



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

Campagne du 03 au 25 juin 2021

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 : *SCHNEIDER Christelle, Ingénieure 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 : 00589

Référence du rapport : SURV-EN-590_1

Date de publication : 15 juillet 2021

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 des organismes agréés. Ces organismes agréés 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 est l'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air sur la région Grand Est.

ATMO Grand Est a défini un programme pluriannuel de surveillance dont les 4 principaux axes sont, à horizon 2021 :

- 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, 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'ÉTUDE	8
2. EMPLACEMENT DU POINT DE MESURES.....	8
3. PARAMETRES ETUDIÉS.....	10
3.1. CARACTÉRISTIQUES, ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS ETUDIÉS	10
3.2. INVENTAIRE DES ÉMISSIONS.....	10
3.2.1. Oxydes d'azote	11
3.2.2. Monoxyde de carbone CO	11
3.2.3. Particules PM ₁₀	12
3.2.4. Dioxyde de soufre SO ₂	12
4. MÉTHODES DE MESURES UTILISÉES	13
4.1. PRESENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE	13
4.2. CRITÈRES DE VALIDATION DES DONNÉES	13
5. OUTILS D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	14
5.1. LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR	14
5.1.1. A l'échelle nationale et européenne	14
5.1.2. Procédures d'information et d'alerte lors de pics de pollution.....	14
5.2. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC D'AUTRES SITES DE MESURES	14
6. RESULTATS.....	15
6.1. CONDITIONS CLIMATIQUES.....	15
6.2. VALIDATION DES DONNÉES ET RÉSULTATS DES MESURES	17
6.2.1. Dioxyde d'azote NO ₂	18
6.2.2. Dioxyde de soufre SO ₂	19

6.2.3.	Particules PM ₁₀	20
6.2.4.	Ozone O ₃	21
6.2.5.	Monoxyde de carbone CO	22
6.2.6.	Profils journaliers	22
6.2.7.	Comparaison des teneurs à Bure avec celles d'autres points fixes.....	26
6.2.8.	Comparaison des résultats avec ceux issus des précédentes campagnes à Bure.....	27
7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES		29
ANNEXE 1 : CARACTERISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSÉS SUIVIS		
ANNEXE 2 : METHODOLOGIE DES MESURES EN CONTINU		
ANNEXE 3 : REGLEMENTATION		
ANNEXE 4 : DONNÉES METEOROLOGIQUES		
ANNEXE 5 : RÉSULTATS SYNTHÉTIQUES DES MESURES RÉALISÉES À LA FERME DU CITÉ DEPUIS LE DÉBUT DES MESURES PAR ATMO GRAND EST		

RÉSUMÉ

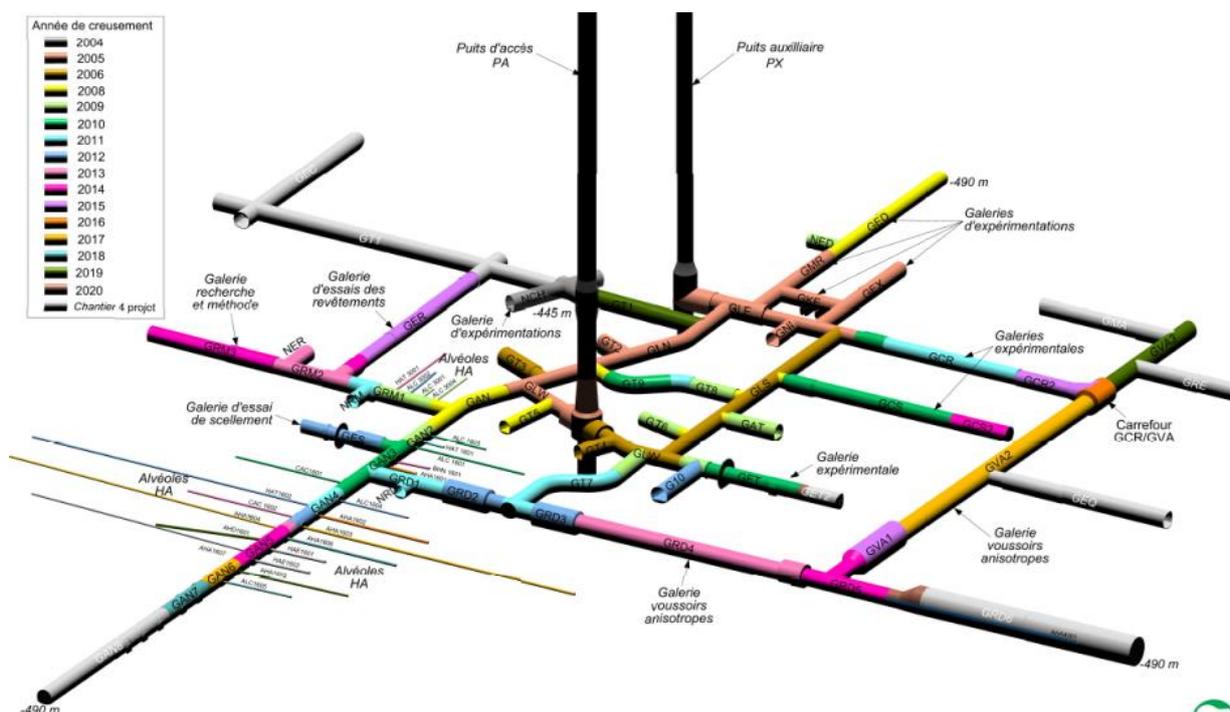
Le contexte

Ce rapport intermédiaire fait état du bilan de la première campagne de mesures réalisée en 2021 pour le compte de l'ANDRA, du 03 au 25 juin, au niveau du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne (CMHM) situé sur la commune de Bure.

Il s'agit de la trente-quatrième campagne mise en œuvre à la Ferme du Cité, pour le suivi de l'environnement. L'objectif est d'estimer l'impact du laboratoire et des travaux qui sont réalisés en surface et en fond sur la qualité de l'air.

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

Les mesures, débutées en 1999 lors de la construction du laboratoire de recherches, se poursuivent régulièrement depuis cette date, dans le cadre de la phase d'exploitation.



Installations souterraines du laboratoire (source ANDRA)

Quels composés suivis ?

Les polluants mesurés sont 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 ?

Lors de la campagne de mesures, les concentrations moyennes en dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et particules PM₁₀ demeurent peu élevées.

La présence de conditions météorologiques globalement perturbées favorables à la dispersion et au lessivage de l'air lors de cette campagne (présence de vents, fréquentes précipitations...), couplée à un environnement géographique majoritairement rural, en plaine, sans activité industrielle émettrice à proximité directe et sans tissu urbain dense à proximité directe du point de mesures, explique ces résultats.

En ozone, polluant secondaire formé à partir de l'action du rayonnement solaire sur des polluants primaires, les niveaux moyens mesurés sont satisfaisants ; les conditions météorologiques perturbées observées lors de la campagne de mesures ont en effet été peu propices à la formation de ce polluant photochimique.

En NO₂, les teneurs moyennes à la Ferme du Cité se situent à des niveaux de concentrations habituellement mesurés sur les sites de fond rural de la région Grand Est.

Pour les PM₁₀, les niveaux moyens se situent dans la moyenne des gammes de concentrations des sites de fond rural de la grande région. Bien que satisfaisants, nous observons des niveaux moyens en PM₁₀ plus élevés en période nocturne qu'en journée : ils sont en effet d'environ 15-20 µg/m³ entre 22 heures et 09 heures (local), contre 5 µg/m³ en journée. Or, aucune activité particulière inhabituelle dans et à proximité du laboratoire n'a été observée, tout comme l'absence de hausses particulières du trafic : des activités très localisées à proximité de la ferme pourraient éventuellement expliquer ce constat.

Les concentrations en CO et SO₂ demeurent faibles voire négligeables et du même ordre de grandeur que celles de l'ensemble des autres stations fixes de la région Grand-Est, et ce, indépendamment de la typologie.

Quant à l'ozone O₃, les concentrations moyennes observées durant cette campagne de mesures sont plus faibles (environ 20 % en moyenne) que celles mesurées sur l'ensemble des sites fixes urbains de la région.

En conclusion, pour la période du 03 au 25 juin 2021, les activités du laboratoire ANDRA à Bure ne présentent aucun impact significatif sur la qualité de l'air pour les composés étudiés au niveau du site de mesures à la Ferme du Cité.

Et par rapport à la réglementation actuelle ?

Durant la période d'étude, les niveaux moyens des divers polluants sont inférieurs aux valeurs réglementaires fixées à l'échelle horaire et journalière actuellement en vigueur.

Le seuil d'information et de recommandations ainsi que le seuil d'alerte relatifs au NO₂, PM₁₀, SO₂ et O₃ (pollution aiguë) ne sont pas atteints.

En ce qui concerne la pollution chronique, comparer les résultats aux valeurs réglementaires ne peut pas être réalisée en raison de la période très limitée des mesures. Ce travail sera toutefois effectué à titre indicatif dans le rapport final qui prendra en compte les deux campagnes de mesures de 2021.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Un nouveau partenariat a été initié entre l'ANDRA et ATMO Grand Est pour la période 2020 à 2022, dans lequel des mesures de la qualité de l'air sont mises en œuvre deux fois par an sur la commune de **Bure**. Elles rentrent dans le cadre du suivi de l'environnement au niveau du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne (CMHM).

Celles-ci permettent d'estimer l'impact du laboratoire et des travaux qui sont réalisés en surface et en fond sur la qualité de l'air.



Figure 1 : Galerie du laboratoire souterrain à Bure (source ANDRA)

La réalisation de ces campagnes de mesures rentre dans le cadre de l'action n°2 du Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) d'ATMO Grand Est, visant à caractériser l'environnement à proximité des sources d'émissions.

L'année 1999 correspond à la première année où les campagnes de mesures de la qualité de l'air ont débuté, lors de la construction du laboratoire de recherches.

Les campagnes suivantes ont été réalisées 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, les mesures de la qualité de l'air ambiant se poursuivent régulièrement, dans le cadre de la phase d'exploitation.

Ce rapport intermédiaire dresse le bilan des mesures de la première campagne mise en œuvre en 2021 du 03 au 25 juin à l'aide d'un moyen mobile. Il est à noter que suite à quelques soucis d'ordre technique rencontrés en cours de campagne, les mesures ont été prolongées de quelques jours.

Comme les précédentes campagnes, les résultats seront comparés d'une part à la réglementation pour la pollution aiguë, d'autre part aux résultats provenant d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est, et, enfin, aux campagnes ayant eu lieu auparavant sur ce même site.

2. EMPLACEMENT DU POINT DE MESURES

Le moyen mobile est positionné sur le même site que les précédentes campagnes, c'est à dire 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) ; elle est sous les vents dominants qui traversent le laboratoire.

Pour rappel, depuis 2015 le moyen mobile a dû être déplacé de quelques dizaines de mètres par rapport aux emplacements des années précédentes, en raison de travaux ; il est à présent 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 mur¹ 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...).

