



Suivi de la qualité de l'air sur le site du laboratoire de recherches souterrain de l'ANDRA à Bure - Rapport intermédiaire

Campagne du 15 novembre au 14 décembre 2023

CONDITIONS DE DIFFUSION

Diffusion pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous :

- Les données produites par ATMO Grand Est sont accessibles à tous sous licence libre «**ODbL v1.0**».
- Sur demande, ATMO Grand Est met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur et les guides méthodologiques nationaux.
- ATMO Grand Est peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.

PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

Rédaction : *BOURDET Sandrine, Chargée d'études Unité Surveillance et études réglementaires*

Relecture : *BERTRAND Agnès, Chargée d'études Unité Surveillance et études réglementaires*

Approbation : *JENNESON Bérénice, Responsable Unité Surveillance et études réglementaires*

Référence du modèle de rapport : COM-FE-001_8

Référence du projet : 00933

Référence du rapport : SURV-EN-1044_1

Date de publication : 11 janvier 2024

ATMO Grand Est

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : contact@atmo-grandest.eu

Avant-propos

L'article L221-3 du Code de l'Environnement indique que, dans chaque région, l'État confie la surveillance de la qualité de l'air, prévue à l'article L221-2, à un ou plusieurs organismes agréés.

Ceux-ci doivent associer de façon équilibrée des représentants de l'État, des collectivités, différents organismes contribuant à l'émission de substances surveillées et des associations de protection de l'environnement et de défense du consommateur, et le cas échéant, des personnes qualifiées.

ATMO Grand Est, l'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air sur la région Grand Est, a défini un programme pluriannuel de surveillance dont les 4 principaux axes sont, à l'horizon 2023 :

- A. Répondre aux besoins d'observation.
- B. Déployer une expertise et des outils au service de l'action.
- C. S'engager sur les thématiques émergentes.
- D. Développer une communication mobilisatrice et innovante.

Dans le cadre du Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) 2017/2021 d'ATMO Grand Est, prolongé pour 2023, la thématique de l'industrie est inscrite dans plusieurs actions :

- Gérer et optimiser les outils de la surveillance de la qualité de l'air (Thème A - Action 1).
- Évaluer des inégalités d'exposition (Thème A - Action 2).
- Mieux connaître et hiérarchiser les sources de pollutions (Thème A - Action 3).
- Participer à l'élaboration des plans d'actions des acteurs privés des secteurs émissifs (Thème B - Action 13).

L'évaluation de la qualité de l'air mise en œuvre au niveau du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne de l'ANDRA (CMHM), situé sur la commune de Bure, entre dans le champ de l'action 2 du PRSQA, qui vise à caractériser l'environnement à proximité des sources d'émissions par des campagnes de mesures.

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| RÉSUMÉ..... | 6 |
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE | 8 |
| 2. EMPLACEMENT DU POINT DE MESURES..... | 9 |
| 3. PARAMETRES ETUDIES..... | 10 |
| 3.1. CARACTERISTIQUES, ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS ETUDIES..... | 10 |
| 3.2. INVENTAIRE DES EMISSIONS | 10 |
| 3.2.1. Oxydes d'azote..... | 11 |
| 3.2.2. Monoxyde de carbone CO..... | 12 |
| 3.2.3. Particules PM ₁₀ | 12 |
| 3.2.4. Dioxyde de soufre SO ₂ | 13 |
| 4. METHODES DE MESURES UTILISEES | 13 |
| 4.1. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE..... | 13 |
| 4.2. CRITERES DE VALIDATION DES DONNEES..... | 14 |
| 5. OUTILS D'INTERPRETATION DES RESULTATS | 16 |
| 5.1. LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR..... | 16 |
| 5.1.1. A l'échelle nationale et européenne | 16 |
| 5.1.2. Procédures d'information et d'alerte lors de pics de pollution..... | 17 |
| 5.2. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC D'AUTRES SITES DE MESURES..... | 18 |
| 6. RESULTATS | 18 |
| 6.1. CONDITIONS CLIMATIQUES | 18 |
| 6.2. VALIDATION DES DONNEES ET RESULTATS DES MESURES..... | 21 |
| 6.2.1. Dioxyde d'azote NO ₂ | 22 |
| 6.2.2. Dioxyde de soufre SO ₂ | 23 |
| 6.2.3. Particules PM ₁₀ | 24 |

| | | |
|------------------------------------|--|----|
| 6.2.4. | Ozone O ₃ | 26 |
| 6.2.5. | Monoxyde de carbone CO..... | 27 |
| 6.2.6. | Profils journaliers | 27 |
| 6.2.7. | Comparaison des teneurs à Bure avec celles d'autres points fixes | 31 |
| 6.2.8. | Comparaison des résultats avec ceux issus des précédentes campagnes à Bure | 33 |
| 7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES..... | | 34 |

ANNEXE 1 : CARACTERISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSES SUIVIS

ANNEXE 2 : PRINCIPALES EVOLUTIONS ENTRE LES VERSIONS V2021 ET V2022 DE L'INVENTAIRE

ANNEXE 3 : METHODOLOGIE DES MESURES EN CONTINU

ANNEXE 4 : REGLEMENTATION

ANNEXE 5 : DONNEES METEOROLOGIQUES

ANNEXE 6 : RESULTATS SYNTHETIQUES DES MESURES REALISEES A LA FERME DU CITE DEPUIS LE DEBUT DES MESURES PAR ATMO GRAND EST



Le contexte

Un nouveau partenariat liant ATMO Grand Est et l'ANDRA a été conclu pour la période allant de 2023 à 2026 : dans ce cadre, deux campagnes de mesures de la qualité de l'air ambiant sont réalisées chaque année sur la commune de Bure au niveau du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne (CMHM). Elles ont pour but d'estimer l'impact du laboratoire et des travaux en surface et en fond sur la qualité de l'air.

Les premières mesures ont commencé en 1999 lors de la construction du laboratoire de recherches. Depuis, elles se poursuivent régulièrement, dans le cadre de la phase d'exploitation. Ce rapport intermédiaire fait le bilan des résultats suite à la seconde campagne de mesures réalisée du 15 novembre au 14 décembre 2023. Il s'agit de la trente-neuvième campagne.

Cette étude entre dans le champ du Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air d'ATMO Grand Est (PRSQA) prolongé pour 2023 : action 2 qui vise à caractériser l'environnement à proximité des sources d'émissions par des campagnes de mesures.



Vue aérienne du laboratoire souterrain de l'Andra à Bure (source ANDRA)

Quels composés suivis ?

Les polluants mesurés au niveau de la Ferme du Cité restent identiques à ceux étudiés lors des précédentes campagnes de mesures, à savoir l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2), le dioxyde d'azote (NO_2), le monoxyde de carbone (CO) et les particules (PM_{10}).

Quels résultats obtenus ?



On n'observe pas de changements significatifs par rapport aux précédentes campagnes. La période automnale où les mesures ont été effectués, caractérisée par des conditions météorologiques perturbées (fréquentes précipitations favorisant le lessivage de l'air, présence de vents permettant une bonne dispersion des masses d'air...) occasionne des concentrations moyennes en dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et particules PM_{10} peu élevées, dans un environnement géographique essentiellement rural et ne présentant pas d'activité industrielle émettrice à proximité directe du point

de mesures. Les niveaux d'ozone présents dans l'air sont satisfaisants en cette saison, se rapprochant de ceux mesurés sur l'ensemble des sites fixes ruraux de la région localisés en plaine.

Les teneurs moyennes en dioxyde d'azote et particules PM₁₀, à la Ferme du Cité se situent dans la première moitié de la gamme des concentrations des sites de fond rural de la région Grand Est.

Quant au monoxyde de carbone et dioxyde de soufre, les teneurs se maintiennent à des niveaux faibles à négligeables, dans les mêmes ordres de grandeur que ceux des autres sites fixes d'ATMO Grand localisés dans la région Grand-Est, et ce, indépendamment de la typologie.

Durant la période du 15 novembre au 14 décembre 2023, nous pouvons conclure que les activités du laboratoire ANDRA localisé à Bure ne présentent aucun impact significatif sur la qualité de l'air pour les composés suivis au niveau de la Ferme du Cité.



Moyen mobile placé au niveau de la Ferme du Cité

Et par rapport à la réglementation actuelle ?

Les valeurs réglementaires actuelles fixées à l'échelle horaire et journalière ainsi que les valeurs de l'Organisation Mondiale de la Santé sont largement respectées pour l'ensemble des composés suivis.

Les seuils d'information et de recommandation ainsi que le seuil d'alerte relatif au NO₂, PM₁₀, SO₂ et O₃ (pollution aiguë) ne sont pas atteints lors de la période de mesures.

Cette campagne de mesures, mise en œuvre sur une période limitée dans le temps, ne nous permet pas de comparer les résultats aux valeurs réglementaires en lien avec la pollution chronique. Ce travail sera toutefois effectué dans le cadre du rapport final qui intégrera les deux campagnes de mesures réalisées en 2023.

La directive précise que la mesure doit être réalisée de la façon suivante : « une mesure aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou huit semaines réparties uniformément sur l'année » afin de comparer les résultats obtenus à des seuils annuels : chaque campagne (deux par an) étant prévue sur une période d'un mois chacune, le critère des huit semaines est respecté mais pas celui de la répartition sur l'année. En effet, il serait nécessaire de réaliser quatre campagnes de quatorze jours pour être représentatif des différentes saisons.

Ainsi, dans le bilan annuel, nous comparerons les données obtenues lors des deux campagnes d'un mois avec celles obtenues sur nos stations à proximité, afin de déterminer s'il existe un impact de la saisonnalité. Si c'est le cas, un facteur correctif pourra alors être appliqué en vue de garantir la représentativité saisonnière, et de fait sur l'année. Cela permettra ainsi de respecter le second critère, et de comparer les résultats aux valeurs seuils annuelles réglementaires.

La comparaison avec les « lignes directrices OMS » (niveaux annuels) sera également présentée lors du bilan annuel 2023 qui paraîtra début 2024.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

La reconduction du partenariat entre ATMO Grand Est et l'ANDRA pour la période 2023 à 2026 a pour effet la réalisation de deux campagnes de mesures de la qualité de l'air chaque année à partir de 2023 sur la commune de **Bure**, au niveau du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne (CMHM). Il s'agit du suivi de l'environnement au niveau de ce laboratoire, en vue d'évaluer l'impact du laboratoire et des travaux qui sont réalisés en surface et en fond sur la qualité de l'air.

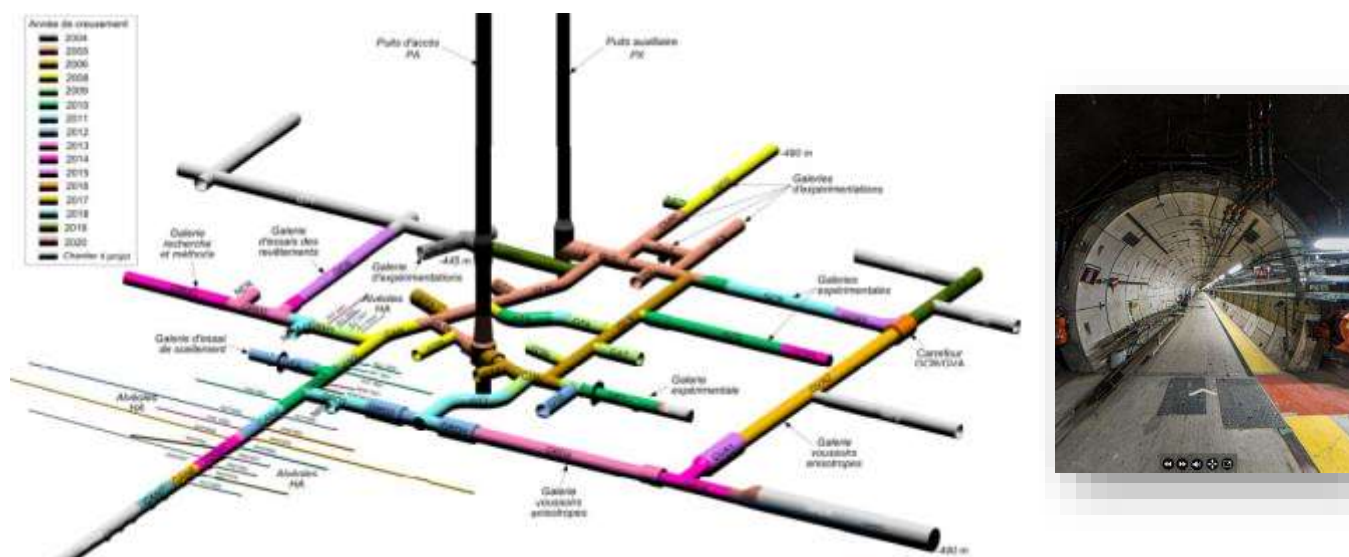


Figure 1 : Installations souterraines et vue d'une galerie du laboratoire et (source : ANDRA)

Ces campagnes sont intégrées à l'action n°2 du Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) d'ATMO Grand Est prolongé pour 2023, visant à caractériser l'environnement à proximité des sources d'émissions.

Ce rapport intermédiaire dresse le bilan des mesures de la seconde campagne mise en œuvre du 15 novembre au 14 décembre 2023 à l'aide d'un moyen mobile au niveau du site de la Ferme de la Cité, lors de la phase d'exploitation du Laboratoire. Les résultats obtenus seront comparés à la réglementation pour la pollution aiguë, aux résultats provenant d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est et enfin, aux précédentes campagnes mises en œuvre.

Historique des campagnes de mesures :

L'année 1999 correspond au début des campagnes de mesures de la qualité de l'air, lors de la construction du laboratoire de recherches. Elles ont été reconduites à différentes phases de l'avancement du chantier :

- terrassement,
- chantier de fonçage des puits,
- creusement des puits etc.,
- ainsi qu'au début de l'exploitation du laboratoire.

Depuis 2008, ces campagnes se poursuivent régulièrement dans le cadre de la phase d'exploitation.

2. EMPLACEMENT DU POINT DE MESURES

L'emplacement du moyen mobile demeure identique à celui des précédentes campagnes depuis 2015¹, à savoir au niveau de la Ferme du Cité localisée en contre-bas de la D960, à proximité nord-est du laboratoire (voir la figure n°2).

Ce point de mesures est situé sous les vents dominants qui traversent le laboratoire.



Figure 2 : Localisation du point de mesure de la qualité de l'air à Bure (Ferme du Cité) et photographie du moyen mobile sur le site

La Ferme du Cité est localisée à environ 200 mètres de la clôture du laboratoire de l'ANDRA. Son environnement proche correspond à de vastes zones agricoles découvertes, à plusieurs centaines de mètres des habitations et des routes les plus proches (moins de 750 véhicules en Trafic Moyen Journalier Annuel au niveau de la RD 960, source ATMO Grand Est).

¹ Depuis 2015, le moyen mobile fut déplacé de quelques dizaines de mètres par rapport aux emplacements des années précédentes en raison de travaux ; dorénavant, il est implanté non loin d'un mur longeant la route, ce qui est susceptible de générer des différences de résultats, notamment en données météorologiques. En effet, la proximité du mur et la présence de la Ferme peuvent contribuer à la création de turbulences locales susceptibles de perturber les mesures relatives à la direction et à la vitesse du vent. Cet emplacement est le seul actuellement possible et disponible au niveau de la Ferme du Cité, en lien avec les contraintes techniques (branchement électrique, sécurité...).

Par ailleurs, le site n'est pas entouré d'activités industrielles à proximité directe de celui-ci. Ces dernières années, de nouvelles constructions ont cependant été réalisées à proximité du laboratoire et du site de la Ferme du Cité : l'Ecothèque de l'ANDRA, un hôtel restaurant, une station-service, une boulangerie, une borne de recharge de véhicules électriques... Ces structures sont à environ 200-300 mètres à vol d'oiseau au nord du site de mesures.

Les villages les plus proches de la zone d'étude sont Bure (au nord du laboratoire), Saudron (à l'ouest-nord-ouest), Gillaumé (au sud-ouest), et Mandres-en-Barrois (à quelques kilomètres à l'est-nord-est du laboratoire).



Figure 3 : un exemple de paysage à proximité du laboratoire souterrain

3. PARAMETRES ETUDIES

Les composés suivis dans le cadre de cette étude demeurent identiques à ceux suivis lors des précédentes campagnes de mesures, à savoir :

Tableau 1 : Composés suivis lors de la campagne de mesures.

| Composés suivis | |
|-----------------------------|---|
| Polluants gazeux | Dioxyde de soufre (SO ₂) |
| | Oxydes d'azote NO _x , comprenant le dioxyde d'azote (NO ₂) et le monoxyde d'azote (NO) |
| | Monoxyde de carbone (CO) |
| | Ozone (O ₃) |
| Particules PM ₁₀ | Particules en suspension d'un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres (PM ₁₀) |

La température, la pluviométrie, la vitesse et la direction du vent sont des paramètres météorologiques mesurés en complément des composés étudiés.

3.1. CARACTERISTIQUES, ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS ETUDIES

L'annexe 1 présente les caractéristiques des composés étudiés, telles que l'origine des émissions, les effets sur la santé et sur l'environnement.

3.2. INVENTAIRE DES EMISSIONS

La communauté de communes des Portes de Meuse (51 communes) est prise en compte comme couverture géographique pour les résultats de l'inventaire présenté ci-après (source : <https://insee.fr/fr/metadonnees/cog/epci/EPCI200066108-cc-des-portes-de-meuse>).

Les émissions concernent l'année 2021 pour les composés suivants :

- les oxydes d'azote (NO_x)
- le monoxyde de carbone (CO)
- les PM₁₀
- le dioxyde de soufre (SO₂).



Consultez les données, les publications Chiffres clés, la Synthèse Grand Est et l'Atlas Sectoriel sur le site observatoire.atmo-grandest.eu

L'inventaire des émissions atmosphériques d'ATMO Grand Est des polluants et des gaz à effet de serre est un outil qui permet d'estimer avec une résolution communale les principales émissions de ces différents composés, issus des divers secteurs d'activités.

Il intègre :

- les sources fixes (industrie, résidentiel, tertiaire, agriculture),
- les sources mobiles (transports)
- les sources biotiques (forêts, zones humides).

