



Mesure des Particules en suspension, des BTEX et des métaux lourds à Engenville (45)

Année 2023

Rapport final

Réf : ETU_PM_S_2023

Avril 2024



Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

AVERTISSEMENT

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble de polluants atmosphériques dont la représentativité est limitée à l'environnement proche du site de mesure et à la période investiguée.

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air est agréée par le Ministère chargé de l'environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Centre-Val de Loire et l'information du public. Cet agrément implique la mise à disposition du public de toutes les données de qualité de l'air et des rapports d'étude produits par l'association. Ce rapport sera donc disponible sur le site internet de Lig'Air, www.ligair.fr.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIÈRES	3
Introduction et contexte de l'étude	4
I - Description de l'étude.....	5
A. Polluants suivis	5
1- Les particules en suspension	5
2- Les oxydes d'azote.....	5
3- Le benzène.....	6
4- Les métaux lourds	6
5- La réglementation.....	7
B. Site de prélèvement	8
C. Période de mesures	9
II – Résultats	10
A. Point météo	10
1- Analyse de la température.....	10
2- Analyse des précipitations.....	10
3- Analyse du vent.....	11
4- Analyse de l'insolation	12
B. Les polluants atmosphériques	12
1- Les oxydes d'azote.....	12
2- BTEX.....	14
3- Les métaux lourds	15
4- Les particules en suspension	16
III – Relations émissions et concentrations	22
Conclusion	27
ANNEXES	28
A. Cartographie des sites fixes	28
B. Tableaux des données mesurées en BTEX et en métaux lourds pendant toutes les semaines de mesures	29
C. Analyse des données météorologiques pendant les 4 périodes saisonnières de mesure des BTEX et des métaux lourds	30

Introduction et contexte de l'étude

La société SIDESUP, filiale de Cristal Union, implantée à Engenville (Loiret) depuis 1970 (figure 1), produit et commercialise des produits à base de bois, de luzerne déshydratée et de pulpe déshydratée notamment de betterave sous forme de granulés et pellets destinés au chauffage notamment sous la marque «Grain de feu».

En lien avec l'augmentation de son activité, la société SIDESUP a souhaité mener une étude sur les niveaux des particules en suspension en air ambiant dans les zones susceptibles d'être impactées par ses émissions.

Une étude de modélisation des émissions de poussières liées à la société SIDESUP a été réalisée par l'APAVE¹ en avril 2023 afin de définir, dans l'environnement du site, les zones de retombées maximales.

A la demande de la société SIDESUP, Lig'Air a réalisé une étude complémentaire ayant pour objectif des mesures de particules sur la zone de retombées.

Lig'Air a surveillé au cours de toute l'année 2023, les particules de taille inférieure à 10 µm et de taille inférieure à 2,5 µm (PM₁₀ et PM_{2,5}), les oxydes d'azote (NO et NO₂), des Composés Organiques Volatils (Benzène, toluène, éthylbenzène, o-xylène) et les métaux lourds (Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb).

Le présent document regroupe les résultats de cette campagne de mesures.

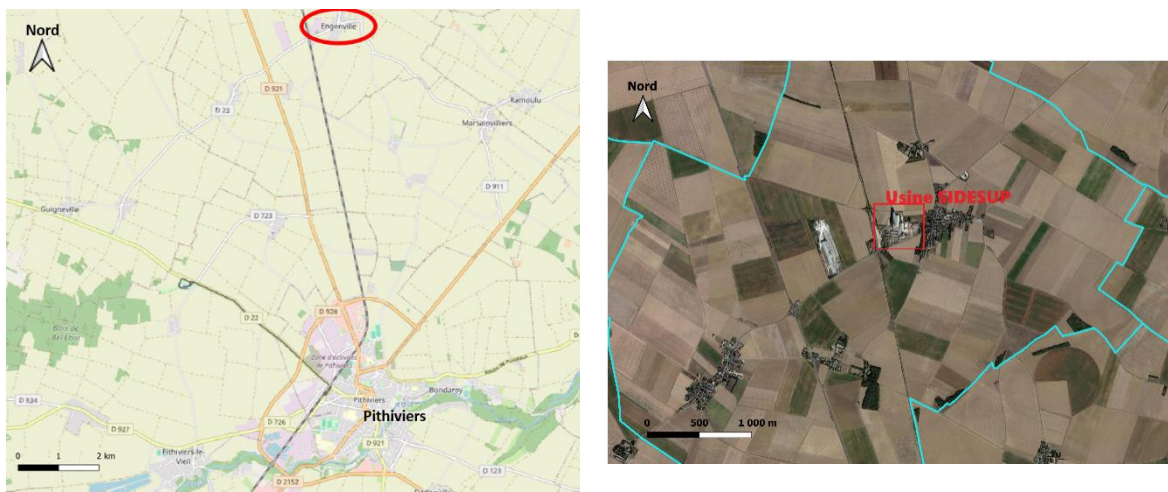


Figure 1 : situation géographique de l'usine SIDESUP à Engenville (Loiret) (Source du fond : OSM Standard et Google Satellite)

¹ Plan de surveillance des retombées de poussières dans l'environnement SIDESUP – Site d'Engenville – Version 1 -11 avril 2023 - APAVE

I - Description de l'étude

L'étude a pour objectif de réaliser des mesures de particules en suspension, des oxydes d'azote, des Composés Organiques Volatils tels que le benzène et des métaux lourds dans l'air ambiant autour de l'usine SIDESUP, basée à Engenville (Loiret).

A. Polluants suivis

1- Les particules en suspension

Les particules en suspension, communément appelées « poussières », proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...) d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et des activités agricoles (épandages, labours...).

La surveillance réglementaire porte sur les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) mais également sur les PM_{2,5} (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Elles sont constituées de substances solides et/ou liquides et ont une vitesse de chute négligeable.

Effets sur la santé : Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures.

Par contre, les particules les plus fines pénètrent facilement dans les voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent et peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures.

Elles peuvent donc altérer la fonction respiratoire des personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques).

De plus certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes en véhiculant des composés toxiques.

Effets sur l'environnement : Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus visibles.

Instrumentation : Lig'Air a utilisé pour mesurer les particules, un analyseur Fidas (figure 2), appareil homologué par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Ce granulomètre optique permet de mesurer en temps réel et en continu, différentes fractions granulométriques :

- Particules de taille inférieure à 1 µm
- Particules de taille inférieure à 2,5 µm
- Particules de taille inférieure à 4 µm
- Particules de taille inférieure à 10 µm



Figure 2 : appareil Fidas de mesure de particules en suspension de différentes tailles

L'incertitude associée aux mesures de cet appareil est de l'ordre de 10%.

Cet appareil permet d'obtenir des mesures de particules en continu 24h/24h. Ces données sont transmises via une liaison 4G plusieurs fois par jour au siège de Lig'Air à Saint-Cyr-en-Val.

2- Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote sont principalement issus du trafic automobile (60% en région Centre-Val de Loire), de l'agriculture et des installations de combustion. Ils résultent principalement de la combinaison à très hautes températures de l'oxygène de l'air et de l'azote. Le monoxyde d'azote (NO) se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂) en présence d'oxydants atmosphériques tels que l'ozone et les radicaux libres RO₂.

Effets sur la santé : le dioxyde d'azote (NO_2) est un gaz irritant pour les bronches. Il provoque des troubles respiratoires, des affections chroniques et des perturbations du transport de l'oxygène dans le sang, en se liant à l'hémoglobine.

Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires. Cependant, on estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

Instrumentation : Lig'Air a utilisé pour mesurer les oxydes d'azote, un analyseur par chimiluminescence homologué par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) HORIBA APNA 370 (figure 3). Cet appareil permet d'obtenir des mesures d'oxydes d'azote en continu 24h/24h.



Figure 3 : analyseur des oxydes d'azote

3- Le benzène

Le benzène est émis dans l'atmosphère par évaporation de produits raffinés (bacs de stockage pétroliers, pompes à essence...), de solvants d'extraction (en particulier dans l'industrie du parfum), de solvants dans certaines activités industrielles telles que l'imprimerie. Les véhicules automobiles émettent également des COV et notamment le benzène qui est utilisé dans la formulation des essences.

Effets sur la santé : ses effets sur la santé sont divers, il peut provoquer une simple gêne olfactive, ou des irritations des voies respiratoires, ou des troubles neuropsychiques et enfin des risques de cancers.

Instrumentation : Contrairement aux précédents polluants (oxydes d'azote et particules en suspension), qui ont été suivis en continu, le benzène est prélevé sur cartouche sur un pas de temps hebdomadaire (figure 4) et analysé après prélèvement. La quantification des concentrations de ce polluant est faite en différée par un laboratoire extérieur.



Figure 4 : préleveur actif des BTEX

4- Les métaux lourds

Les métaux lourds regroupent une famille de composés assez vaste (plomb, mercure, arsenic, nickel, cadmium, zinc, chrome...), la plupart se trouvant à l'état particulaire, à l'exception du mercure (état gazeux). Ils proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères et de certains procédés industriels (métallurgie des métaux non ferreux notamment). Certains métaux tels le cadmium, le mercure, le plomb ou encore le chrome sont retrouvés dans la fumée de tabac. Parmi cette famille de polluants, quatre sont concernés par la réglementation dans l'air ambiant en raison de leur toxicité : le plomb (Pb), l'arsenic (As), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni).

Dans le cadre de cette étude, les métaux qui ont été surveillés sont : le Plomb, l'Arsenic, le Cadmium et le Nickel.

Effets sur la santé : À plus ou moins long terme, ces polluants s'accumulent dans l'organisme. Ils produisent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologique (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (cadmium).

Instrumentation : Tout comme le benzène, les métaux lourds sont prélevés sur un pas de temps hebdomadaire à l'aide d'un Partisol 2025 (figure 5) et analysés après prélèvement sur filtre. La quantification des concentrations de ces polluants est faite en différée par un laboratoire extérieur.



Figure 5 : préleveur des métaux Partisol 2025

5- La réglementation

Des directives européennes réglementent les niveaux maximaux pour plusieurs polluants en air extérieur. En France, ces directives européennes sont transposées sous forme de décret. Le tableau 1 suivant regroupe les valeurs réglementaires européennes et françaises des particules en suspension surveillées dans le cadre de cette étude. Les valeurs guide de l'OMS (version 2021) sont également indiquées.

Polluant	Valeur limite ou valeur cible	Seuil de recommandations et d'information	Seuil d'alerte	Valeur guide de l'OMS (2021)
Particules en suspension PM ₁₀	<u>En moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³	<u>En moyenne journalière</u> : 50 µg/m ³	<u>En moyenne journalière</u> : 80 µg/m ³	<u>En moyenne annuelle</u> 15 µg/m ³
	<u>En moyenne journalière</u> 50 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 35 jours/an			<u>En moyenne journalière</u> 45 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours/an
Particules en suspension PM _{2,5}	<u>En moyenne annuelle</u> 20 µg/m ³	-	-	<u>En moyenne annuelle</u> 5 µg/m ³ <u>En moyenne journalière</u> 15 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours/an
Dioxyde d'azote NO ₂	<u>En moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ <u>En moyenne horaire</u> 200 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 18 heures/an	<u>En moyenne horaire</u> : 200 µg/m ³	<u>En moyenne horaire</u> : 400 µg/m ³ pendant 3h	<u>En moyenne annuelle</u> 10 µg/m ³ <u>En moyenne journalière</u> 25 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours/an
Benzène C ₆ H ₆	<u>En moyenne annuelle</u> 5 µg/m ³	-	-	-
Plomb Pb	<u>En moyenne annuelle</u> 0,5 µg/m ³	-	-	-
Arsenic As	<u>Valeur cible : en moyenne annuelle</u> 6 ng/m ³	-	-	-
Cadmium Cd	<u>Valeur cible : en moyenne annuelle</u> 5 ng/m ³	-	-	-
Nickel Ni	<u>Valeur cible : en moyenne annuelle</u> 20 ng/m ³	-	-	-

Tableau 1 : valeurs réglementaires et valeurs guides de l'OMS

B. Site de prélèvement

Le choix du site de mesure a pris en compte différents critères :

- Être dans la zone d'impact des rejets de l'usine SIDESUP
- Être dans une zone habitée
- Avoir un accès à une alimentation électrique.

Une visite de sites potentiels a été effectuée le 11/10/2022 en présence de Madame le Maire d'Engenville. A l'issue de cette visite le choix du site situé dans la cour de l'école d'Engenville cochoit tous ces critères. En effet, ce site était bien sécurisé, accessible, l'accès à une prise électrique a été rendu possible après quelques petits travaux, l'exposition de personnes sensibles a été satisfait par la présence de très jeunes enfants dans cette école et pour finir l'impact possible des rejets de l'usine SIDESUP a été validé par la carte des retombées modélisées issues du rapport « Plan de surveillance retombées de poussières SIDESUP » réalisé par l'APAVE (figure 6).

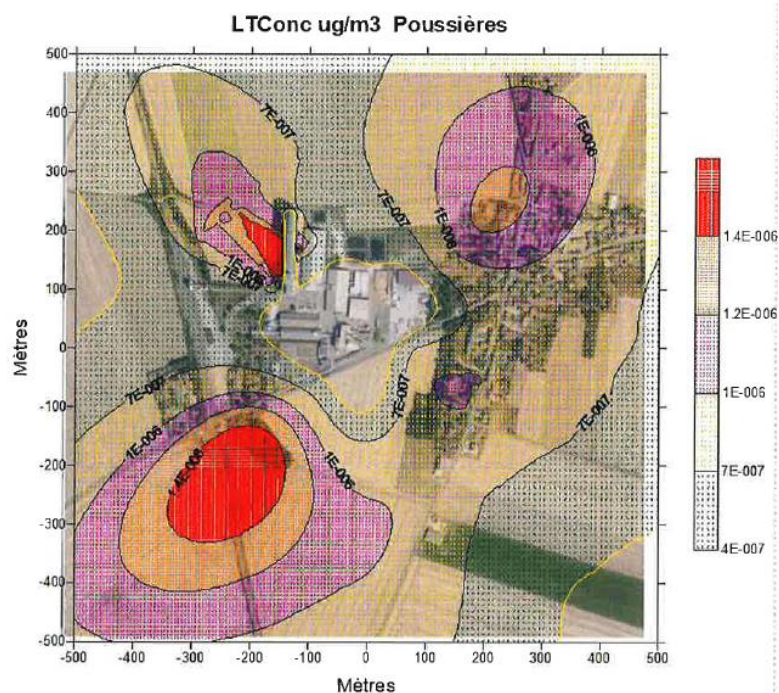


Figure 6 : carte de retombées des poussières modélisées (Source : APAVE).

