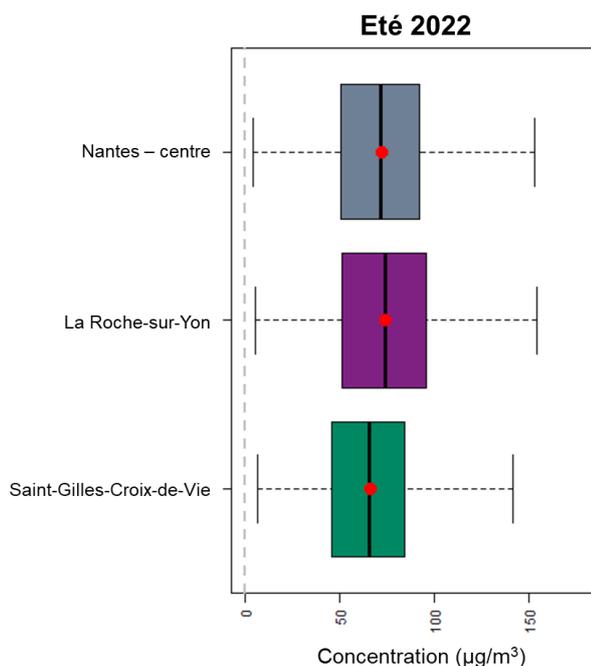


Figure 10 : boxplot des concentrations horaires en ozone au cours de la phase estivale

Ces résultats montrent que :

- Les moyennes des concentrations horaires sont relativement homogènes entre les 3 sites, bien que légèrement plus faibles à Saint Gilles Croix de Vie avec une concentration moyenne de 66 µg/m³, comparée aux concentrations moyennes de 72 µg/m³ à Nantes - centre, et 74 µg/m³ à La Roche-sur-Yon.
- L'ozone est régi par des phénomènes de grande échelle, notamment météorologiques, qui expliquent des niveaux homogènes à l'échelle régionale.
- L'ozone est un polluant qui entre en interaction avec le NO₂. Lorsque ce dernier est présent en plus forte quantité, il a pour effet de détruire les molécules d'ozone présentes localement. Ce phénomène est connu sous le nom de **titration d'ozone**. La concentration moyenne plus faible en ozone observée à Saint Gilles Croix de Vie peut donc s'expliquer par les concentrations plus élevées en NO₂ par rapport aux autres sites de mesure, engendrant ce phénomène de titration.
- À Saint Gilles Croix de Vie, le seuil d'information et de recommandation – et a fortiori le seuil d'alerte, n'a jamais été atteint au cours de la phase estivale – le maximum horaire ne dépassant pas 142 µg/m³.

L'évolution de la concentration 8-horaire montre une évolution synchrone entre les 3 sites de mesure (figure 11). Les concentrations sont toutefois régulièrement inférieures à Saint Gilles Croix de Vie par rapport aux 2 autres sites de fond urbain, probablement dû au phénomène de titration d'ozone expliqué plus haut.

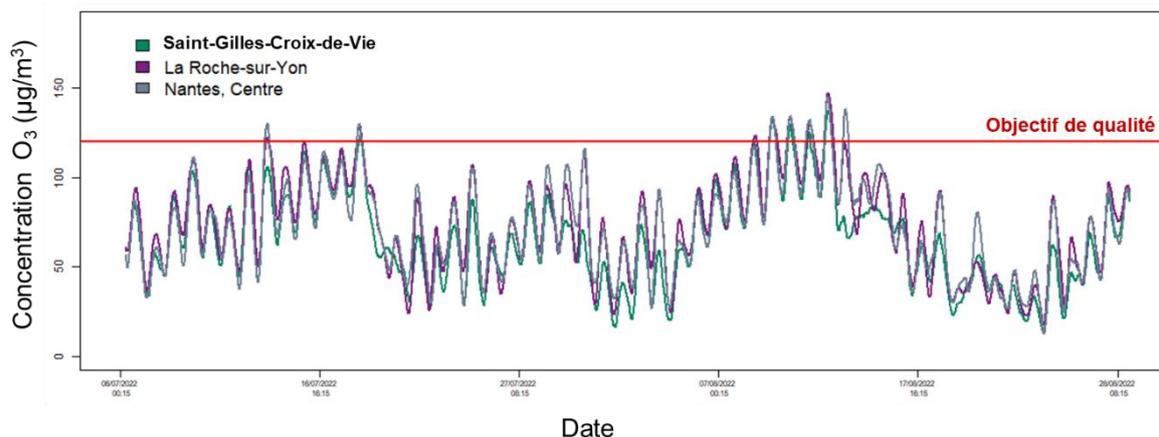


Figure 11 : évolution de la concentration moyenne 8-horaire en O_3 au cours de la phase estivale

Ces résultats montrent en outre que :

- Le maximum de concentration 8-horaire a **dépassé l'objectif de qualité** à Saint Gilles Croix de Vie au cours de 5 journées, avec un maximum de $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enregistré le 12 août ;
- Cette journée est associée à une élévation des niveaux d'ozone sur l'ensemble du territoire métropolitain, en lien avec une période de fort ensoleillement (figure 12) ;
- **Vis-à-vis des seuils préconisés par l'OMS**, la valeur guide en moyenne sur 8 heures a une forte probabilité d'être régulièrement dépassée au cours d'une année, quel que soit le site de mesure considéré.