En lien avec le site de l'**Observatoire Climat-Air-Energie** d'ATMO Grand Est, un *Tableau de bord des territoires du Grand Est* est disponible au lien suivant : <https://observatoire.atmo-grandest.eu/tableau-de-bord-des-territoires/>.



Par ailleurs, d'autres données sont également accessibles dans la rubrique « Publications » du site de l'**Observatoire Climat-Air-Energie** : <https://observatoire.atmo-grandest.eu/nos-publications/>.

3.2.1. Oxydes d'azote

Sur la communauté de communes des Portes de Meuse, 62% des NO_x provient du secteur agricole-sylvicole, suivi par le secteur du transport routier (28% des émissions). Le secteur résidentiel-tertiaire représente moins de 10% des émissions.

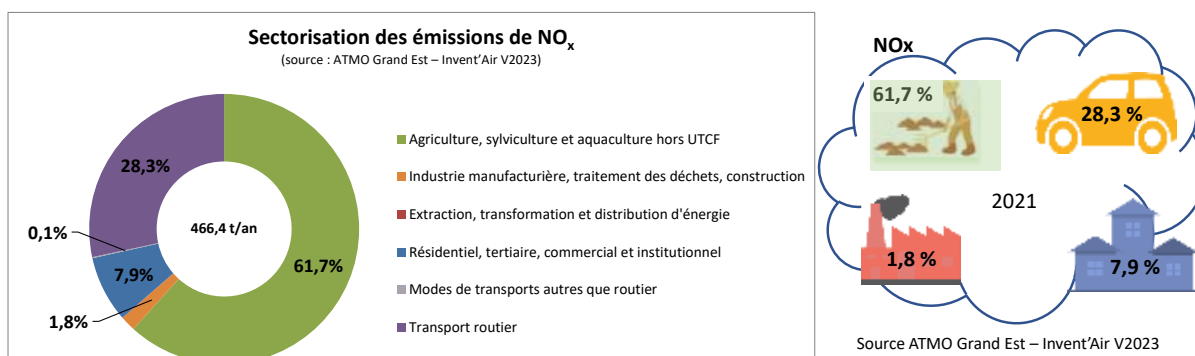


Figure 4 : Sectorisation des émissions 2021 de NO_x sur la communauté de communes des Portes de Meuse

Pour rappel, la version 2022 de l'inventaire (concernant l'année 2020) présente une différence significative des émissions en NOx issues du secteur agricole entre 2019 et 2020, au niveau de la communauté de communes des Portes de Meuse (64% en 2020, 20% en 2019). Cette observation provient d'un changement important concernant le format de rapportage des émissions agricoles de NOx et de COVNM entre cette nouvelle version d'inventaire, et la précédente.

L'annexe 2 présente les principales évolutions apportées.

3.2.2. Monoxyde de carbone CO

Le secteur résidentiel-tertiaire demeure le principal émetteur de monoxyde de carbone (87%). Le secteur agricole et celui du transport routier représentent chacun moins de 10%.

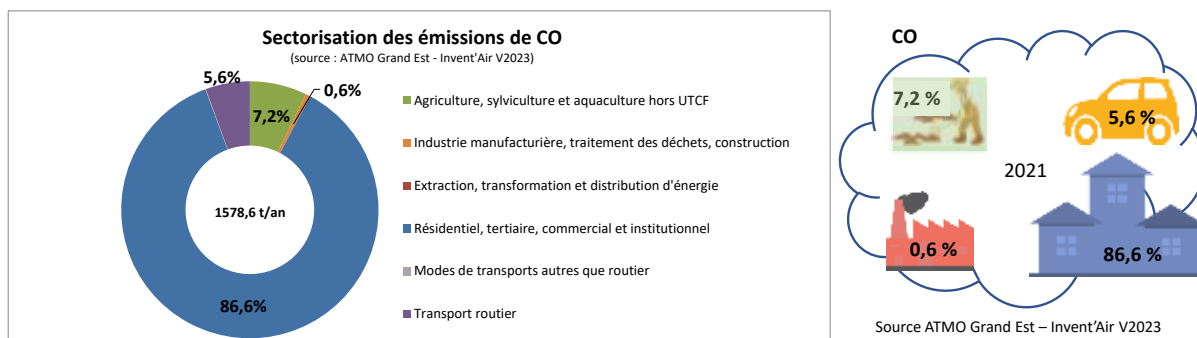


Figure 5 : Sectorisation des émissions 2021 de CO sur la communauté de communes des Portes de Meuse

3.2.3. Particules PM₁₀

Le secteur de l'agriculture-sylviculture-aquaculture demeure le principal émetteur de PM₁₀ (66%), en raison du secteur géographique très majoritairement rural avec de vastes zones agricoles. Le secteur résidentiel-tertiaire reste en seconde position des émissions, avec environ un-quart des émissions.

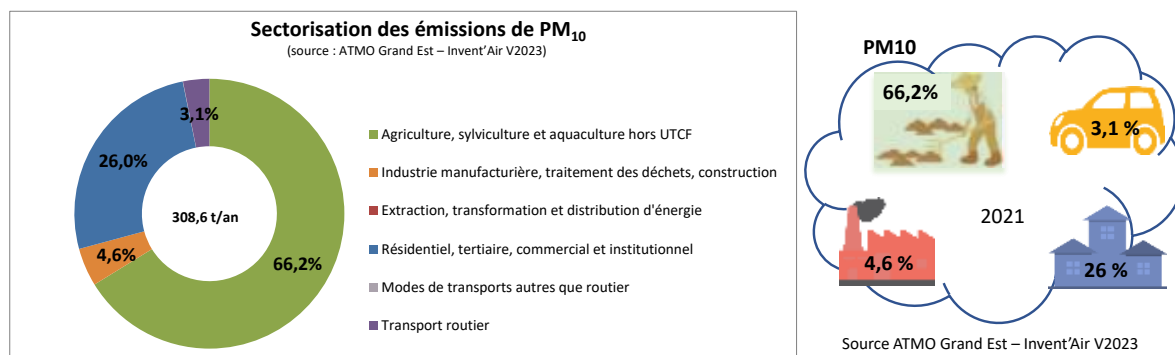


Figure 6 : Sectorisation des émissions 2021 des particules PM₁₀ sur la communauté de communes des Portes de Meuse

3.2.4. Dioxyde de soufre SO₂

Le secteur résidentiel-tertiaire demeure l'émetteur majoritaire de dioxyde de soufre (92%), suivi par le secteur industriel (5%). Le transport routier et le secteur agricole représentent moins de 5% chacun.

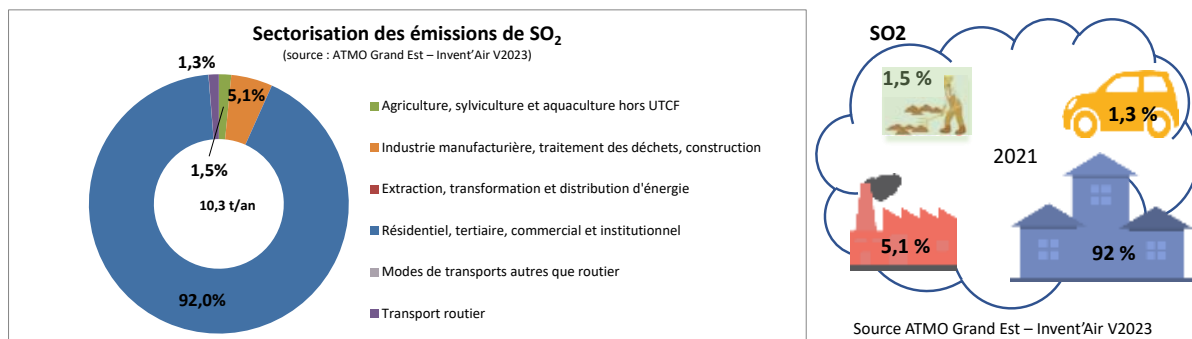


Figure 7 : Sectorisation des émissions 2021 de SO₂ sur la communauté de communes des Portes de Meuse

3.2.5. Bilan des sources d'émissions 2021 sur la zone d'étude

Les sources d'émissions de l'année 2021 indiquent des tendances et des proportions très similaires à celles recensées en 2020 :

- **L'activité agricole** émet la majeure partie des particules PM₁₀ (66%) et des oxydes d'azote (62%). Ce constat est à mettre en lien avec le caractère rural de la zone étudiée qui est couverte par de larges surfaces agricoles.
- Les **transports routiers** demeurent à l'origine des émissions d'oxydes d'azote à hauteur de 28% et du monoxyde de carbone pour environ 6%.
- Le secteur **résidentiel/tertiaire** émet très majoritairement du dioxyde de soufre (92%) et du monoxyde de carbone (87%). Il contribue également pour près d'un-quart aux émissions de PM₁₀.

4. METHODES DE MESURES UTILISEES



4.1. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

La méthodologie reste identique à celle des précédentes campagnes de mesures : une **remorque laboratoire** équipée d'analyseurs automatiques en continu est utilisée pour réaliser les mesures.

Les méthodes de mesures utilisées par les différents analyseurs sont regroupées en **annexe 3**.



Figure 8 : Photographie du moyen mobile équipé d'analyseurs, positionné à la Ferme du Cité, et exemple de résultats issus des appareils de mesures en continu

4.2. CRITERES DE VALIDATION DES DONNEES

Les données sont obtenues au pas de temps du quart d'heure avec les analyseurs automatiques. Elles suivent un protocole de validation, étape indispensable avant de pouvoir exploiter et interpréter les résultats.

Une donnée quart-horaire est considérée comme étant validée lorsqu'elle a suivi un cycle de validation et d'expertise (source : guide LCSQA https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/lcsqa_guide_validation_des_donnees_mesures_automatiques_janvier_2016_vf.pdf). Elle est alors considérée comme disponible pour l'exploitation et l'agrégation.

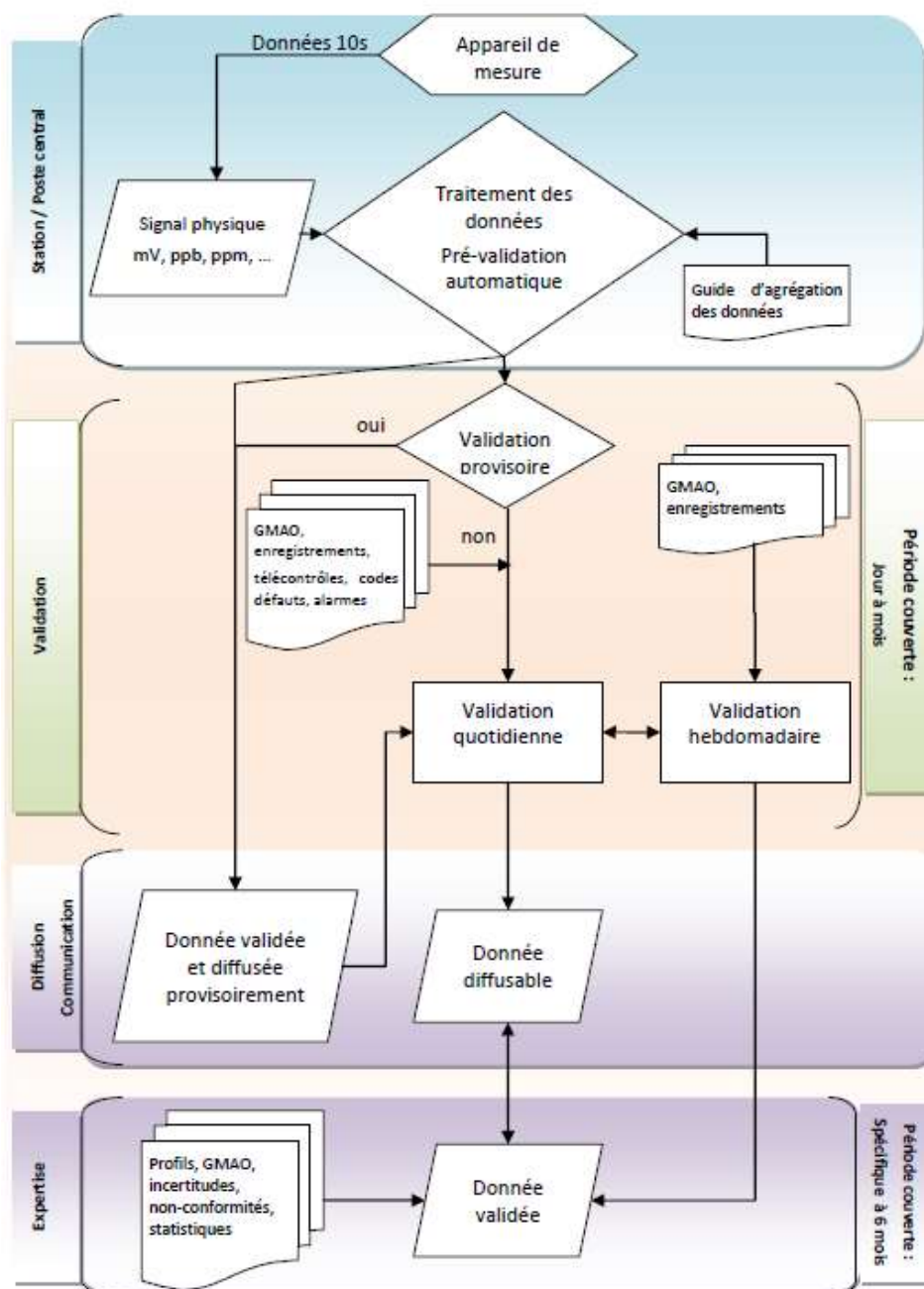


Figure 9 : Logigramme résumant les différentes étapes du cycle de vie d'une donnée issue d'un appareil de mesure (source : guide LCSQA de validation des données de mesures automatiques, janvier 2016)

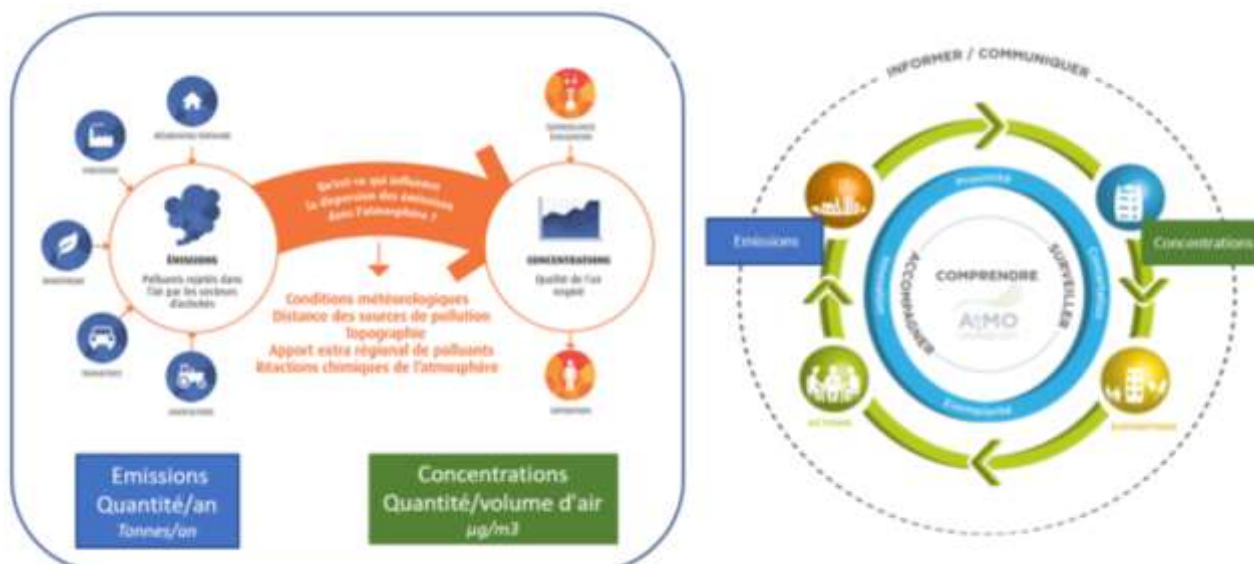
Le processus de validation et d'expertise des données est réalisé par des personnes habilitées. Il se base sur des procédures normalisées et un jugement d'experts :

- sur le plan technique et métrologique,
- sur le plan comportemental et environnemental des concentrations relevées, avec l'appui de la météorologie le cas échéant.

Ce processus est finalisé une fois que la cohérence et la pertinence des données produites sont vérifiées.

5. CYCLE DE GESTION DE LA QUALITE DE L'AIR

L'étude est limitée à une investigation concernant l'un des maillons du cycle de la pollution de l'air, celui de la **qualité de l'air** (concentrations atmosphériques de polluants). Compte tenu de la période des mesures, l'étude permet de qualifier partiellement les niveaux observés au regard des normes actuelles de qualité de l'air (voir le paragraphe 6.1.1).



6. OUTILS D'INTERPRETATION DES RESULTATS

6.1. LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR

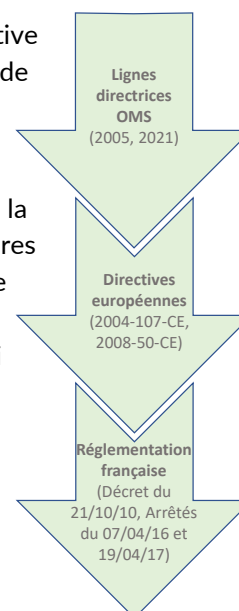
6.1.1. A l'échelle nationale et européenne

Les valeurs réglementaires actuellement en vigueur pour les polluants suivis figurent en **annexe 4**.

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes. Ces dernières ont été conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui déterminent des seuils à ne pas dépasser pour une vingtaine de polluants en fonction de leur impact sur la santé humaine.

Pour certains indicateurs comme les particules et l'ozone, les valeurs limites de la directive européenne sont toutefois plus élevées (moins protectrices) que les recommandations de l'OMS.

La **Directive 2008/50/CE** du 21 mai 2008 et la **Directive 2004/107/CE** concernent la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. Elles précisent les valeurs réglementaires pour la qualité de l'air ambiant pour différents polluants ainsi que les obligations de chaque état en termes de dispositifs de surveillance de la qualité de l'air. Ces valeurs réglementaires sont reprises/complétées dans le décret **2010-1250 du 21/10/2010** qui a transposé en droit français la directive 2008/50/CE.



