

2023



Evaluation de la qualité de l'air à HAGUENAU dans le cadre de la mise en service de la voie de liaison Sud (VLS)

Résultats des campagnes du 16/11 au 14/12/2021 (phase 1) et du 23/11 au 21/12/2022 (phase 2)

Diffusion libre 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.**
- **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	Christelle SCHNEIDER, Ingénieure d'Etudes Unité Surveillance et études réglementaires
Vérification	Morgane KESSLER, Chargée d'Etudes Unité Surveillance et études réglementaires
Approbation	Bérénice JENNESON, Responsable Unité Surveillance et études réglementaires

Référence du projet : MSP-00802

Référence du rapport : SURV-EN-940 indice 1

Date de publication : 18/04/2023

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



Contexte et objectifs

Dans le cadre de la poursuite de l'étude d'environnement que mène la Communauté d'Agglomération de Haguenau relative à la liaison sud (VLS) de Haguenau, qui s'étend à l'ouest de l'agglomération de Haguenau sur la route de Strasbourg à l'est sur la RD 29, ATMO Grand Est a été sollicité pour réaliser une campagne de mesures de la qualité de l'air sur la zone. Cette campagne consiste à mesurer les niveaux de plusieurs polluants durant un mois avant la mise en service de cet aménagement routier (mesures entre novembre et décembre 2021) et de réitérer les mesures sur la même durée après la mise service début janvier 2022 de cet aménagement (mesures entre novembre et décembre 2022).

Les points de mesures ont été placés à proximité de l'axe routier permettant d'appréhender le degré de nuisances potentielles pour les riverains et dans les zones urbanisées proches des axes et des zones dont le trafic peut être indirectement impactés par le projet (report de trafic).

Ces mesures visent à évaluer la qualité de l'air avant et après la mise en service de ce nouvel axe et à actualiser l'évaluation initiale de qualité de l'air réalisée en 2007 et 2008 par l'ASPA* (avant construction de l'axe).

Ces campagnes s'inscrivent dans le cadre des actions 1 et 2 du Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) d'ATMO Grand Est pour la période 2017-2023. L'action 1 vise à gérer et optimiser les outils de la surveillance de la qualité de l'air, et l'action 2 à évaluer les inégalités d'exposition par des campagnes de mesures.

* Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace, avant la fusion des régions et la création d' ATMO Grand Est.



Les sites de prélèvements et les polluants mesurés

Les paramètres mesurés, dont les principales caractéristiques et sources d'émissions aux échelles locale, régionale et nationale figurent en annexe 1, correspondent à des polluants pouvant être émis par le transport routier :

- NO_2 : oxydation de l'azote de l'air à températures élevées ;
- Benzène et aldéhydes : présents dans les carburants routiers et libérés lors de la combustion ;
- Particules PM_{10} (diamètre inférieur à 10 micromètres), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dont le benzo(a)pyrène : formés et/ou libérés par la combustion incomplète des carburants routiers ;

Cependant, les secteurs d'émissions de ces polluants diffèrent. Pour les oxydes d'azote, le trafic routier représente la plus grande part (56 % sur Haguenau), tandis que pour les particules PM_{10} c'est le secteur résidentiel-tertiaire (45 %) et l'agriculture (25 %) qui sont les principaux émetteurs (13 % pour le trafic routier).

- Ozone O_3 : l'ozone n'est pas directement émis par le transport routier. En revanche, il est un polluant secondaire résultant