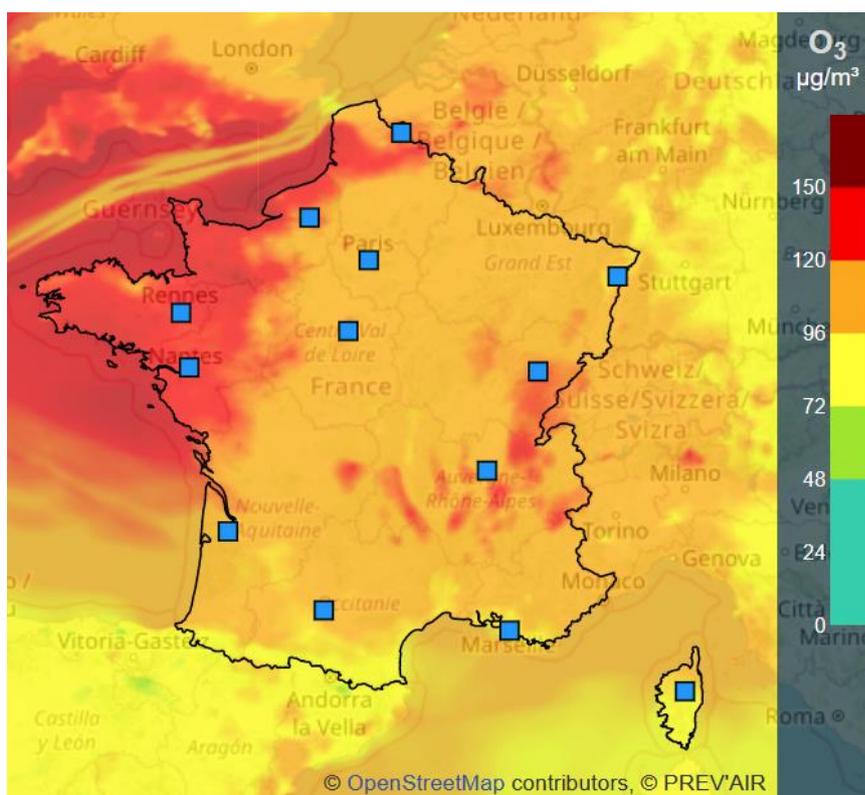


Figure 12 : carte des moyennes journalières en ozone en France pour la journée du 12 août 2022 (source : PREV'AIR).

Monoxyde de carbone (CO)



Les concentrations en monoxyde de carbone sont exprimées en mg/m^3 , et sont réglementées en moyenne glissante sur 8 heures selon :

- Une **valeur limite en moyenne 8-horaire** de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, soit $10\,000 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

Le monoxyde de carbone, à l'instar du dioxyde d'azote, peut être utilisé comme traceur du trafic routier. Dans la mesure où ses concentrations sont faibles et souvent proches de la limite de détection de l'appareil de mesure, le CO n'est plus mesuré dans les stations automatiques d'Air Pays de la Loire, excepté depuis fin 2021 à la station de trafic à Nantes, située au boulevard des Frères de Goncourt. Cette station sert donc de comparaison aux mesures estivales.

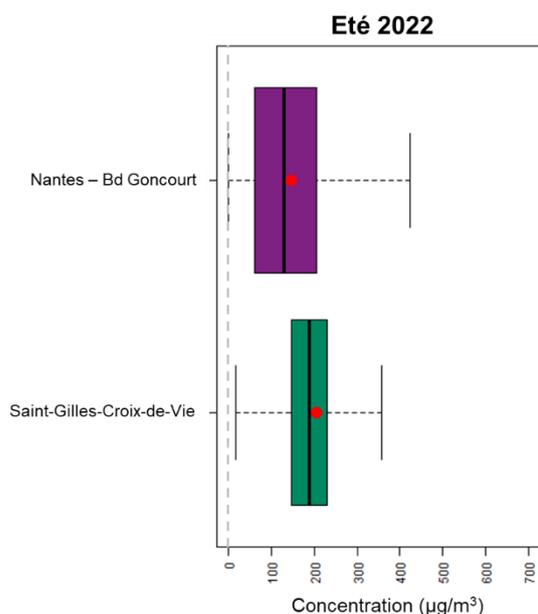


Figure 13 : boxplot des concentrations horaires en monoxyde de carbone au cours de la phase estivale

Les mesures de concentration en CO à Saint Gilles Croix de Vie montrent que :

- La moyenne des concentrations en CO est de $204 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble de la phase estivale, un niveau supérieur à celui relevé au Boulevard des Frères de Goncourt à Nantes ($148 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces niveaux sont toutefois peu représentatifs, les mesures étant proches des limites de quantification de l'appareil.
- La concentration 8-horaire maximale au cours de la phase estivale a été de $1,0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (contre $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ au Boulevard des Frères de Goncourt à Nantes), un niveau dix fois inférieur à la valeur limite ;
- Vis-à-vis des seuils OMS, la valeur guide journalière ($4 \text{ mg}/\text{m}^3$) est également respectée.