Dans la directive, il est indiqué que la mesure doit être réalisée de la façon suivante : « une mesure aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou huit semaines réparties uniformément sur l'année » pour comparer les résultats obtenus à des seuils annuels.

Or, chaque campagne (deux par an) est prévue sur une période d'un mois chacune ; par conséquent, le critère des huit semaines sera respecté mais pas celui de la répartition sur l'année. En effet, il serait nécessaire de réaliser quatre campagnes de quatorze jours pour être représentatif des différentes saisons.

Ainsi, dans le bilan annuel 2023 qui paraîtra début 2024, une comparaison des données obtenues lors des deux campagnes d'un mois avec les données obtenues sur nos stations à proximité sera réalisée, afin de déterminer si la saisonnalité a un impact. Si c'est le cas, un facteur correctif pourra alors être appliqué en vue de garantir la représentativité saisonnière des données, et de fait sur l'année. Cela permettra ainsi de respecter le second critère et de comparer les résultats aux seuils réglementaires annuels.

Par ailleurs, la comparaison des résultats avec les lignes directrices OMS (niveaux annuels) sera également présentée lors du bilan annuel 2023.

6.1.2. Procédures d'information et d'alerte lors de pics de pollution

Depuis 2016, l'**arrêté Inter Préfectoral du 24 mai 2017** a redéfini la gestion des pics de pollution pour l'ensemble du territoire français. Les procédures donnent une place importante aux outils de modélisation et les épisodes peuvent être déclenchés sur prévision en plus du simple constat sur station de mesures.

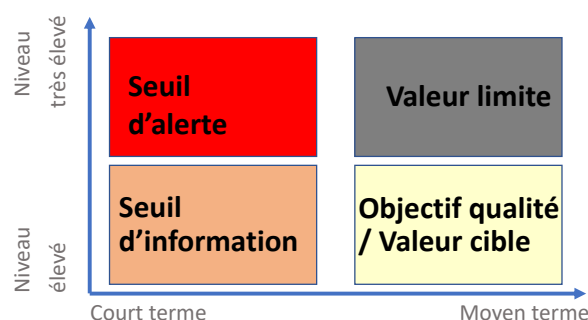
Des vidéos d'ATMO Grand Est relatives au dispositif de déclenchement des procédures d'information et/ou d'alerte sont disponibles aux liens suivants :

https://www.youtube.com/watch?v=f_45GF2n9ME;

https://youtu.be/39io6oX_M-k;

https://youtu.be/UfUpg2UV_Sg

Dès lors que les procédures d'alerte sont déclenchées sur un département, des mesures d'urgences peuvent être mises en place par la préfecture et renforcées en fonction de la durée de l'épisode de pollution.



6.2. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC D'AUTRES SITES DE MESURES

Les mesures réalisées à la Ferme du Cité seront comparées à d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est, de typologie et d'influence semblable et/ou différente, incluant le point fixe d'Houdelaincourt implanté à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau au nord-est de Bure.

7. RESULTATS

La campagne a été réalisée à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023, l'installation et les tests des différents appareils ayant été effectués au préalable.

7.1. CONDITIONS CLIMATIQUES

Si la qualité de l'air dépend de l'émission de composés polluants via différentes sources (industrielles, transports, sources tertiaires et domestiques), elle dépend également des conditions météorologiques. La température, le rayonnement solaire, la vitesse et direction du vent, la pression atmosphérique, les précipitations, la topographie locale...influencent le transport, la transformation et la dispersion ou accumulation des polluants.

Certains phénomènes, comme les **inversions de température**, influencent la dispersion des masses d'air plus ou moins chargées en polluants.

En *situation normale*, la température de l'air diminue avec l'altitude (environ 1°C tous les 100 mètres). Quand l'air chaud s'élève dans les couches supérieures plus froides, il entraîne avec lui les polluants qui sont ainsi dispersés verticalement.

Les *inversions de température* sont des cas particuliers ; l'atmosphère, au lieu de se refroidir avec l'altitude, se réchauffe jusqu'à un certain niveau appelé niveau d'inversion. Il se forme alors une couche d'air plus chaude qu'on appelle couche d'inversion : les substances

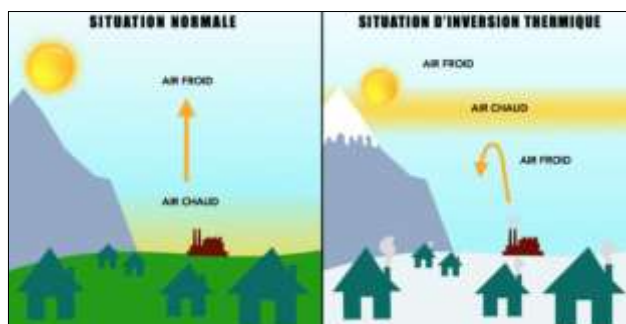


Figure 10 : schéma d'une inversion thermique (source : Météo Franc-Comtoise)

provenant des chauffages, des industries et du trafic automobile, s'accroissent alors sous cette couche d'inversion qui forme un « couvercle » empêchant les polluants de se disperser. Il n'y a plus de brassage vertical. Si le vent est faible, les teneurs en polluants peuvent alors augmenter très rapidement.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, les quatre paramètres suivants sont étudiés pour appréhender les conditions météorologiques lors des mesures :

- la température (°C)
- la direction du vent (°)
- les précipitations (mm)
- la vitesse du vent (m/s).

Ces données proviennent de la station fixe d'ATMO Grand Est localisée à Houdelaincourt, ce site étant le plus proche du secteur d'étude et distant d'environ 10 kilomètres à vol d'oiseau au nord-est du laboratoire mobile. En effet, le moyen mobile à la Ferme du Cité est, pour rappel, implanté à proximité d'un mur, ce qui est susceptible d'impacter les mesures de ces paramètres, tels que la direction et la vitesse du vent. Concernant les précipitations et la température, nous utilisons les mesures réalisées au niveau du moyen mobile.



Figure 11 : photo de la station atmosphérique à Houdelaincourt (source : ATMO GE)

Le diagramme ombrothermique est élaboré à partir des températures moyennes journalières et du cumul des précipitations journalières, permettant de visualiser les variations conjointes de ces deux paramètres.

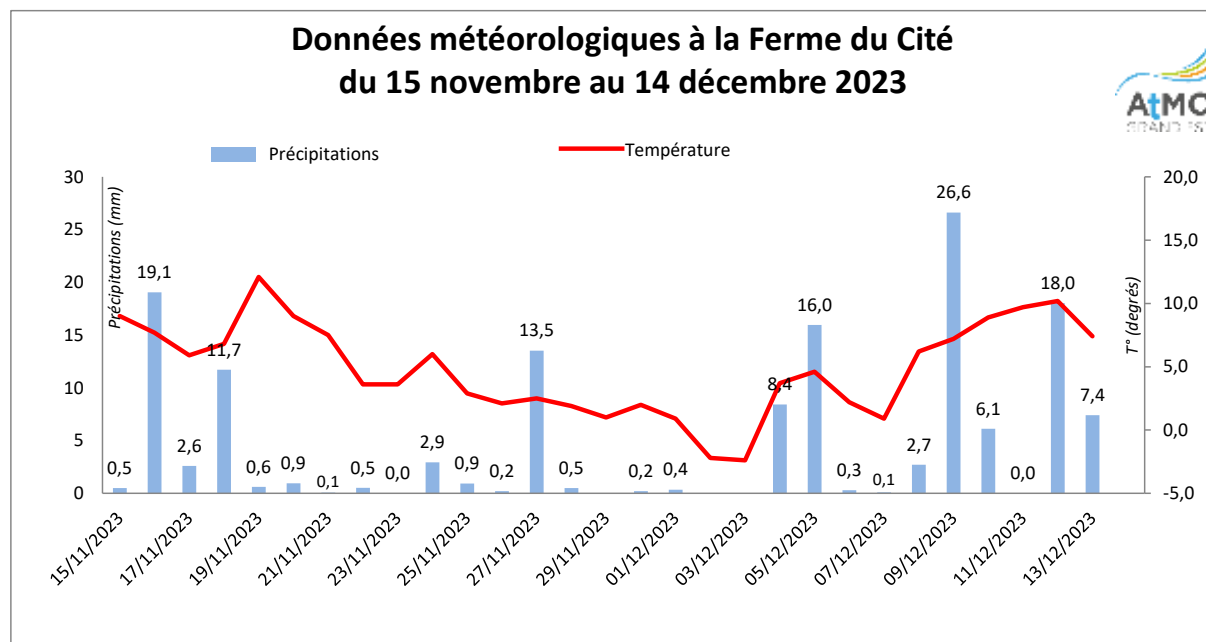
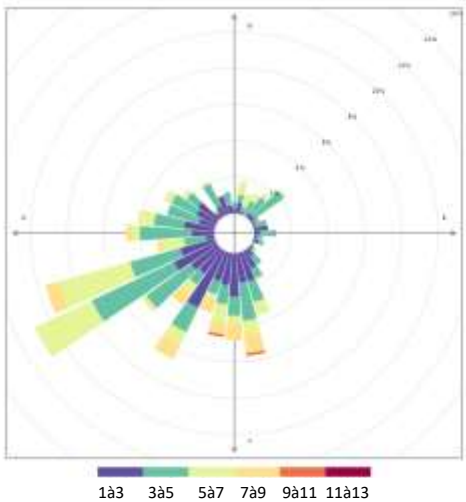


Figure 12 : Evolution des moyennes journalières en température et précipitations (diagramme ombrothermique)

Les mesures ont eu lieu en période hivernale, du 15 novembre au 14 décembre 2023, caractérisée par un temps perturbé et souvent pluvieux, dans une ambiance encore très douce hormis fin novembre-début décembre où un refroidissement est observé avec l'apparition d'un peu de neige. La température moyenne journalière la plus basse est enregistrée le 3 décembre avec $-2,4^{\circ}\text{C}$, et la plus élevée le 19 novembre avec $12,1^{\circ}\text{C}$.

En termes de précipitations à la Ferme du Cité, la période de campagne présente 24 jours de précipitations (sur un total de 30 jours), le cumul total des précipitations s'élevant à 140,3 mm. Le plus fort cumul journalier est relevé le 9 décembre avec 26,6 mm d'eau. Lors de la période de mesures, les précipitations sont excédentaires par rapport aux normales de saison.

Tableau 2 : Données météorologiques mesurées à Houdelaincourt du 15 novembre au 14 décembre 2023 (source : ATMO Grand Est).

| Paramètre étudié | Commentaires |
|--------------------|--|
| Vents dominants : | <p style="text-align: center;">Moyenne : 1,7 m/s (minimum horaire : 0,1 m/s - maximum horaire : 5,6 m/s)</p> <p style="text-align: center;">Rose des vents à Houdelaincourt du 15/11/2023 au 14/12/2023*</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Vents dominants majoritairement faibles à modérés issus préférentiellement du quart sud-ouest</p> |
| Vitesse vent : | |
| Direction vent : | |
| Température : | Moyenne sur la période de mesures : $5,9^{\circ}\text{C}$ (minimum horaire : $-4,7^{\circ}\text{C}$; maximum horaire : $15,6^{\circ}\text{C}$). |
| Précipitations** : | Cumul 140,3 mm. Périodes de pluie observées sur 24 journées. |

* rose des vents réalisée à partir des données horaires. ** données issues du moyen mobile à la Ferme du Cité.

La rose des vents du **site fixe d'Houdelaincourt** indique les tendances suivantes :

- En excluant les vitesses des vents inférieures ou égales à 1m/s, les vents proviennent du quart sud-ouest plus de la moitié du temps (52%). Viennent ensuite dans des proportions proches les vents issus des quarts nord-ouest et sud-est (respectivement 20% et 17%). Les vents de secteur nord-est représentent 11%.

Les vitesses les plus élevées (jusqu'à 11,1 m/s à Houdelaincourt en données quart-horaires) ont été mesurées le 9 décembre en début d'après-midi, avec des vents issus du sud à sud-sud-est (entre 165°-185°).

- Dans l'éventualité où l'on obtiendrait des vents similaires au niveau du moyen mobile localisé à la Ferme du Cité, le point de mesures serait alors sous les vents dominants du site de l'ANDRA un peu plus de la moitié du temps (52%) lors de la campagne de mesures.

Bilan concernant les paramètres météorologiques mesurés à Houdelaincourt lors de la campagne de mesures

Les conditions météorologiques perturbées (pluvieuses et globalement venteuses) lors des mesures sont propices à un bon lessivage de l'air par les précipitations et une bonne dispersion des masses d'air par les vents, favorisant ainsi de faibles concentrations en polluants dans l'air.

7.2. VALIDATION DES DONNEES ET RESULTATS DES MESURES

Les résultats obtenus au cours de l'étude sont comparés aux seuils réglementaires relatifs à la pollution aiguë mais ils ne peuvent être comparés aux valeurs réglementaires relatives à la pollution chronique en raison d'une représentativité temporelle limitée des mesures lors de cette première campagne. Cependant, comme indiqué dans le paragraphe 6.1.1, il sera possible de réaliser ces comparaisons une fois les deux campagnes de mesures achevées : les conclusions figureront dans le « bilan annuel 2023 ».

Taux de fonctionnement

Pour les polluants classiques, les calculs des *moyennes horaires, des moyennes sur huit heures et des moyennes journalières* présentées dans ce rapport doivent respecter un taux de données valides d'au moins 75%, ce qui est le cas pour cette campagne.

Le guide méthodologique du LCSQA pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air recommande quant à lui d'obtenir au moins 85% des données valides pour calculer des moyennes sur une période plus longue (exemples : moyennes *mensuelles, statistiques saisonnières* etc.) (https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/lcsqa_guide_validation_des_donnees_mesures_automatiques_janvier_2016_vf.pdf). Ce critère est respecté hormis en CO où l'on obtient 81%.

Tableau 3 : Taux de données valides (%) des mesures issues du moyen mobile du 14 novembre au 15 décembre 2023.

| Polluant | Taux de données valides (en %) |
|---|--------------------------------|
| Dioxyde de soufre SO ₂ | 95 |
| Monoxyde et dioxyde d'azote NO et NO ₂ | 95 |
| Particules en suspension PM ₁₀ | 94 |
| Ozone O ₃ | 96 |
| Monoxyde de carbone CO | 81 |

7.2.1. Dioxyde d'azote NO₂

Le graphique suivant présente l'évolution des valeurs moyennes horaires mesurées en dioxyde d'azote.

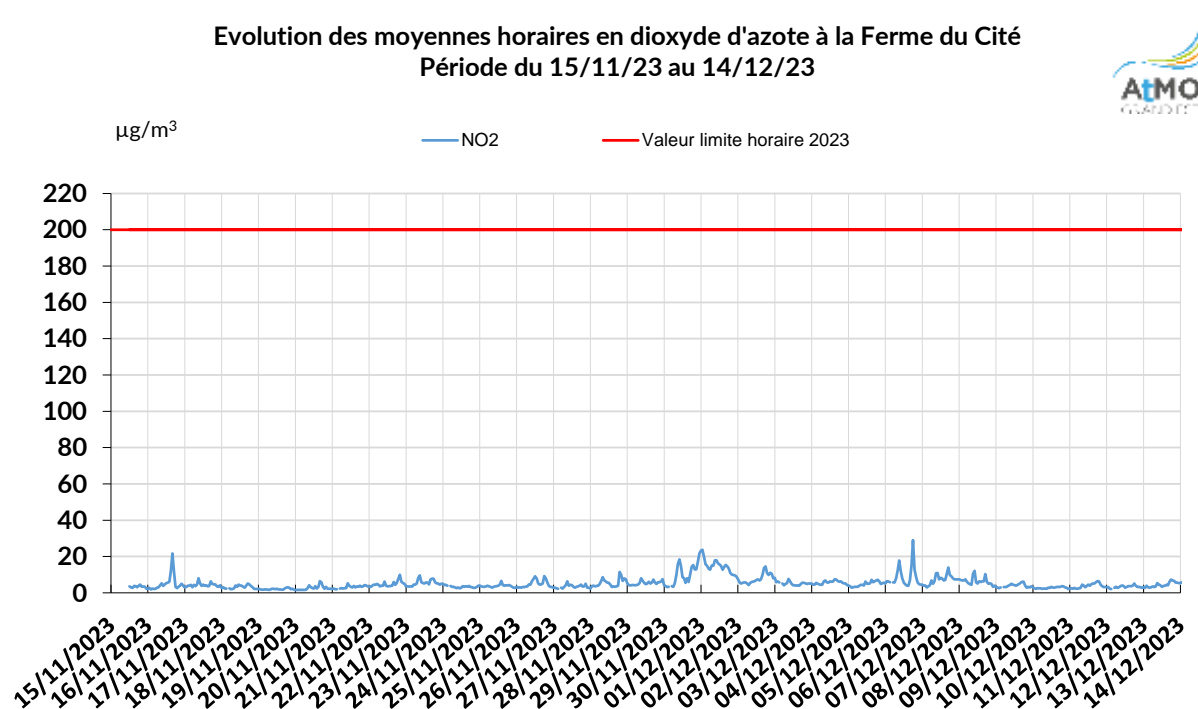


Figure 13 : Evolution des valeurs moyennes horaires en NO₂ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Le tableau ci-après présente des valeurs moyennes en NO₂ qui demeurent très largement inférieures aux différentes valeurs réglementaires court terme.