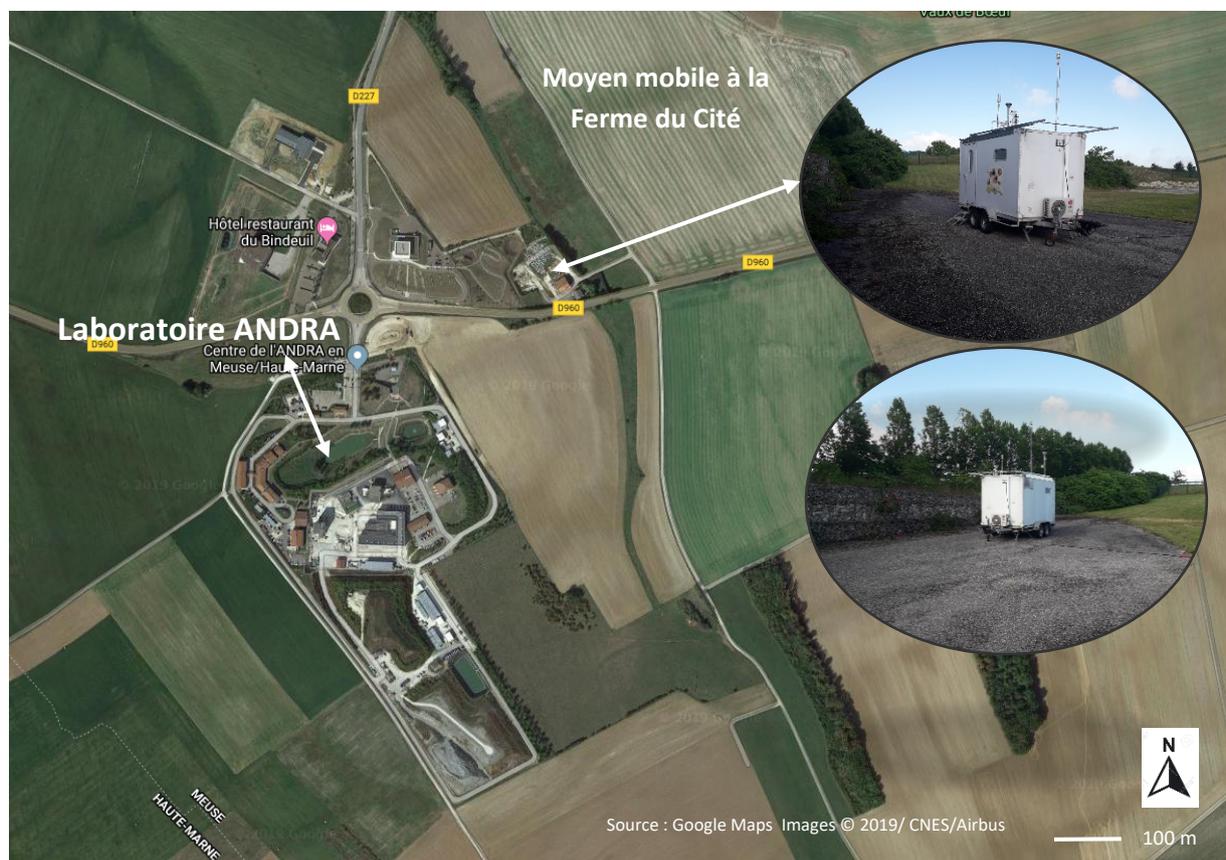


Figure 2 : Localisation du point de mesure de la qualité de l'air à Bure (Ferme du Cité) et photos du moyen mobile sur le site

La Ferme du Cité, localisée à environ 200 mètres de la clôture du laboratoire de l'ANDRA, est entourée de larges 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).

De plus, le site n'est pas entouré d'activités industrielles à proximité directe de celui-ci.

Il est à noter que ces dernières années, de nouvelles constructions ont été réalisées à proximité du laboratoire et du site de la Ferme du Cité : l'hôtel restaurant le Bindeuil, une station-service, une borne de recharge de véhicules électriques... Ces structures sont à environ 320 mètres à vol d'oiseau à l'ouest/ ouest-nord-ouest du site de mesures.

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

¹ La hauteur du mur est d'environ 2,5 à 3 mètres. La Ferme du Cité étant en contre-bas de la D960, le sommet du mur est à peu près au même niveau de la route.

3. PARAMETRES ETUDIES

Les composés suivis dans le cadre de cette étude sont les suivants :

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)

En complément des composés étudiés, des paramètres météorologiques tels que la température, la pluviométrie, la vitesse et la direction du vent sont également mesurés.

3.1. CARACTÉRISTIQUES, ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS ETUDIÉS

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

3.2. INVENTAIRE DES ÉMISSIONS

L'inventaire des émissions atmosphériques dont dispose ATMO GE au sujet des polluants et des gaz à effet de serre, permet d'estimer avec une résolution communale les principales émissions de ces différents composés, issus des divers secteurs d'activités. Il prend en compte les sources fixes (industrie, résidentiel, tertiaire, agriculture), les sources mobiles (transports) et les sources biotiques (forêts, zones humides).

Pour plus d'information concernant l'inventaire régional : <http://www.atmo-grandest.eu/actualite/mise-a-jour-des-donnees-de-lobservatoire-climat-air-energie-du-grand-est>

Les résultats de l'inventaire présentés ci-après prennent en compte la communauté de communes **des Portes de Meuse** (51 communes) comme couverture géographique (source : <https://insee.fr/fr/metadonnees/cog/epci/EPCI200066108-cc-des-portes-de-meuse>).

Il s'agit des émissions de l'année 2019 pour les composés suivants :

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

3.2.1. Oxydes d'azote

Sur la communauté de communes des Portes de Meuse, 62% des NOx provient du transport routier. Vient ensuite le secteur agricole-sylvicole pour un-cinquième des émissions, suivi par le secteur résidentiel-tertiaire qui représente 13% des émissions.

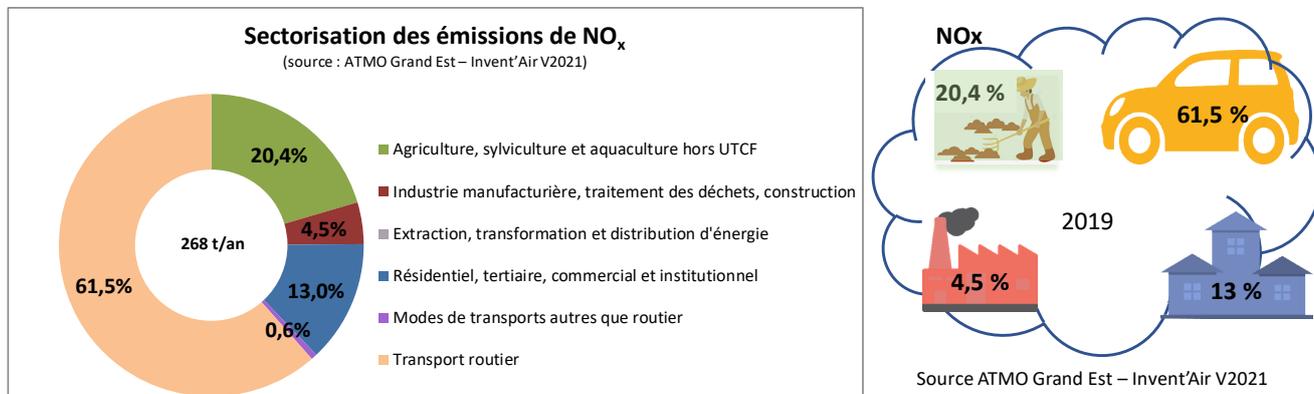


Figure 3 : Sectorisation des émissions 2019 de NO_x sur la communauté de communes des Portes de Meuse

3.2.2. Monoxyde de carbone CO

Le secteur résidentiel-tertiaire demeure le principal émetteur de monoxyde de carbone (85%), suivi à parts à peu près égales (7 %) par les secteurs du transport routier et de l'agriculture-sylviculture-aquaculture.

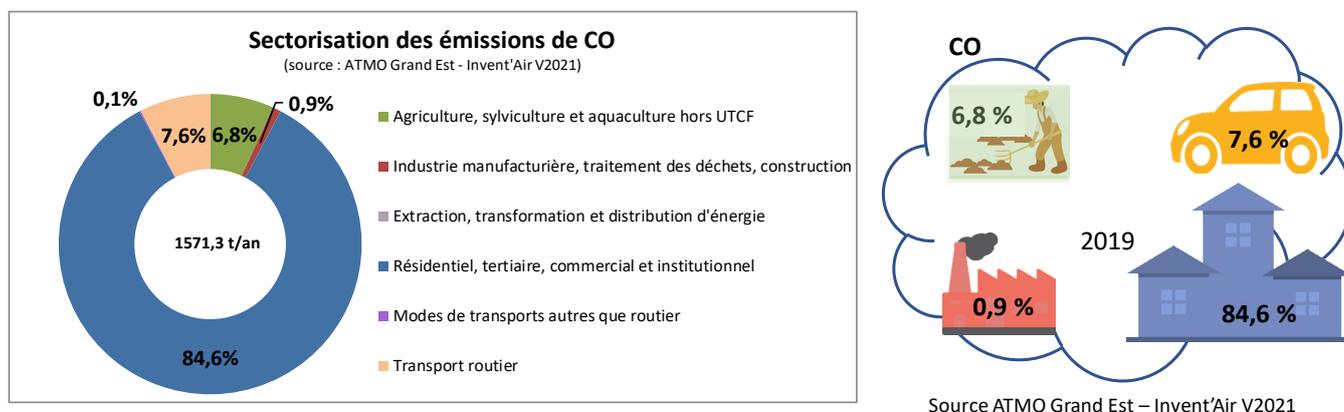


Figure 4 : Sectorisation des émissions 2019 de CO sur la communauté de communes des Portes de Meuse

3.2.3. Particules PM₁₀

Le secteur de l'agriculture-sylviculture-aquaculture demeure le principal émetteur de PM₁₀ (68%), en raison du secteur géographique très majoritairement rural avec de vastes zones agricoles. Vient ensuite le secteur résidentiel-tertiaire avec un quart des émissions de ce composé.