La figure 7 ci-dessous montre les photos de l'installation de la station mobile ainsi que du préleveur de métaux.



Figure 7 : photos de la station mobile dans la cour de l'école d'Engenville ainsi que du préleveur métaux

La figure 8 montre la situation de la cheminée de l'usine SIDESUP ainsi que la position de la station de mesure.

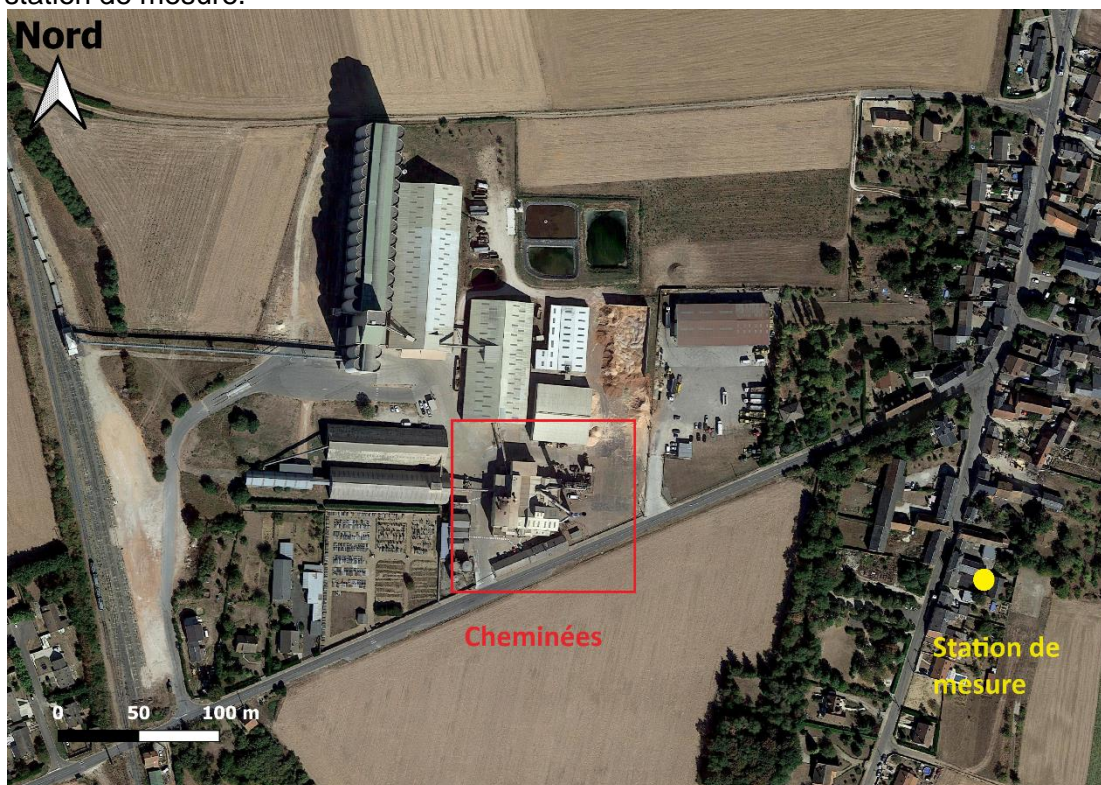


Figure 8 : cartographie de la station mobile et de l'usine SIDESUP (Source du fond : Google Satellite)

La station mobile était située à environ 250 m à l'Est-Sud-Est (100°) de l'usine SIDESUP et en conséquence elle était sous le vent de l'usine par vent d'origine de secteur Ouest-Nord-Ouest (270° à 300°).

C. Période de mesures

La campagne de surveillance s'est déroulée du 12 janvier 2023 au 9 janvier 2024. Les mesures validées de particules et d'oxydes d'azote ont couvert respectivement 97,2 % et 99,4 % de la période.

Les mesures de BTEX et de métaux lourds ont été réalisées à raison de 2 semaines par saison soit 8 prélèvements suivant le planning du tableau 2.

Planning prélèvements	2023											
	janv	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept.	oct	nov	déc
Prélèvements Benzène et Métaux (Pb, Cd, As et Ni)		06/02 au 13/02.			08/05 au 15/05		17/07 au 24/07			09/10 au 16/10.		
		13/02 au 20/02			15/05 au 22/05		24/07 au 02/08			16/10 au 23/10.		

Tableau 2 : planning de prélèvements des métaux lourds et BTEX

II – Résultats

A. Point météo

La station Météo France prise en référence dans ce paragraphe est celle d'Orléans-Bricy située à environ 45 km au sud-ouest d'Engenville.

1- Analyse de la température

Le tableau 3 présente un bilan des températures observées pendant la campagne de surveillance.

Paramètre	Température
Minimum	-6,7 °C le 09/02/2023 à 05hTU
Moyenne	12,7°C
Maximum	34,6 °C le 08/09/2023 à 16hTU

Tableau 3 : statistiques de la température durant la période de mesure

La figure 9 présente l'évolution mensuelle de ces statistiques.

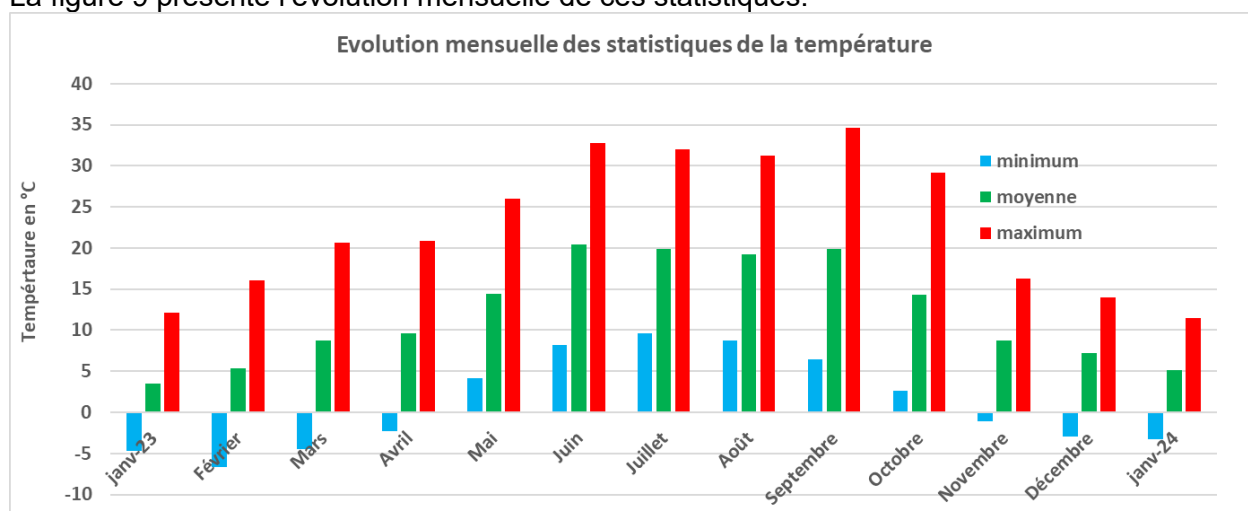


Figure 9 : évolution mensuelle de la température minimale, moyenne et maximale pendant la période de mesure

On peut noter que des gelées ont été observées en hiver (janvier et février 2023 avec un minimum de -6,7°C le 09/02), au début du printemps (mars et avril 2023) et de novembre 2023 à janvier 2024. Ces périodes les plus froides sont en général propices à une hausse des émissions notamment du chauffage mais aussi à des conditions météorologiques favorisant l'accumulation de la pollution. Des températures supérieures à 30°C ont été mesurées régulièrement du mois de juin au mois de septembre 2023 (maximum de 34,6°C le 08/09). Les mois de juin à septembre 2023 ont vu des moyennes proches de 20°C.

2- Analyse des précipitations

Le cumul des précipitations s'élève à 620,6 mm pendant la période de mesure avec un maximum horaire de 15,8 mm le 18/06/2023 à 16hTU.

La figure 10 présente l'évolution mensuelle des précipitations.

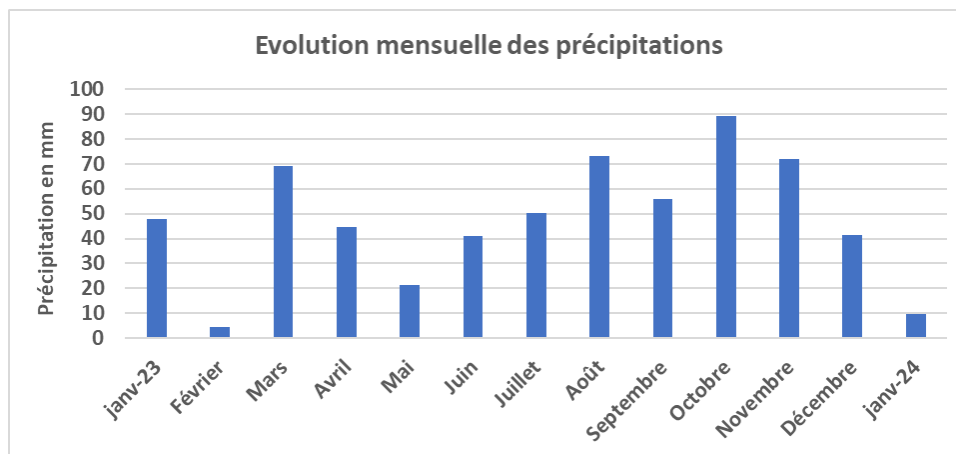


Figure 10 : évolution mensuelle des précipitations

On peut noter notamment que le mois de février 2023 a été très sec avec seulement 4,6 mm de précipitation suivi du mois de mai avec 21,3 mm. Le mois d'octobre a été le mois le plus pluvieux avec 89,3 mm suivi des mois de novembre et d'août avec respectivement 72,1 mm et 69,3 mm. Les périodes pluvieuses sont propices au lessivage de la pollution ce qui conduit à une amélioration la qualité de l'air.

3- Analyse du vent

La moyenne de la vitesse du vent a été de 4,7 m/s tandis que la vitesse de vent maximal horaire pendant la période de mesure a été de 18,6 m/s le 16/01/2023 à 09hTU de direction Ouest-Sud-Ouest. Les périodes venteuses sont propices à la dispersion de la pollution ce qui va conduire à une amélioration la qualité de l'air.

La figure 11 présente la rose des vents par gamme de la vitesse du vent.

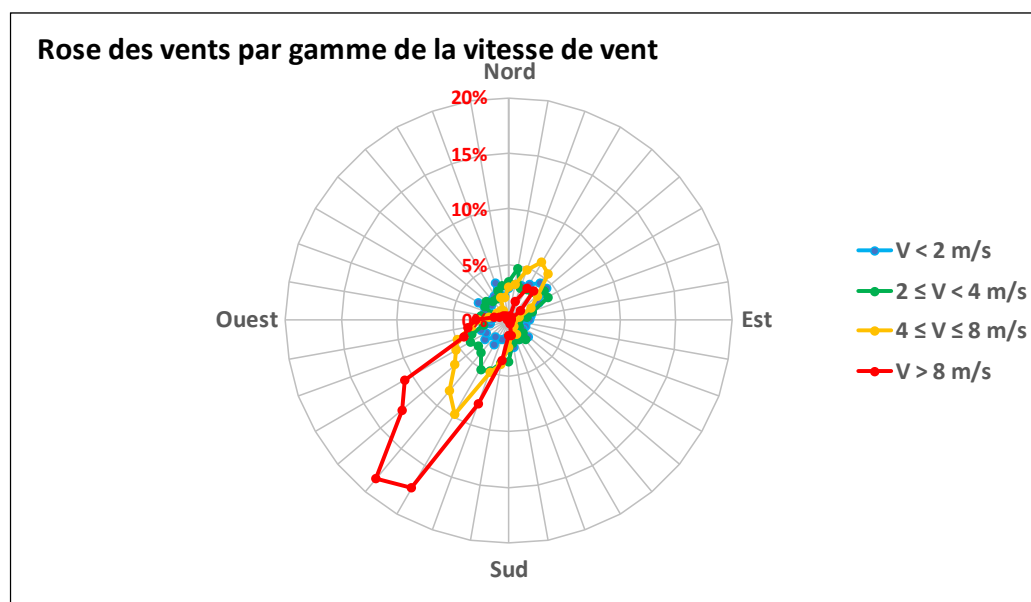


Figure 11 : rose des vents toutes vitesses de vents

Cette rose des vents est assez classique avec 2 secteurs prédominants de secteurs Sud-Ouest et Nord-Est, les vents plus forts ($V > 8$ m/s) étant surtout présents en secteur Sud-Ouest.

La station de mesure a été sous le vent de l'usine SIDESUP (vent de direction 270-300°) 7,7% du temps pendant l'année 2023. Ces valeurs d'exposition au panache de l'usine sont assez faibles.

4- Analyse de l'insolation

Le cumul de l'insolation s'élève à 1 683 heures pendant la période de mesure dont 900 heures avec une insolation à 100%.

La figure 12 présente l'évolution mensuelle de l'insolation.