Tableau 4 : Niveaux moyens en dioxyde d'azote et oxydes d'azote à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 et comparaison avec les seuils réglementaires.

| Seuil | Période de calcul | Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Dépassements sur la période de mesures | Moyenne ou maximum obtenu durant la période d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|---|--------------------------------|------------------------------------|--|--|
| NO₂ : Valeur limite protection santé humaine | annuelle | 40 | Non évaluable* | Non évaluable* |
| NO₂ : Valeur limite protection santé humaine (à ne pas dépasser plus de 18 fois par an) | horaire | 200 | Non (0h) | 29 (maximum horaire) |
| Ligne directrice OMS : - En annuel (ne pas dépasser plus d'1h par an) - En horaire - Moyenne sur 24 heures | annuelle horaire sur 24h | 10 200 25 | Non évaluable* Non (0h) Non | Non évaluable * 29 (maximum horaire) 14 (maximum sur 24h) |
| NO_x : Valeur limite/niveau critique protection de la végétation | annuelle | 30 | Non évaluable* | Non évaluable * |

* remarque : le calcul d'une moyenne/maximum sur la période de la campagne est réalisable. Cependant, le résultat ne peut pas être comparé au seuil réglementaire chronique dans le cadre de cette campagne (cf paragr. 6.1.1) . A l'issue des deux campagnes de 2023, il sera possible d'effectuer cette comparaison.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Lors de la campagne de mesures, et en fonction des données disponibles, le seuil d'information-recommandations ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire) et le seuil d'alerte ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire dépassé pendant trois heures consécutives) n'ont pas été dépassés pour le dioxyde d'azote. Le maximum horaire de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été atteint le 6 décembre à 18 heures (heure locale).

7.2.2. Dioxyde de soufre SO₂

Le graphique suivant présente l'évolution des valeurs moyennes horaires mesurées en dioxyde de soufre.

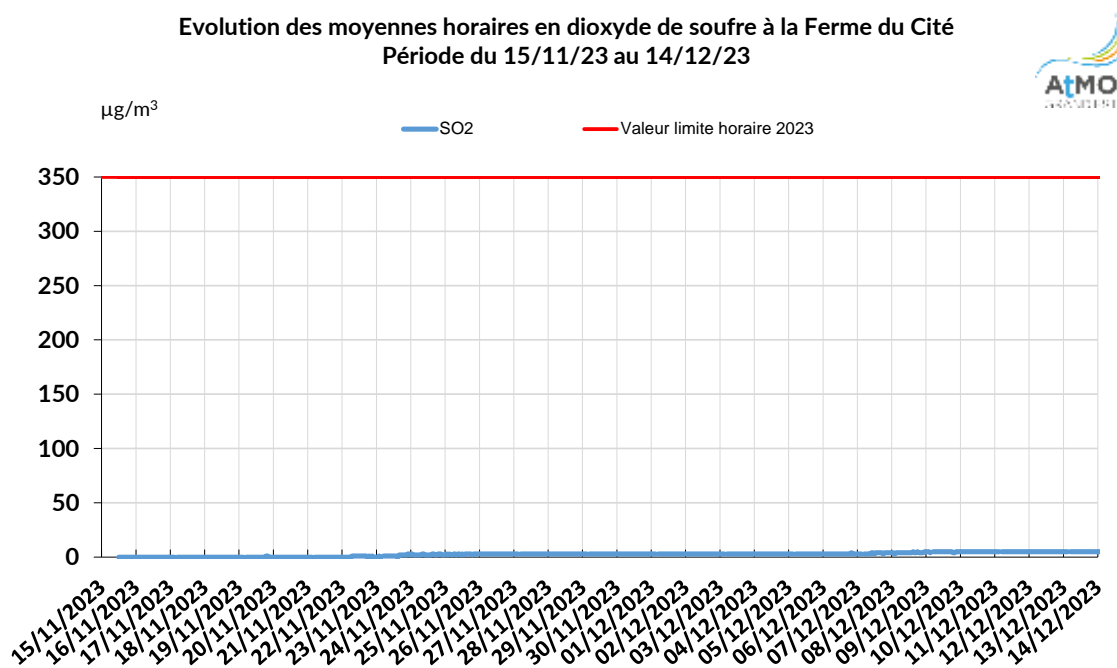


Figure 14 : Evolution des valeurs moyennes horaires en SO₂ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 5 : Résultats en dioxyde de soufre SO₂ à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 et comparaison avec les seuils réglementaires.

| Seuil | Période de calcul | Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Dépassements | Moyenne ou maximum obtenu en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant la période d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|---|---|------------------------------------|----------------|--|
| Objectif de qualité | Annuelle | 50 | Non évaluable* | Non évaluable* |
| Valeur limite pour la protection de la santé humaine (à ne pas dépasser plus de 3 fois par an) | Journalière | 125 | Non (0j) | 5 (maximum journalier) |
| Valeur limite/niveau critique pour la protection de la végétation | Année civile et du 1 ^{er} octobre au 31 mars | 20 | Non évaluable* | Non évaluable* |
| Valeur limite pour la protection de la santé humaine (à ne pas dépasser plus de 24 fois par an) | Horaire | 350 | Non (0j) | 5 (maximum horaire) |
| Ligne directrice OMS (à ne pas dépasser sur un an civil) | Journalière | 40 | Non (0j) | 5 (maximum journalier) |

* remarque : le calcul d'une moyenne/maximum sur la période de la campagne est réalisable. Cependant, le résultat ne peut pas être comparé au seuil réglementaire chronique dans le cadre de cette campagne. A l'issue des deux campagnes de 2023, il sera possible d'effectuer cette comparaison.

De façon récurrente les concentrations obtenues demeurent négligeables à nulles, donc très en deçà des différentes valeurs réglementaires à court terme (aiguë).

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Le seuil d'information-recommandations (300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire) et le seuil d'alerte (500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire) ne sont pas dépassés au cours des mesures.

7.2.3. Particules PM₁₀

Le graphique suivant présente l'évolution des valeurs moyennes journalières mesurées en PM₁₀.

Evolution des moyennes journalières en PM₁₀ à la Ferme du Cité Période du 15/11/23 au 14/12/23

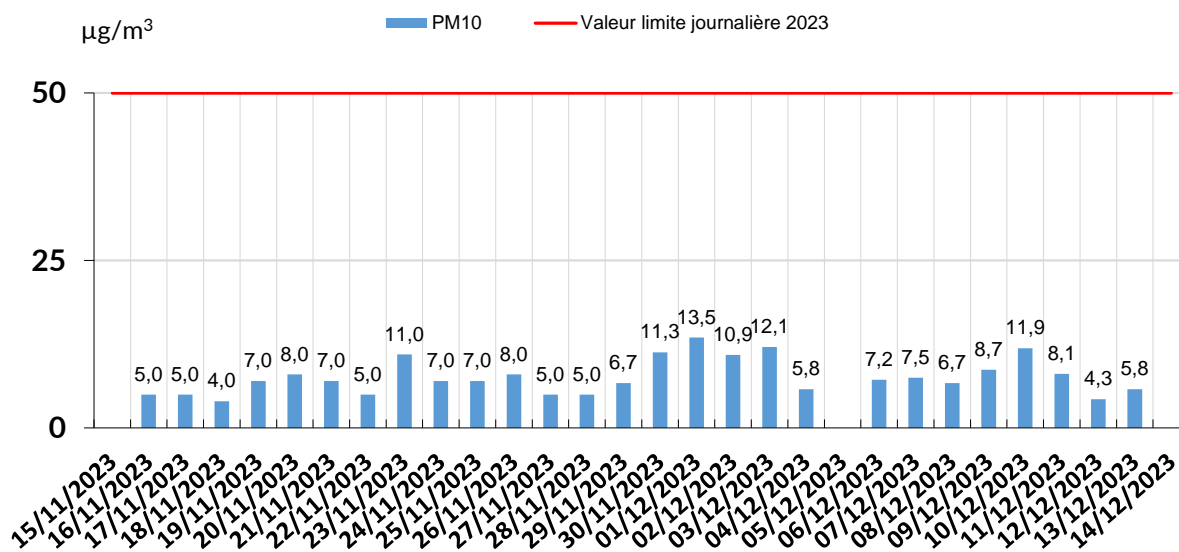


Figure 15 : Evolution des moyennes journalières en PM₁₀ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 6 : Résultats en particules PM₁₀ à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 et comparaison avec les seuils réglementaires.

| Seuil | Période de calcul | Valeur en µg/m ³ | Dépassements | Moyenne ou maximum obtenu en µg/m ³ durant la période d'étude (µg/m ³) |
|---|-------------------|-----------------------------|-----------------|---|
| Valeur limite protection de la santé (ne pas dépasser plus de 35 fois/an) | Journalière | 50 | Non (0j) | 14 (max journalier) |
| Valeur limite protection de la santé | Annuelle | 40 | Non évaluable * | Non évaluable* |
| Objectif de qualité | Annuelle | 30 | Non évaluable * | Non évaluable* |
| Ligne directrice OMS : | | | | |
| - journalier (à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) | Journalière | 45 | Non (0j) | 14 (max journalier) |
| - annuel | Annuelle | 15 | Non évaluable* | Non évaluable* |

* remarque : le calcul d'une moyenne/maximum sur la période de la campagne est réalisable. Cependant, le résultat ne peut pas être comparé au seuil réglementaire chronique sur l'année dans le cadre de cette campagne. A l'issue des deux campagnes de 2023, il sera possible d'effectuer cette comparaison.

Les valeurs seuils réglementaires à court terme sont respectées au regard des concentrations obtenues en PM₁₀. Le maximum journalier a en effet atteint 14 µg/m³ le 1^{er} décembre.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Le seuil d'information et de recommandations relatif aux PM₁₀ (50 µg/m³ en moyenne sur 24 heures calculée de 0h à 0h) n'est pas dépassé (maximum journalier inférieur à 15 µg/m³).

7.2.4. Ozone O₃

Le graphique suivant présente l'évolution des valeurs moyennes horaires mesurées en ozone.

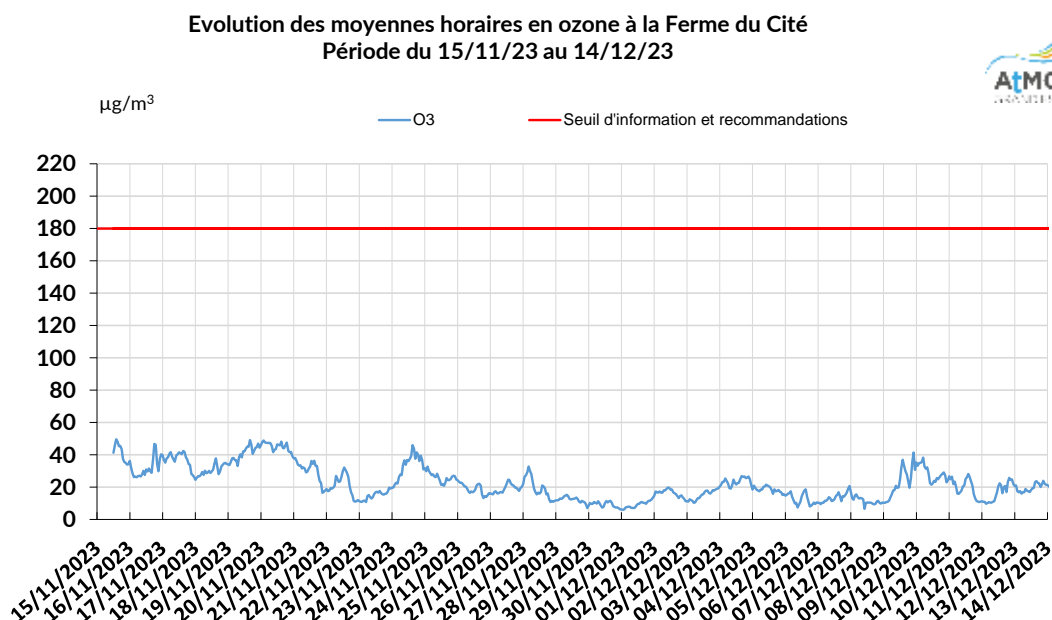


Figure 16 : Evolution des valeurs moyennes horaires en O₃ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 7 : Résultats en ozone à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 et comparaison avec les seuils réglementaires

| Seuil | Période de calcul | Valeur réglementaire en µg/m ³ | Valeur obtenue | Dépassements lors de la campagne |
|---|---|---|---------------------------|----------------------------------|
| Valeur cible (seuil protection de la santé) | Max journalier moy glissante sur 8h pendant 1 an civil* | 120 | C2 : 48 µg/m ³ | Non |
| Objectif long terme (protection santé) | Max journalier moy glissante sur 8h pendant 1 an civil | 120 | | Non |
| Ligne directrice OMS | Max journalier moy glissante sur 8h pendant 1 an civil | 100 | | Non |

* à ne pas dépasser plus de 25 jours par an, moyenne calculée sur 3 ans

Les mesures ayant lieu en hiver, accompagné de fréquentes précipitations, les différents seuils sont largement respectés.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Le seuil d'information-recommandations ainsi que le seuil d'alerte n'ont pas été atteints ; le maximum horaire atteint en effet 50 µg/m³.

7.2.5. Monoxyde de carbone CO

Le graphique suivant présente l'évolution des valeurs moyennes glissantes sur huit heures mesurées en monoxyde de carbone.

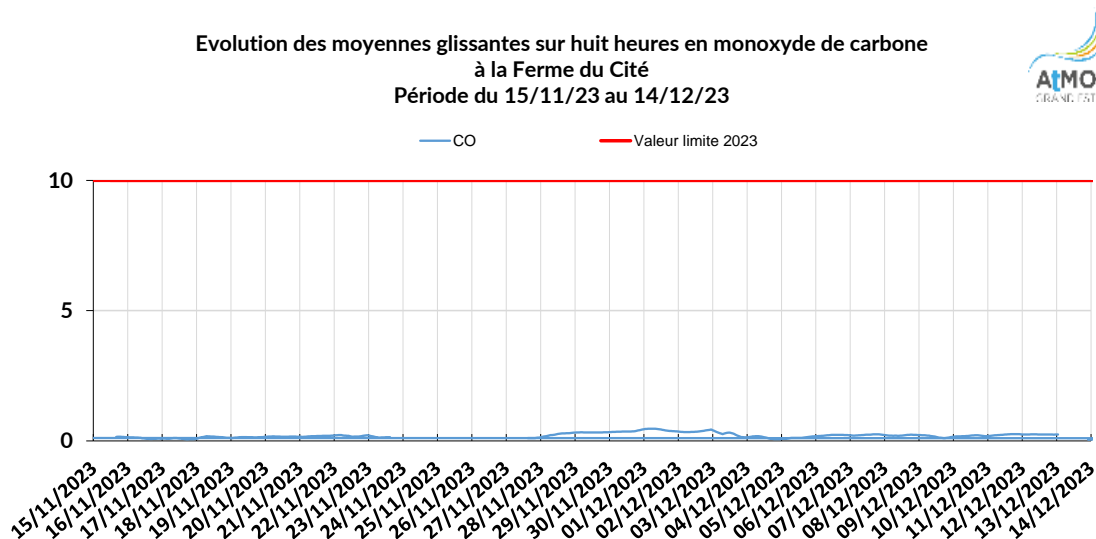


Figure 17 : Evolution des moyennes glissantes sur huit heures en CO à la Ferme du Cité
(source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 8 : Résultats en monoxyde de carbone CO à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 et comparaison avec les seuils réglementaires.

| Seuil | Période de calcul | Valeur en mg/m ³ | Dépassement sur la période de mesures | Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures en mg/m ³ |
|----------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| Valeur limite | Max journalier de la moyenne glissante sur 8 h | 10 | Non | 0,5 |
| Ligne directrice OMS | Moyenne sur 24 heures | 4 | Non | <1 (maximum sur 24 heures) |

Les concentrations obtenues en CO demeurent négligeables et bien en deçà des valeurs seuils réglementaires.

7.2.6. Profils journaliers

Les profils journaliers des polluants mesurés à la Ferme du Cité sont présentés ci-après.

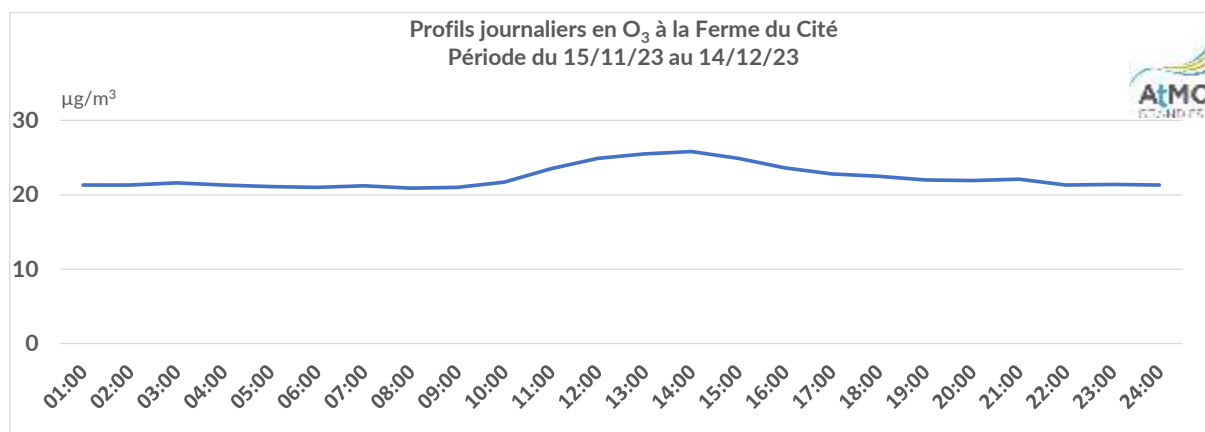


Figure 18 : Profil journalier en O₃ mesuré à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023

Pour l'ozone O₃, on observe la présence d'un niveau de fond compris entre 20 et 25 µg/m³, sans fluctuations très significatives au cours de la journée, cette période de l'année étant propice à l'obtention de faibles niveaux.