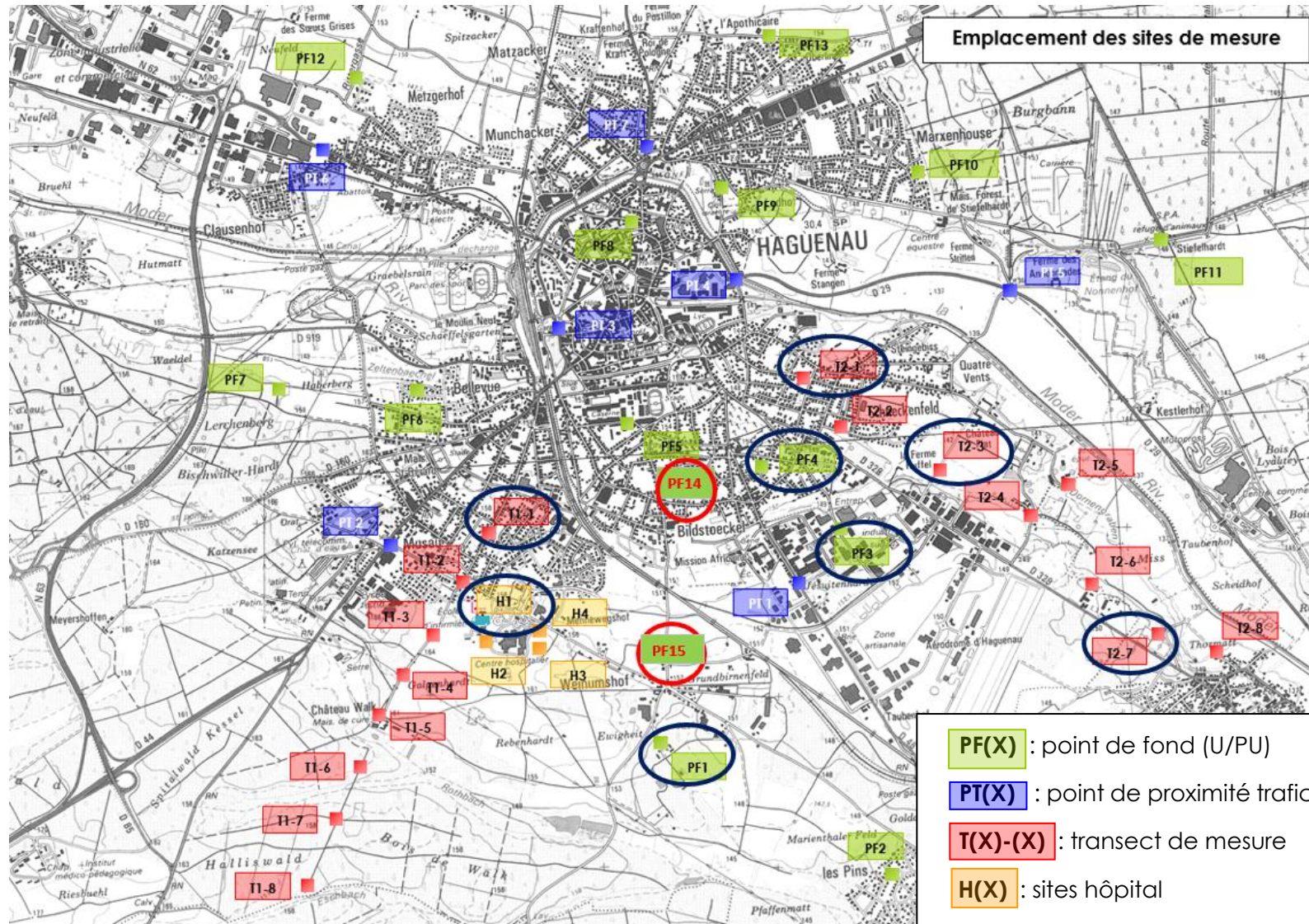
de l'action du soleil et de la chaleur sur les polluants primaires (NO_2 et COV – composés organiques volatils) principalement d'origine automobile. A noter qu'en période hivernale, par manque de chaleur et de lumière, l'ozone n'est que très peu formé, les niveaux sont parfois proches du fond permanent d'ozone.

Les emplacements des sites de mesures ont été similaires à ceux mis en œuvre lors de la campagne précédente de 2008, avec toutefois des points en moins et deux nouveaux sites. Il a été proposé de mesurer les polluants sur 10 sites comme suivant :

- ✓ 1 site avec de multiples équipements : une unité mobile (pour suivre en temps réel les PM_{10} , NO_2 , O_3), un préleveur actif (pompage de l'air sur filtres) pour le prélèvement des HAP (sur particules PM_{10}), des tubes passifs pour le prélèvement du dioxyde d'azote, du benzène et des aldéhydes. Ces mesures se déroulent en milieu urbain de fond (sud d'Haguenau) et doivent permettre d'apporter des éléments relatifs à l'exposition des populations de la zone d'étude sous influence du projet routier.
- ✓ 9 autres sites équipés de tubes passifs pour le prélèvement du NO_2 ;
- ✓ 1 autre site équipé de tubes passifs pour le prélèvement du benzène ;

La station de mesures fixes d'Haguenau installée au marché aux bestiaux permet d'évaluer les niveaux de pollution au centre de l'agglomération.

Les sites de prélèvements et les polluants mesurés



Les adresses des points de mesures figurent sur la page suivante (vue avec la VLS tracée).

Les points entourés en bleu correspondent aux points instrumentés en 2008 et 2021/2022. Les autres points (non entourés) ont concerné la campagne de 2008.