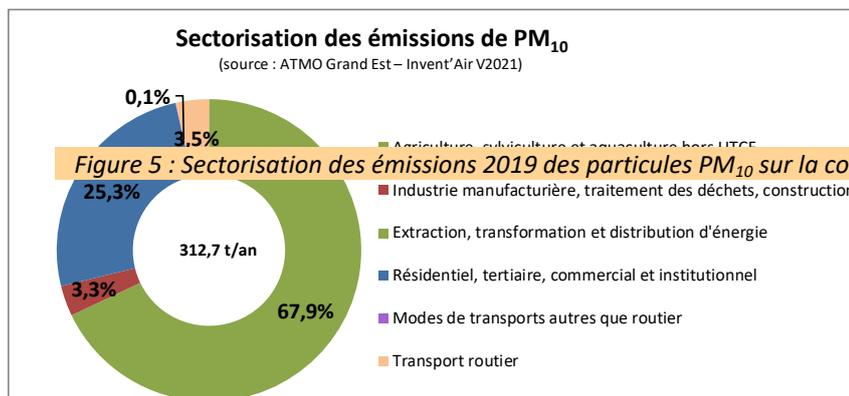
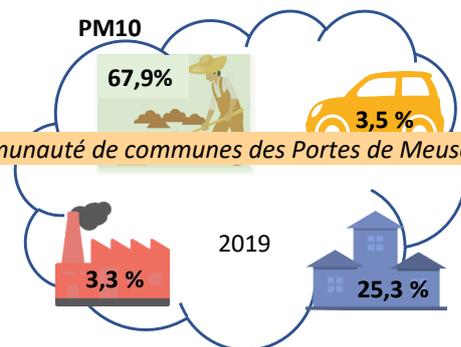


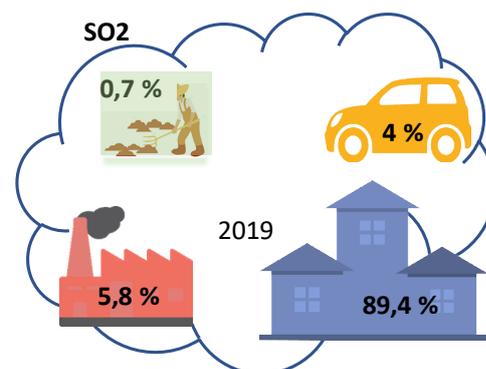
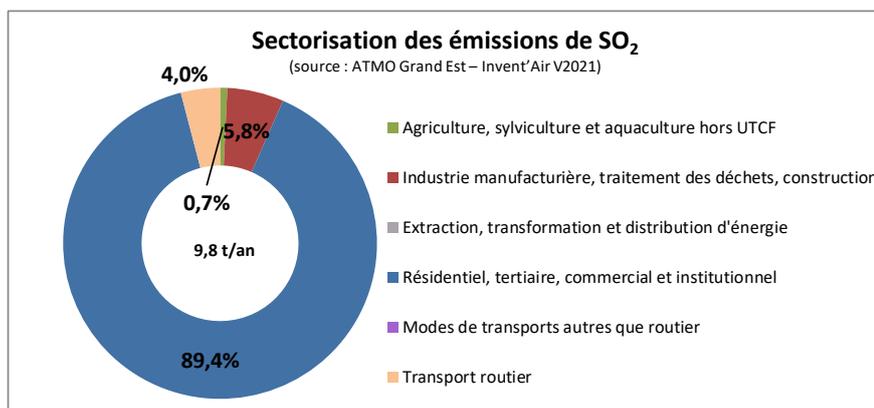
Figure 5 : Sectorisation des émissions 2019 des particules PM₁₀ sur la communauté de communes des Portes de Meuse



Source ATMO Grand Est – Invent’Air V2021

3.2.4. Dioxyde de soufre SO₂

Le secteur résidentiel-tertiaire demeure le principal émetteur de dioxyde de soufre avec près de 90%, suivi par le secteur industriel avec près de 6%. Le transport routier représente quant à lui 4% des émissions.



Source ATMO Grand Est – Invent’Air V2021

Figure 6 : Sectorisation des émissions 2019 de SO₂ sur la communauté de communes des Portes de Meuse

Bilan concernant les sources d'émissions sur la zone d'étude :



L'activité agricole demeure le principal émetteur de particules PM₁₀ (68%) et contribue aux émissions d'oxydes d'azote pour environ un-cinquième, tout comme l'an passé. Cette observation est cohérente 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 62% et du monoxyde de carbone pour environ 8%.





Le secteur résidentiel/tertiaire émet très majoritairement du dioxyde de soufre (89%) et du monoxyde de carbone (85%). Il contribue également pour un-quart aux émissions de PM₁₀.

4. MÉTHODES DE MESURES UTILISÉES

4.1. PRESENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE

Une **remorque laboratoire** équipée d'analyseurs automatiques en continu est utilisée pour réaliser la campagne de mesures.

Les méthodes de mesures utilisées par les différents analyseurs sont regroupées en **annexe 2**.

4.2. CRITÈRES DE VALIDATION DES DONNÉES

Les différentes données obtenues au pas de temps du quart d'heure avec les analyseurs automatiques suivent un protocole de validation. Cette étape est indispensable avant l'exploitation et l'interprétation des résultats.

Une donnée quart-horaire est considérée comme étant validée lorsqu'elle a suivi un cycle de validation et d'expertise (source : guide LCSQA de validation des données de mesures automatiques, janvier 2016). Elle est alors considérée comme disponible pour l'exploitation et l'agrégation.

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. OUTILS D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

5.1. LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

5.1.1. A l'échelle nationale et européenne

L'**annexe 3** regroupe les valeurs réglementaires actuellement en vigueur pour les polluants suivis.

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.

A noter que la comparaison avec les « lignes directrices OMS » (niveaux annuels) sera présentée lors du bilan annuel 2021 qui paraîtra début 2022.

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

Depuis 2016, un **nouvel arrêté national** – décliné pour la région Grand Est par l'**arrêté Inter Préfectoral du 24 mai 2017** – redéfinit 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.

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.

5.2. 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, et incluant le point fixe d'Houdelaincourt implanté à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau au nord-est de Bure.

6. RESULTATS

La campagne réalisée à la Ferme du Cité et les mesures prises en compte pour le présent rapport concernent la période allant du 03 juin (installation et tests des appareils effectués la veille) au 25 juin (retrait des appareils en cours de matinée).

6.1. CONDITIONS CLIMATIQUES

Les divers composés mesurés peuvent parfois présenter de nettes fluctuations de concentrations sur de courtes durées, celles-ci étant notamment liées aux phénomènes météorologiques contrôlant la dispersion des polluants, ou au contraire leur accumulation.

Cette partie présente une analyse des conditions météorologiques observées lors des mesures. Les quatre paramètres suivants sont étudiés pour appréhender les conditions météorologiques :

- Température (°C)
- Précipitations (mm)
- Direction du vent (°)
- Vitesse du vent (m/s).

Les données sont issues du site fixe d'ATMO Grand Est localisé à Houdelaincourt, station la 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 implanté à proximité d'un mur, ce qui est susceptible d'impacter les mesures de ces paramètres, tels la direction et la vitesse du vent. Concernant les précipitations, nous utilisons les mesures réalisées au niveau du moyen mobile.

Le diagramme ombrothermique obtenu au cours de la campagne de mesures, ainsi que les données numériques, sont en **annexe 4**. Le graphique est élaboré à partir des températures moyennes journalières et du cumul des précipitations journalières, permettant de visualiser les variations conjointes de ces deux paramètres.



Photo 1 : station atmosphérique à Houdelaincourt (source : ATMO GE)

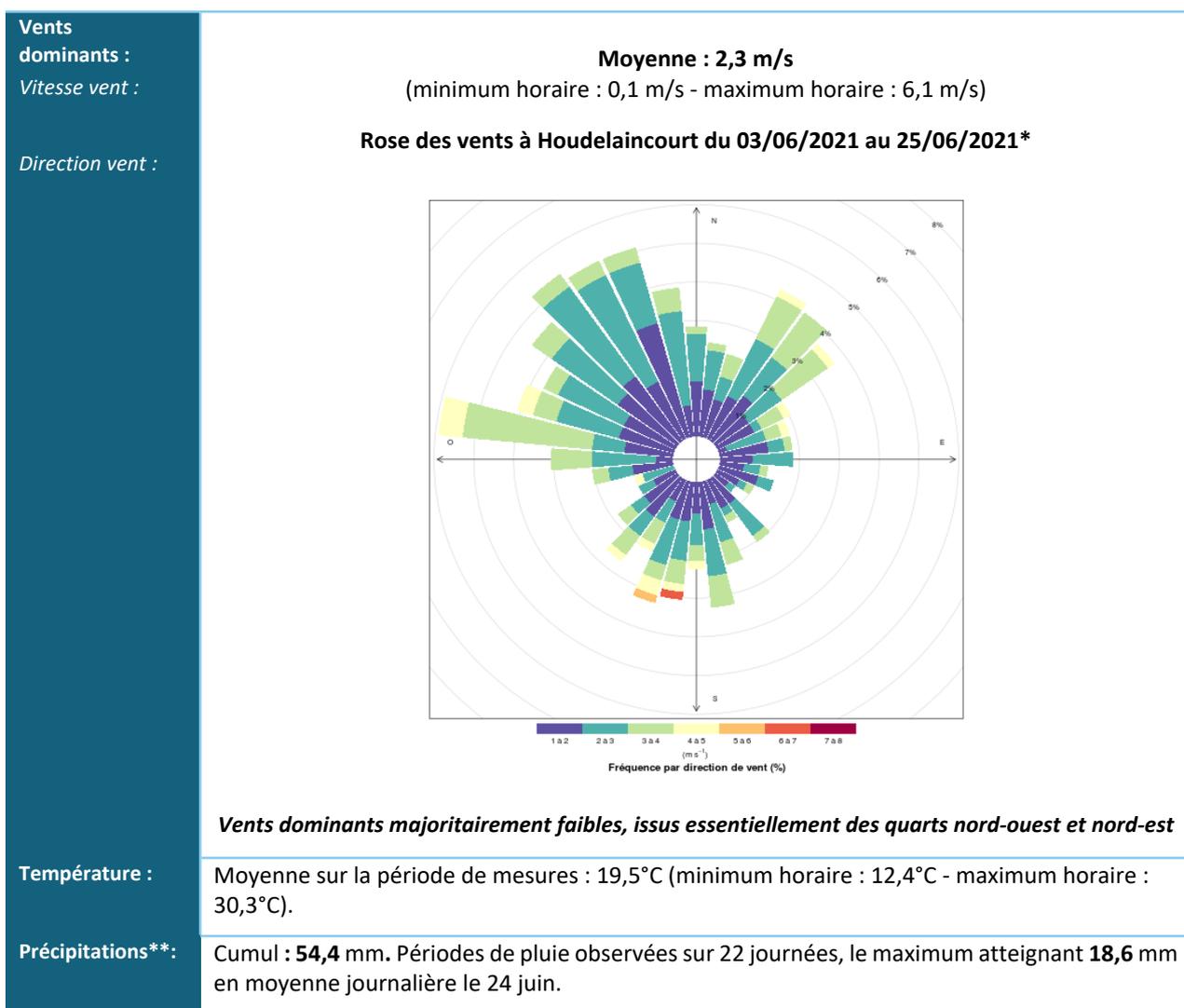
Les mesures ont été réalisées en période estivale, caractérisée par des conditions climatiques perturbées, orageuses et très douces lors des mesures. Aucune moyenne journalière en température n'a été en-dessous des 13°C. En majorité, les températures moyennes journalières ont globalement oscillé entre 15 et 23°C.