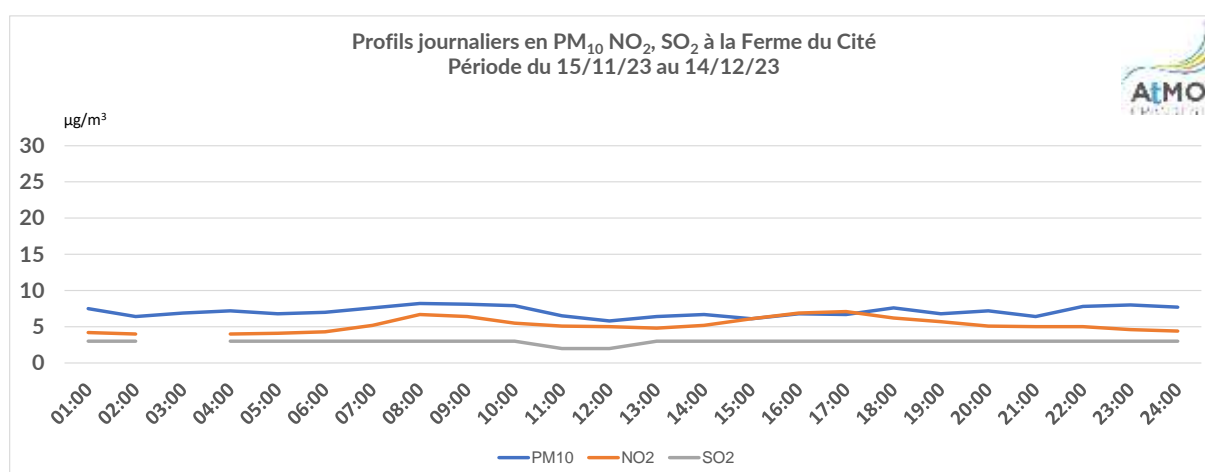


Figure 19 : Profil journalier en PM₁₀-NO₂ et SO₂ mesurés à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023

Pour les **particules PM₁₀** : nous observons la présence d'un niveau de fond qui oscille globalement autour de 8 µg/m³ lors des mesures, sans fluctuations particulièrement significatives en cours de journée.
 Pour le **dioxyde d'azote NO₂** : les concentrations moyennes de fond sont négligeables, inférieures à 10 µg/m³ lors de la période d'étude. On n'observe pas de nettes variations au cours de la journée.
 Pour le **dioxyde de soufre SO₂** : les concentrations moyennes de fond demeurent négligeables, à la limite du seuil de détection de l'analyseur.

A noter, pour le profil journalier du NO₂ et du SO₂, l'absence de mesures à certaines heures de la journée (nombre de données insuffisant pour calculer le profil journalier relatif à ces heures-là).

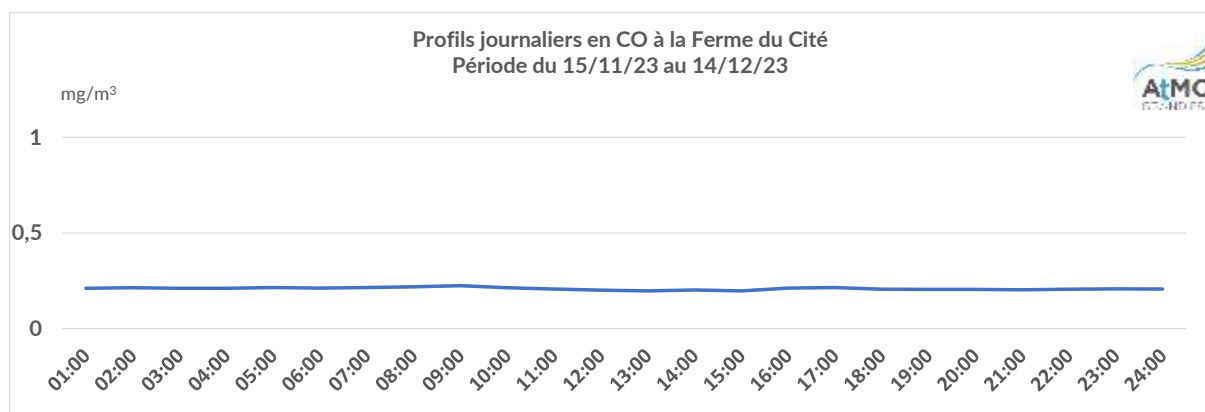


Figure 20 : Profil journalier en CO mesuré à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023

Le monoxyde de carbone CO présente quant à lui un niveau de fond négligeable quelle que soit l'heure de la journée.

Les profils journaliers des composés suivis à la Ferme du Cité sont ensuite comparés à ceux d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est (d'influences et typologies similaires, ou différentes).

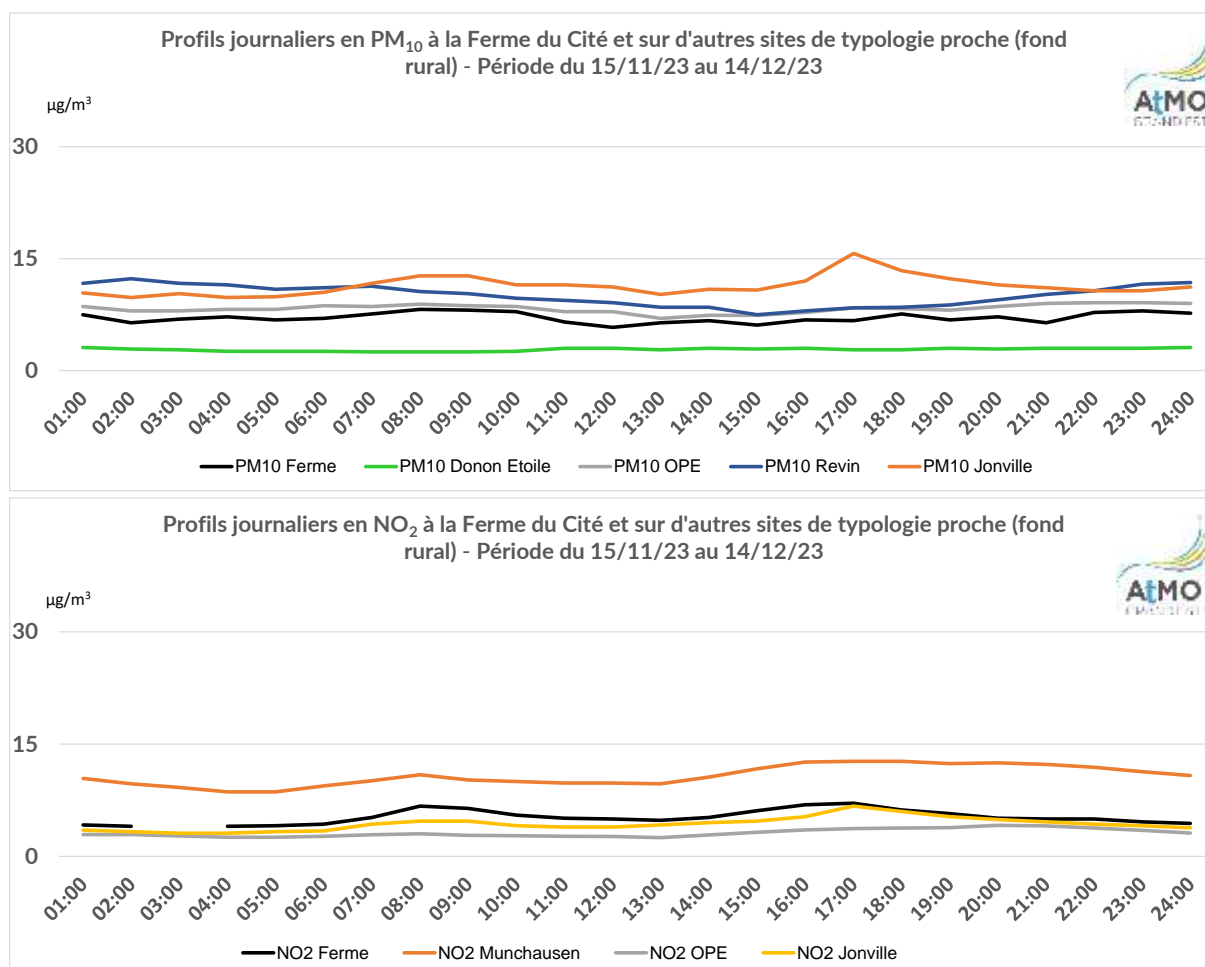


Figure 21 : Profils journaliers à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 en PM₁₀ et NO₂, comparés à ceux d'autres sites fixes de typologie similaire essentiellement

Les profils journaliers en PM₁₀ et NO₂ sont globalement similaires sur les divers sites ruraux, hormis à Jonville en raison de sa localisation au centre du village (influence des activités humaines locales, telles le chauffage...).

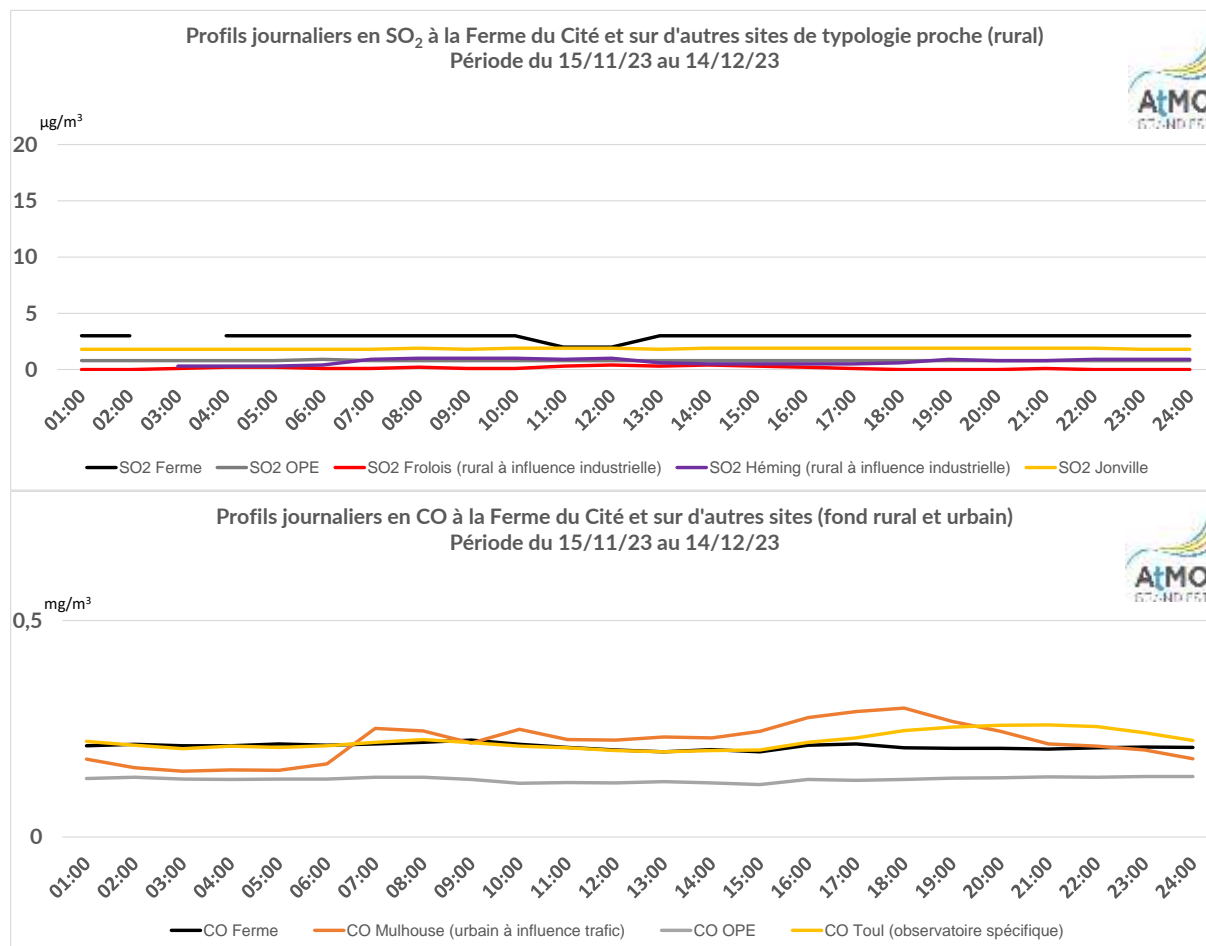


Figure 22 : Profil journalier en SO₂ en CO à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023, comparé à ceux d'autres sites fixes de typologie similaire essentiellement (source ATMO Grand Est)

En SO₂ et CO, les niveaux au cours d'une journée sont négligeables, quel que soit le type de site et son influence.

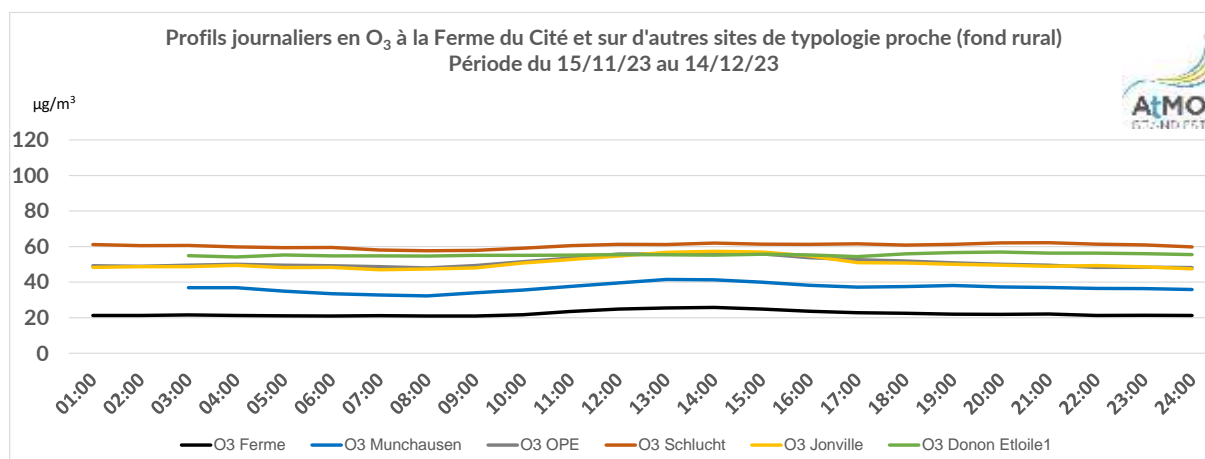


Figure 23 : Profil journalier en O₃ à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023, comparé à ceux d'autres sites fixes de typologie similaire essentiellement (source ATMO Grand Est)

Le profil journalier en O₃ à la Ferme du Cité, qui ne présente pas de fluctuations au cours de la journée, est similaire à ceux des autres sites ruraux localisés en plaine ; les sites de moyenne montagne présentent pour leur part des niveaux de fond plus élevés.

7.2.7. Comparaison des teneurs à Bure avec celles d'autres points fixes

Le tableau suivant présente les niveaux moyens obtenus à la Ferme du Cité du 15 novembre au 14 décembre 2023 comparés à ceux provenant d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est.

Tableau 9 : Comparaison des teneurs moyennes mesurées à proximité du laboratoire de recherches à celles d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est du 15 novembre au 14 décembre 2023 en µg/m³ (CO en mg/m³).

| Polluant | Ferme du Cité | Site Plateau meusien OPE (Houdelaincourt) | Site Hautes Vosges (Schlucht) | Site Agglo Nancy centre (Charles III) | Site Agglo Metz centre | Ensemble des sites ruraux de fond ATMO GE | Ensemble des sites urbains de fond ATMO GE |
|----------------------|---------------|---|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|--|
| Typologie /influence | rurale/fond | rurale/fond | rurale/fond | urbaine/fond | urbaine/fond | rurale/fond | urbaine/fond |
| NO ₂ | 5 | 3 | 1 | 18 | 16 | 5 | 15 |
| CO* | <1 | <1 | / | / | / | <1 | <1 (urbain trafic) |
| PM ₁₀ | 8 | 8 | / | 12 | 12 | 9 | 14 |
| SO ₂ | 3 | 1 | / | 1 | / | 1 | 1 |
| O ₃ | 22 | 51 | 60 | 38 | 32 | 46** | 39 |

/ : non disponible ou non mesuré * en mg/m³ ** site ruraux sans les sites de moyenne montagne

Les figures ci-dessous situent les valeurs moyennes obtenues en NO₂, PM₁₀ et O₃ mesurées par l'unité mobile à la Ferme du Cité, par rapport à celles issues des stations fixes de la région Grand-Est (sites ruraux, urbains de fond et urbains à influence trafic pris en compte).

Le CO et le SO₂ ne sont pas pris en compte ici, car ils sont présents en quantité négligeable dans l'air ambiant, quelles que soient leur typologie, leur influence ou leur localisation dans la grande région.

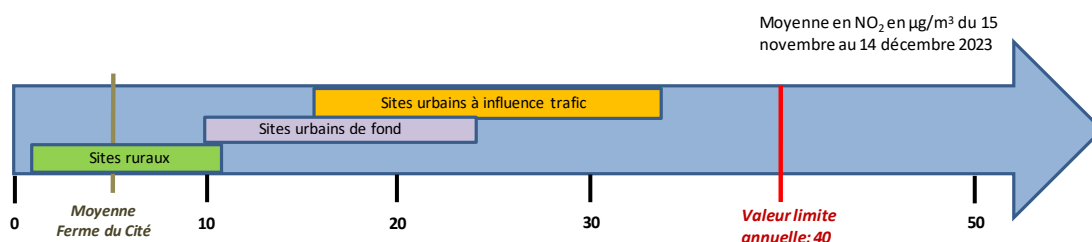


Figure 24 : Comparaison des concentrations en NO₂ mesurées à la Ferme du Cité avec celles des stations du dispositif fixe du Grand-Est

Le niveau moyen en NO₂ issu des mesures à la Ferme du Cité demeure faible métrologiquement. Il est positionné dans la première moitié de la gamme des concentrations des sites de fond rural de la région. A titre de comparaison, la teneur moyenne obtenue à proximité de l'ANDRA est 3 fois inférieure à celle de l'ensemble des sites urbains de fond, ce ratio étant globalement du même ordre de grandeur que celui des précédentes campagnes de mesures.

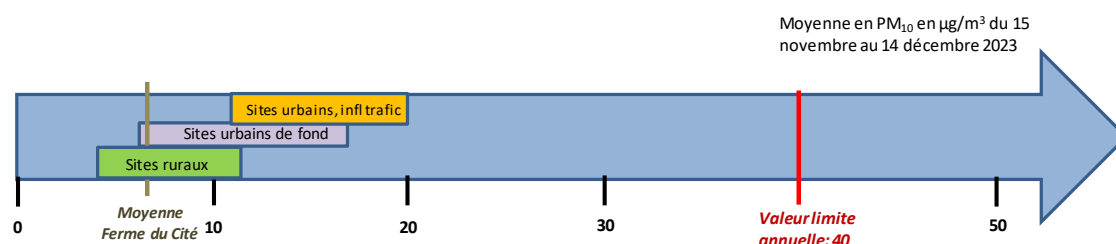


Figure 25 : Comparaison des concentrations en PM₁₀ mesurées à la Ferme du Cité avec celles des stations du dispositif fixe du Grand-Est

La concentration moyenne obtenue en PM₁₀ à la Ferme du Cité lors de la période d'étude se situe dans la première moitié de la gamme des concentrations des sites de fond rural de la région Grand Est. A titre de comparaison, la teneur moyenne obtenue à proximité de l'ANDRA est 2 fois inférieure à celle de l'ensemble des sites urbains de fond.