2^{ème} Partie

Analyse des mesures par microcapteurs

Dispositif déployé

Dans le même contexte que la campagne de mesure réalisée par le camion laboratoire, un dispositif complémentaire a été implanté sur le territoire afin de mesurer, pendant une période plus longue, les niveaux de polluants liés au trafic automobile sur un territoire qui voit sa population quadrupler en période estivale du fait de l'attractivité de son littoral.

Afin de répondre aux objectifs de l'évaluation, 6 microcapteurs² (Ellona WT1) ont été déployés pour la mesure du dioxyde d'azote (NO₂) sur le territoire, polluant émis particulièrement par le trafic routier. L'analyse des particules PM10 et PM2.5 a aussi été ajoutée de par la capacité des microcapteurs sélectionnés à mesurer également ces polluants.

Les microcapteurs ont été déployés sur 3 sites de mesure afin de mesurer leur performance vis-à-vis des appareils réglementaires d'Air Pays de la Loire et leur niveau de reproductibilité :

- 2 sur le site de la Conserverie à proximité du camion laboratoire en centre-ville (CV1 et CV2)
- 2 sur le site de La Cour Rouge en zone trafic (CR1 et CR2)
- 2 sur le site de l'école de voile de Boisvinet à proximité d'un axe d'accès aux plages (P1 et P2)

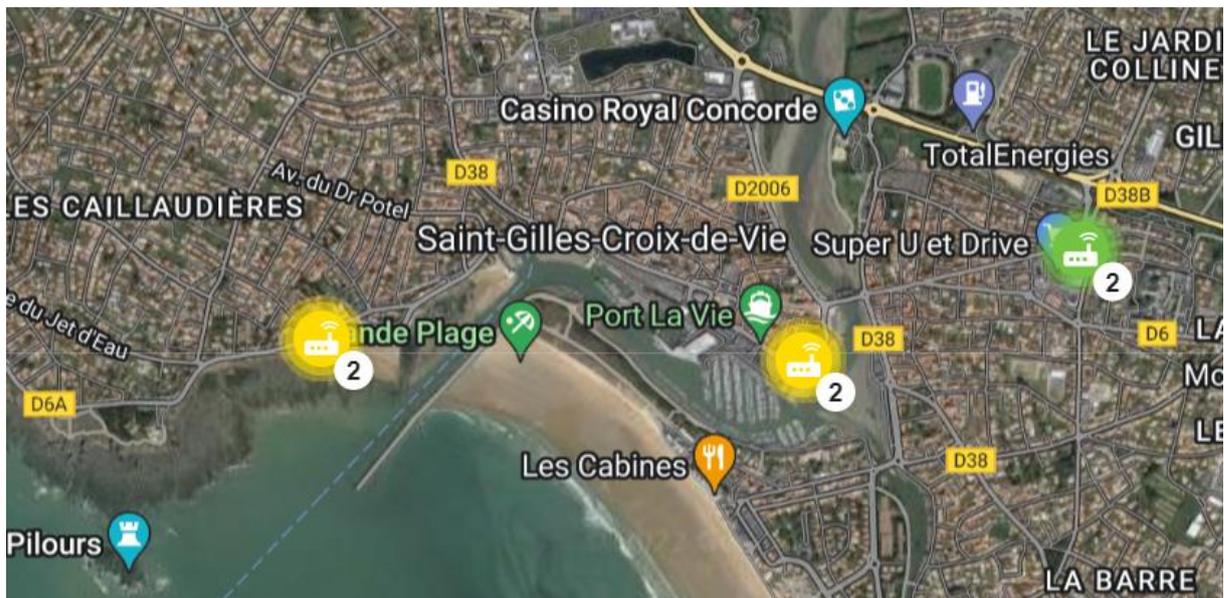


Figure 14 : 3 sites de mesure par microcapteurs

Période de mesure

Les mesures par microcapteurs ont débuté le 29 juin 2022 et sont encore actives à ce jour (novembre 2022). Par ailleurs, l'analyse présentée dans ce document reprend la phase de mesure estivale (7 juillet au 29 août 2022).

² Mesures du NO₂ par capteur électrochimique, mesures des PM10 et PM2.5 par capteur optique.