En termes de précipitations, la période de campagne présente vingt-deux jours avec de la pluie : le minimum journalier est de 0,01 mm et le maximum de 18,6 mm a été relevé le 24 juin.

Sur l'ensemble de la campagne, le cumul total des précipitations journalières s'élève à 54,4 mm.

Tableau 2 : Données météorologiques mesurées à Houdelaincourt du 03 au 25 juin 2021 (source : ATMO Grand Est).

Paramètre étudié	Commentaires
------------------	--------------



Vents dominants majoritairement faibles, issus essentiellement des quarts nord-ouest et nord-est

* 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 nord-ouest* 41% du temps. Viennent ensuite les vents issus du *quart nord-est* pour 25%. Les vents de *quarts sud-ouest et sud-est* représentent respectivement 19% et 15%.
- Les vitesses les plus élevées, de l’ordre de 7 m/s (données quart-horaires), ont été observées le 18 juin, avec des vents situés respectivement dans les intervalles de directions de vents compris entre 185°-205°.
- 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 environ un-cinquième du temps lors de la campagne.

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

D'une manière générale, les conditions météorologiques globalement perturbées et orageuses lors des mesures, et observées à une dizaine de kilomètres de la Ferme du Cité, à Houdelaincourt, permettent un bon lessivage des masses d'air et des polluants émis, ainsi qu'une bonne dispersion de l'air (précipitations régulières tout au long de la campagne et présence régulière de vents faibles). Ainsi, nous considérons que des tendances similaires sont obtenues au niveau de la Ferme du Cité.

6.2. VALIDATION DES DONNÉES ET RÉSULTATS DES MESURES

Les résultats obtenus au cours de l'étude sont comparés aux seuils réglementaires relatifs à la pollution aiguë mais ne peuvent être comparés aux valeurs réglementaires relatives à la pollution chronique en raison d'une représentativité temporelle limitée des mesures.

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 respectent un taux de données valides d'au moins 75%.

A titre indicatif, le *guide méthodologique pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air* (LCSQA, juin 2016) recommande d'obtenir au moins 85% des données valides pour calculer des moyennes sur une période plus longue (exemples : moyennes mensuelles, statistiques saisonnières etc.), ce qui est respecté dans le cadre de cette campagne de mesures hormis pour le monoxyde et dioxyde d'azote qui présentent un taux de données valides de 69 % (voir le tableau ci-après) ; ce constat est lié à des problèmes d'ordre technique rencontrés lors des mesures (problème sur la ligne de prélèvement de l'analyseur). Ainsi, pour ce polluant, les résultats seront fournis uniquement à titre indicatif.

Tableau 3 : Taux de données valides (%) des mesures issues du moyen mobile du 03 au 25 juin 2021.

Polluant	Taux de données valides (en %)
Dioxyde de soufre SO ₂	94
Monoxyde et dioxyde d'azote NO et NO ₂	69
Particules en suspension PM ₁₀	97
Ozone O ₃	93
Monoxyde de carbone CO	90

6.2.1. Dioxyde d'azote NO₂

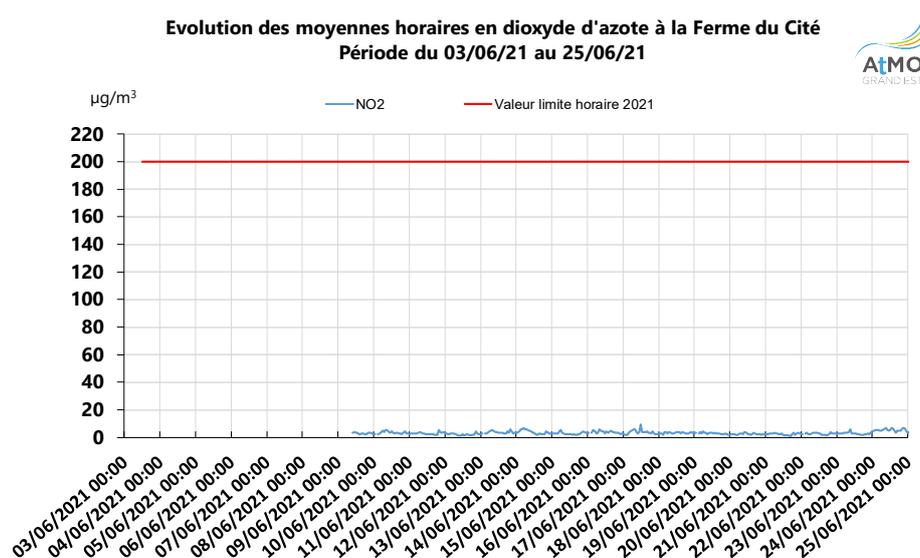


Figure 7 : Evolution des valeurs moyennes horaires en NO et NO₂ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 4 : Niveaux moyens en dioxyde d'azote et oxydes d'azote à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 et comparaison avec les seuils réglementaires.

Seuil	Période de calcul	Valeur en µg/m ³	Dépassements sur la période de mesures	Moyenne ou maximum obtenu durant la période d'étude (µg/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)	10 (maximum horaire)
Ligne directrice OMS : - En annuel (ne pas dépasser plus d'1h par an) - En horaire	annuelle horaire	40 200	Non évaluable* Non (0h)	Non évaluable * 10 (maximum horaire)
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.

Le tableau ci-dessus, présenté à titre indicatif (taux de données valides inférieur à 75%), présente des valeurs moyennes en NO₂ très largement inférieures aux différentes valeurs réglementaires court terme.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Lors de la campagne de mesures, et en fonction des données disponibles, aucun seuil d'information-recommandations (200 µg/m³ en moyenne horaire) et/ou d'alerte (400 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant trois heures consécutives) n'a été atteint pour le dioxyde d'azote. Le maximum horaire de 10 µg/m³ a été atteint le 17 juin à 14 heures (local).

6.2.2. Dioxyde de soufre SO₂

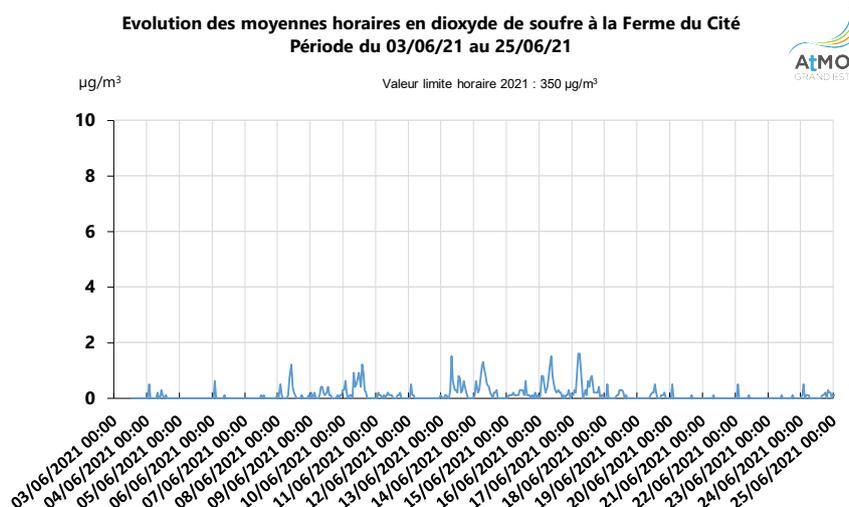


Figure 8 : Evolution des valeurs moyennes horaires en SO₂ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 5 : Résultats en dioxyde de soufre SO₂ à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 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)
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)	<1 (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)	2 (maximum horaire)
Ligne directrice OMS (à ne pas dépasser sur un an civil)	Journalière	20	Non (0j)	<1 (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.

Les concentrations obtenues, négligeables, sont par conséquent très en deçà des différentes valeurs réglementaires à court terme (aiguë). Les teneurs mesurées correspondent à un niveau de fond.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Avec un maximum horaire inférieur à 5 µg/m³ durant la campagne de mesures, aucun seuil d'information-recommandations (300 µg/m³ en moyenne horaire) et/ou d'alerte (500 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant trois heures consécutives) n'est atteint pour ce composé.

6.2.3. Particules PM₁₀

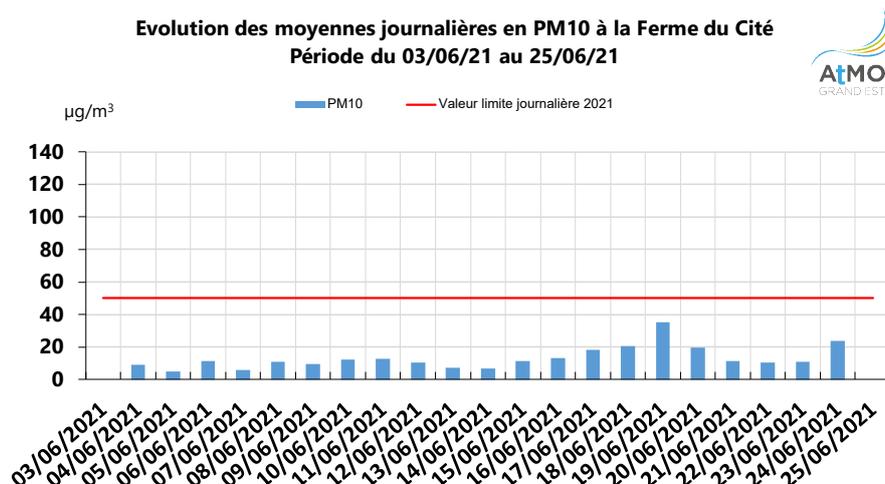


Figure 9 : Evolution des moyennes journalières en PM₁₀ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Tableau 6 : Résultats en particules PM₁₀ à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 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)	35 (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	50	Non (0j)	35 (max journalier)
- annuel	Annuelle	20	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.

Les valeurs seuils réglementaires à court terme sont respectées au regard des concentrations obtenues en PM₁₀. Le maximum journalier a été mesuré le 19 juin.

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 obtenu inférieur à 40 µg/m³).