Les points PF14 et PF15 entourés en rouge sont nouveaux.

H1 : tubes passifs NO₂, BTEX, aldéhydes, unité mobile (NO₂ PM₁₀-O₃), préleveur HAP
PF4 : NO₂ et BTEX par tubes passifs
Tous les autres sites : tubes passifs NO₂

Figure 1 : Localisation des sites de mesures

Les sites de prélèvements et les polluants mesurés

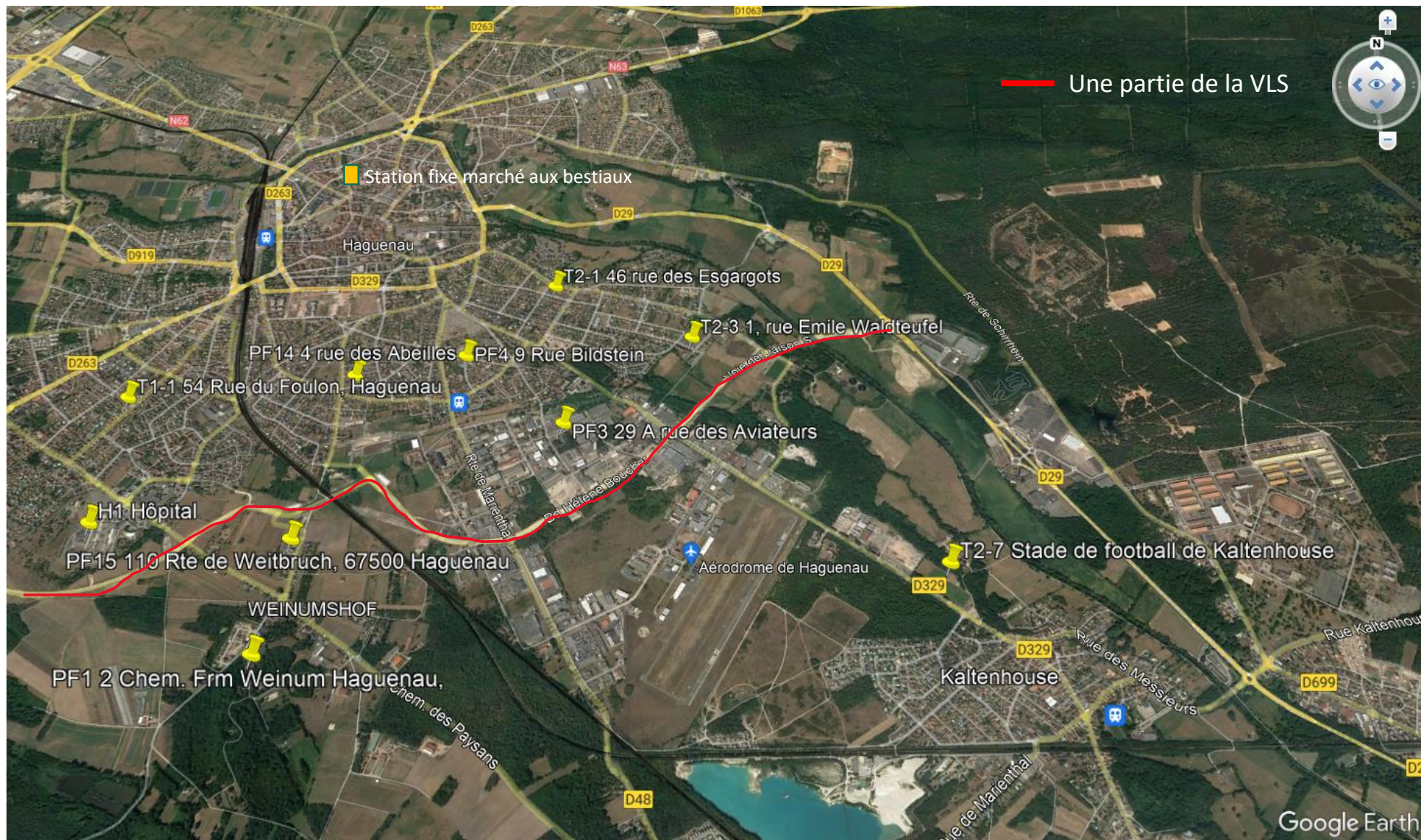




Figure 1 (suite) : Localisation des sites de mesures des campagnes 2021 et 2022



Méthode de mesures utilisées dans le cadre de l'étude


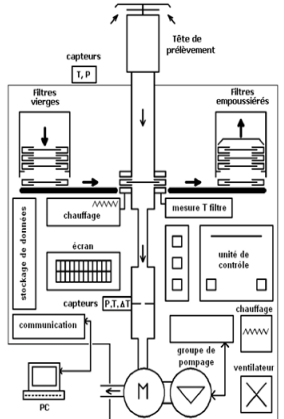

Tableau 1 : Mesures par tubes passifs et unité mobile

Moyen de mesure	Descriptif												
<p>Tubes passifs NO₂, BTEX et aldéhydes</p>  	<p>Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur celui de la diffusion passive de molécules sur un adsorbant adapté au piégeage spécifique du polluant gazeux. La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est déterminée par analyse des échantillons différée en laboratoire. Ce mode de prélèvement fournit une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Polluants</th> <th>Normes</th> <th>Laboratoires d'analyses</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BTEX</td> <td>NF EN 14662-4</td> <td>SynAirGie (ATMO Grand Est)</td> </tr> <tr> <td>Aldéhydes</td> <td>ISO 16000-4</td> <td>SynAirGie (ATMO Grand Est)</td> </tr> <tr> <td>Dioxyde d'azote (NO₂)</td> <td>NF EN 16 339</td> <td>LASAIR (AirParif)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Des contrôles qualité sont effectués tout au long de l'étude avec la réalisation de blancs et triplicat (un site équipé de trois tubes passifs) permettant de s'assurer de la répétabilité des mesures.</p>	Polluants	Normes	Laboratoires d'analyses	BTEX	NF EN 14662-4	SynAirGie (ATMO Grand Est)	Aldéhydes	ISO 16000-4	SynAirGie (ATMO Grand Est)	Dioxyde d'azote (NO ₂)	NF EN 16 339	LASAIR (AirParif)
Polluants	Normes	Laboratoires d'analyses											
BTEX	NF EN 14662-4	SynAirGie (ATMO Grand Est)											
Aldéhydes	ISO 16000-4	SynAirGie (ATMO Grand Est)											
Dioxyde d'azote (NO ₂)	NF EN 16 339	LASAIR (AirParif)											

Méthode de mesures utilisées dans le cadre de l'étude