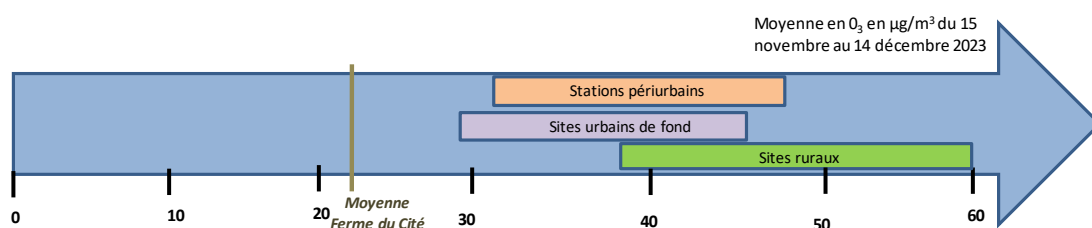


Figure 26 : Comparaison des concentrations en O₃ mesurées à la Ferme du Cité avec celles des stations du dispositif fixe du Grand-Est

La concentration moyenne obtenue en O₃ à la Ferme du Cité lors de la période d'étude se situe en dessous des gammes des concentrations des divers sites que ce soit en contexte rural, périurbain ou urbain de la région Grand Est.

7.2.8. Comparaison des résultats avec ceux issus des précédentes campagnes à Bure

Les résultats obtenus lors de cette campagne de mesures sont comparés à ceux des campagnes précédentes d'ATMO Grand Est, les tendances en découlant étant regroupées dans le tableau suivant. Ces interprétations sont toutefois à considérer avec précaution, les périodes de mesures, les travaux entrepris au fil du temps au niveau du laboratoire souterrain de l'ANDRA et les conditions météorologiques n'ayant pas été rigoureusement semblables d'une année sur l'autre. Par ailleurs, certaines méthodes de mesures ont pu évoluer (exemple avec les particules PM₁₀). L'annexe n°6 présente l'ensemble des résultats des mesures.

Tableau 10 : Tendances observées suite aux comparaisons des résultats de la campagne du 15 novembre au 14 décembre 2023 à celles des précédentes années.

| Polluant | Tendance |
|-----------------------------------|---|
| Dioxyde d'azote NO ₂ | Concentrations moyennes comprises entre 1 et 20 µg/m ³ toutes saisons confondues. Les niveaux moyens les plus élevés sont observés lors des campagnes réalisées en période hivernale, en lien avec les conditions météorologiques rencontrées. |
| Monoxyde de carbone CO | Teneurs de fond négligeables (0,1 mg/m ³ à 0,4 mg/m ³) toutes campagnes confondues. |
| Dioxyde de soufre SO ₂ | Concentrations moyennes demeurant météorologiquement faibles (entre 0 et 4 µg/m ³). |
| Particules PM ₁₀ | Concentrations moyennes corrigées comprises entre 16 et 30 µg/m ³ lors des précédentes campagnes de 2007* à 2011. Pour la période allant de 2014 (mesures avec un appareil TEOM-FDMS) à 2023 : teneurs moyennes oscillant entre 4 µg/m ³ et 18 µg/m ³ . |
| Ozone O ₃ | Concentrations de fond comprises entre 10 µg/m ³ en hiver 2002 et 75 µg/m ³ en été 2010 (maxima mesurés au printemps-été, et minima en automne-hiver). |

* depuis janvier 2007, la mesure pour les particules PM₁₀ prend en compte la fraction volatile des particules en suspension. Suite à l'évolution de la métrologie, une station de référence pour les mesures a été définie pour prendre en compte cette fraction volatile des particules, déterminer l'écart avec les mesures sans correction et appliquer cet écart aux autres sites de mesures et obtenir des valeurs corrigées. Au niveau d'ATMO Grand Est, la station fixe localisée à Nancy Charles III servait de station de référence jusqu'en 2011 (pas de campagnes de mesures à la Ferme du Cité en 2012 et 2013). Depuis 2014, la correction n'a plus lieu d'être car l'analyse des particules, fraction volatile comprise, se fait directement par un TEOM-FDMS.

Pour résumer...

Les concentrations moyennes mesurées en polluants primaires (NO₂, CO, SO₂) demeurent faibles voire négligeables pour le CO et SO₂, et ce, depuis le début des mesures (1999). Les différents seuils réglementaires en vigueur sont respectés (fournis à titre indicatif puisque la couverture temporelle des mesures est limitée).

A titre indicatif, les niveaux moyens mesurés en particules PM₁₀ depuis 2014 avec un appareil TEOM-FDMS sont très majoritairement inférieurs à 15 µg/m³ et ce, quelles que soient les périodes de mesures.

Pour l'ozone (polluant secondaire d'origine photochimique), les teneurs demeurent dans des ordres de grandeur comparables d'une campagne à l'autre lorsque les périodes de mesures sont similaires (gamme de concentrations allant de 48 µg/m³ à 75 µg/m³ au printemps-été, et de 10 µg/m³ à 54* µg/m³ en période automnale-hivernale).

Tous ces résultats demeurent ainsi assez similaires d'une campagne à l'autre.

* conditions météorologiques particulièrement douces observées en novembre 2015

8. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette trente-neuvième campagne de mesures, mise en œuvre en 2023 du 15 novembre au 14 décembre, a pour objectif d'estimer l'impact sur la qualité de l'air des activités du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne en phase d'exploitation (CMHM).

Concernant les niveaux mesurés et le respect des normes de qualité de l'air...

Dans l'air ambiant, les concentrations mesurées demeurent peu élevées en **dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et particules PM₁₀**, en lien avec :

- de faibles émissions locales, en lien avec une absence d'activités industrielles émettrices à proximité directe, et l'absence d'activités agricoles soutenues durant la période de mesures,
- un point de mesures positionné en secteur rural (plaine, sans présence de hauts bâtiments ou de tissu urbain),
- des conditions météorologiques perturbées (nombreuses précipitations, vents...) favorisant l'obtention de niveaux peu élevés en polluants.

L'ozone, polluant photochimique secondaire, présente des teneurs satisfaisantes, en lien avec la période des mesures peu propice à sa formation. Les niveaux moyens mesurés sont globalement cohérents avec ceux généralement rencontrés en cette période de l'année.

A titre indicatif (couverture temporelle des mesures limitée), les concentrations moyennes des différents polluants sont inférieures aux valeurs réglementaires fixées à l'échelle horaire et journalière actuellement en vigueur.

Une comparaison des résultats avec les seuils réglementaires annuels sera réalisée uniquement dans le cadre du rapport final. En effet, dans la directive il est indiqué que la mesure doit être réalisée de la façon suivante : « *une mesure aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou huit semaines réparties uniformément sur l'année* » pour comparer les résultats obtenus à des seuils annuels. Or, chaque campagne (deux par an) est prévue sur une période d'un mois chacune ; par conséquent, le critère des huit semaines est respecté mais pas celui de la répartition sur l'année. En effet, il serait nécessaire de réaliser quatre campagnes de quatorze jours pour être représentatif des différentes saisons.

Ainsi, dans le bilan annuel, nous comparerons les données obtenues lors des deux campagnes d'un mois avec celles obtenues sur nos stations à proximité, afin de déterminer s'il y a un impact de la saisonnalité. Si c'est le cas, un facteur correctif pourra alors être appliqué en vue de garantir la représentativité saisonnière, et de fait sur l'année. Cela permettra ainsi de respecter le second critère et de comparer ensuite les résultats obtenus en 2023 avec les seuils annuels.

La comparaison avec les lignes directrices OMS (niveaux annuels) sera également présentée lors du bilan annuel 2023 qui paraîtra début 2024.

Ainsi, pour les composés étudiés, les activités du laboratoire ANDRA à Bure demeurent sans impact particulier sur la qualité de l'air ambiant lors de la période d'étude pour les polluants mesurés.

Concernant la comparaison des résultats obtenus du 15 novembre au 14 décembre 2023 à la Ferme du Cité avec ceux d'autres sites fixes d'ATMO Grand Est :

Les concentrations relevées à Bure demeurent faibles et similaires à celles habituellement mesurées sur les sites d'ATMO Grand Est de typologie rurale.

Les niveaux moyens relevés en **PM₁₀ et NO₂** à la Ferme du Cité se situent dans la première moitié de la gamme des concentrations des sites de fond rural de la région Grand Est.

Les concentrations en **CO** et **SO₂** demeurent négligeables et du même ordre de grandeur que celles de l'ensemble des autres stations fixes de la région Grand-Est, et ce, quelle que soit la typologie du point de mesure.

Enfin, **pour l'O₃**, polluant secondaire photochimique, les teneurs observées au cours de cette campagne de mesures sont proches de celles mesurées sur l'ensemble des sites ruraux localisés en plaine.

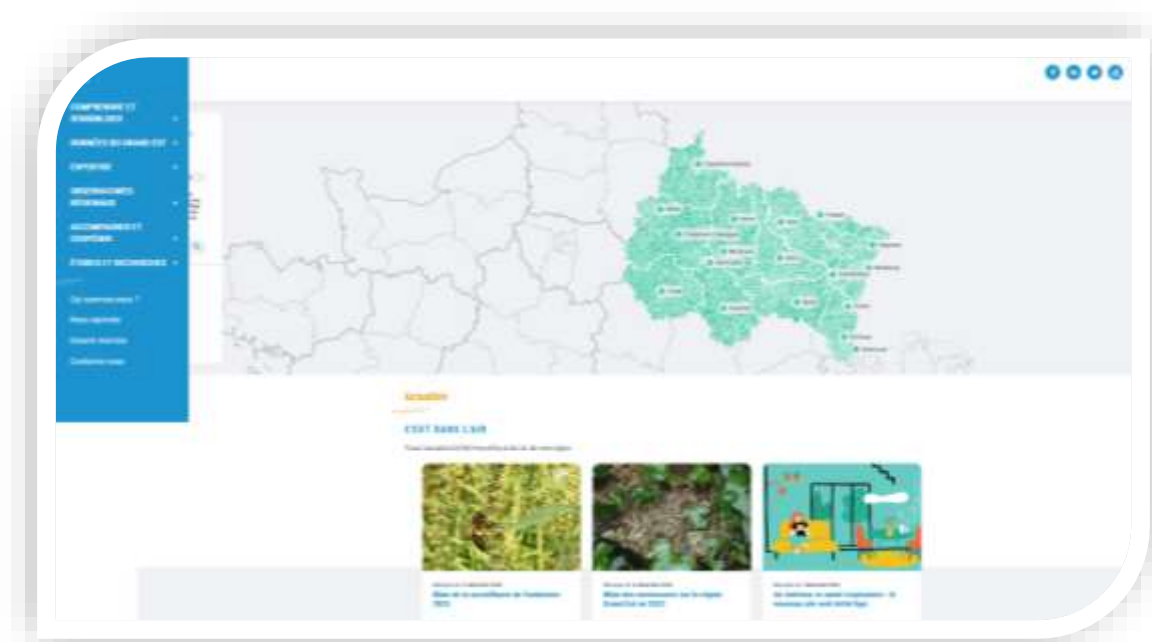
Concernant la comparaison des résultats avec ceux des campagnes précédentes...

Le constat demeure similaire à celui des campagnes antérieures, à savoir des concentrations satisfaisantes vis-à-vis de la réglementation, et du même ordre de grandeur d'une année sur l'autre, en fonction des composés et de la saison prise en compte.

Ces interprétations sont toutefois à considérer avec précaution, les périodes de mesures, les travaux entrepris au fil du temps au niveau du laboratoire souterrain de l'ANDRA et les conditions météorologiques n'ayant pas été rigoureusement semblables d'une année sur l'autre.

Concernant les perspectives...

Conformément au nouveau contrat liant ATMO Grand Est et l'ANDRA pour la période 2023 à 2026, une nouvelle campagne de mesures sera mise en œuvre au cours du printemps 2024. Par ailleurs, un bilan annuel synthétique des deux campagnes de mesures réalisées en 2023 sera édité début 2024.



Site internet : www.atmo-grandest.eu/

Annexes

ANNEXE 1 : CARACTERISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSES SUIVIS

ANNEXE 2 : RAPPEL DES PRINCIPALES EVOLUTIONS ENTRE LES VERSIONS V2021 ET V2022 DE L'INVENTAIRE

ANNEXE 3 : METHODOLOGIE DES MESURES EN CONTINU

ANNEXE 4 : REGLEMENTATION

ANNEXE 5 : DONNEES METEOROLOGIQUES

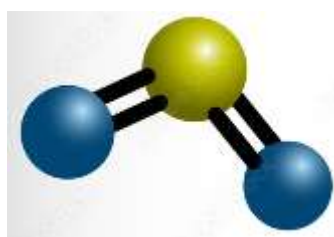
ANNEXE 6 : RESULTATS SYNTHETIQUES DES MESURES REALISEES A LA FERME DU CITE DEPUIS LE DEBUT DES MESURES PAR ATMO GRAND EST

ANNEXE 1 : CARACTERISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSES SUIVIS

DIOXYDE DE SOUFRE SO₂

Gaz principalement émis par le secteur industriel, et plus particulièrement par les centrales de production thermique. Il est émis lors de l'utilisation de combustibles fossiles contenant du soufre (fuel, charbon...).

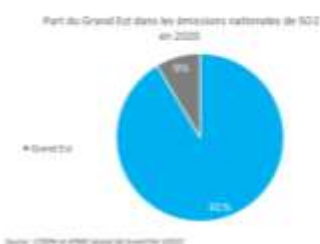
En région Grand-Est : Les secteurs émissifs de SO₂ sont les secteurs de l'industrie manufacturière-construction, puis le résidentiel-tertiaire et enfin l'industrie de l'énergie.



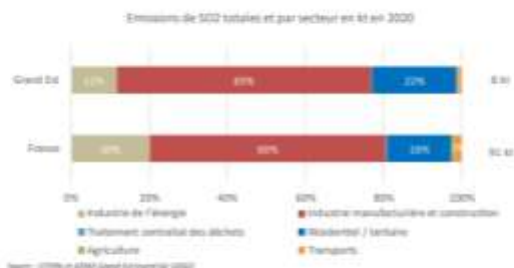
Environnement : Il se transforme, au contact de l'humidité de l'air, en acide sulfurique et contribue ainsi directement au phénomène des pluies acides et de ce fait, à l'acidification des lacs, au dépérissement forestier et à la dégradation du patrimoine bâti (monuments, matériaux...).

SANTÉ : Il affecte le système respiratoire, le fonctionnement des poumons ; il provoque des irritations oculaires... L'inflammation de l'appareil respiratoire entraîne de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires.

• Contribution du Grand Est aux émissions de SO₂ en France



Le Grand Est participe à hauteur de 9% aux émissions nationales de SO₂



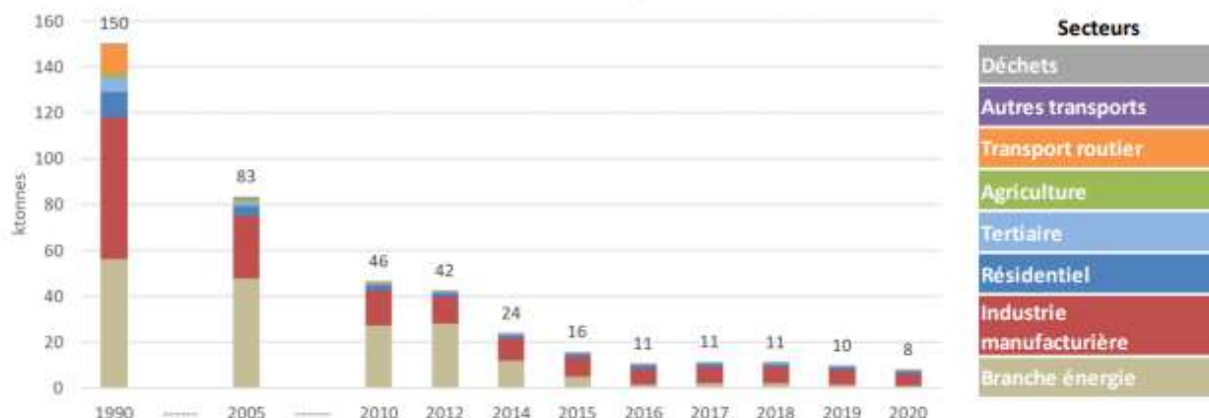
Les secteurs émissifs de SO₂ sont similaires aux niveaux national et régional, avec un poids du secteur industriel plus important dans la région Grand Est



• Les principales émissions de SO₂ par sous-secteurs en Grand Est



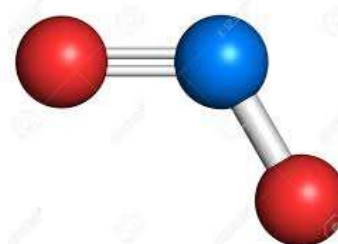
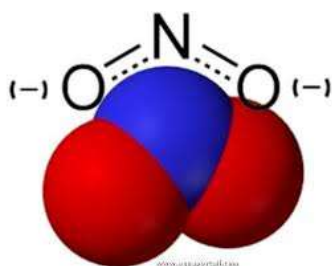
Evolution des émissions de SO₂ dans le Grand Est par secteur



MONOXYDE ET DIOXYDE D'AZOTE

Le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂ sont émis lors de processus de combustion. Le NO₂ est issu de l'oxydation du NO.

En région Grand Est : Les deux principales sources d'émission d'oxydes d'azote dans l'air ambiant sont les transports routiers (37%) et le secteur agricole (28%). Vient ensuite le secteur industriel (20%). Les autres secteurs représentent moins de 10% chacun.