6.2.4. Ozone O₃

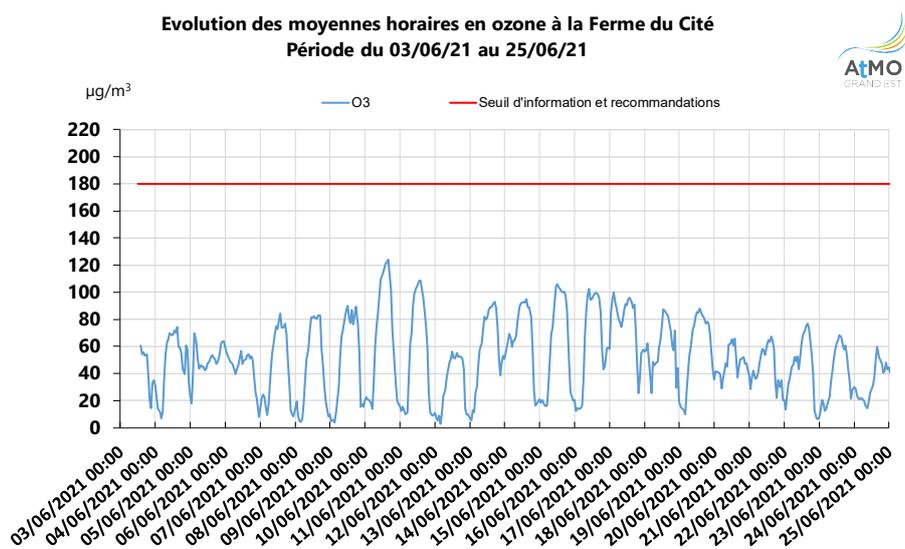


Figure 10 : Evolution des valeurs moyennes horaires en O₃ à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

Durant la période des mesures réalisée en période estivale, caractérisée par des conditions météorologiques instables, orageuses et douces (précipitations...), l'objectif long terme pour la protection de la santé humaine (120 µg/m³ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures) n'est pas atteint.

Comparaison aux procédures d'information et d'alerte

Le seuil d'information-recommandations ainsi que le seuil d'alerte n'ont pas été atteints lors de la campagne de mesures. Le maximum horaire atteint en effet 124 µg/m³.

Tableau 7 : Dépassements des seuils d'information-recommandations / d'alerte relatifs à l'ozone O₃ au niveau de la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021.

Seuil	Valeur de référence (µg/m ³)	Dépassement	Maximum horaire (µg/m ³) durant la période d'étude
Seuil d'information	180*	Non	124
Seuil d'alerte	240*	Non	

* Moyenne horaire sur 1 heure

6.2.5. Monoxyde de carbone CO

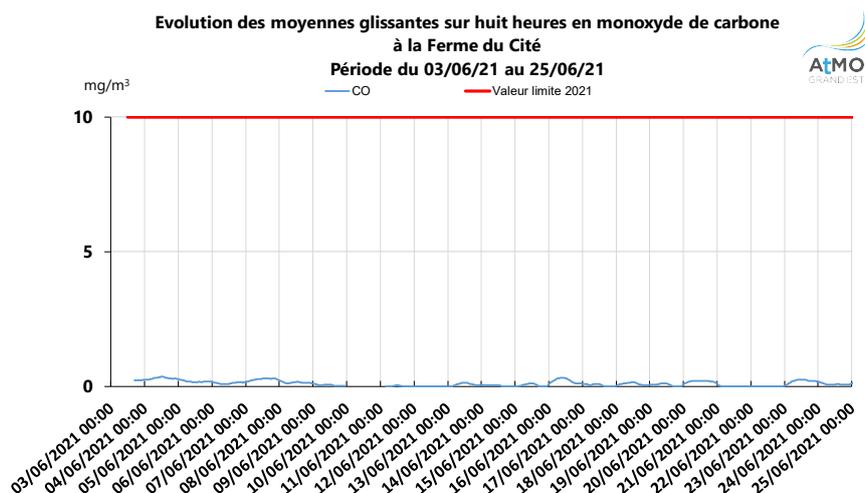


Figure 11 : Evolution des moyennes glissantes sur huit heures en CO à la Ferme du Cité (source ATMO Grand Est)

Comparaison à la réglementation

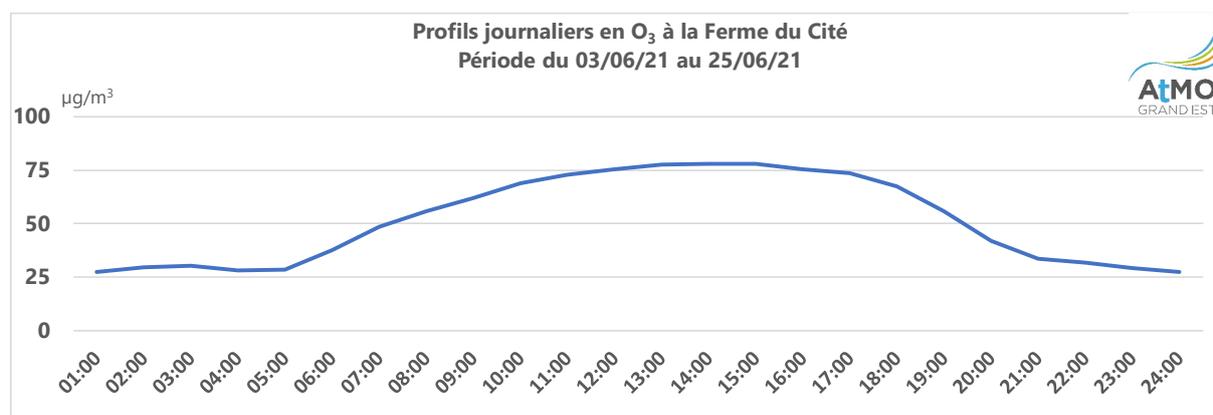
Tableau 8 : Résultats en monoxyde de carbone CO à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 et comparaison avec les seuils réglementaires.

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	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures	10	Non	0,4 (4 juin)

Les concentrations obtenues en CO demeurent négligeables et bien en deçà du seuil de 10 mg/m³ en moyenne glissante sur 8 heures.

6.2.6. Profils journaliers

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



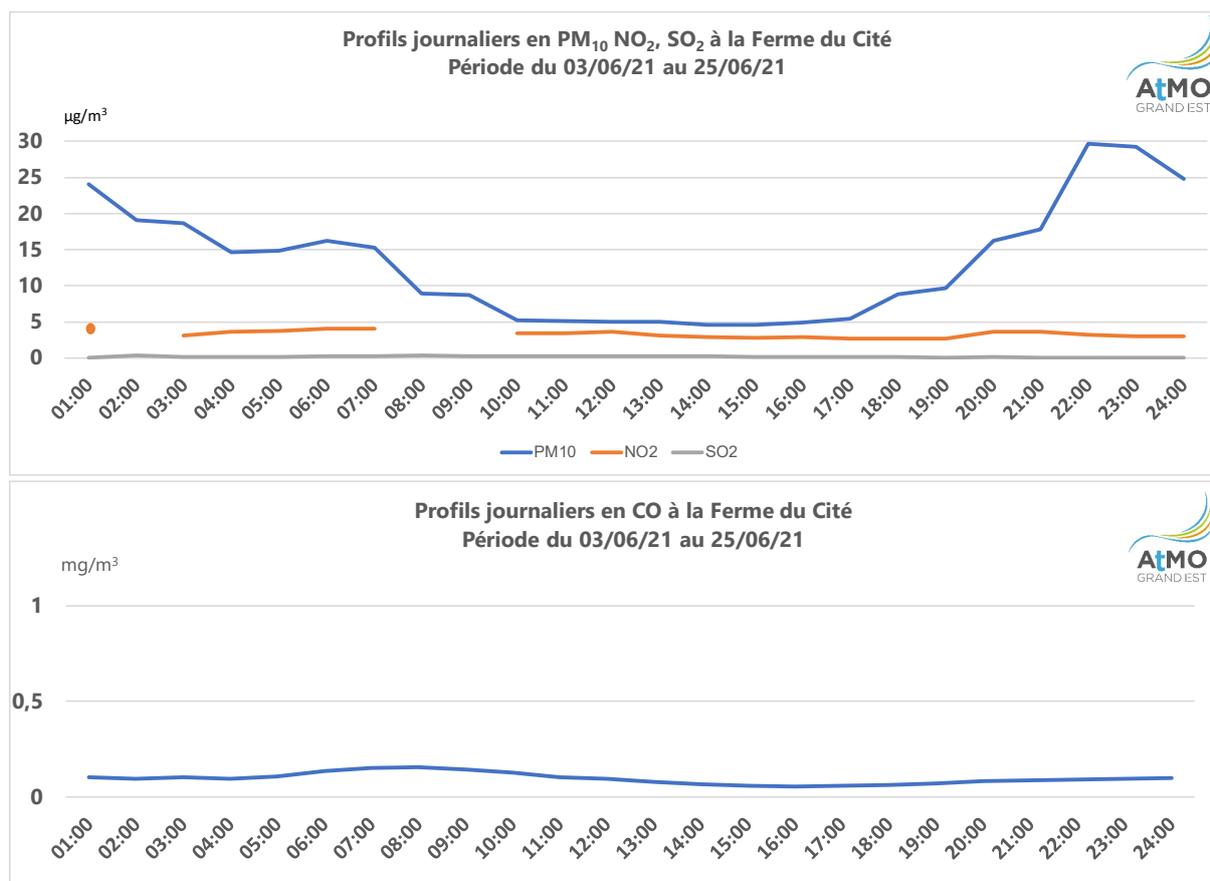


Figure 12 : Profils journaliers des polluants mesurés à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021

Globalement, les profils journaliers présentent les caractéristiques suivantes :

- En **particules PM₁₀**, le niveau de fond oscille autour de 5 µg/m³ en journée (entre 12 heures et 19 heures en heure locale), pour augmenter en fin de journée et la nuit et atteindre des niveaux moyens de fond d'environ 17µg/m³ entre 22 heures et 09 heures (local).
Ces hausses nocturnes pourraient être liées à des activités très locales au niveau de la Ferme du Cité en cette période de l'année. Les activités au niveau du laboratoire de l'ANDRA sont en effet normales (travaux de construction et aménagement des bâtiments en surface sur le carreau ; activité au fond...), et aucune construction de bâtiments n'est actuellement en cours en périphérie directe du site, pouvant induire des hausses en particules PM₁₀. Par ailleurs, les comptages automobiles demeurent faibles dans l'ensemble (de l'ordre de 800 véhicules par jour environ – source : <https://www.andra.fr/sites/default/files/2020-11/Pi%C3%A8ce-13-Evaluation%20%C3%A9conomique%20et%20sociale%20infra%20transport.pdf>, page 29).
Remarque : le moyen mobile a été positionné sur un sol bétonné.
- Pour le **dioxyde d'azote NO₂**, les concentrations moyennes de fond, négligeables, sont de l'ordre de 5 µg/m³ lors de la période d'étude. On n'observe pas de hausse significative.
- Pour le **dioxyde de soufre SO₂**, les concentrations moyennes de fond sont inférieures à 1 µg/m³.

- Pour l'**ozone O₃**, la période de mesures, bien qu'estivale, n'est pas propice à la formation d'ozone en raison d'un temps globalement perturbé et orageux ; ainsi, les niveaux de fond sont de l'ordre de 25-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la nuit, et d'environ 70-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 12 heures et 20 heures (heure locale).
- Enfin, pour le **monoxyde de carbone CO**, les niveaux mesurés, négligeables, oscillent autour de 0,1-0,2 mg/m^3 .

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'influence et typologie similaires, puis différentes).