Résultats

La partie suivante présente, les résultats de mesure obtenus par les microcapteurs et en comparaison avec le camion laboratoire pendant la même période. Pour chacun des polluants, l'analyse présentera le coefficient de détermination (R^2) qui permet de juger de la qualité de la régression linéaire (soit la qualité des mesures du microcapteur par rapport aux analyseurs de référence) : ce coefficient est compris entre 0 et 1, et croît avec l'adéquation de la régression au modèle. On considère que les mesures sont bonnes lorsque le R^2 se situe entre 0,85 et 1.

Localisation	R ² pour chaque polluant		
	NO ₂	PM10	PM2.5
Salle de la Conserverie	<0,1	0,3<R ² <0,5	0,2<R ² <0,3

Ce tableau synthétise les coefficients de détermination calculé pour chaque polluant entre l'appareil de référence et les microcapteurs.

En annexe 1, les boxplots de chacun des polluants sont présentés afin d'illustrer la dispersion des mesures des microcapteurs déployés, et leur comparaison par rapport à la mesure de référence effectuée par le laboratoire-mobile implanté à la Salle de la Conserverie. L'ensemble des résultats présenté est à considérer avec prudence compte tenu du faible coefficient de détermination entre les microcapteurs et les mesures de référence.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le calcul du R^2 (à partir des données horaires ou journalières) entre les microcapteurs du site de la Conserverie (CV1 et CV2) avec l'analyseur du camion laboratoire donne des **valeurs inférieures à 0,1** ce qui traduit une très mauvaise qualité de la régression linéaire entre ces mesures et donc, une mauvaise qualité de mesure des microcapteurs pour ce polluant.

Par ailleurs, les mesures des microcapteurs sont **fortement reproductibles entre eux** puisque pour les 3 sites, chaque couple de microcapteur est associé à un **$R^2 > 0,85$** .

Particules inférieures à 10 µm : PM10

Le calcul du R^2 (à partir des données horaires ou journalières) entre les microcapteurs du site de la Conserverie (CV1 et CV2) avec l'analyseur du camion laboratoire donne des **valeurs comprises entre 0,3 et 0,5** ce qui traduit une qualité mauvaise à moyenne de la régression linéaire entre ces mesures et donc, une qualité des mesures par microcapteurs non suffisante pour ce polluant.

Par ailleurs, les mesures des microcapteurs sont **fortement reproductibles entre eux** puisque pour les 3 sites, chaque couple de microcapteur est associé à un **$R^2 > 0,95$** .

Particules inférieures à 2.5 µm : PM2.5

Le calcul du R^2 (à partir des données horaires ou journalières) entre les microcapteurs du site de la conserverie (CV1 et CV2) avec l'analyseur du camion laboratoire donne des **valeurs comprises entre 0,2 et 0,3** ce qui traduit une qualité mauvaise de la régression linéaire entre ces mesures et donc, une qualité des mesures par microcapteurs non suffisante pour ce polluant.

Par ailleurs, les mesures des microcapteurs sont **fortement reproductibles entre eux** puisque pour les 3 sites, chaque couple de microcapteur est associé à un **$R^2 > 0,95$** .

Conclusions et perspectives

Dans le cadre de son PCAET, le Pays de Saint Gilles Croix de Vie Agglomération a souhaité faire un diagnostic de sa qualité de l'air, en évaluant notamment l'impact de la saison touristique sur certains polluants réglementés. La saison estivale est caractérisée par une augmentation importante du nombre d'habitants dans la collectivité, engendrant *de facto* une augmentation des activités et notamment du trafic routier, source de dioxyde d'azote. Les principaux polluants réglementaires (PM10, PM2.5, NO₂, O₃, et CO) ont été mesurés pendant 2 mois en conditions météorologiques estivales, du 7 juillet au 29 août 2022. En parallèle, Air Pays de la Loire a déployé à des fins expérimentales un réseau de microcapteurs sur le territoire de la collectivité, afin de mesurer les concentrations en NO₂, PM10 et PM2.5, qui sont comparées aux mesures effectuées par l'appareil de référence.

Les niveaux de pollution en situation estivale enregistrés sur le territoire du Pays de Saint Gilles Croix de Vie sont considérés comme représentatifs d'un **niveau urbain avec influence du trafic routier**. Ils montrent en outre que :

- Les concentrations moyennes des polluants réglementaires sont supérieures à celles relevées sur les stations permanentes d'Air Pays de la Loire caractéristiques d'un fond urbain, et inférieures à celles relevées sur la station de référence d'un fond de trafic routier. Cela s'explique par la proximité du site de mesure avec une des rues principales de la ville, et par le trafic plus important en période touristique ;
- Les seuils réglementaires annuels, par comparaison avec les moyennes relevées sur les stations de référence, ont de fortes probabilités d'être respectés à Saint Gilles Croix de Vie pour l'ensemble des polluants mesurés ;
- L'objectif de qualité en ozone a été dépassé au cours de la campagne, dans un contexte de fortes chaleurs ;
- Les valeurs guides OMS annuelles ont de fortes probabilités d'être dépassées pour le NO₂, pour les particules PM10 et particules fines PM2.5.
- La valeur guide OMS journalière a été dépassée au cours de 2 journées pour les PM2.5 et 13 journées pour l'O₃, sur les 54 journées de la campagne estivale.