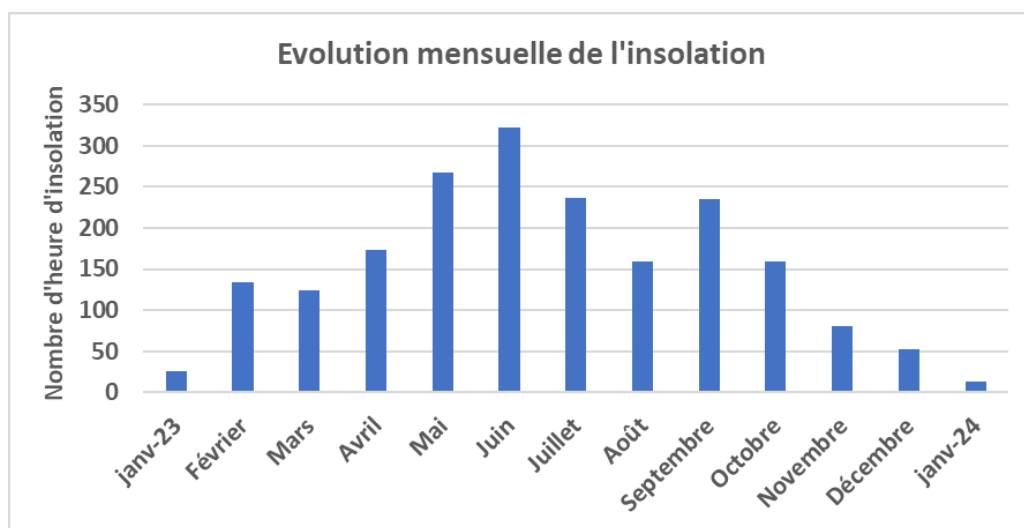


Figure 12 : évolution mensuelle de l'insolation

On peut noter notamment que le mois de juin 2023 a été très ensoleillé avec 321 heures suivi du mois de mai avec 267 heures. Le mois de février se démarque avec 134 heures ce qui est proche du record pour ce mois donnant à ce mois un critère de plus favorable à la mauvaise qualité de l'air.

B. Les polluants atmosphériques

Les résultats des mesures des différents polluants atmosphériques sont comparés à la réglementation dans le chapitre suivant. Les niveaux mesurés à Engenville seront également comparés aux niveaux mesurés sur les sites de Lig'Air intégrant le dispositif de surveillance de la qualité de l'air sur la région Centre-Val de Loire. La figure 34 en annexe montre les cartes de situation des stations utilisées pour la comparaison des résultats mesurés.

1- Les oxydes d'azote

Le tableau 4 fournit les statistiques du dioxyde d'azote mesuré par la station durant la campagne de mesure.

Paramètre	Dioxyde d'azote (NO ₂)	Valeurs réglementaires
Moyenne	5,8 µg/m ³	Pour le NO ₂ : 40 µg/m ³
Maximum horaire	51,8 µg/m ³ le 26/01/2023 à 15hTU	Pour le NO ₂ : 200 µg/m ³

Tableau 4 : statistiques des concentrations horaires du dioxyde d'azote (NO₂) mesurés pendant la campagne

Ces valeurs de concentrations sont très faibles et sont très inférieures aux valeurs limites réglementaires (40 µg/m³ en moyenne annuelle et 200 µg/m³ en valeurs horaires) ainsi que des valeurs guides en moyenne annuelle de l'OMS (cf. Tableau 1) qui n'existe que pour le dioxyde d'azote (NO₂). On peut toutefois noter que l'on a observé 2 journées (les 02 et 03/03/2023 avec respectivement des concentrations de 29,7 et 28,1 µg/m³) dont la moyenne journalière dépassait les 25 µg/m³, concentration journalière qu'il ne faut pas dépasser plus de 3 à 4 fois par an selon la valeur guide de l'OMS.

Le tableau 5 fournit les statistiques du dioxyde d'azote (NO₂) mesurés par les stations du réseau fixe de Lig'Air durant la campagne de mesure.

Paramètre	Dioxyde d'azote (NO ₂)		
Département	Loiret		
Station	La Source-CNRS	St Jean de la Ruelle	Montargis Les Cités
Typologie	Fond urbain	Fond urbain	Fond urbain
Moyenne	6,4 µg/m ³	12,0 µg/m ³	7,5 µg/ m ³
Maximum horaire	60,6 µg/ m ³ le 09/02/2023 à 19hTU	104,2 µg/ m ³ le 14/02/2023 à 19hTU	87,1 µg/ m ³ le 14/02/2023 à 09hTU
Maximum de la moyenne journalière	28,2 µg/m ³ le 02/03/2023	50,5 µg/m ³ le 14/02/2023	38,8 µg/m ³ le 14/02/2023

Tableau 5 : statistiques des concentrations du dioxyde d'azote (NO₂) mesurées par les stations du réseau fixe de Lig'Air dans le Loiret durant pendant la campagne

Les moyennes annuelles pour le dioxyde d'azote (NO₂) observées à Engenville sont proches de celles enregistrées aux stations de La Source_CNRS à Orléans, Montargis_Les_Cités, stations de fond urbain du Loiret et inférieures à celles de la station de St Jean de la Ruelle, autre station de fond de l'agglomération orléanaise. On retrouve globalement les mêmes éléments de comparaison en ce qui concerne la concentration maximale horaire du NO₂ quoique le maximum horaire soit un peu plus élevé pour la station de Montargis-Les_Cités.

Le nombre de jour pour lesquels la moyenne journalière est supérieure à 25 µg/m³ est de 2 jours à Engenville. Cette valeur est assez proche de celle de la station de La Source_CNRS avec 3 jours. Par contre, elle est inférieure au nombre de jour observé respectivement à Montargis-Les Cités (6 jours) et surtout à St Jean-de-la Ruelle (20 jours). Pour ces 2 dernières stations la valeur guide de l'OMS est dépassée puisque ce nombre de jour est supérieure à 4 jours.

Il faut noter que le 02/03/2023 les autres sites (La Source_CNRS, St Jean de la Ruelle) sont aussi en dépassement du seuil de 25 µg/m³, par contre le 03/03/2023 seul St Jean-de-Ruelle dépasse ce seuil.

Enfin pour finir la figure 13 présente la répartition des concentrations horaires du NO₂ en fonction de leur gamme de concentration.

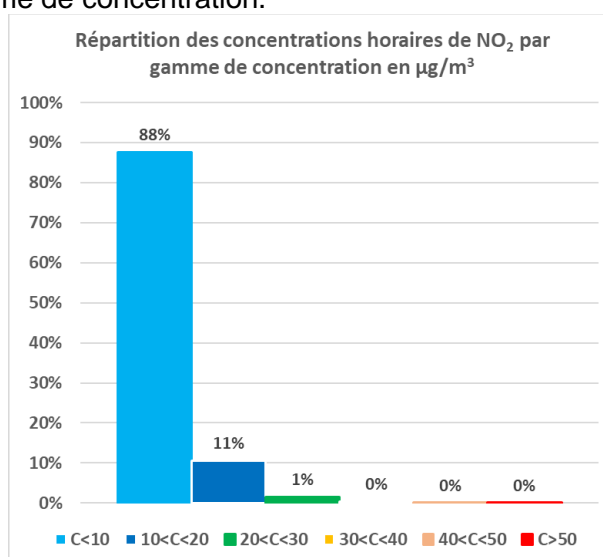


Figure 13 : répartition des concentrations horaires du NO₂ par gamme de concentration

Cette figure 13 montre que 88% des concentrations horaires sont inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et 11% sont comprises entre 10 et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il reste donc moins de 1% des concentrations horaires du NO_2 supérieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et inférieure à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La rose de pollution (figure 14) pour le dioxyde d'azote montre que les faibles concentrations sont plutôt représentées sous des vents de Sud-Ouest et aussi un peu de Nord-Est. Pour les plus fortes concentrations, il n'y a pas vraiment de direction de vent privilégiées.

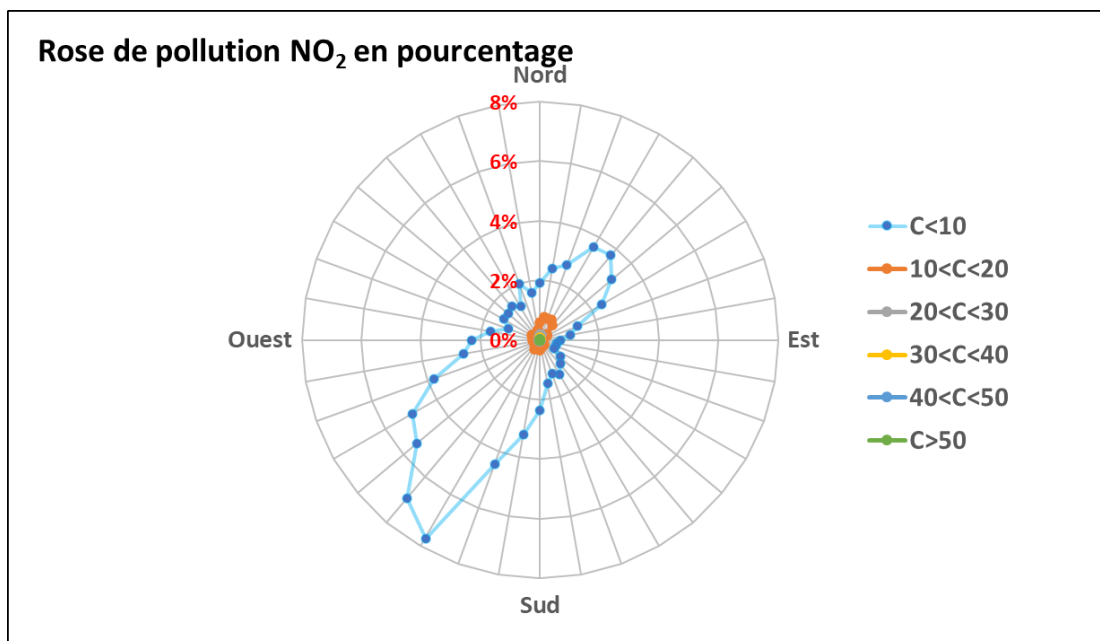


Figure 14 : rose de pollution du dioxyde d'azote (NO_2)

La moyenne annuelle mesurée en dioxyde d'azote (NO_2) de $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est très inférieure à la valeur limite réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et même à la valeur guide de l'OMS fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette moyenne annuelle à Engenville est comparable à la valeur mesurée sur les stations de la Source_CNRS et Montargis_Les_Cités.

2- BTEX

Le tableau 6 ci-dessous fourni les concentrations moyennes et maximales de BTEX observées pendant les 8 semaines de mesure.

Concentration	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	mp-Xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-Xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Moyenne	0,2	0,8	0,1	0,2	0,1
Maximum	0,3	2,6	0,1	0,3	2,3
Valeurs réglementaires	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme objectif de qualité	-	-	-	-

Tableau 6 : concentrations de BTEX mesurées par prélèvement actif

La figure 15 ci-dessous montre les concentrations des BTEX observées pendant les 8 semaines de mesure (les valeurs chiffrées détaillées sont fournies dans le tableau 14 en Annexe B).

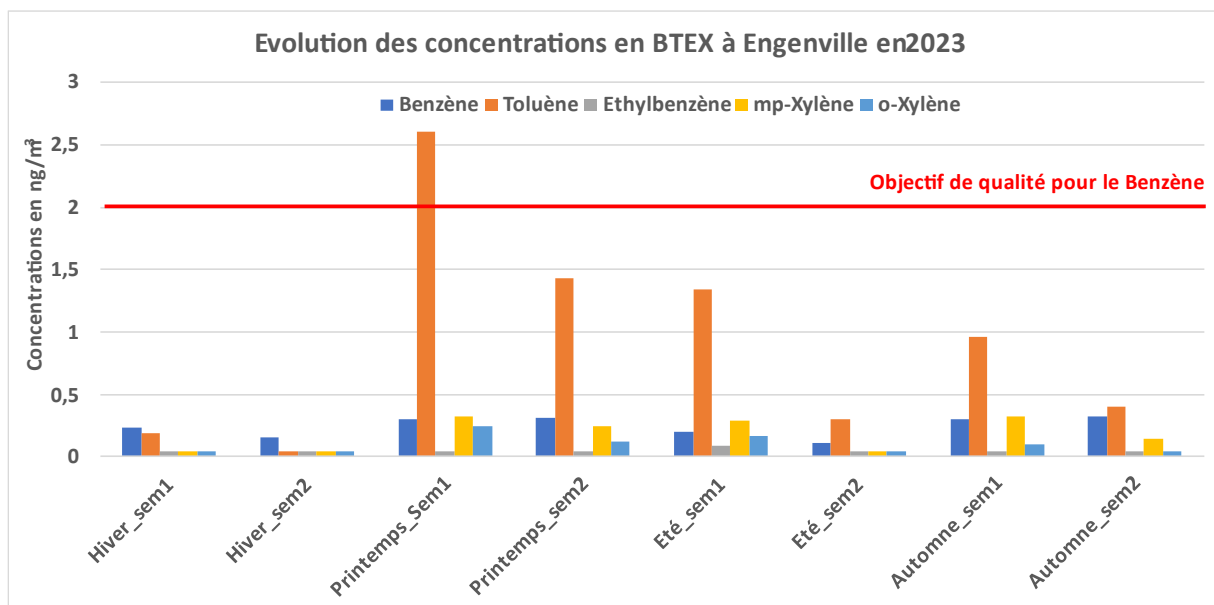


Figure 15 : évolution des concentrations des BTEX à Engenville pendant les 8 semaines de mesures par prélèvement actif

Les concentrations du benzène sont faibles ($0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur maximale enregistrée lors de période automnale) et sont très en dessous de la valeur limite fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Cette moyenne annuelle à Engenville est aussi inférieure à la valeur mesurée de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la station de l'agglomération orléanaise à St Jean-de-la-Ruelle comme le montre le tableau 7. Pour rappel, le benzène a une valeur limite fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concentration	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	mp-Xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-Xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Moyenne	0,5	1,0	0,1	0,4	0,2
Maximum	1,6	3,0	0,4	1,5	0,7

Tableau 7 : valeurs des BTEX mesurés pendant la même période sur la station fixe du réseau de Lig'Air à St Jean-de-la-Ruelle

Les autres polluants du tableau ne sont pas réglementés. Seul le toluène à une VTR de $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3- Les métaux lourds

Le tableau 8 ci-dessous montre les concentrations moyennes et maximales des métaux lourds observées pendant les 8 semaines de mesure.

Concentration	Nickel (ng/m^3)	Arsenic (ng/m^3)	Cadmium (ng/m^3)	Plomb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Moyenne	0,52	0,21	0,06	0,003
Maximum	1,07	0,49	0,08	0,009
Valeurs réglementaires	-	-	-	<i>0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur limite annuelle 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme objectif de qualité</i>
Valeurs cibles	20	6	5	

Tableau 8 : concentrations des métaux lourds mesurées par mesure sur filtre

La figure 16 ci-dessous montre les concentrations des métaux lourds observées pendant les 8 semaines de mesure (les valeurs chiffrées détaillées sont fournies dans le tableau 15 en Annexe B).