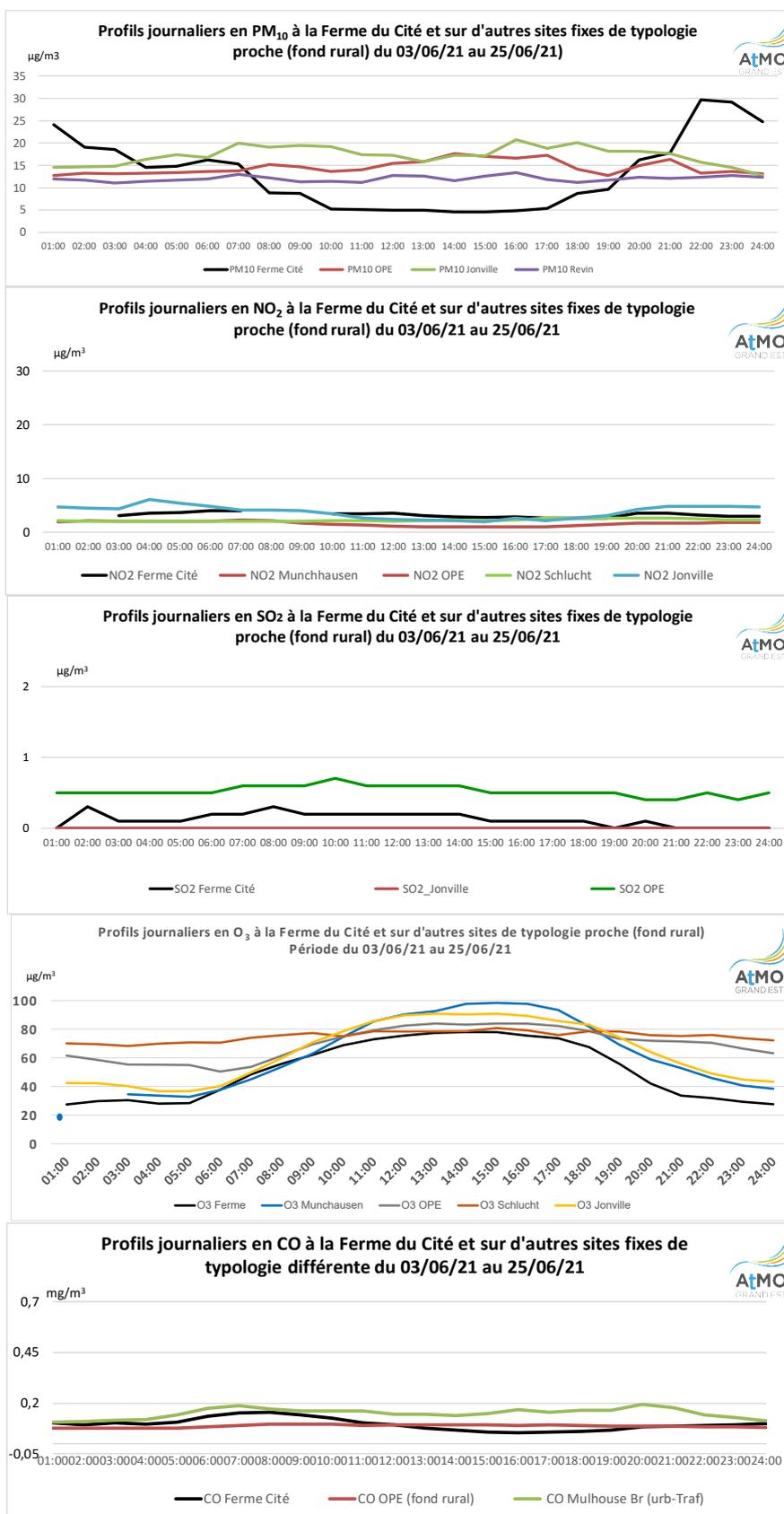


Figure 13 : Profils journaliers à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 comparés à ceux d'autres sites fixes de typologie similaire essentiellement, hormis pour le CO (source ATMO Grand Est)

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

Les niveaux moyens obtenus à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 sont ensuite comparés à ceux provenant d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est, et réunis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Comparaison des teneurs moyennes mesurées à proximité du laboratoire de recherches à celles d'autres stations fixes d'ATMO Grand Est du 03 au 25 juin 2021 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mg/m^3 pour le CO).

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	3	2	2	10	10	3	10
CO	0,1	0,1	/	/	/	0,1	0,2 (urbain trafic)
PM ₁₀	13	15	/	18	18	14	16
SO ₂	<1	<1	/	1	/	<1	<1
O ₃	51	69	76	63	63	72	65

/ : non disponible ou non mesuré

La figure ci-dessous situe les valeurs moyennes obtenues en NO₂ et PM₁₀ 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. L'O₃ est quant à lui un polluant photochimique.

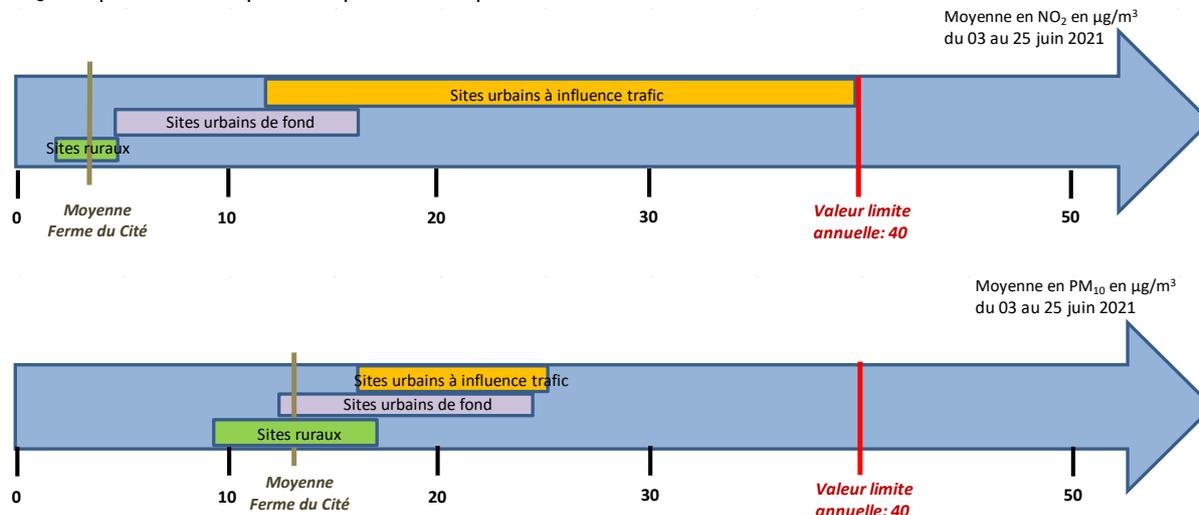


Figure 14 : Comparaison des concentrations en NO₂ et PM₁₀ mesurées à la Ferme du Cité avec celles des stations du dispositif fixe du Grand-Est

- Le niveau moyen en NO₂ issu des mesures à la Ferme du Cité est métrologiquement faible. Il se situe dans la moyenne 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 environ trois fois inférieure à celle de l'ensemble des sites urbains de fond.

- La concentration moyenne obtenue en PM₁₀ à la Ferme du Cité lors de la période d'étude se situe dans la moyenne de la gamme des concentrations des sites de fond rural de la région Grand Est.
- A titre indicatif, les concentrations mesurées en CO et SO₂ sont négligeables et du même ordre de grandeur que celles provenant des autres stations fixes localisées dans la région Grand Est et ce, quelles que soient leur typologie, leur influence ou leur localisation dans la grande région.
Enfin, pour l'ozone O₃, les niveaux moyens mesurés à la Ferme du Cité du 03 au 25 juin 2021 tendent à se rapprocher de ceux mesurés sur l'ensemble des sites urbains d'ATMO Grand Est.

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

Une comparaison des divers résultats avec ceux mesurés les années antérieures par ATMO Grand Est pour le compte de l'ANDRA (depuis 1999) indique les tendances suivantes, regroupées dans le tableau ci-après et dans l'annexe n°5.

Ces tendances sont cependant à considérer avec précaution, les périodes de mesures et les conditions météorologiques n'ayant pas été rigoureusement semblables d'une année sur l'autre, et les méthodes de mesures ayant pu évoluer (exemple avec les mesures de particules PM₁₀).

Tableau 10 : Tendances observées suite aux comparaisons des résultats de la campagne du 03 au 25 juin 2021 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 2021 : 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 généralement 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...

1999 a marqué le début des mesures de la qualité de l'air par ATMO Grand Est à la Ferme du Cité à proximité du laboratoire de recherches souterrain de l'ANDRA à Bure.

Depuis cette date, les campagnes de mesures réalisées présentent des niveaux moyens en polluants primaires tels le NO₂, le CO, le SO₂ faibles, voire négligeables pour le CO et SO₂, et, dans tous les cas, en deçà des différents seuils réglementaires en vigueur (fournis à titre indicatif en raison d'une faible couverture temporelle des mesures).

Les particules PM₁₀ mesurées depuis 2014 avec un appareil TEOM-FDMS présentent quant à elles des concentrations moyennes inférieures à 20 µg/m³ en fonction des périodes de mesures.

En ce qui concerne l'ozone (polluant d'origine photochimique), les teneurs fluctuent 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).

Ainsi, tous ces résultats demeurent dans l'ensemble assez comparables d'une campagne à l'autre.

* conditions météorologiques particulièrement douces observées en novembre 2015

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objet de cette campagne de mesures, mise en œuvre en juin 2021, est d'estimer l'impact sur la qualité de l'air des activités du laboratoire souterrain du Centre de Meuse Haute-Marne qui est en phase d'exploitation (CMHM). Il s'agit de la trente quatrième campagne depuis 1999.

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

Nous observons des niveaux moyens peu élevés en dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et particules PM₁₀. Ces observations sont à mettre en relation avec :

- des conditions météorologiques perturbées et orageuses observées lors des mesures : présence de vents dominants faibles et de précipitations chaque jour lors de la période de campagne. Ce type de conditions météorologiques permet d'obtenir des niveaux peu élevés en polluants (bonne dispersion et lessivage de l'air - ensoleillement modéré, ce qui limite la formation d'ozone dans l'air ambiant),
- l'absence d'activités industrielles émettrices à proximité directe du site,
- la typologie rurale du point de mesures localisé en plaine, combinée à l'absence de hauts bâtiments, ou de tissu urbain,
- les émissions locales...

Au cours de la campagne, les niveaux moyens de fond en PM₁₀, bien que satisfaisants, sont globalement plus élevés en période nocturne qu'en journée : ils sont d'environ 15-20 µg/m³ entre 22 heures et 09 heures (local), contre 5 µg/m³ en journée. Des activités locales au niveau de la Ferme du Cité (exemple : moissons en soirée/nuit...) pourraient expliquer cette observation, les activités liées à l'ANDRA et la circulation locale n'ayant pas fluctué lors des mesures.