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats pour les polluants réglementaires, en moyenne sur les 2 mois de mesure estivale :

Polluant	Saint Gilles Croix de Vie	La Roche-sur-Yon	Nantes (Centre)	Bd des Frères de Goncourt (Nantes)	Probabilité de respect des seuils réglementaires*	Probabilité de respect valeurs guides OMS*
NO ₂ (µg/m ³)	7,3	5,1	5,9	18,3	☺	☺ annuel ☹ journalier
PM10 (µg/m ³)	17,7	13,9	13,2	16,2	☺	☺ annuel ☹ journalier
PM2.5 (µg/m ³)	7,1	6	6,5	8,9	☺	☺ annuel ☹ journalier
O ₃ (µg/m ³)	66	74	72		☺ seuil d'information ☹ objectif de qualité	☹
CO (µg/m ³)	204	148			☺	☺

Tableau 2 : tableau de synthèse des résultats par polluants vis-à-vis des valeurs réglementaires

☺ = probabilité de respect de la valeur réglementaire ; ☹ = probabilité de dépassement de la valeur réglementaire
☹ = dépassement constaté de la valeur réglementaire.

* l'ensemble des valeurs réglementaires est rappelé en annexe 6

Cette qualité de l'air représentative d'un niveau urbain avec influence de trafic routier suggère l'impact de la saison touristique sur la qualité de l'air à Saint Gilles Croix de Vie. Les mesures hivernales prévues en hiver 2023 permettront de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse. La baisse du trafic routier hors période estivale devrait conduire à une réduction des teneurs en NO₂, et à l'inverse, engendrer une homogénéisation des teneurs en O₃ entre les milieux urbains et Saint Gilles Croix de Vie.

Parallèlement, les mesures expérimentales par microcapteurs se sont avérées peu concluantes. Le coefficient de détermination entre les microcapteurs et l'appareil de référence ne permet pas de considérer les mesures par microcapteurs de ce constructeur comme fiables. De ce fait, les mesures des microcapteurs ne répondent pas aux attentes du projet et ne permettent pas une analyse de la qualité de l'air sur ce territoire. Un autre constructeur sera choisi pour la seconde phase de mesure, à partir de début 2023.

La figure ci-dessous synthétise les résultats de la corrélation (coefficient de détermination R^2) pour chaque polluant entre les mesures par microcapteurs et les mesures de référence, au site de la Salle de la Conserverie.