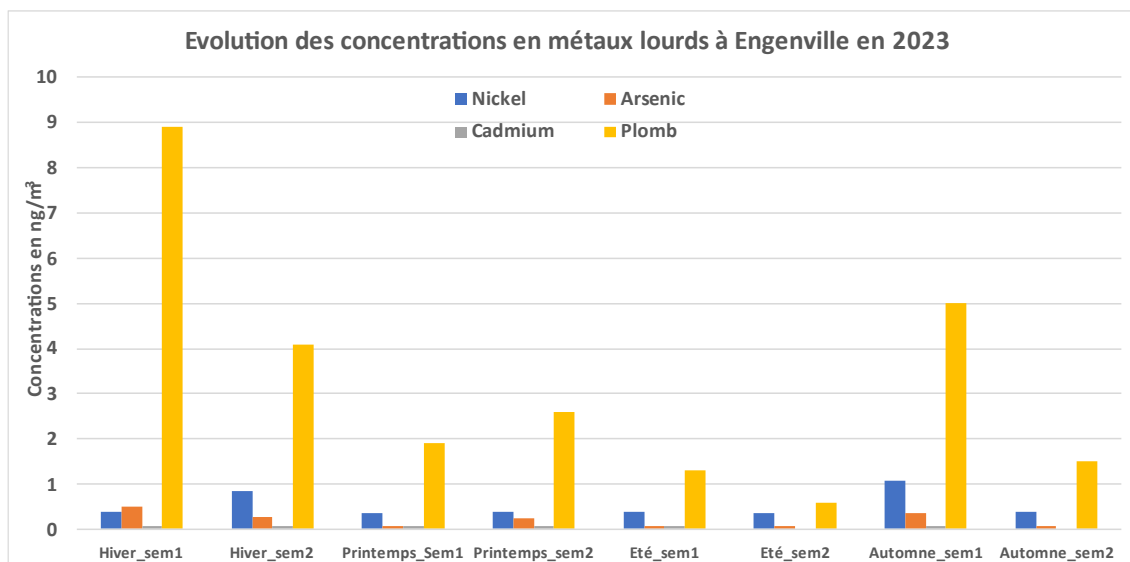


Figure 16 : évolution des concentrations des métaux lourds à Engenville pendant les 8 semaines de mesures

Les valeurs en moyenne annuelle sont faibles et sont respectivement de 0,52 ng/m³ pour le nickel, 0,21 ng/m³ pour l'arsenic, 0,06 ng/m³ pour le cadmium et 0,003 µg/m³ pour le plomb. **Ces valeurs sont très en dessous de la valeur cible fixée à 20 ng/m³ pour le nickel, 6 ng/m³ pour l'arsenic et 5 ng/m³ pour le cadmium. Pour le plomb, la valeur limite annuelle fixée à 0,5 µg/m³ ainsi que l'objectif de qualité fixé à 0,25 µg/m³ sont aussi nettement respectés.**

Les valeurs maximales ont été observées pendant la période automnale avec respectivement 1,07 ng/m³ pour le nickel, 0,36 ng/m³ pour l'arsenic et 0,009 µg/m³ pour le plomb. Pour le cadmium aucune valeur au-dessus de la limite de quantification n'a pu être observée.

Ces valeurs observées sont comparables à celles mesurées sur le site de Bazoches-les-Gallerandes du réseau de mesure de Lig'Air comme le montre le tableau 9.

Concentration	Nickel (ng/m ³)	Arsenic (ng/m ³)	Cadmium (ng/m ³)	Plomb (µg/m ³)
Moyenne	0,46	0,15	0,04	0,007
Maximum	0,8	0,45	0,18	0,024

Tableau 9 : valeurs des métaux lourds mesurés pendant la même période sur la station fixe du réseau de Lig'Air à Bazoches-les-Gallerandes

4- Les particules en suspension

Le tableau 10 fournit les statistiques des particules en suspension mesurées par la station durant la campagne de mesure.

Paramètre	Particules en suspension (PM ₁₀)	Particules en suspension (PM _{2,5})	Valeurs réglementaires
Moyenne	13 µg/m ³	8 µg/m ³	40 µg/m ³ en moyenne annuelle 30 µg/m ³ en objectif de qualité 15 µg/m ³ comme seuil de référence OMS
Maximum horaire	206 µg/m ³ le 17/07/2023 à 12hTU	73 µg/m ³ le 03/02/2023 à 23hTU	-
Maximum de la moyenne journalière	45 µg/m ³ le 09/10/2023	36 µg/m ³ le 10/02/2023	-

Tableau 10 : statistiques des concentrations des particules en suspension (PM₁₀) et (PM_{2,5}) mesurées pendant la campagne

La moyenne annuelle des particules en suspension (PM₁₀) mesurée à Engenville de 13 µg/m³ respecte la valeur limite annuelle ainsi que l'objectif de qualité. Elle est même située en dessous du seuil de référence de l'OMS fixé à 15 µg/m³.

La moyenne annuelle des particules en suspension (PM_{2,5}) mesurée à Engenville de 8 µg/m³ respecte la valeur limite annuelle ainsi que l'objectif de qualité. Par contre, elle est tout de même située au-dessus du seuil de référence de l'OMS fixé à 5 µg/m³.

Le tableau 11 regroupe ces mêmes statistiques pour les PM₁₀, pour les stations fixes du réseau de surveillance de Lig'Air.

Paramètre	Particules en suspension (PM ₁₀)			
Département	Loiret			Eure-et-Loir
Station	La Source-CNRS	St Jean de la Ruelle	Montargis Les Cités	Fulbert
Typologie	Fond urbain	Fond urbain	Fond urbain	Fond urbain
Moyenne	12 µg/m ³	16 µg/m ³	13 µg/m ³	13 µg/m ³
Maximum horaire	101 µg/m ³ le 14/02/2023 à 01hTU	158 µg/m ³ le 13/02/2023 à 21hTU	146 µg/m ³ le 02/03/2023 à 22hTU	97 µg/m ³ le 19/06/2023 à 02hTU
Maximum de la moyenne journalière	65 µg/m ³ le 14/02/2023	81 µg/m ³ le 10/02/2023	66 µg/m ³ le 14/02/2023	56 µg/m ³ le 14/02/2023

Tableau 11 : statistiques des concentrations des particules en suspension (PM₁₀) mesurées par les stations du réseau fixe de Lig'Air pendant la campagne

Les niveaux de particules PM₁₀ observés sur les sites urbains de fond sont comparables à ceux mesurés sur le site d'Engenville. Les maxims journaliers sont plus élevés sur l'ensemble des sites urbains de Lig'Air par contre les maxims horaires sont plus importants sur le site d'Engenville. Ceci illustre la présence de niveaux importants en PM₁₀ de manière très ponctuelle. Sur les stations du réseau fixe de Lig'Air les plus proches d'Engenville, plusieurs jours de dépassement du seuil d'information et de recommandation (moyenne journalière en PM₁₀ > 50 µg/m³) ont été observés (notamment 8 jours à St Jean-de-la-Ruelle, 6 jours à Montargis_les_Cités, 3 jours à La Source_CNRS et 2 jours à Fulbert) ce qui n'est pas le cas sur le site d'Engenville.

Paramètre	Particules en suspension (PM _{2,5})				
Département	Loiret			Eure-et-Loir	Cher
Station	La Source-CNRS	St Jean de la Ruelle	Montargis Les Cités	Fulbert	Verneuil
Typologie	Fond urbain	Fond urbain	Fond urbain	Fond urbain	Rurale
Moyenne	8 µg/m ³	10 µg/m ³	9 µg/m ³	8 µg/m ³	7 µg/m ³
Maximum horaire	98 µg/m ³ le 14/02/2023 à 01hTU	145 µg/m ³ le 13/02/2023 à 22hTU	107 µg/m ³ le 15/02/2023 à 00hTU	88 µg/m ³ le 14/02/2023 à 02hTU	48 µg/m ³ le 05/03/2023 à 04hTU
Maximum de la moyenne journalière	60 µg/m ³ le 14/02/2023	74 µg/m ³ le 10/02/2023	56 µg/m ³ le 10/02/2023	51 µg/m ³ le 14/02/2023	34 µg/m ³ le 04/03/2023

Tableau 12 : statistiques des concentrations des particules en suspension (PM_{2,5}) mesurées par les stations du réseau fixe de Lig'Air pendant la campagne

Le niveau moyen de particules PM_{2,5} mesuré en 2023 à Engenville est similaire aux niveaux de PM_{2,5} mesurés sur cette même année sur le réseau fixe de Lig'Air y compris pour la station rurale nationale de Verneuil dans le Cher (tableau 12). Les maxima journaliers et horaires sont supérieurs sur les sites urbains de fond de Lig'Air comparativement aux maxima observés à Engenville. Ainsi les pics de particules observés en 2023 ne semblent concerner que les particules les plus grosses, les PM₁₀. Ces concentrations les plus élevées sont détaillées dans le chapitre suivant de ce rapport.

Les figures 17 et 18 illustrent la répartition des niveaux de particules par concentration respectivement pour les PM₁₀ et les PM_{2,5}

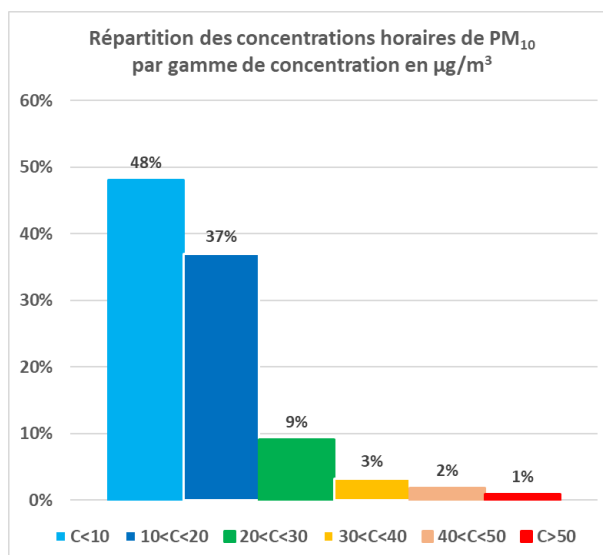


Figure 17 : répartition des concentrations horaires des PM₁₀ par gamme de concentration

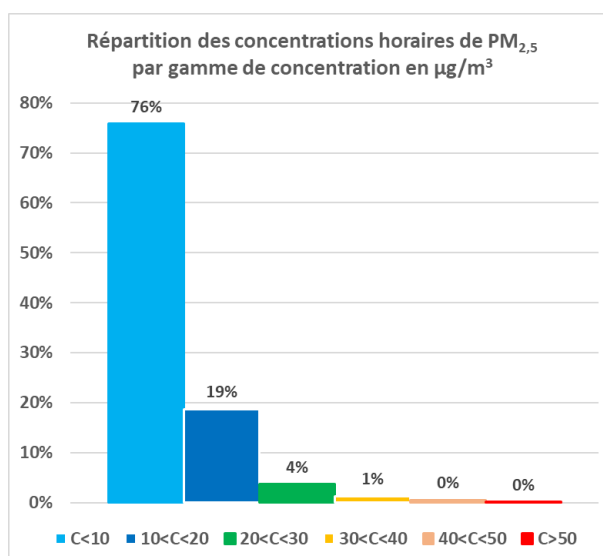


Figure 18 : répartition des concentrations horaires des PM_{2,5} par gamme de concentration

On peut constater que les niveaux les plus importants (supérieurs à 40 µg/m³/h) représentent moins de 3 % de l'année 2023 en PM₁₀ (soit seulement 234 concentrations horaires sur l'ensemble de la période de mesure) et moins de 1 % en PM_{2,5} (soit seulement 66 concentrations horaires). Pour rappel, le seuil choisi ici de 40 µg/m³/h ne correspond à aucun seuil réglementaire (il n'existe pas de seuil réglementaire sur les moyennes horaires en particules).

Afin d'analyser plus particulièrement les concentrations supérieures à 40 µg/m³ en PM₁₀, celle-ci sont réparties mensuellement sur la figure 19.

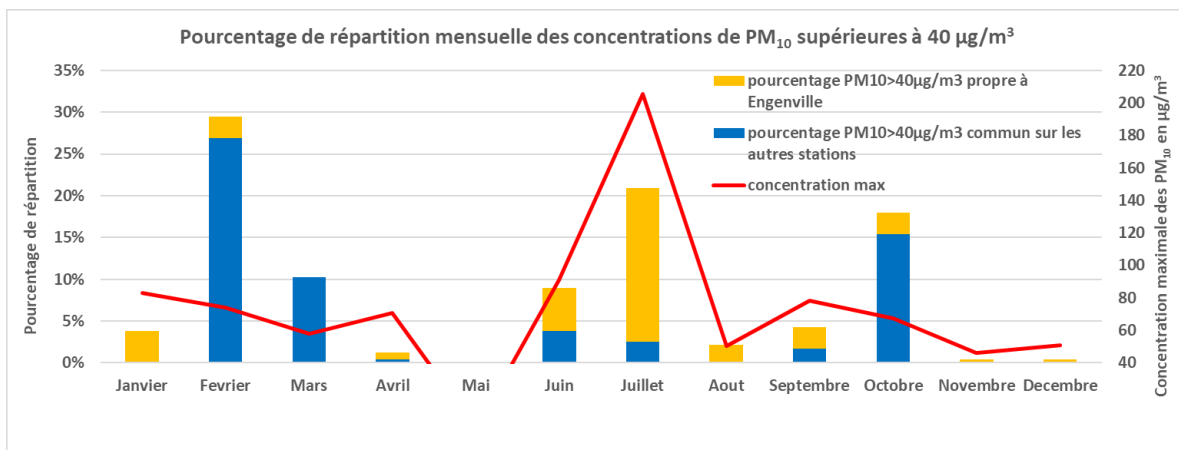


Figure 19 : pourcentage de répartition mensuelle des concentrations horaires de PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ propre à Engenville et observées aussi sur le réseau fixe de Lig’Air et indication de la valeur maximale horaire

On constate que les concentrations horaires de PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ sont présentes essentiellement en février (presque 30% avec un maximum de 74 µg/m³ le 03/02/2023 à 23hTU), juillet (21% avec un maximum de 206 le 17/07/2023 à 12hTU ce qui représente le maximum absolu) et octobre (18% avec un maximum de 68 µg/m³ le 13/10/2023 à 18hTU). Parmi ces concentrations de PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ observées à Engenville, seules respectivement 31%, 52%, 48% et 39% des concentrations aux mêmes heures aux stations de La Source_CNRS, St Jean-de-la-Ruelle, Montargis_les_Cités et Fulbert dépassent aussi les 40 µg/m³.