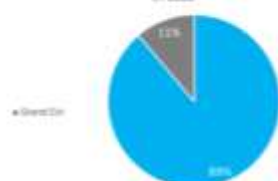


Environnement : Il participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique dont il est l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique. Suivant les conditions météorologiques, le NO₂ se transforme en acide nitrique (HNO₃), et peut être neutralisé par l'ammoniac pour former du nitrate d'ammonium, polluant inorganique secondaire semi-volatil, principal contributeur aux épisodes printaniers de pollution particulaire en Europe.

SANTÉ : Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

• Contribution du Grand Est aux émissions de NO_x en France

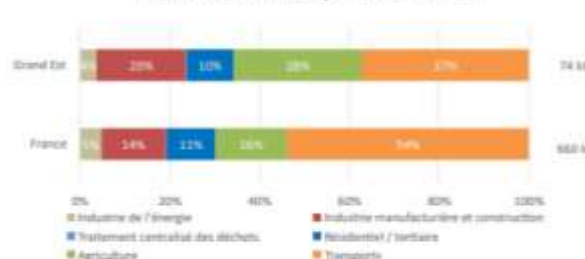
Part du Grand Est dans les émissions nationales de NO_x en 2020



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2022

Le Grand Est participe à hauteur de 11% aux émissions nationales de NO_x

Émissions de NO_x totales et par secteur en kt en 2020



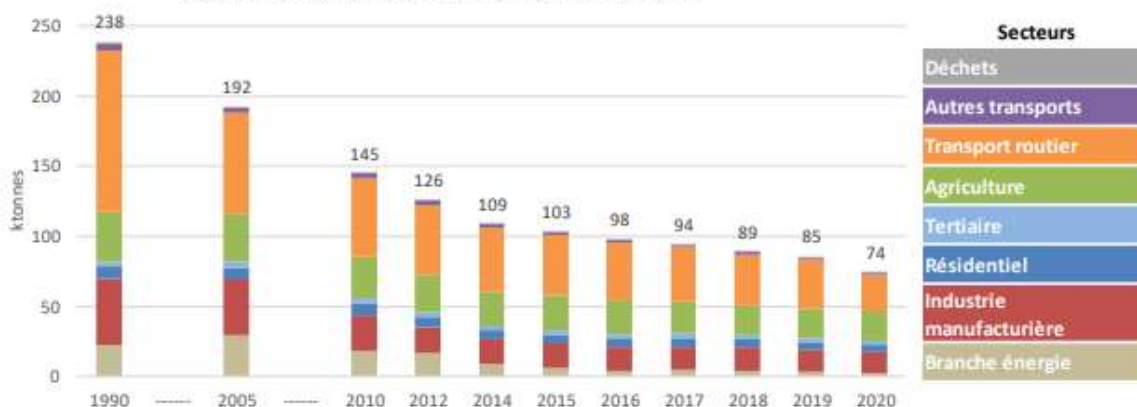
Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2022



• Les principales émissions de NO_x par sous-secteurs en Grand Est



Evolution des émissions de NO_x dans le Grand Est par secteur



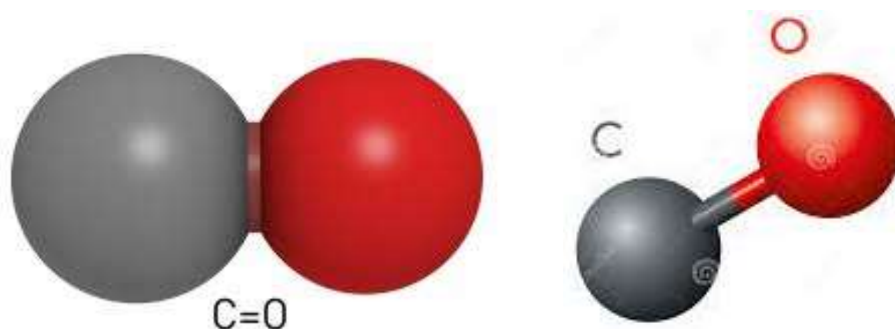
Pour un complément d'information : [chiffres_cles_1_clin_oeil_2021_reg_Grand Est.pdf](https://atmo-grandest.eu/chiffres_cles_1_clin_oeil_2021_reg_Grand_Est.pdf) (atmo-grandest.eu)

MONOXYDE DE CARBONE CO

Gaz inflammable, inodore et incolore essentiellement formé de manière anthropique, provenant de la combustion incomplète des combustibles et des carburants, généralement due à des installations mal réglées (c'est tout particulièrement le cas des toutes petites installations).

Il est aussi présent dans les rejets de certains procédés industriels (agglomération de minerai, aciéries, incinération de déchets) mais aussi et surtout présent dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles.

En région Grand Est : Ce polluant est majoritairement émis par le secteur résidentiel-tertiaire (72%), et l'industrie manufacturière et construction (14%).



Environnement : Le monoxyde de carbone participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique.

Dans l'atmosphère, son oxydation aboutit à la formation de dioxyde de carbone CO_2 , composé reconnu comme étant l'un des principaux gaz à effet de serre (GES).

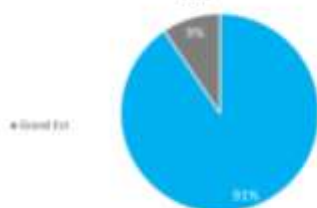
Santé : Du fait de ses faibles concentrations dans l'air ambiant extérieur, c'est surtout pour l'air intérieur que le CO représente un enjeu sanitaire.

Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang.

A fortes teneurs et en milieu confiné (air intérieur), le CO peut causer des intoxications oxycarbonées provoquant des maux de tête, des nausées, des vomissements et des vertiges, voire le coma ou la mort pour une exposition prolongée. La gravité des symptômes est fonction de la durée d'exposition et de la concentration de monoxyde de carbone inhalée.

• Contribution du Grand Est aux émissions de CO en France

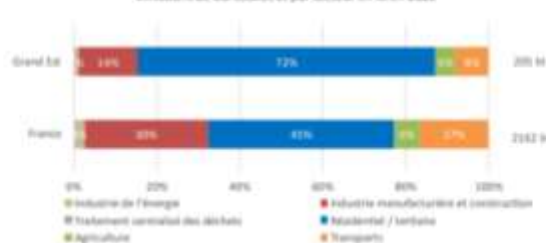
Part du Grand Est dans les émissions nationales de CO en 2020



Source : CITEA et ATMO Grand Est Invent'Air 2022

Le Grand Est participe à hauteur de 9% aux émissions nationales de CO

Emissions de CO totales et par secteur en kt en 2020



Source : CITEA et ATMO Grand Est Invent'Air 2022

Les secteurs émissifs de CO sont similaires aux niveaux national et régional, avec une part plus importante du secteur résidentiel dans le Grand Est due au chauffage au bois



• Les principales émissions de CO par sous-secteurs en Grand Est



Evolution des émissions de CO dans le Grand Est par secteur



Source ATMO Grand Est Invent'Air V2022

OZONE O₃

Gaz incolore et irritant ayant une odeur âcre à laquelle notre odorat s'habitue rapidement. Il s'agit d'une molécule composée de 3 atomes d'oxygène (O₃), ce qui lui confère un fort pouvoir oxydant. C'est aussi un gaz à effet de serre.

Dans les basses couches de l'atmosphère, appelées la troposphère (située entre le sol et 10 km d'altitude), l'ozone agit comme un polluant alors que dans les hautes couches de l'atmosphère, appelées la stratosphère, il agit comme une protection contre les radiations nuisibles du soleil.

Lien : <https://www.youtube.com/watch?v=hu-SUhiIEM>

La formation de l'ozone troposphérique répond à des mécanismes complexes composant un cycle de réactions appelé *cycle de l'ozone*. Il s'agit d'un *polluant secondaire* : il est issu de plusieurs réactions chimiques faisant intervenir des composés précurseurs : les polluants primaires, soumis à l'influence des conditions atmosphériques. En effet, ces réactions nécessitent le rayonnement intense du soleil, c'est ce qu'on appelle la *pollution photochimique*.

La présence de Composés Organiques Volatils (COV) perturbe le cycle de l'ozone. Les produits de dégradation des COV réagissent avec le monoxyde d'azote NO pour donner le dioxyde d'azote NO₂ sans intervention de l'ozone. Ce dernier aura donc tendance à s'accumuler. C'est le phénomène de pic d'ozone. L'ozone peut ensuite se combiner avec d'autres polluants pour former des substances toxiques comme les PAN (Peroxy Acétyl Nitrate).



Environnement : On observe des effets néfastes sur la végétation (processus physiologiques des plantes perturbés...), sur les cultures agricoles (baisse des rendements), sur le patrimoine bâti (fragilisation/altération de matériaux tels métaux, pierres, cuir, plastiques...).

SANTÉ : Il s'agit d'un gaz agressif pénétrant facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Les effets peuvent être variés : troubles fonctionnels des poumons (toux, altérations pulmonaires...), nuisances olfactives, effets lacrymogènes, irritations des muqueuses, diminution de l'endurance à l'effort...

PARTICULES PM₁₀

Origines naturelles (volcans, érosion, pollens, sels de mer...) et anthropiques (incinération, combustion, activités agricoles, chantiers...).

Les particules PM₁₀ constituent un complexe de substances organiques ou minérales et peuvent véhiculer d'autres polluants. La taille des particules varie, allant de quelques nanomètres à plusieurs dizaines de micromètres. Les PM_x représentent les particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à x microns (µm).

En région Grand Est : Deux principaux secteurs se partagent les émissions de PM₁₀ en 2020 : l'agriculture (48%) et le secteur résidentiel (31%). L'industrie représente 13% des émissions, et le transport routier 8%.

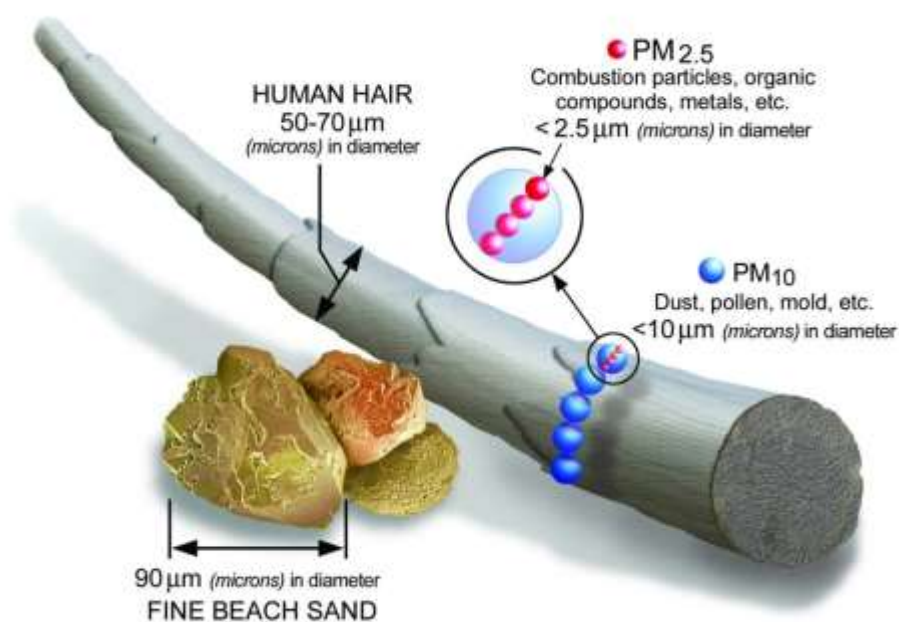


Image courtesy of the U.S. EPA

Environnement : Les PM₁₀ pénètrent profondément dans les voies respiratoires jusqu'aux bronchioles et aux alvéoles. Même à des concentrations très basses, les particules les plus fines peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Elles sont liées aux hospitalisations et décès pour causes respiratoires et cardio-vasculaires.

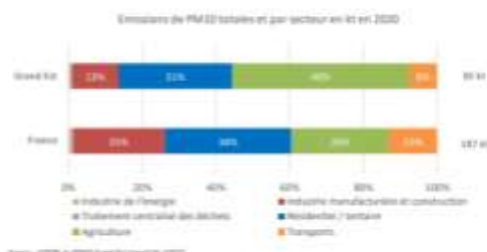
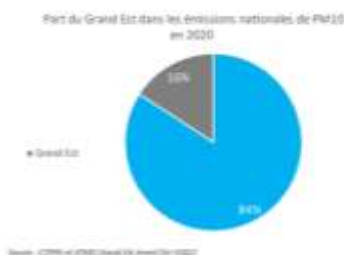
Les particules en suspension sont classées comme agent cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Centre International de Recherche sur le Cancer depuis 2013.

SANTÉ : Elles réduisent la visibilité, et peuvent influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière. A l'échelle globale, les particules ont un forçage radiatif négatif, c'est-à-dire refroidissant l'atmosphère terrestre, mais de nettes différences sont observées suivant leur composition chimique ou à des échelles plus fines.

Elles salissent et contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux, bâtiments et monuments.

Dans des situations extrêmes de pollution aux particules, elles peuvent s'accumuler sur les feuilles des végétaux et entraver la photosynthèse.

Contribution du Grand Est aux émissions de PM10 en France



Les secteurs émissifs de PM10 sont similaires aux niveaux national et régional

Les principales émissions de PM10 par sous-secteurs en Grand Est



Évolution des émissions de PM10 dans le Grand Est par secteur

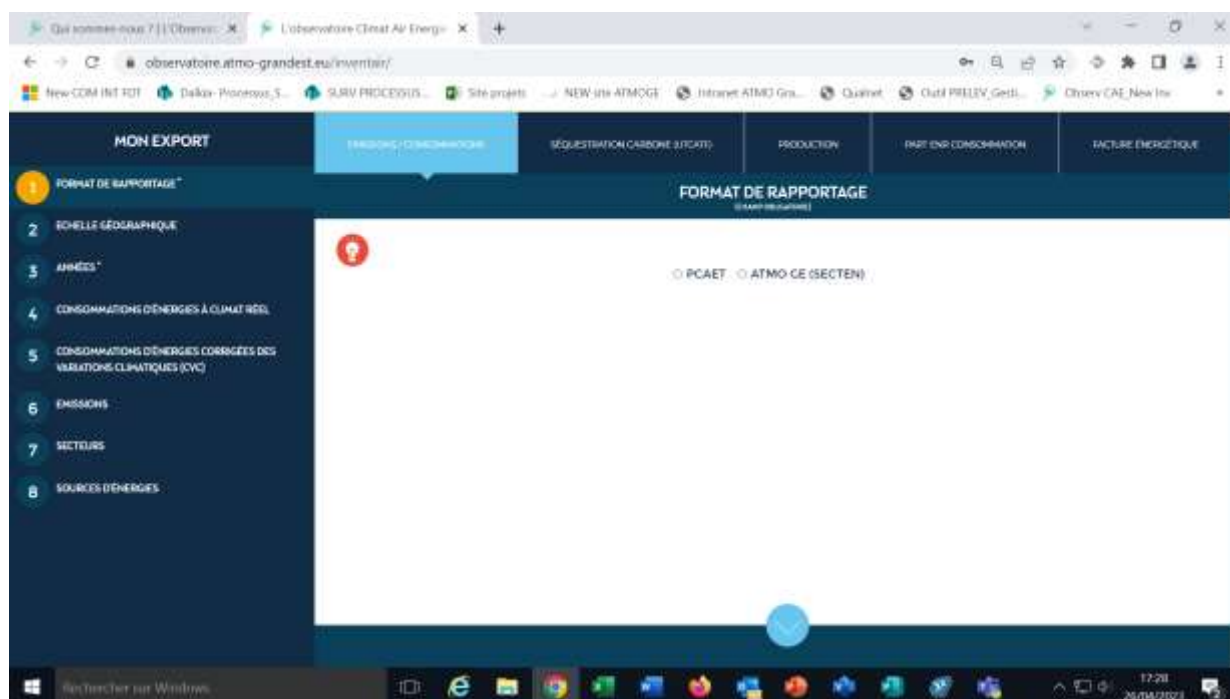


Pour un complément d'information : [chiffres_cles_1_clin_oeil_2021_reg_Grand Est.pdf \(atmo-grandest.eu\)](https://www.atmo-grandest.eu/chiffres_cles_1_clin_oeil_2021_reg_Grand_Est.pdf)

Pour aller plus loin : * <https://www.atmo-france.org/article/les-effets-nefastes-de-la-pollution#:~:text=L'exposition%20C3%A0%20court%20et,et%20les%20infections%20des%20voies>

* <https://www.atmo-grandest.eu/article/quest-ce-qui-pollue-lair>

ANNEXE 2 : PRINCIPALES EVOLUTIONS ENTRE LES VERSIONS V2021 ET V2022 DE L'INVENTAIRE



Lien vers l'Observatoire Climat Air Energie et de l'inventaire : <https://observatoire.atmo-grandest.eu/>

La mise à jour V2022 d'Invent'Air avait pour objectif d'estimer finement les consommations et productions d'énergie, émissions de polluants et gaz à effet de serre de l'année 2020 (année COVID), en remettant à jour, et de pouvoir analyser les évolutions de ces données depuis 1990, 2005 ou 2012.

Un travail considérable a été mené pour affiner la prise en compte des données locales de consommations d'énergie à partir des nouvelles données à l'adresse, et des nouvelles données détaillées par codes naf88 mises à disposition grâce à la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV).

Cette mise à jour a également permis de renforcer la cohérence des données entre les inventaires de consommations d'énergie et de productions d'énergie, notamment sur la prise en compte des sites de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur) à partir de biogaz.

Pour les gaz à effet de serre, tout comme pour les versions 2020 et 2021 d'Invent'Air, le « Pouvoir de Réchauffement Global 2013 » au format PCAET intègre les émissions indirectes de gaz à effet de serre liées à la consommation d'électricité et de chaleur (scope 2) en complément des émissions directes de gaz à effet de serre des différents secteurs (hors émissions directes de la production d'électricité et de chaleur pour ne pas avoir de double compte). Ceci permet de faciliter le rapportage des émissions de GES dans le cadre des PCAET avec la transmission d'un indicateur global sur le climat, sans avoir à sommer les émissions directes avec les émissions indirectes.