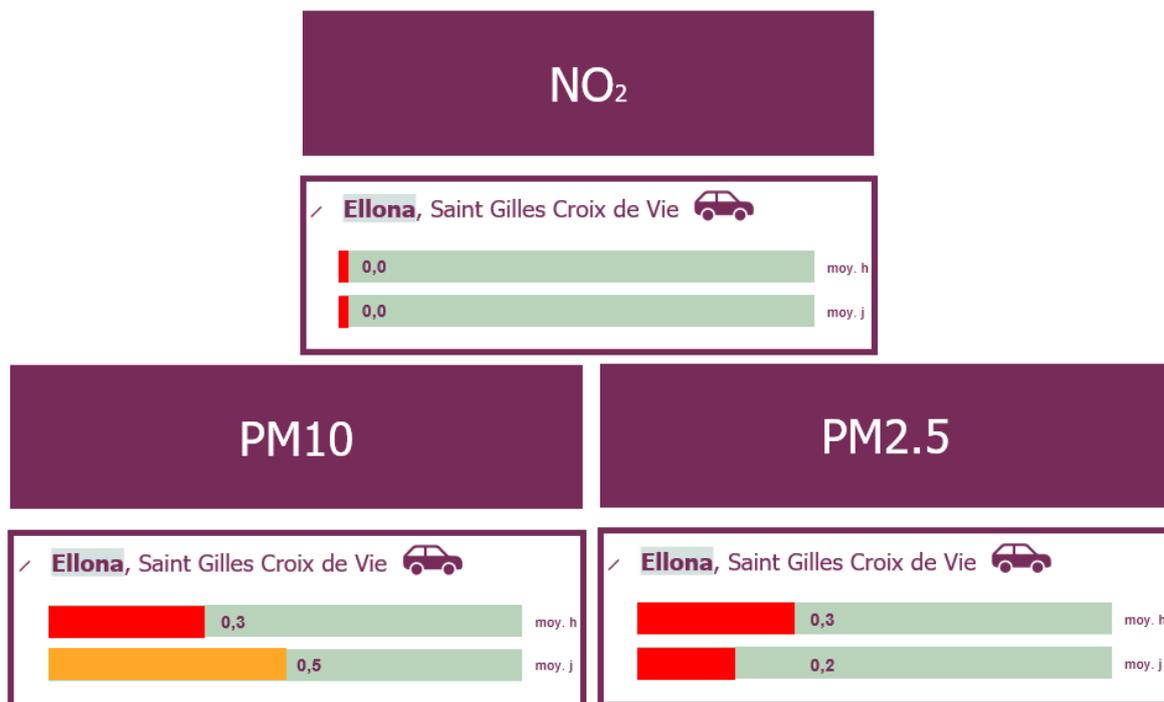


Figure 15 : bilan des coefficients de détermination R^2 par polluant entre les mesures par microcapteurs et les mesures de référence, à la Salle de la Conserverie.

Annexes

- annexe 1 : boxplots des mesures par microcapteurs
- 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 2022

Annexe 1 : boxplots des mesures par microcapteurs

Dioxyde d'azote (NO₂)

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure de NO₂ sur la phase estivale sur les 3 sites de mesure. Comme le montrent les R², les mesures des microcapteurs sont très éloignées des mesures de l'analyseur de référence. Les valeurs médianes des microcapteurs sont toutes bien supérieures à celles relevées sur l'analyseur de référence. Les mesures par microcapteurs sont également plus dispersées, avec des valeurs extrêmes régulièrement plus élevées que celles relevées par l'analyseur de référence.

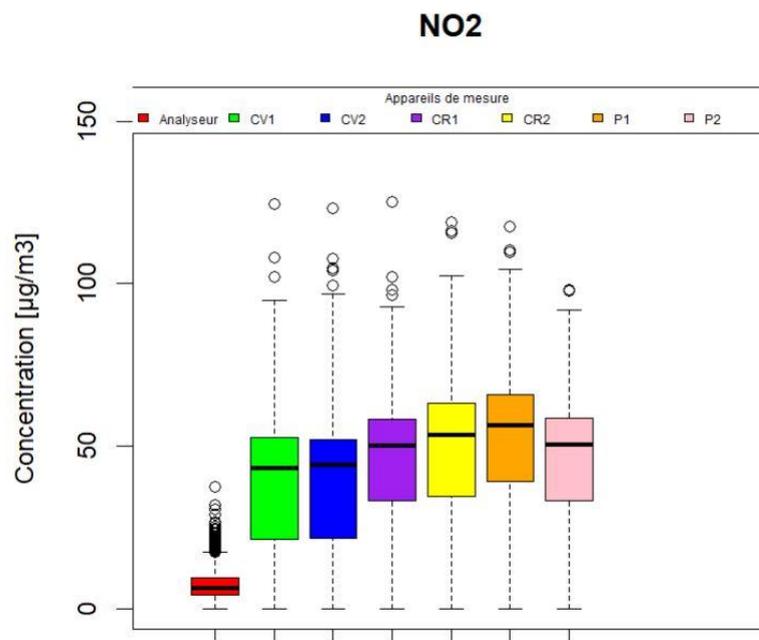


Figure 16 : boxplot des mesures en NO₂ par l'analyseur de référence (en rouge, à gauche) et par les microcapteurs.

Particules inférieures à 10 µm : PM10

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure de PM10 sur la phase estivale sur les 3 sites de mesure. Comme le montrent les R², les mesures des microcapteurs sont assez éloignées des mesures de l'analyseur de référence. En effet, la valeur médiane des microcapteurs sont toutes inférieures à la valeur médiane de l'analyseur de référence. De plus, les microcapteurs présentent plus de valeurs extrêmes que l'analyseur de référence.

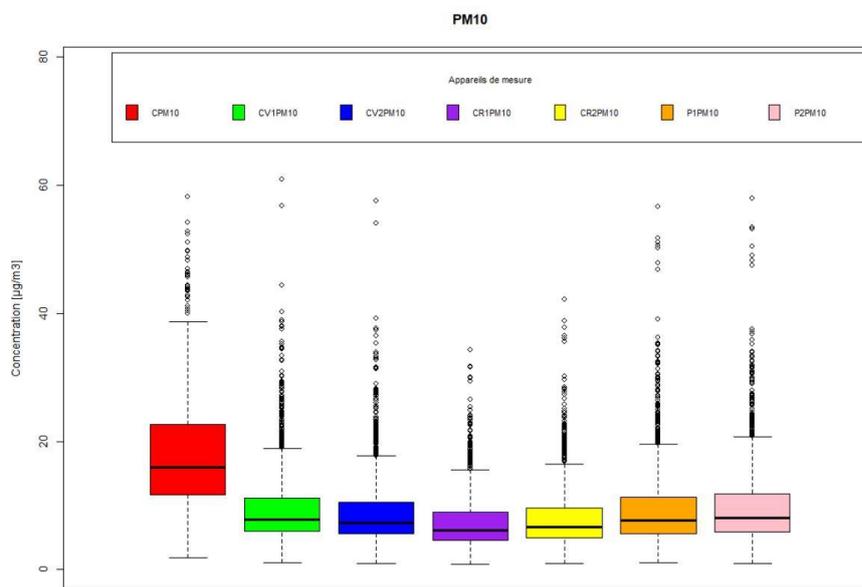


Figure 17 : boxplot des mesures en PM₁₀ par l'analyseur de référence (en rouge, à gauche) et par les microcapteurs.