Ainsi parmi les 234 concentrations les plus importantes (>40 µg/m³) en PM₁₀ observées durant l’année 2023 à Engenville (soit 2,7% de l’ensemble), seules 91 valeurs soient 39% de celles-ci n’ont été mesurées que sur la commune d’Engenville. Autrement dit, les concentrations en PM₁₀ (>40 µg/m³) sont dans 61% du temps similaires sur les sites fixes de Lig’Air et sur la commune d’Engenville.

Sur cette figure 19, on voit aussi que pour les mois de janvier, juin, juillet, août et septembre on observe des concentrations de PM₁₀ > 40 µg/m³ principalement uniquement présentes à Engenville (en orange sur l’histogramme) contrairement aux mois de février, mars et octobre où ces concentrations sont aussi vues sur le réseau Lig’Air. Pour affiner cette analyse, une comparaison entre ces concentrations et les données d’émission fournies par SIDESUP sera exposée dans la partie III de ce rapport.

Les jours pour lesquels des niveaux supérieurs à 40 µg/m³/h en PM₁₀ ont été observés à Engenville sans aucune observation de niveaux similaires sur les stations fixes de Lig’Air, ont été regroupés dans le tableau 13 ci-dessous. Ainsi durant 45 jours de l’année 2023, au moins une mesure horaire de PM₁₀ a été mesurée supérieure à 40 µg/m³ sur la commune d’Engenville sans qu’une concentration équivalente n’ait été observée en simultanée sur l’une des stations fixes de surveillance du Loiret ou de l’Eure-et-Loir.

Date_PM10>40 µg/m ³		
lundi 16 janvier 2023	jeudi 29 juin 2023	jeudi 20 juillet 2023
mercredi 18 janvier 2023	vendredi 30 juin 2023	jeudi 24 août 2023
jeudi 19 janvier 2023	dimanche 2 juillet 2023	vendredi 25 août 2023
vendredi 20 janvier 2023	lundi 3 juillet 2023	mardi 29 août 2023
vendredi 3 février 2023	jeudi 6 juillet 2023	mercredi 30 août 2023
samedi 4 février 2023	vendredi 7 juillet 2023	mardi 5 septembre 2023
jeudi 9 février 2023	samedi 8 juillet 2023	jeudi 7 septembre 2023
mardi 21 février 2023	lundi 10 juillet 2023	lundi 11 septembre 2023
mercredi 5 avril 2023	mardi 11 juillet 2023	vendredi 29 septembre 2023

vendredi 28 avril 2023	mercredi 12 juillet 2023	samedi 30 septembre 2023
dimanche 18 juin 2023	jeudi 13 juillet 2023	mardi 3 octobre 2023
lundi 19 juin 2023	vendredi 14 juillet 2023	lundi 9 octobre 2023
mardi 20 juin 2023	lundi 17 juillet 2023	mardi 17 octobre 2023
mercredi 21 juin 2023	mardi 18 juillet 2023	mardi 28 novembre 2023
mercredi 28 juin 2023	mercredi 19 juillet 2023	vendredi 22 décembre 2023

Tableau 13 : journées où des mesures horaires de PM₁₀ ont dépassé la valeur de 40 µg/m³ sans mesure équivalente sur le réseau fixe de Lig'Air.

L'étude de ces journées vis-à-vis des vents est détaillée dans le paragraphe suivant.

Etude des roses de pollution

Les figures 20 et 21 représentent les roses de pollution selon les gammes de concentration des particules en suspension PM₁₀.

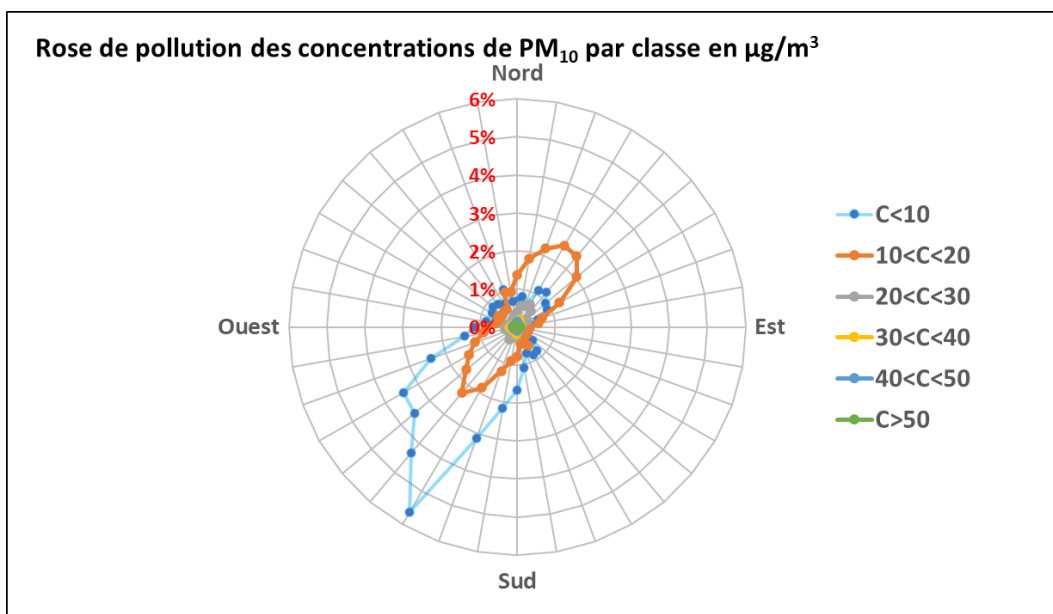


Figure 20 : rose de pollution des particules en suspension (PM₁₀)

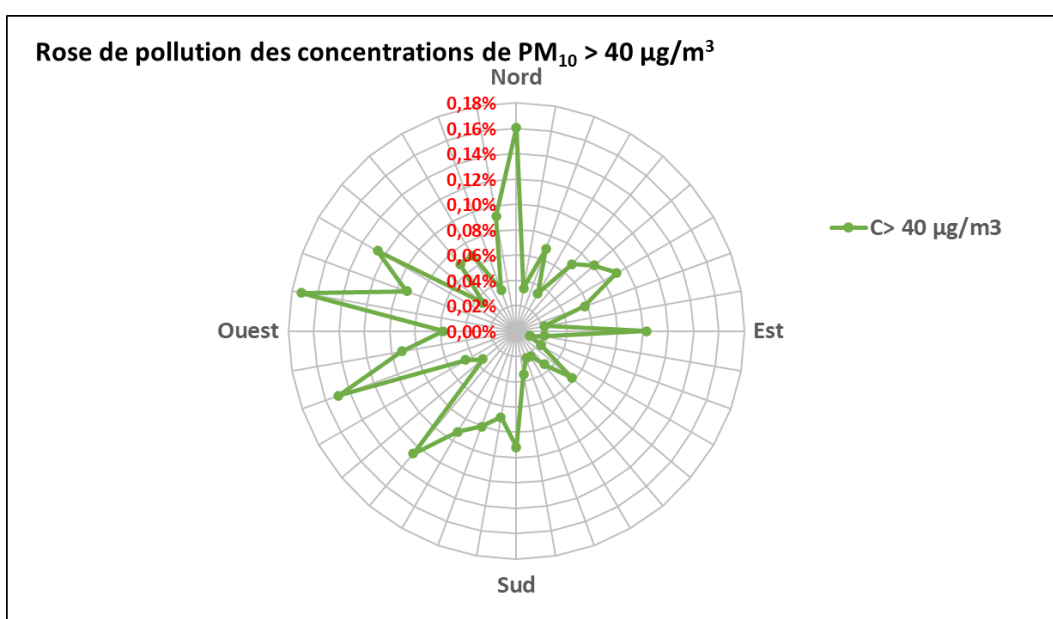


Figure 21 : rose de pollution des particules en suspension PM₁₀ > 40 µg/m³

La rose de pollution (figure 20) pour les particules en suspension PM_{10} montre que les faibles concentrations sont plutôt représentées sous des vents de Sud-Ouest et aussi un peu de Nord-Est. Pour les plus fortes concentrations (supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qui ne représentent que 2,7% de l'année 2023, en figure 21, il n'y a pas vraiment de direction de vent privilégiées.

Les figures 22 et 23 représentent les roses de pollution selon les gammes de concentration des particules en suspension $PM_{2,5}$.

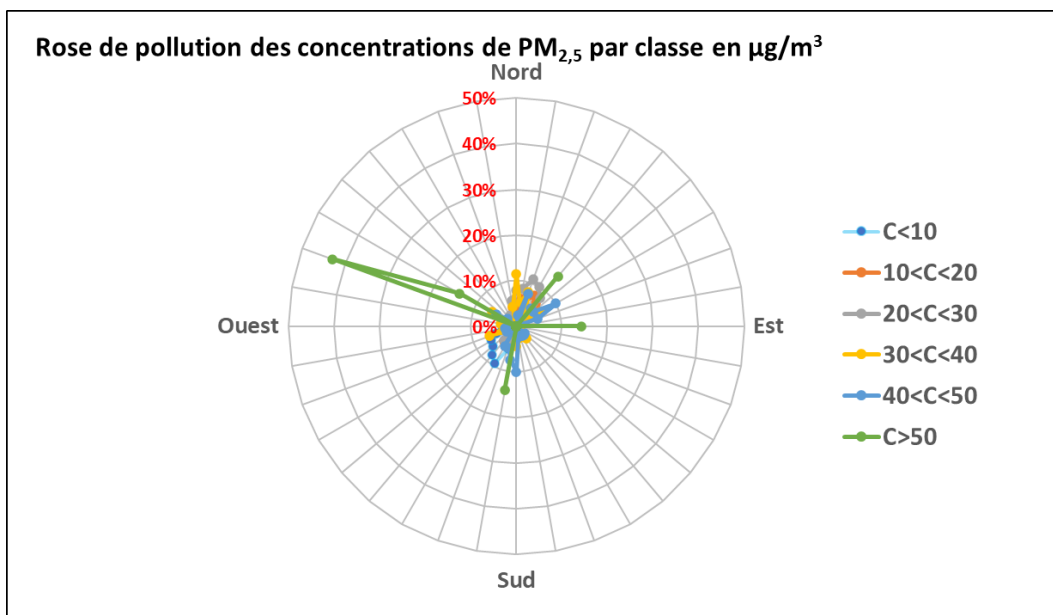


Figure 22 : rose de pollution des particules en suspension ($PM_{2,5}$)

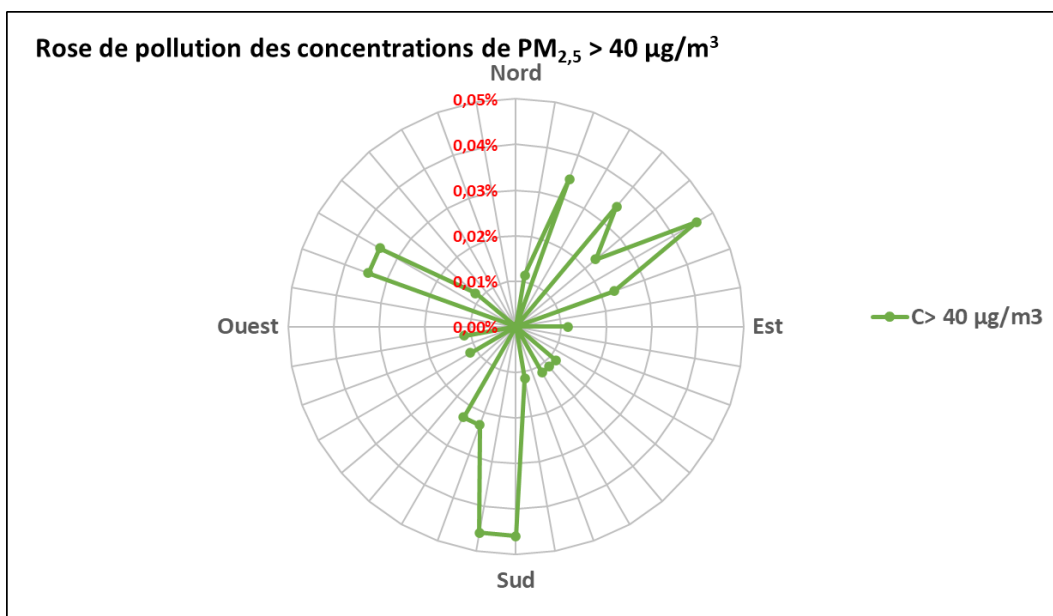


Figure 23 : rose de pollution des particules en suspension $PM_{2,5} > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

La rose de pollution (figure 22) pour les particules en suspension $PM_{2,5}$ montre que les faibles concentrations sont plutôt représentées sous des vents de Sud-Ouest et aussi un peu de Nord-Est. Pour les plus fortes concentrations (supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qui ne représentent qu'un peu moins de 0,5%, présentées en figure 23, il n'y a pas vraiment de direction de vent privilégiés.

III – Relations émissions et concentrations

Dans un premier temps, des données d'émissions horaires instantanées relevées par un opérateur dans la salle de contrôle, ont été fournies mensuellement par SIDESUP en oxyde d'azote et en particules pour chacun des conduits de cheminée (notés 25000, 27000 et 30000) pour une période allant du 1^{er} juillet au 24 décembre (arrêt du fonctionnement de l'usine entre le 24 et le 31 décembre 2023) à partir de relevés. Les données avant juillet n'étaient pas disponibles.

Les figures 24 et 25 montrent le taux de représentativité de ces données d'émission pour les oxydes d'azote et pour les particules.