Par rapport à la réglementation actuelle, les niveaux moyens des différents polluants sont inférieurs aux valeurs réglementaires fixées à l'échelle horaire et journalière actuellement en vigueur. Pour l'ozone, l'objectif long terme pour la protection de la santé humaine (120 µg/m³ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures) n'est pas atteint.

Une comparaison avec les seuils réglementaires annuels sera réalisée dans le cadre du rapport final qui prendra en compte les deux campagnes de mesures mises en œuvre en 2021 : cette démarche sera toutefois réalisée à titre purement indicatif en raison de la représentativité temporelle limitée des mesures réalisées à Bure.

Ainsi, pour les composés étudiés, aucun impact particulier des activités du laboratoire ANDRA à Bure sur la qualité de l'air ambiant n'est constaté sur la période d'étude.

Concernant la comparaison des résultats obtenus du 03 au 25 juin 2021 à la Ferme du Cité avec ceux d'autres sites fixes d'ATMO Grand Est...

Une comparaison des résultats obtenus en NO₂ par rapport à ceux des autres stations fixes de l'ensemble de la région Grand Est indique des niveaux faibles et similaires à ceux habituellement relevés sur les sites de typologie rurale. A titre indicatif, les teneurs moyennes à Bure sont environ trois fois plus faibles que celles de l'ensemble des sites urbains de fond.

Pour les PM₁₀, les niveaux moyens à la Ferme du Cité se situent dans la moyenne des gammes de concentrations des sites de fond rural de la région Grand Est.

Quant au CO, les concentrations demeurent faibles 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.

Enfin, pour le SO₂, les teneurs moyennes restent métrologiquement faibles (à la limite de détection de l'appareil de mesure), et ce, quels que soient les sites de mesures, leur typologie, leur influence ou leur localisation dans la région.

Les concentrations moyennes d'ozone O₃ observées durant cette campagne de mesures sont, quant à elles, plus faibles (environ 20 % en moyenne) que celles mesurées sur l'ensemble des sites fixes urbains de la région. Les conditions météorologiques rencontrées lors des mesures n'ont pas été propices à la formation de ce polluant secondaire.

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

Depuis 1999, date correspondant au début des mesures par ATMO Grand Est à la Ferme du Cité à Bure, les campagnes de mesures présentent des niveaux moyens satisfaisants 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.

Concernant les perspectives...

Conformément au contrat n°20080930 liant ATMO Grand Est et l'ANDRA pour la période 2020-2022, une nouvelle campagne de mesures sera mise en œuvre en automne 2021.



Annexes

ANNEXE 1 : CARACTERISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSÉS SUIVIS

ANNEXE 2 : METHODOLOGIE DES MESURES EN CONTINU

ANNEXE 3 : REGLEMENTATION

ANNEXE 4 : DONNÉES METEOROLOGIQUES

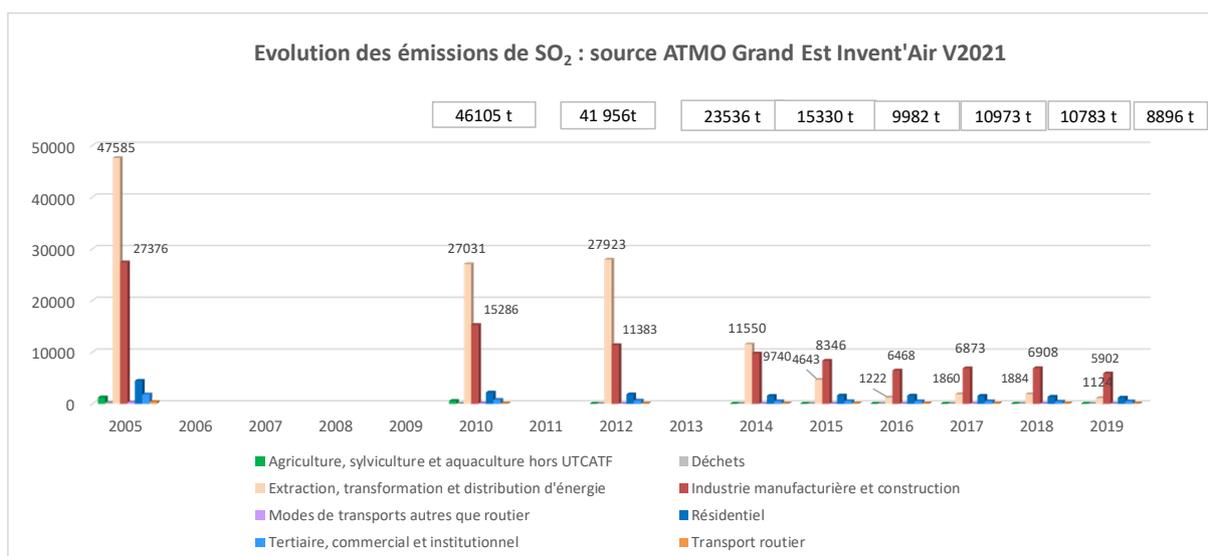
**ANNEXE 5 : RÉSULTATS SYNTHÉTIQUES DES MESURES RÉALISÉES À LA FERME DU CITÉ
DEPUIS LE DÉBUT DES MESURES PAR ATMO GRAND EST**

ANNEXE 1 : CARACTÉRISATION, ORIGINES ET EFFETS DES COMPOSÉS 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 trois sources d'émissions les plus importantes non liées à l'énergie sont, sur le territoire (par ordre décroissant) la production de verre, la production de minéraux non-métalliques et les procédés de l'industrie chimique inorganique.



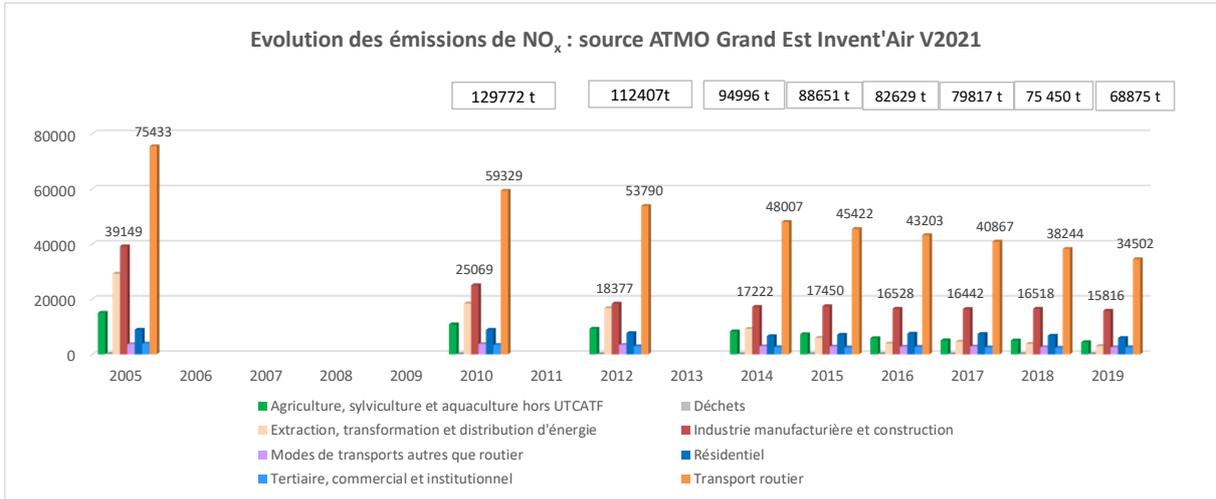
Environnement : Il se transforme, au contact de l'humidité de l'air, en acide sulfurique et contribue ainsi directement au phénomène des pluies acides et de ce fait, à l'acidification des lacs, au dépérissement forestier et à la dégradation du patrimoine bâti (monuments, matériaux...).

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.

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 (51%) et l'industrie (22%). Les secteurs concernant le résidentiel, l'agriculture et l'énergie 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.

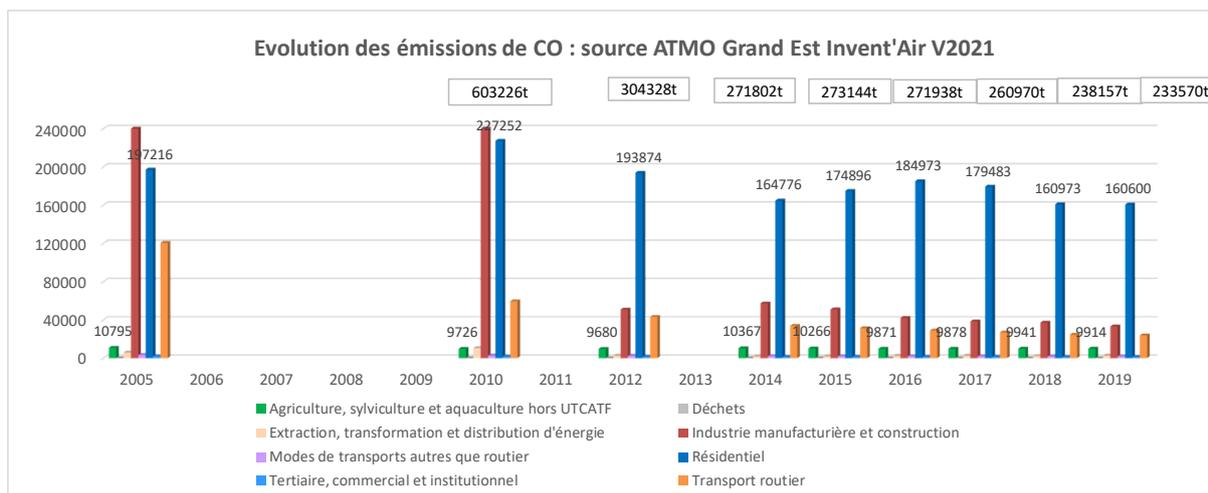
SANTÉ : Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

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, l'industrie manufacturière et construction, ainsi que le transport routier.



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 CO₂, 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.

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.

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...).

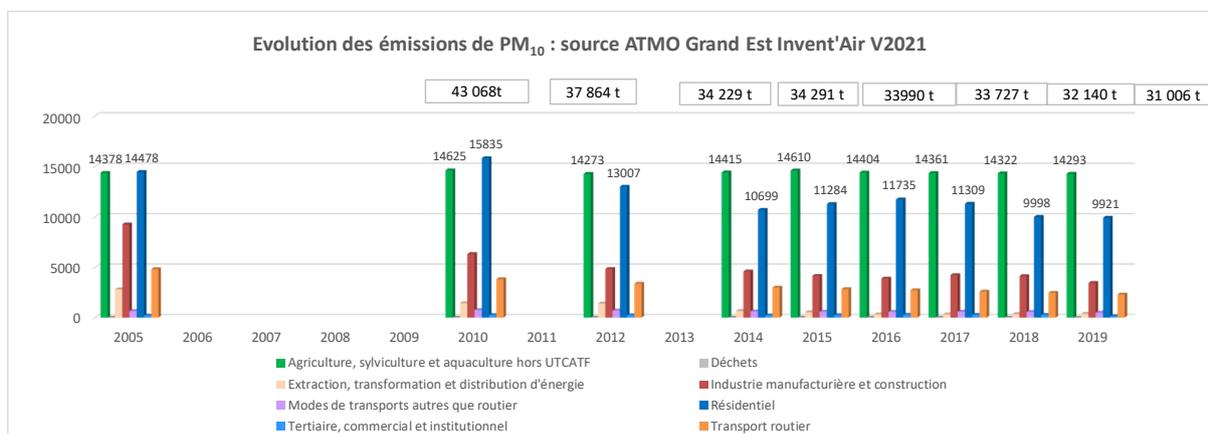
SANTÉ : Il s'agit d'un gaz agressif pénétrant facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Les effets peuvent être variés : troubles fonctionnels des poumons (toux, altérations pulmonaires...), nuisances olfactives, effets lacrymogènes, irritations des muqueuses, diminution de l'endurance 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 2018 : l'agriculture (45%) et le secteur résidentiel (31%). L'industrie représente 13% des émissions, et le transport routier 8%.