Particules inférieures à 2.5 µm : PM2.5

La figure ci-dessous présente, sous forme d'un boxplot, les statistiques de mesure de PM2.5 sur la phase estivale sur les 3 sites de mesure. Comme le montrent les R², les mesures des microcapteurs sont assez éloignées des mesures de l'analyseur de référence. On observe notamment que les médianes des microcapteurs sont toutes inférieures à la médiane de l'analyseur de référence et que les données des microcapteurs ne traduisent pas la même dispersion des mesures que celle de l'analyseur.

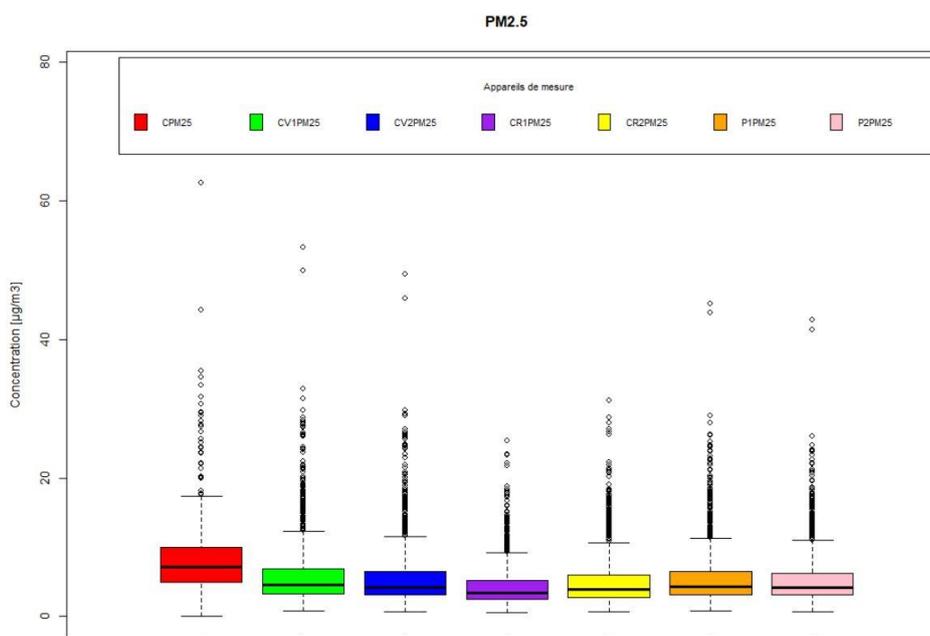


Figure 18 : boxplot des mesures en PM_{2,5} par l'analyseur de référence (en rouge, à gauche) et par les microcapteurs.

Annexe 2 : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère 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.

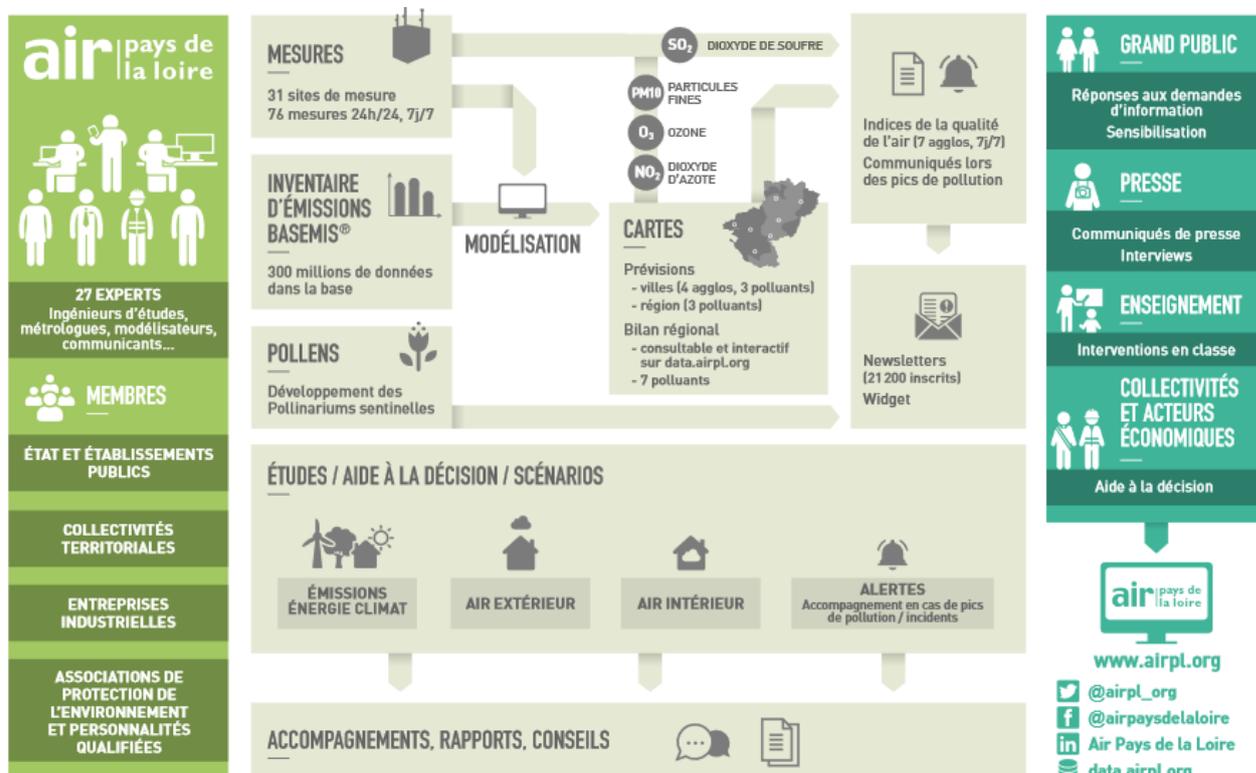
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- 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 Twitter (@airpl_org) 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 ozone