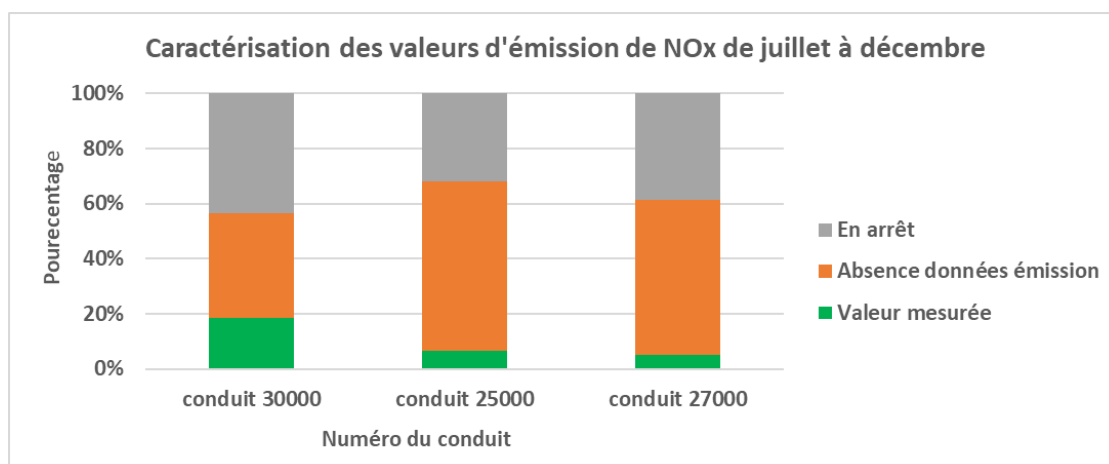


Figure 24 : caractérisation des données d'émission en oxyde d'azote (NOx) fournies par SIDESUP entre juillet et décembre

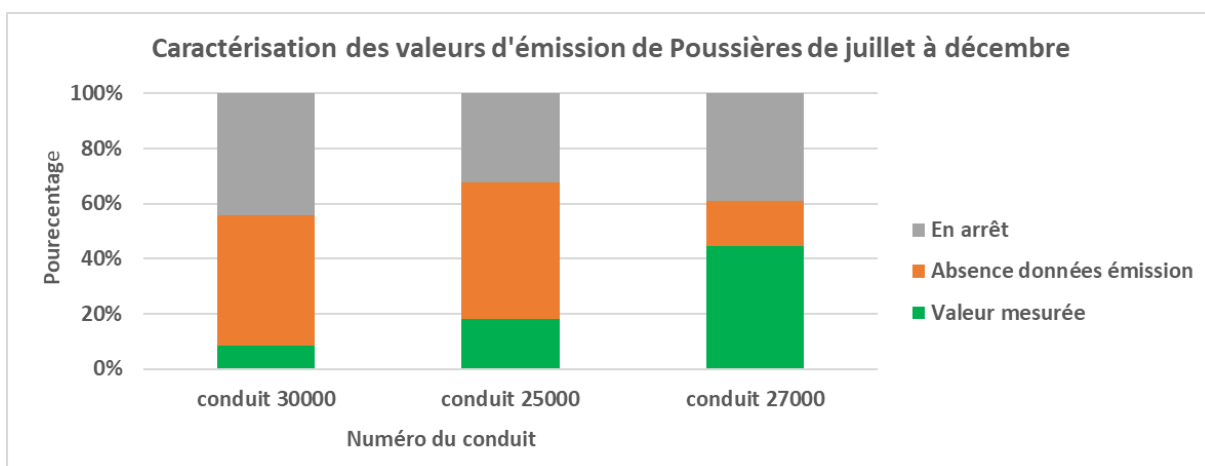


Figure 25 : caractérisation des données d'émission en poussières fournies par SIDESUP entre juillet et décembre

L'analyse de ces 2 figures montre que les valeurs d'émission valides sont inférieures à 20% pour le conduit 3000 et à 7% pour les 2 autres conduits pour les oxydes d'azote et sont au maximum de 45% pour le conduit 27000 pour les poussières.

Ces valeurs d'émissions peu nombreuses pour les oxydes d'azote conduisent à ne pas pouvoir faire une comparaison représentative entre les émissions et les concentrations de ces polluants.

Dans un deuxième temps, le 04 mars 2024 des données en général quart-horaires cette fois-ci provenant uniquement des analyseurs de poussières de la sortie des conduits ont été fournies.

Les figures 26 à 28 ci-dessous présentent ces données d'émission respectivement pour les conduits 25000, 27000 et 30000.

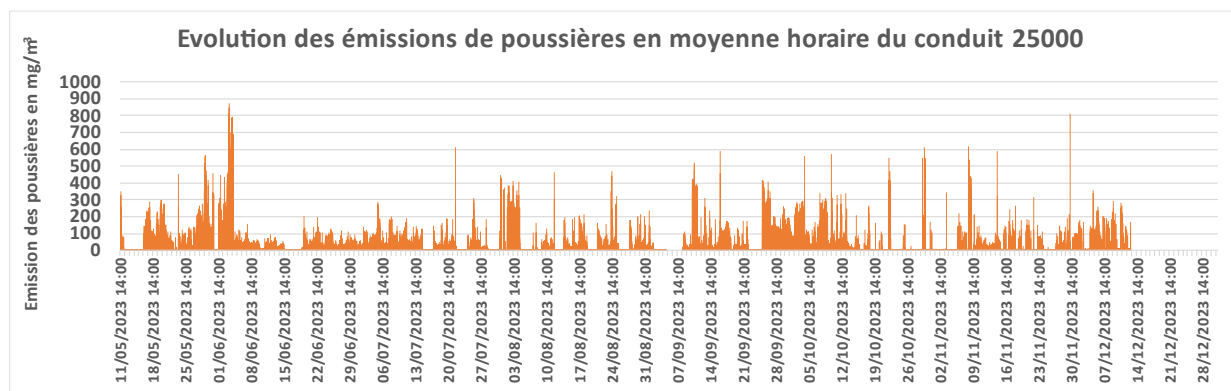


Figure 26 : évolution des émissions de poussières en moyenne horaire du conduit 25000

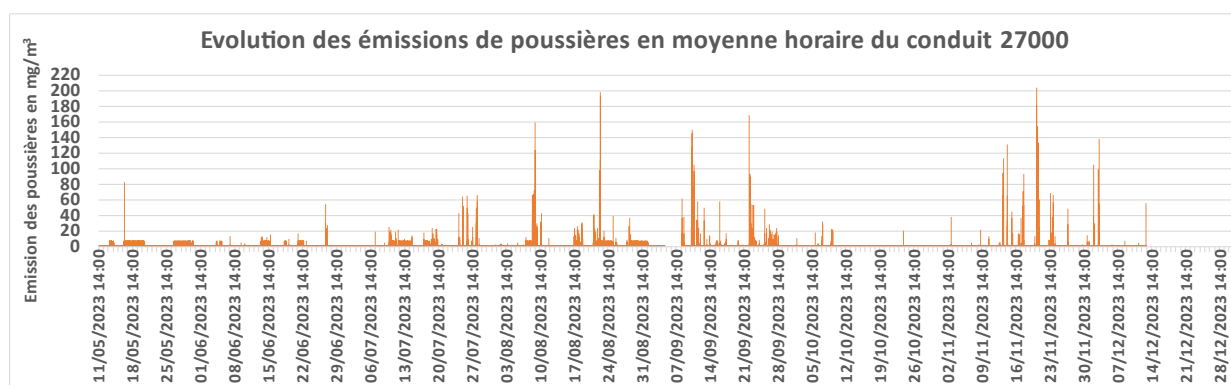


Figure 27 : évolution des émissions de poussières en moyenne horaire du conduit 27000

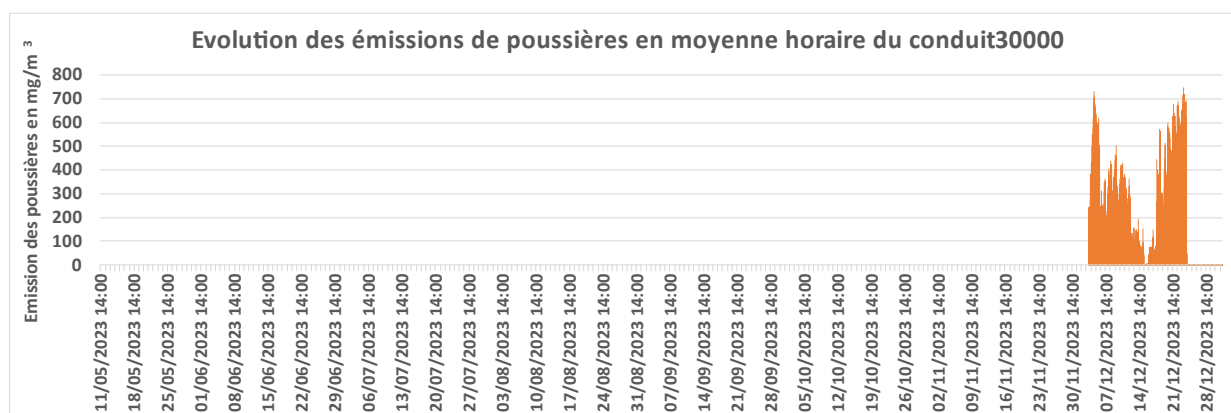


Figure 28 : évolution des émissions de poussières en moyenne horaire du conduit 30000

L'analyse des éventuelles relations entre les émissions et les concentrations se fera sur ces dernières données d'émissions fournies.

Concernant les poussières, les données d'émission sont un peu plus représentatives et peuvent permettre avec des réserves de faire une comparaison entre valeurs d'émission et de concentration.

Il faut rappeler que 44% des concentrations de PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ sont observées durant la période de janvier à mi-mai soit en dehors de la période pour laquelle nous disposons de valeurs d'émissions en poussières. Ainsi la comparaison ne peut se faire que sur 56% de ces concentrations les plus élevées. La figure 31 représente le pourcentage de présence des données d'émission de particules par conduit pour les heures de concentration en PM₁₀ > 40 µg/m³. Il faut noter que le pourcentage de présence des émissions n'est que de 40% en septembre

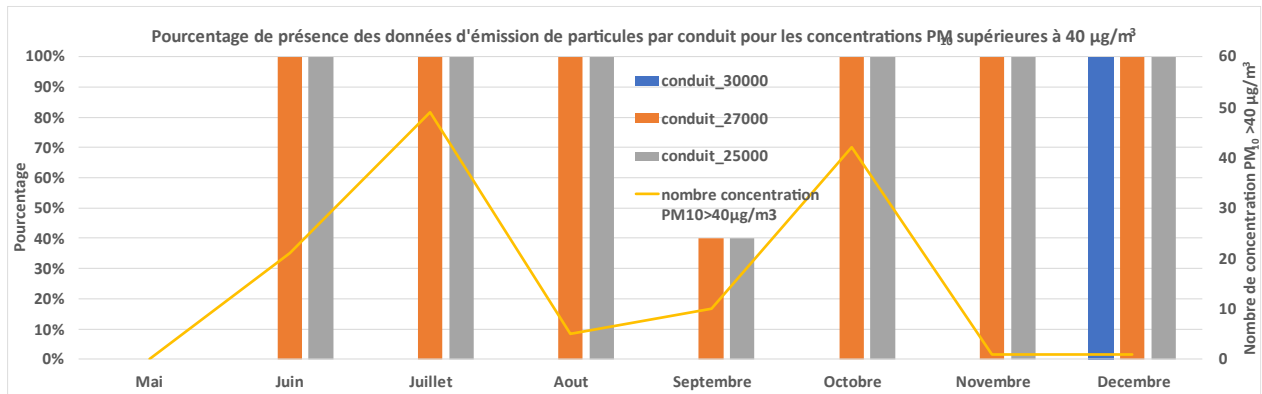


Figure 29 : pourcentage de présence des données d'émission de particules par conduit pour les heures de concentration en PM₁₀ > 40 µg/m³.

Les figures suivantes 30 et 31 mettent en relation les concentrations PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ observées avec les émissions des poussières pour les conduits 25000 et 27000 pour la période de mi-mai à novembre 2023. Dans ces figures, on a aussi distingué parmi les concentrations de PM₁₀ celles qui n'ont été observées que sur le site d'Engenville.

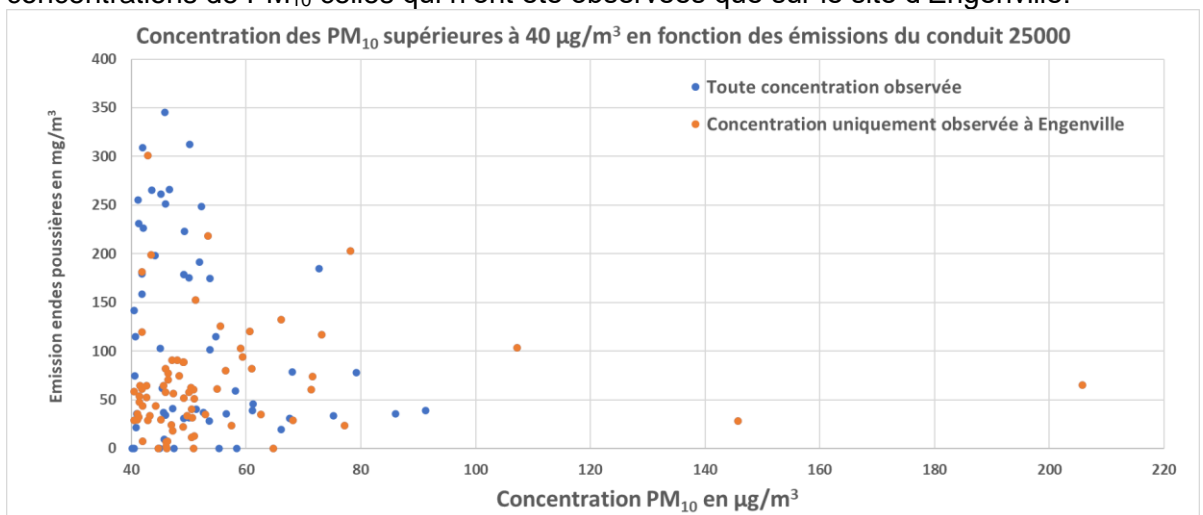


Figure 30 : concentration des PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ en fonction des émissions du conduit 25000 en mg/m³