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.

ANNEXE 2 : MÉTHODOLOGIE 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.

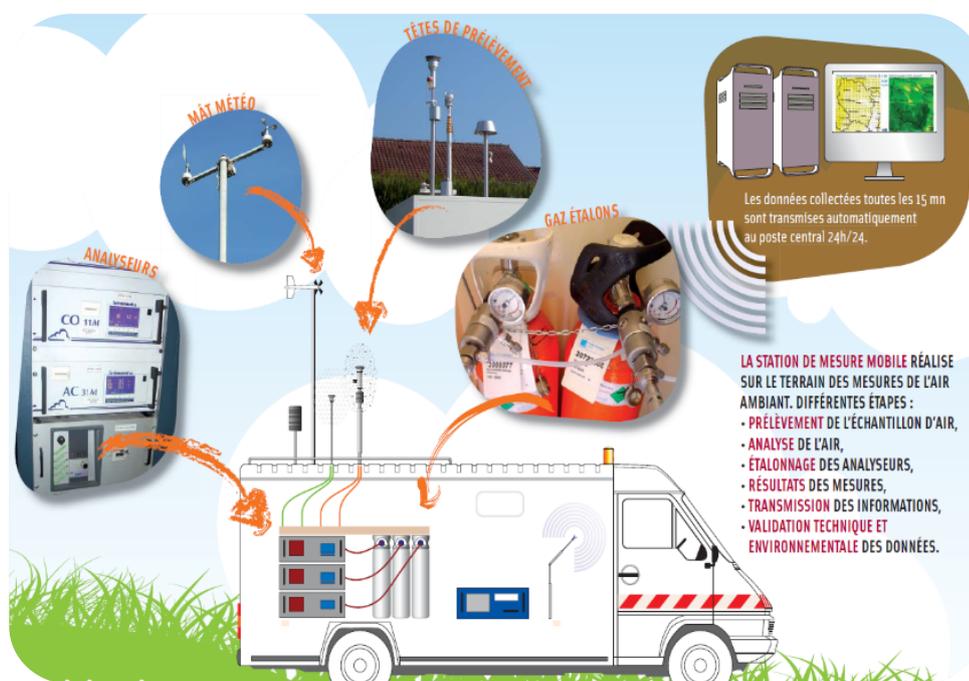
L'air extérieur est pompé et amené jusqu'à l'analyseur qui délivre des signaux électriques convertis en données numériques stockées dans un dispositif d'acquisition. Les données moyennées sur 15 minutes sont ensuite horodatées, affectées d'un code qualité et stockées dans la mémoire de la station d'acquisition.

Le lien suivant explique la manière dont les polluants sont mesurés à partir d'une station de mesure <https://www.youtube.com/watch?v=J-karOF2IQ>.

Analyseurs automatiques dans une station fixe (Source : ATMO GE)



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-heuraires.



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

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	/	/	/

ANNEXE 3 : REGLEMENTATION

Polluants	Seuils pour la protection de la santé humaine	Conditions de dépassements	Valeurs de référence en 2021 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
	Ligne directrice OMS	Moyenne annuelle Moyenne horaire à ne pas dépasser sur un an civil	40 200
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	20 50
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	Ligne directrice OMS	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser sur un an civil	100
	Valeur limite	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures	10
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	20

*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 4 : DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Les mesures proviennent du site fixe d'Houdelaincourt, hormis les précipitations, issues du moyen mobile à la Ferme du Cité.

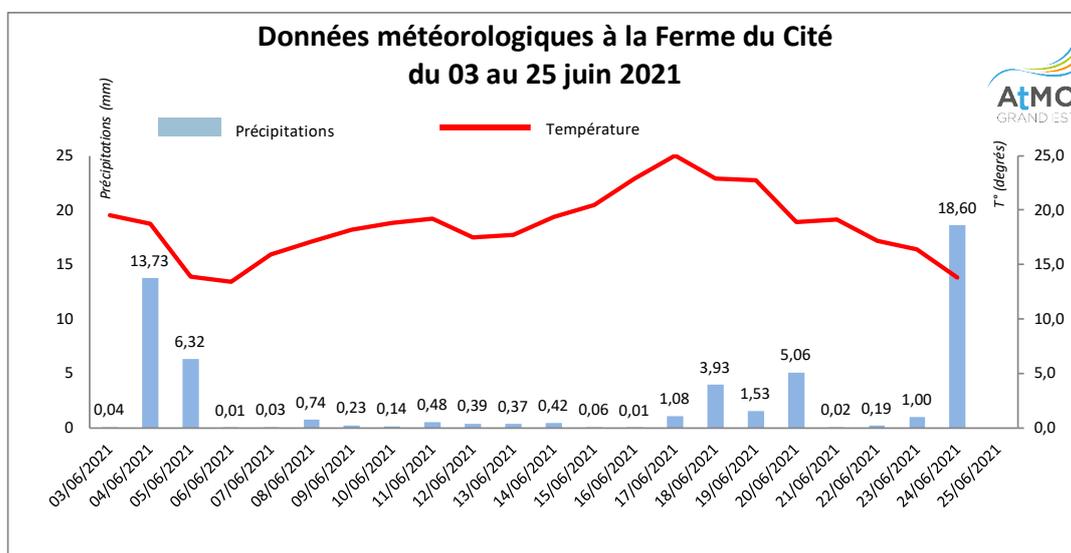
Température et cumul des précipitations :

	Températures (en °C)			Cumul des précipitations** (en mm)
	Température minimale*	Température maximale*	Moyenne sur la période d'étude*	
Du 03 au 25 juin 2021	12,4	30,3	19,5	54,4

* à partir des données horaires

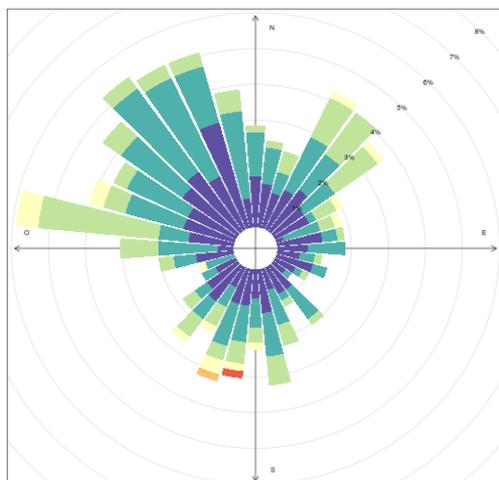
** source : mesures du moyen mobile, à partir des données ¼ horaires

Evolution des moyennes journalières en température et précipitations* :



* source : mesures du moyen mobile à la Ferme du Cité

Régime des vents :



1à2 2à3 3à4 4à5 5à6 6à7 7à8

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 : 99%

Quart	1-2m/s	2-3m/s	3-4m/s	4-5m/s	5-6m/s	6-7m/s	>=7m/s	total
Nord-Est	8,5	7,5	6,1	0,8	0,0	0,0	0,0	22,9
Sud-Est	6,9	5,6	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	15,1
Sud-Ouest	7,1	6,9	3,8	1,3	0,2	0,2	0,0	19,6
Nord-Ouest	14,4	17,8	7,4	1,0	0,0	0,0	0,0	40,5

ANNEXE 5 : RÉSULTATS SYNTHÉTIQUES DES MESURES RÉALISÉES À LA FERME DU CITÉ DEPUIS LE DÉBUT 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.

Polluant	Moy C 1*	Moy C 2*	Moy C 3*	Moy C 4*	Moy C 5*	Moy C 6*	Moy C 7*	Moy C 8*	Moy C 9*	Moy C 10*	Moy C 11*
NO	2	2	1**	1	6	0	0	1	<1	<1	<1
NO ₂	20	12	6**	10	16	4	4	9	3	4	1
SO ₂	1	3	1	< 1	3	1	0	0	<1	<1	2
PM ₁₀	19	24	17	10	18	31	12	17	17	13	15
CO	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
O ₃	23	48	52	10	25	65	41	51	71	49	67

phase de creusement des puits

Polluant	Moy C 12*	Moy C 13*	Moy C 14*	Moy C 15*	Moy C 16*	Moy C 17*	Moy C 18*	Moy C 19*	Moy C 20*	Moy C 21*	Moy C 22*
NO	1	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	<1	<1	<1	1
NO ₂	11	6	1	8	3	16	1	5	5	4	6
SO ₂	2	< 1	< 1	1	<1	<1	<1	1	1	2	<1
PM ₁₀	17 non corr	10 non corr	11 non corr	11 non corr	20 non corr	10 non corr	12 non corr	10 non corr	4 Δ	10 Δ	11 Δ
	30 corr●	17 corr●	16 corr●	16 corr●	28 corr●	22 corr●	17 corr●	24 corr●			
CO	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
O ₃	27	40	48	36	75	37	60	46	73	44	50

phase de creusement des puits

phase d'exploitation

Polluant	Moy C 23*	Moy C 24*	Moy C 25*	Moy C 26*	Moy C 27*	Moy C 28*	Moy C 29*	Moy C 30*	Moy C 31*	Moy C 32*	Moy C 33*	Moy C 34*
NO	<1		3	<1	1	<1	3	1	1	<1	<1	<1
NO ₂	4	2	16	4	7	4	13	2	5	3	3	3
SO ₂	<1	1	<1	<1	4	2	2	4	4	<1	<1	<1
PM ₁₀	8 Δ	8 Δ	18 Δ	10 Δ	7 Δ	13 Δ	9	9	7	12	13	13
CO	<0,1	0,4	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,4	0,1
O ₃	54	48	23	69	39	58	35	53	39	58	41	51

phase d'exploitation

** : mesures réalisées du 25 au 30 octobre 2001

● signifie : nouvelle méthodologie depuis le 01/01/2007 ; il s'agit d'une correction de la mesure des particules 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 (prenant en compte dans les moyennes PM_{10} la part de la fraction volatile mesurée sur site).

- *: 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)



AtMO

GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

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