Le format de la nouvelle version d'Invent'Air V2022 a été mis en cohérence avec le nouveau format de rapportage SECTEN édition 2022 du CITEPA. Les émissions biogéniques de NOx et COVNM issues des sols agricoles sont maintenant pris en compte dans le secteur agriculture à la place d'être considérées en « hors bilan ».

Les facteurs d'émissions utilisés dans la version V2022 d'Invent'Air sont ceux de la nouvelle édition 2022 de la base OMINEA du CITEPA, complétés par d'autres sources de données (par exemple, la base carbone ADEME ou les guides méthodologiques européens Emep/EEA). La base de données OMINEA du CITEPA évolue chaque année avec une mise à jour de l'ensemble de l'historique, ce qui influe fortement sur les nouvelles versions d'Invent'Air.

ANNEXE 3 : METHODOLOGIE DES MESURES EN CONTINU

Présentation des méthodes de mesure et objectifs de qualité des données

Cinq analyseurs automatiques mesurent en continu les concentrations en polluants gazeux (NO_x, SO₂, CO, O₃) et en particules fines PM₁₀.



Schéma d'une station fixe (Source : ATMO GE)

Le principe de mesure est identique dans une **unité mobile** ou dans une **station fixe**.

L'air extérieur est pompé et amené jusqu'à l'analyseur qui délivre des signaux électriques convertis en données numériques stockées dans un dispositif d'acquisition. Les données moyennées sur 15 minutes sont ensuite horodatées, affectées d'un code qualité et stockées dans la mémoire de la station d'acquisition.

Chaque jour, toutes les données sont automatiquement rapatriées par modem GSM vers le poste central d'ATMO Grand Est. En cas de non-rapatriement des données, ou de problème d'ordre technique, les techniciens interviennent rapidement (intervention à distance ou déplacement sur place). A noter que la station d'acquisition peut stocker jusqu'à dix jours de données quart-horaires.

Les moyens d'étalonnage et de contrôles utilisés par ATMO Grand Est sont raccordés à des étalons de références nationales : les analyseurs sont régulièrement étalonnés et des contrôles sont réalisés périodiquement. Les normes associées à chaque type d'analyseur sont présentées dans le tableau suivant.

Normes de mesurages utilisées pour la mesure des polluants :

| Polluant | Norme associée et procédé utilisé |
|--------------------------------------|--|
| Oxydes d'azote (NO _x) | NF X 43-018 - NF EN 14211 : Chimiluminescence |
| Dioxyde de soufre (SO ₂) | NF X 43-019 - NF EN 14212 : Fluorescence UV |
| Ozone (O ₃) | NF X 43-024 - NF EN 14625 : Absorption UV |
| Monoxyde de carbone (CO) | NF X 43-044 - NF EN 14626 : Absorption infra-rouge associé à la corrélation par filtre gazeux |
| Particules PM ₁₀ | NF EN 12341 (PM ₁₀) des TEOM-FDMS – Air ambiant : Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM ₁₀ ; PM _{2,5})- NF EN 16 450 29 Avr2017 |

Les résultats de cette étude répondent aux objectifs de qualité des données, de l'annexe I de la Directive 2008/50/CE pour évaluer la qualité de l'air ambiant. Le tableau ci-dessous présente des objectifs de qualité des données pour les mesures fixes par analyseurs automatiques réalisées dans le cadre de ce suivi.

Objectifs de qualité des données pour les analyseurs en continu dans le cadre de mesures fixes :

| Polluant | Anhydride sulfureux, dioxyde d'azote et oxydes d'azote, et monoxyde de carbone | Particules (PM ₁₀ /PM _{2,5}) et plomb | Ozone, NO et NO ₂ correspondants |
|---|--|--|---|
| Incertitude | 15 % | 25 % | 15 % |
| Saisie minimale des données | 85 % | 85 % | 85 % en été - 70 % en hiver |
| Période minimale : | | | |
| -Pollution de fond urbaine et circulation | / | / | / |
| -Sites industriels | / | / | / |



Fonctionnement général d'un moyen mobile (source ATMO Grand Est)

ANNEXE 4 : REGLEMENTATION

| Polluants | Seuils pour la protection de la santé humaine | Conditions de dépassements | Valeurs de référence en 2022 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en mg/m^3 pour le CO) |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Dioxyde d'azote (NO_2) | Valeur limite* annuelle | Moyenne annuelle | 40 |
| | Valeur limite horaire | Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an | 200 |
| | Seuil d'information et de recommandation | Moyenne horaire | 200 |
| | Seuil d'alerte | Moyenne horaire (dépassement sur 3 heures consécutives) | 400 |
| | Lignes directrices OMS | Moyenne annuelle Moyenne horaire à ne pas dépasser sur un an civil Moyenne sur 24h | 10 200 25 |
| PM_{10} | Valeur limite annuelle | Moyenne annuelle | 40 |
| | Valeur limite journalière | Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an | 50 |
| | Seuil d'information et de recommandation | Moyenne sur 24 heures calculée de 0h à 0h | 50 |
| | Seuil d'alerte | Moyenne sur 24 heures calculée de 0h à 0h | 80 |
| | Ligne directrice OMS | Moyenne annuelle Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an Valeur moyenne sur 24 heures | 15 50 45 |
| Ozone | Valeur cible** pour la protection de la santé humaine | Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 25 jours, en moyenne sur 3 ans | 120 |
| | Objectif de qualité*** pour la protection de la santé humaine | Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser sur un an civil | 120 |
| | Valeur cible pour la protection de la végétation | AOT 40 en $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}^{-1}$ en moyenne sur 5 ans | 18 000 |
| | Objectif de qualité*** pour la protection de la végétation | AOT 40 en $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}^{-1}$ sur un an | 6 000 |
| | Seuil d'information et de recommandation | Moyenne horaire | 180 |
| | Seuil d'alerte | Moyenne horaire | 240 |
| CO | Valeur limite | Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures | 10 |
| | Ligne directrice OMS | Moyenne sur 24 h | 4 |
| SO_2 | Valeur limite horaire | Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an | 350 |
| | Valeur limite journalière | Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an | 125 |
| | Objectif de qualité*** annuel | Moyenne annuelle | 50 |
| | Seuil d'information et de recommandation | Moyenne horaire | 300 |
| | Seuil d'alerte | Moyenne horaire (dépassement sur 3 heures consécutives) | 500 |
| Ligne directrice OMS | Moyenne journalière à ne pas dépasser sur un an civil | 40 | |

*Valeur limite : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé des personnes et de l'environnement dans son ensemble.

**Valeur cible : niveau 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.

***Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

ANNEXE 5 : DONNEES METEOROLOGIQUES

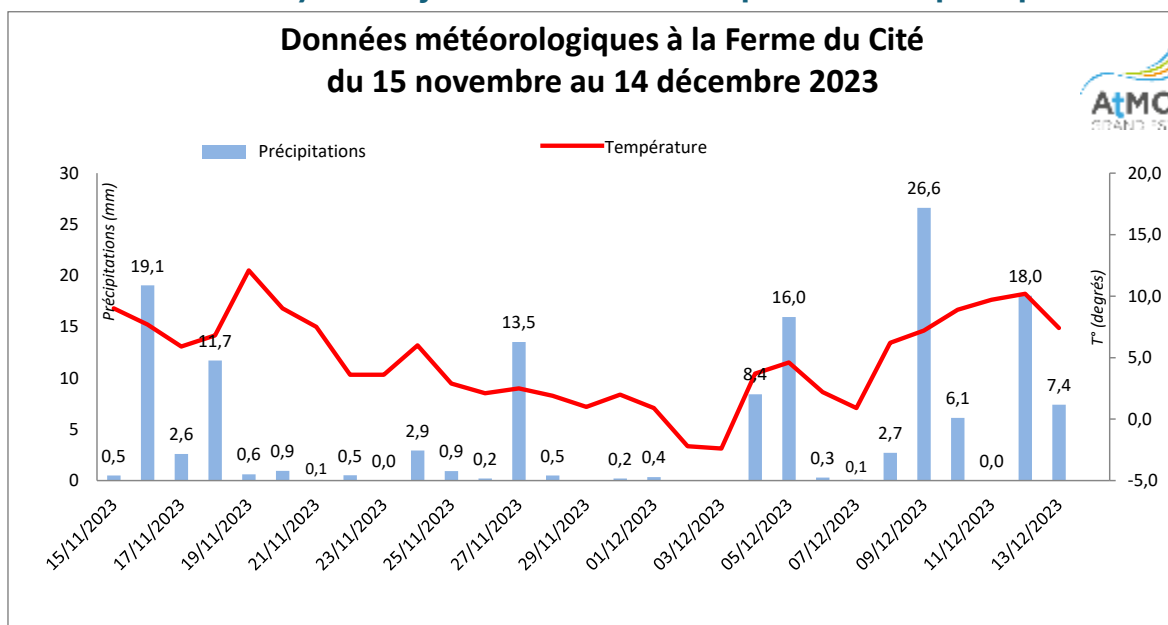
Température et cumul des précipitations :

| | Températures (en °C)* | | | Cumul des précipitations** (en mm) |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | Température minimale* | Température maximale* | Moyenne sur la période d'étude* | |
| Du 15 novembre au 14 décembre 2023 | -4,7 | 15,6 | 5,9 | 140,5 |

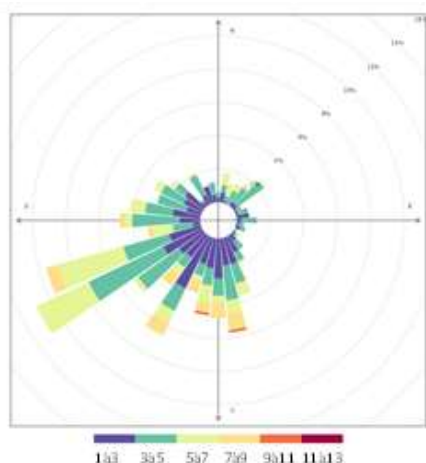
* mesures à Houdelaincourt à partir des données horaires

** source : mesures à la Ferme du Cité, à partir des données ¼ horaires

Evolution des moyennes journalières en température et précipitations :



Régime des vents (site fixe de Houdelaincourt) :



Fréquence des vitesses de vents (à partir de 1m/s) en fonction de la direction.

Station météorologique au niveau de Houdelaincourt

Propriétaire : ATMO Grand Est

Localisation : Longitude 05°30'20,1" E Latitude 48°33'44,4" N

Altitude : 392 mètres

Type de données : données horaires

Pourcentage de données horaires valides : 95 %

| Quart | 1-3m/s | 3-5m/s | 5-7m/s | 7-9m/s | 9-11m/s | >11m/s | total |
|------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-------|
| Nord-Est | 2,7 | 6,2 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,3 |
| Sud-Est | 6,8 | 6,4 | 2,0 | 1,5 | 0,2 | 0,0 | 16,8 |
| Sud-Ouest | 17,1 | 18,0 | 12,1 | 4,7 | 0,2 | 0,0 | 52,0 |
| Nord-Ouest | 8,3 | 9,5 | 2,2 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 20,1 |

ANNEXE 6 : RESULTATS SYNTHETIQUES DES MESURES REALISEES A LA FERME DU CITE DEPUIS LE DEBUT DES MESURES PAR ATMO GRAND EST

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sauf le CO en mg/m^3 . Concernant les PM_{10} , il s'agit de mesures non corrigées pour les campagnes notées C1 à C11.

** : mesures réalisées du 25 au 30 octobre 2001

● signifie : nouvelle méthodologie depuis le 01/01/2007 (correction de la mesure des PM_{10} avec intégration de la part de la fraction volatile mesurée sur le site de référence de l'agglomération de Nancy-Centre).

Δ : mesure avec TEOM-FDMS (prise en compte de la fraction volatile mesurée sur site).

| Polluant | Moy C1* | Moy C2* | Moy C3* | Moy C4* | Moy C5* | Moy C6* | Moy C7* | Moy C8* | Moy C9* | Moy C10* | Moy C11* | Moy C12* | Moy C13* |
|------------------|-------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-------------------------|-------------------------|
| NO | 2 | 2 | 1** | 1 | 6 | 0 | 0 | 1 | <1 | <1 | <1 | 1 | <1 |
| NO ₂ | 20 | 12 | 6** | 10 | 16 | 4 | 4 | 9 | 3 | 4 | 1 | 11 | 6 |
| SO ₂ | 1 | 3 | 1 | <1 | 3 | 1 | 0 | 0 | <1 | <1 | 2 | 2 | <1 |
| PM ₁₀ | 19 | 24 | 17 | 10 | 18 | 31 | 12 | 17 | 17 | 13 | 15 | 17 non corr 30 corr● | 10 non corr 17 corr● |
| CO | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| O ₃ | 23 | 48 | 52 | 10 | 25 | 65 | 41 | 51 | 71 | 49 | 67 | 27 | 40 |
| | phase de creusement des puits | | | phase d'exploitation | | | | | | | | | |

| Polluant | Moy C14* | Moy C15* | Moy C16* | Moy C17* | Moy C18* | Moy C19* | Moy C20* | Moy C21* | Moy C22* | Moy C23* | Moy C24* | Moy C25* | Moy C26* |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| NO | <1 | <1 | <1 | 3 | <1 | <1 | <1 | <1 | 1 | <1 | | 3 | <1 |
| NO ₂ | 1 | 8 | 3 | 16 | 1 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 2 | 16 | 4 |
| SO ₂ | <1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | 1 | <1 | <1 |
| PM ₁₀ | 11 non corr 16 corr● | 11 non corr 16 corr● | 20 non corr 28 corr● | 10 non corr 22 corr● | 12 non corr 17 corr● | 10 non corr 24 corr● | 4 Δ | 10 Δ | 11 Δ | 8 Δ | 8 Δ | 18 Δ | 10 Δ |
| CO | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,4 | 0,1 | <0,1 |
| O ₃ | 48 | 36 | 75 | 37 | 60 | 46 | 73 | 44 | 50 | 54 | 48 | 23 | 69 |
| | phase d'exploitation | | | | | | | | | | | | |

| Polluant | Moy C27* | Moy C28* | Moy C29* | Moy C30* | Moy C31* | Moy C32* | Moy C33* | Moy C34* | Moy C35* | Moy C36* | Moy C37* | Moy C38* | Moy C39* |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| NO | 1 | <1 | 3 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 1 | <1 | 1 | 1 | <1 |
| NO ₂ | 7 | 4 | 13 | 2 | 5 | 3 | 3 | 3 | 8 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| SO ₂ | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 2 | 3 | 3 |
| PM ₁₀ | 7 ΔΔ | 13 ΔΔ | 9 ΔΔ | 9 ΔΔ | 7 ΔΔ | 12 ΔΔ | 13 ΔΔ | 13 ΔΔΔ | 9 ΔΔΔ | 10 ΔΔΔ | 11 ΔΔΔ | 15 ΔΔ | 8 ΔΔ |
| CO | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | <0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| O ₃ | 39 | 58 | 35 | 53 | 39 | 58 | 41 | 51 | 33 | 62 | 33 | 71 | 22 |

* : C1 : du 09 au 17 novembre 1999 (état de référence avant le début des travaux)

C2 : du 08 au 16 mars 2000 (phase de terrassement - début des travaux)

C3 : du 17 au 30 octobre 2001 (phase chantier de fonçage des puits)

C4 : du 25 novembre au 03 décembre 2002 (phase de creusement des puits)

C5 : du 1er au 15 décembre 2003 (poursuite de la phase de creusement des puits)

C6 : du 19 au 28 juillet 2004 (poursuite de la phase de creusement des puits)

C7 : du 25 octobre au 02 novembre 2004 (poursuite phase de creusement des puits)

C8 : du 24 mars au 04 avril 2005 (pas de creusement de puits)

C9 : du 28 avril au 09 mai 2006 (phase finale de creusement des puits et des galeries)

C10 : du 21 au 30 novembre 2006 (phase de creusement du puits achevée)

C11 : du 23 au 30 mai 2007 (phase de creusement du puits achevée)

C12 : du 22 au 29 octobre 2007 (phase de creusement du puits achevée)

C13 : du 31 octobre au 17 novembre 2008 (phase d'exploitation)

C14 : du 04 au 20 juillet 2009 (phase d'exploitation)

C15 : du 08 au 22 décembre 2009 (phase d'exploitation)

C16 : du 05 au 20 juillet 2010 (phase d'exploitation)

C17 : du 15 au 31 décembre 2010 (phase d'exploitation)

C18 : du 4 au 19 juillet 2011 (phase d'exploitation)

C19 : du 17 octobre au 2 novembre 2011 (phase d'exploitation)

C20 : du 7 au 27 mai 2014 (phase d'exploitation)

C21 : du 15 octobre au 6 novembre 2014 (phase d'exploitation)

C22 : du 18 septembre au 12 octobre 2015 (phase d'exploitation)

C23 : du 9 au 25 novembre 2015 (phase d'exploitation)

C24 : du 18 mai au 01 juin 2016 (phase d'exploitation)

C25 : du 21 novembre au 8 décembre 2016 (phase d'exploitation)

C26 : du 12 mai au 6 juin 2017 (phase d'exploitation)

C27 : du 1er au 20 décembre 2017 (phase d'exploitation)

C28 : du 15 mai au 5 juin 2018 (phase d'exploitation)

C29 : du 15 novembre au 6 décembre 2018 (phase d'exploitation)

C30 : du 21 mai au 3 juin 2019 (phase d'exploitation)

C31 : du 7 au 21 novembre 2019 (phase d'exploitation)

C32 : du 12 au 30 juin 2020 (phase d'exploitation)

C33 : du 5 au 22 novembre 2020 (phase d'exploitation)

C34 : du 3 au 25 juin 2021 (phase d'exploitation)

C35 : du 10 novembre au 01 décembre 2021 (phase d'exploitation)

C36 : du 12 au 31 mai 2022 (phase d'exploitation)

C37 : du 12 novembre au 1er décembre 2022 (phase d'exploitation)

C38 : du 13 juin au 13 juillet 2023 (phase d'exploitation)

C39 : du 15 novembre au 14 décembre 2023 (phase d'exploitation)



Air • Climat • Energie • Santé

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim
Tél : 03 69 24 73 73 - contact@atmo-grandest.eu
Siret 822 734 307 000 17 - APE 7120 B
Association agréée de surveillance de la qualité de l'air