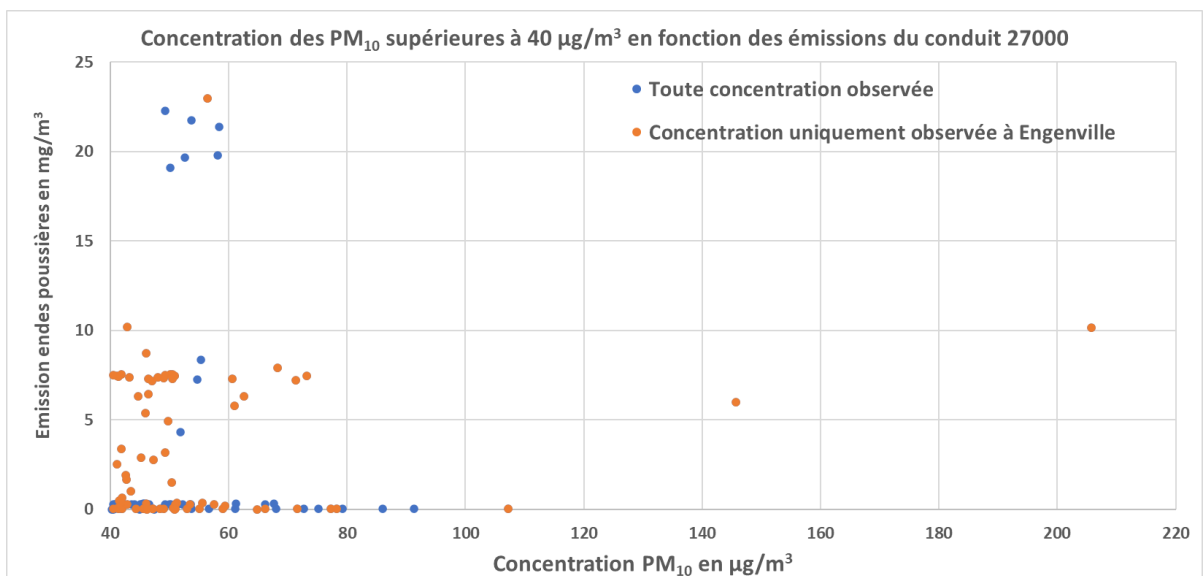


Figure 31 : concentration des PM₁₀ supérieures à 40 µg/m³ en fonction des émissions du conduit 27000 en mg/m³

Ces figures 30 et 31 montrent que pour certaines valeurs de fortes concentrations on peut établir une corrélation avec des émissions présentes. Les 3 plus fortes valeurs horaires de $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 17/07 sont corrélées avec une émission supérieure à $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour le conduit 25000 et à $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour le conduit 27000 ; de $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 18/07 sont corrélées avec une émission supérieure à $6 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour le conduit 25000 et à $28 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour le conduit 27000 et de $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 08/07 sont corrélées avec une émission supérieure à $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour le conduit 25000 et nulle pour le conduit 27000. Pour les autres concentrations de PM_{10} comprises entre 40 et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la corrélation n'est pas systématique.

Pour finir, on va regarder que les concentrations PM_{10} supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uniquement observées sur Engenville en corrélation avec les émissions.

Les figures 32 et 33 montrent respectivement l'évolution mensuelle du pourcentage de présence des données d'émission et les émissions moyennes correspondantes à ces concentrations pour les mois de mai à décembre.

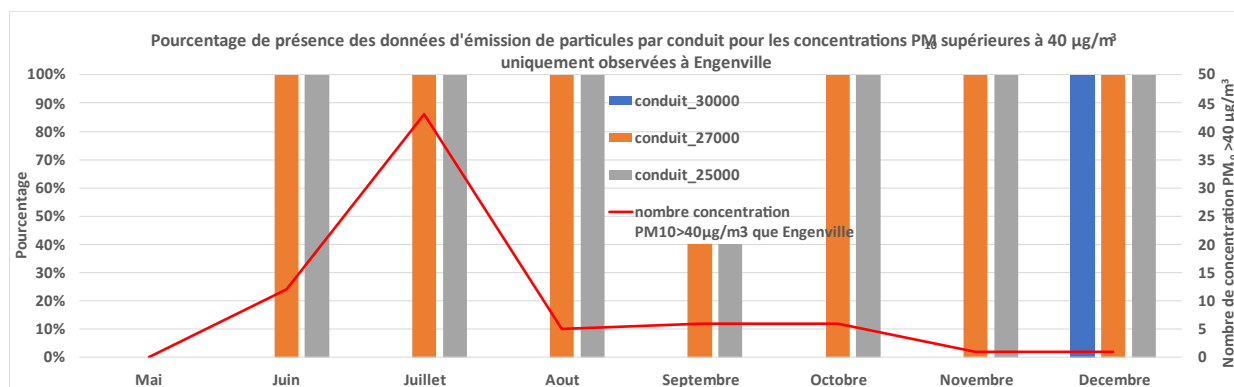


Figure 32 : pourcentage de présence des valeurs d'émissions pour l'ensemble des valeurs de $\text{PM}_{10} > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uniquement observées sur Engenville

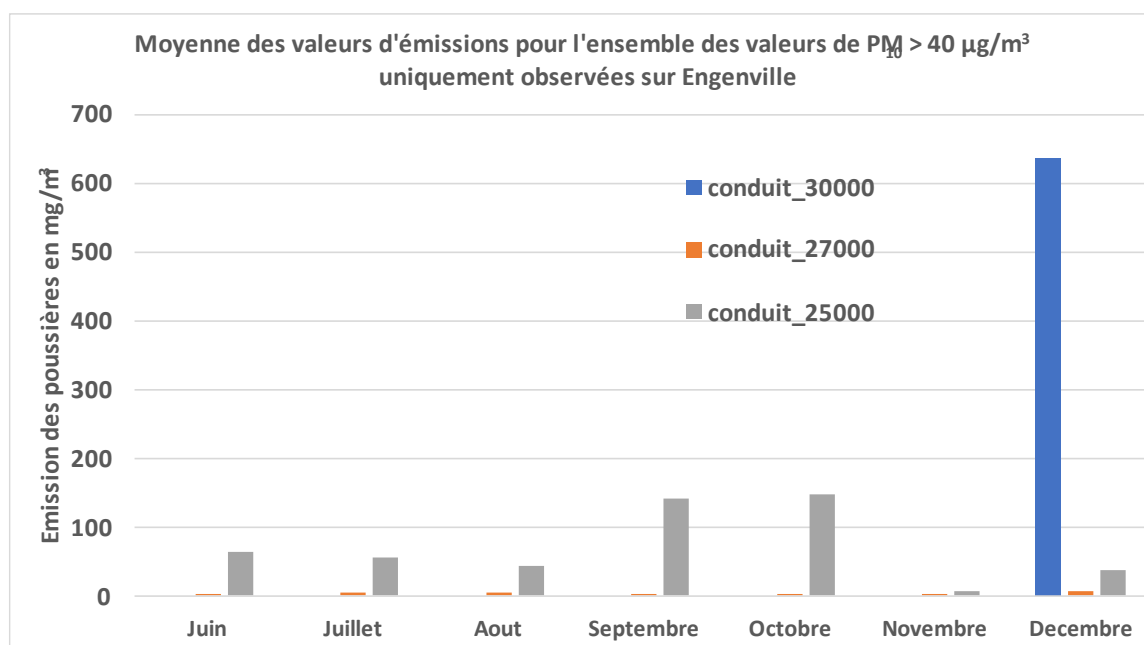


Figure 33 : moyenne des valeurs d'émissions pour l'ensemble des valeurs de $\text{PM}_{10} > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uniquement observées sur Engenville

La figure 32 montre que les données d'émissions sont uniquement un peu moins présentes pour le mois de septembre.

Comme le montre la figure 33, pour le mois de décembre la concentration horaire de $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 22/12 est corrélée avec une émission sur le conduit 30000 supérieure à $600 \text{ mg}/\text{m}^3$

et d'environ 37 mg/m³ pour le conduit 25000. Toutefois, cette forte valeur d'émission correspond à une donnée brute non corrigée en O₂ très ponctuelle qui peut avoir pour origine un dysfonctionnement très temporaire du process. Pour les autres mois, les émissions moyennes sont comprises entre 7 et 147 mg/m³ pour le conduit 25000 et faibles pour le conduit 27000. Pour les mois de septembre et octobre les valeurs d'émissions correspondantes pour le conduit 25000 sont en moyenne supérieures à 100 mg/m³. Pour les mois de juin et de juillet qui concentrent de nombreuses valeurs, la moyenne des émissions est d'environ 60 mg/m³.

En conclusion, il semble apparaître que les fortes concentrations en particules PM₁₀ ne sont donc pas toujours associées à de fortes émissions relevées au niveau des conduits de cheminées de l'usine. D'autres paramètres peuvent intervenir notamment comme la direction du vent et d'autres émissions locales.

Conclusion

La société SIDESUP, spécialisée dans la fabrication de produits à base de bois a souhaité mener une étude axée sur les particules en suspension en air ambiant dans l'environnement de son usine basée à Engenville (Loiret). Dans cette perspective, elle a sollicité Lig'Air afin de quantifier les niveaux de particules en suspension dans l'air à proximité de son site d'Engenville.

Ainsi Lig'Air a réalisé une campagne de mesures de particules en suspension (PM_{10} , PM_{4} , $PM_{2,5}$ et PM_{1}) ainsi que des oxydes d'azote (NO et NO_2) à l'aide de sa station mobile du 12 janvier 2023 au 09 janvier 2024 à Engenville. De plus, des mesures de BTEX et de métaux ont été effectuées pendant cette campagne en 4 périodes saisonnières de 2 semaines du 06 au 20 février 2023, du 08 au 22 mai 2023, du 17 juillet au 02 août 2023 et du 09 au 23 octobre 2023. Le site d'implantation était situé dans la cour de l'école regroupant des personnes sensibles en l'occurrence de jeunes enfants et qui est aussi l'une des zones de retombées de particules identifiée par modélisation issue du rapport « Plan de surveillance retombées de poussières SIDESUP » réalisé par l'APAVE en 2023.

La moyenne des valeurs du benzène mesurées ($0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont très inférieures à la valeur limite annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et même de l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette moyenne annuelle à Engenville est aussi inférieure à la valeur mesurée sur la station de l'agglomération orléanaise à St Jean-de-la-Ruelle.

Pour les métaux lourds, les concentrations observées de moyenne annuelle $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le plomb sont faibles au regard de la valeur limite annuelle de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de l'objectif de qualité de $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et est inférieure à la moyenne annuelle mesurée sur le site de Bazoches-les-Gallerandes. Pour les autres métaux, les valeurs mesurées sont respectivement de $0,52 \text{ ng}/\text{m}^3$, $0,21 \text{ ng}/\text{m}^3$ et $0,06 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le Nickel, l'Arsenic et le Cadmium et sont très inférieures aux valeurs cibles ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$, $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ et $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le Nickel, l'Arsenic et le Cadmium).

La moyenne annuelle mesurée en dioxyde d'azote (NO_2) de $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est très inférieure à la valeur limite réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et même à la valeur guide de l'OMS fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette moyenne annuelle à Engenville est comparable à la valeur mesurée sur les stations de la Source_CNRS et Montargis_Les_Cités.

Les concentrations obtenues en particules en suspension (PM_{10} et $PM_{2,5}$) au cours de cette campagne sont restées très inférieures aux seuils réglementaires pour ces polluants dans l'air et sont semblables à celles mesurées sur les sites fixes les plus proches du réseau de surveillance (La Source CNRS, Montargis_Les_Cités, et la station Fulbert à Chartres) de Lig'Air. Pour les particules en suspension PM_{10} la moyenne annuelle de $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est même située sous la valeur guide de l'OMS fixée à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les particules $PM_{2,5}$ la moyenne annuelle de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est située entre l'objectif de qualité fixé à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la valeur guide de l'OMS fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'analyse de la corrélation entre les données d'émission fournies et les concentrations mesurées par Lig'Air à partir du mois de juillet est rendue impossible pour les oxydes d'azote en raison de la faible présence de données d'émission. Pour les poussières, cette analyse est possible grâce à un deuxième envoi de données issues des analyseurs en sortie de cheminée mais se heurte toutefois à l'absence d'une partie des données d'émission avant la mi-mai. Il semble toutefois que l'on voit une corrélation sur certaines en septembre et en octobre avec des émissions supérieures à $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ mais peu lors du gros pic à $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en juillet avec des émissions inférieures à $100 \text{ mg}/\text{m}^3$. En décembre, la seule forte valeur de concentration de PM_{10} est bien corrélée avec une valeur d'émission supérieure à $600 \text{ mg}/\text{m}^3$. Toutefois, cette forte valeur d'émission correspond à une donnée brute non corrigée en O_2 très ponctuelle qui peut avoir pour origine un dysfonctionnement très temporaire du process.

ANNEXES

A. Cartographie des sites fixes

Sites fixes et permanents du réseau de surveillance de Lig'Air utilisés dans le cadre de cette étude :

- Station urbaine de fond de La Source_CNRS
- Station urbaine de fond de Saint Jean de la Ruelle
- Station urbaine de fond de Fulbert
- Station urbaine de fond de Montargis les Cités
- Station rurale nationale de Verneuil
- Station de Bazoches-les-Gallerandes

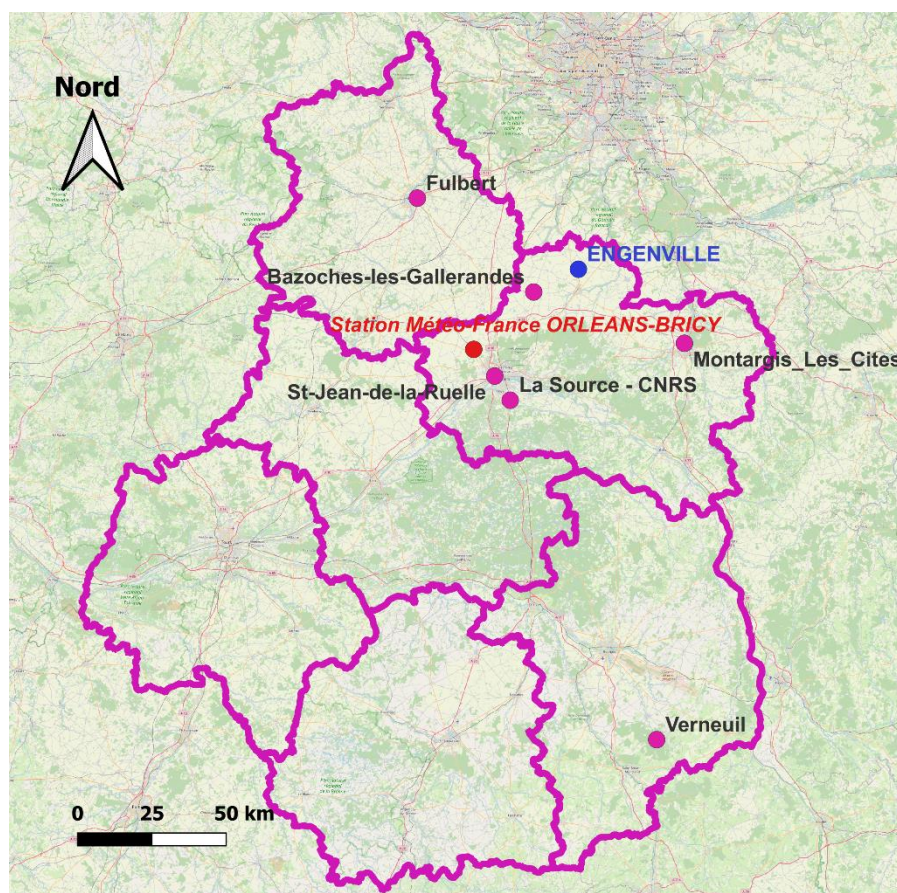


Figure 34 : carte des sites de mesure du réseau fixe de Lig'Air utilisés pour la comparaison des concentrations, de la station d'Engenville et de la station Météo-France Orléans-Bricy (Source du fond : OSM Standard)

B. Tableaux des données mesurées en BTEX et en métaux lourds pendant toutes les semaines de mesures

a) BTEX

Le tableau 14 ci-dessous montre les concentrations de BTEX observées pendant les 8 semaines de mesure.