méthode - normes

L'ozone est mesuré par la technique de spectrométrie d'absorption UV selon la norme **NF EN 14625**.

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 monoxyde de carbone

méthode - normes

Le monoxyde de carbone est détecté par la technique d'absorption infrarouge – norme **NF EN 14626**.

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 PM_{2,5}

méthode – normes

Les mesures de poussières 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 poussières 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.

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.



sites de trafic

Les sites de trafic sont localisés près d'axes de circulation importants, souvent fréquentés par les piétons ; ils caractérisent la pollution maximale liée au trafic automobile.



sites industriels

Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.



sites ruraux

Les sites ruraux participent à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond (notamment photochimique).

Annexe 5 : polluants

L'ozone (O₃)

C'est le polluant secondaire majeur qui se forme par l'action des ultraviolets du soleil sur les polluants primaires, directement émis par les sources, que sont les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone. C'est un polluant chimique présent au niveau du sol : on parle d'ozone troposphérique que l'on distingue de l'ozone stratosphérique, observé à une vingtaine de kilomètres d'altitude et qui forme la couche d'ozone.

Capable de pénétrer profondément dans les poumons, l'ozone provoque à forte concentration une inflammation et une hyperréactivité des bronches. Des irritations du nez et de la gorge surviennent généralement, accompagnées d'une gêne respiratoire. Des irritations oculaires sont aussi observées.

Les enfants dont l'appareil respiratoire est en plein développement, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires chroniques et les personnes âgées sont souvent plus sensibles à la pollution par l'ozone.

Les effets de l'ozone se trouvent accentués par les efforts physiques intenses, lesquels en augmentant le volume d'air inspiré, accroissent celui d'ozone inhalé.

Les oxydes d'azote (NOx)

Les NOx 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 fines (ou poussières)

Les particules fines ou poussières 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 diverses 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 plus fines, appelées PM_{2,5} (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 cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Le monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz provient des combustions incomplètes. Il est émis en grande partie (60 %) par le chauffage urbain, collectif ou individuel. Le trafic routier, vient en deuxième position avec 31 % des émissions. Dans l'atmosphère, il se combine en partie et à moyen terme avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (CO₂). On le rencontre essentiellement au niveau du sol à proximité des sources d'émission. Il participe avec les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, à la formation d'ozone troposphérique.

Le CO est dangereux car non décelable. Son effet toxique se manifeste à de très faibles concentrations en exposition prolongée. Le CO est principalement un poison sanguin. Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. Les premiers symptômes de l'intoxication sont les seuls signaux d'alarme : maux de tête, une vision floue, des malaises légers, des palpitations. Si les concentrations de CO sont élevées, l'intoxication se traduit par des nausées, des vomissements, des vertiges ou, plus grave, un évanouissement puis la mort. La gravité de l'intoxication dépend de la quantité de CO fixé par l'hémoglobine. Elle est donc liée à plusieurs facteurs : la concentration de CO dans l'air, la durée d'exposition et le volume respiré.

Annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2022

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

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

TYPE DE SEUIL (µg/m ³)	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 ⁽³⁾ 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/m ³)	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 ⁽¹⁾	-	-	-	125 ⁽¹⁾	-	-	-	-	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽¹⁾	-	-	-	-	
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	AOT 40	6 000 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Valeur cible	AOT 40	18 000 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(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 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 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)	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)



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