Nom prélèvement	Date et heure de pose	Date et heure de dépose	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Ethylbenzène (µg/m ³)	mp-Xylène (µg/m ³)	o-Xylène (µg/m ³)
Engenville 8192	06/02/23	13/02/23	0,24	0,19	<LQ	<LQ	<LQ
Engenville 4984	13/02/23	20/02/23	0,16	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Engenville 8179	08/05/23	15/05/23	0,30	2,61	<LQ	0,33	2,26
Engenville 8180	15/05/23	22/05/23	0,31	4,43	<LQ	0,25	0,12
Engenville 8183	17/07/23	24/07/23	0,20	1,34	0,09	0,29	0,17
Engenville 8188	24/07/23	02/08/23*	0,11	0,30	<LQ	<LQ	<LQ
Engenville 8179	09/10/23	16/10/23	0,30	0,96	<LQ	0,32	0,10
Engenville 8192	16/10/23	23/10/23	0,34	0,40	<LQ	0,14	<LQ
Moyenne			0,22	0,83	0,05	0,15	0,10

Tableau 14 : Concentration de BTEX mesurées par prélèvement actif

* : suite à une coupure électrique générale du 26/07/23 au 27/07/23 09h45, le prélèvement s'est prolongé jusqu'au 02 aout 2023 pour les BTEX au lieu du 1^{er} aout initialement prévu.

Dans ce tableau 14, les valeurs <LQ indiquées ont été remplacées par la valeur calculée LQ/2 dans le calcul de la moyenne. Les valeurs maximales mesurées pendant toute la campagne sont indiquées en **gras**.

La valeur de la limite de quantification (indiquée par < LQ dans le tableau) pour les BTEX est fixée par le laboratoire à 20 ng/échantillon.

b) Métaux lourds

Le tableau 15 ci-dessous montre les concentrations des métaux lourds observées pendant les 8 semaines de mesure.

Nom prélèvement	Date et heure de pose	Date et heure de dépose	Nickel (ng/m ³)	Arsenic (ng/m ³)	Cadmium (ng/m ³)	Plomb (µg/m ³)
MTX Engenville 06-23	06/02/2023	13/02/23	<LQ	0,49	<LQ	0,009
MTX Engenville 07-23	13/02/23	20/02/23	0,85	0,28	<LQ	0,004
MTX Engenville 19-23	08/05/23	15/05/23	0,38	<LQ	<LQ	0,002
MTX Engenville 20-23	15/05/23	22/05/23	0,38	0,25	<LQ	0,003
MTX Engenville 29-23	17/07/23	24/07/23	0,38	<LQ	<LQ	0,001
MTX Engenville 30-23	24/07/23	01/08/23*	0,37	<LQ	<LD	0,001
MTX Engenville 41-23	09/10/23	16/10/23	1,07	0,36	<LQ	0,005
MTX Engenville 42-23	16/10/23	23/10/23	0,38	<LQ	<LD	0,002
Moyenne			0,52	0,21	0,06	0,003

Tableau 15 : Concentration des métaux mesurées par mesure sur filtre

Dans ce tableau 15, les valeurs <LQ indiquées ont été remplacées par la valeur calculée LQ/2 dans le calcul de la moyenne, les valeurs <LD (valeur prise à 0 pour le calcul de la moyenne) et les valeurs maximales mesurées pendant toute la campagne sont indiquées en gras.

C. Analyse des données météorologiques pendant les 4 périodes saisonnières de mesure des BTEX et des métaux lourds

a) Température

Le tableau 16 regroupe les paramètres liés à la température durant les prélèvements réalisés pour les métaux lourds et les BTEX (2 semaines par saison, cf. tableau 2).

Paramètre	Période hiver	Période printemps	Période été	Période automne
Minimum	-6,7°C le 09/02/2023 à 05hTU	4,2°C le 16/05/2023 à 04hTU	10,6°C le 20/07/2023 à 04hTU	2,6°C le 16/10/2023 à 03hTU
Moyenne	4,8°C	12,4°C	19,3°C	14,9°C
Maximum	16,1°C le 14/02/2023 à 15hTU	21°C le 13/05/2023 à 16hTU	29,6°C le 18/07/2023 à 17hTU	28,3°C le 09/10/2023 à 14hTU

Tableau 16 : statistiques de la température durant les prélèvements pour les métaux lourds et les BTEX

b) Précipitations

Le tableau 17 regroupe les paramètres liés aux précipitations durant les prélèvements réalisés pour les métaux lourds et les BTEX (2 semaines par saison, cf. tableau 2).

Paramètre	Période hiver	Période printemps	Période été	Période automne
Maximum	0,2 mm le 18/02/2023 à 02hTU	2,5 mm le 09/05/2023 à 10hTU	4,9 mm le 24/07/2023 à 21hTU	3,7 mm le 20/10/2023 à 17hTU
Cumul	0,4 mm	13,5 mm	40 mm	22,8 mm

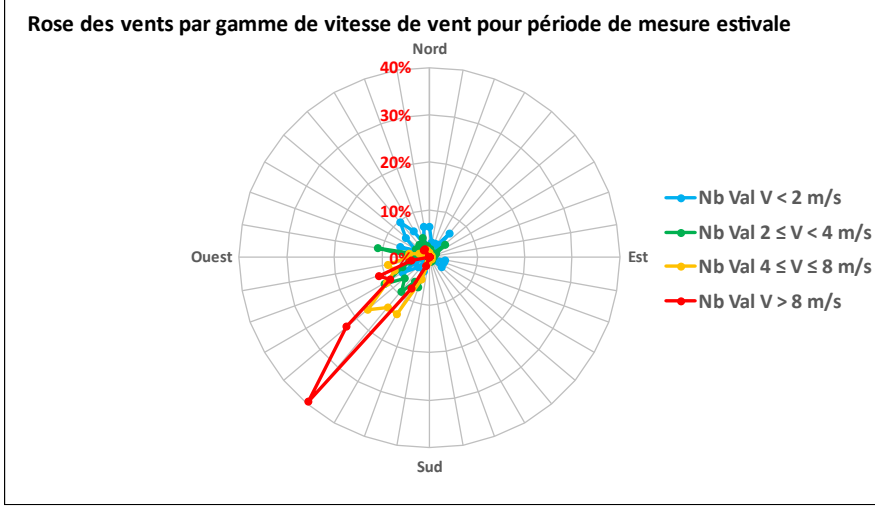
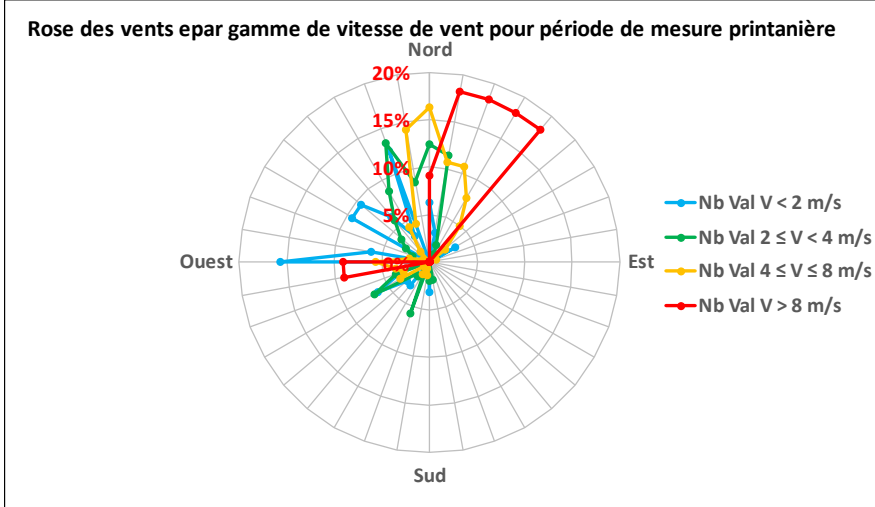
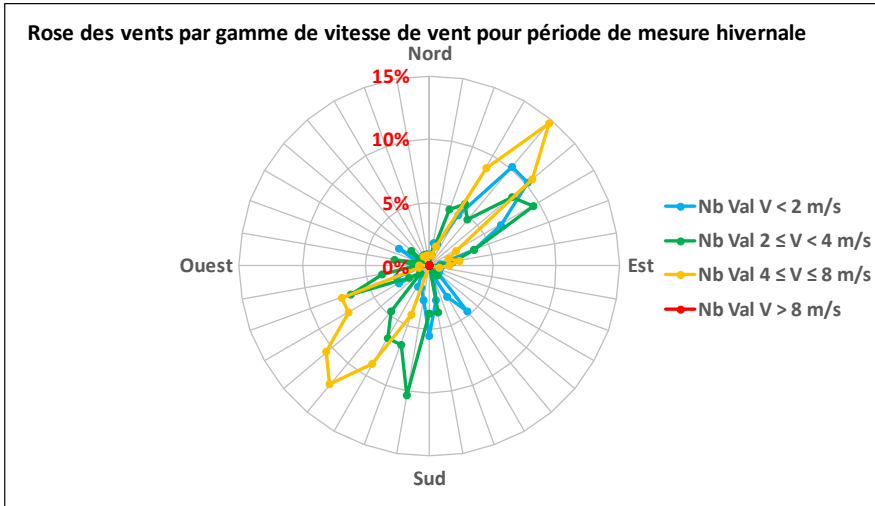
Tableau 17 : statistiques des précipitations durant les prélèvements pour les métaux lourds et les BTEX

c) Vent

Le tableau 18 regroupe les paramètres liés aux vents durant les prélèvements réalisés pour les métaux lourds et les BTEX (2 semaines par saison, cf. tableau 2).

Paramètre	Période hiver	Période printemps	Période été	Période automne
Moyenne	3,1 m/s	4,4 m/s	5,0 m/s	4,8 m/s
Maximum	7,9 m/s le 07/02/2023 à 10hTU de direction Nord-Est	10,3 m/s le 10/05/2023 à 13hTU de direction Ouest-Sud-Ouest	11,6 m/s le 31/07/2023 à 17hTU de direction Sud-Sud-Ouest	14,1 m/s le 13/10/2023 à 17hTU de direction Sud-Sud-Ouest

Tableau 18 : statistiques de la vitesse du vent durant les prélèvements pour les métaux lourds et les BTEX



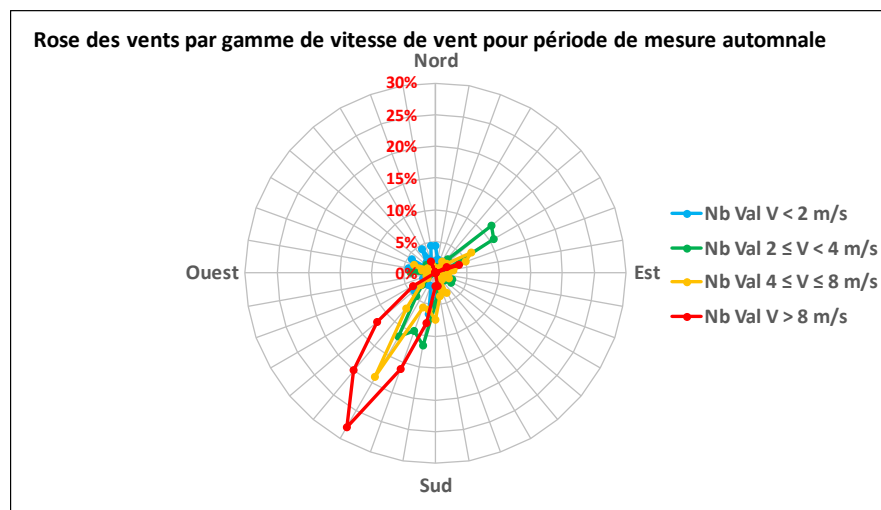


Figure 35 : rose des vents toutes vitesses de vents durant les campagnes de mesure hivernales, printanières, estivales et automnales.

L'analyse de cette figure 35 montre la disparité de ces roses des vents pendant ces différentes périodes de campagne de mesures saisonnières.

Pendant la saison hivernale les vents forts ont été inexistants et l'on retrouve les vents dominants selon l'axe sud-ouest-nord-est.

Pendant la saison printanière la rose est plutôt inhabituelle avec des vents orientés plutôt du nord au nord-est (notamment pour les vents forts).

Pour les saisons estivales et automnales on a des vents plutôt orientés sud-ouest.

d) Insolation

Le tableau 19 donne un zoom sur les 4 périodes de mesures saisonnières.

Paramètre	Période hiver	Période printemps	Période été	Période automne
Nombre d'heure avec insolation à 100%	54 h	27 h	13 h	29 h
Cumul	80 h	79 h	95 h	74 h

Tableau 19 : statistiques de l'insolation durant les 4 périodes de mesure par tubes à diffusion

La période hivernale a été très ensoleillée avec de nombreuses heures d'insolation complètes. Pour les autres périodes, l'insolation a été proche des normales.



Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

260 avenue de la Pomme de Pin
45 590 SAINT-CYR-EN-VAL
Tel : 02-38-78-09-49
Mail : ligair@ligair.fr