Tableau 1 (suite) : Mesures par tubes passifs et unité mobile

Moyen de mesure	Descriptif																					
<p>Moyen mobile (mesures automatiques)</p>  <p>Préleveur actif (pompage de l'air)</p>  <p>Source : LCSQA</p>	<p>Les analyseurs présents dans le moyen mobile permettent de réaliser un suivi en continu, 24h/24 et 7j/7, de différents polluants réglementés avec une qualité de données identiques à celles exigées pour les mesures fixes dans la Directive 2008/50/CE, en termes d'incertitudes sur les mesures (15 % pour le NO₂, 25 % pour les PM₁₀ ...). Les données des mesures sont acquises sur un pas de temps de quinze minutes et sont ensuite validées et expertisées d'un point de vue technique et environnemental. Les appareils sont étalonnés et contrôlés périodiquement par l'intermédiaire d'étalons de référence raccordés au dispositif national d'étalonnage.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Polluants</th> <th>Méthode analytique</th> <th>Norme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dioxyde d'azote (NO₂)</td> <td>Chimiluminescence</td> <td>NF EN 14 211</td> </tr> <tr> <td>Particules fines (PM10)</td> <td>Microbalance oscillante avec module FDMS</td> <td>NF EN 16 450 29 Avril 2017</td> </tr> <tr> <td>Ozone (O₃)</td> <td>Photométrie UV</td> <td>NF EN 14625</td> </tr> </tbody> </table> <p>Un appareil de prélèvement de type LECKEL a été utilisé pour prélever les HAP à débit régulé sur des filtres, du fait de leur nature essentiellement particulaire. Les analyses des filtres ont ensuite été effectuées par le laboratoire SYNAIRGIE de Schiltigheim. La durée de prélèvement est de 24 heures (imposée par la directive 2004/107/CE). Les analyses ont été réalisées sur 7 filtres cumulés (grappe)/période.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Polluants</th> <th>Méthode analytique</th> <th>Norme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Benzo(a)pyrène</td> <td>Préleveur actif</td> <td>NF EN 15549</td> </tr> <tr> <td>Autres HAP</td> <td>Préleveur actif</td> <td>XP CEN/TS 16645</td> </tr> </tbody> </table> 	Polluants	Méthode analytique	Norme	Dioxyde d'azote (NO ₂)	Chimiluminescence	NF EN 14 211	Particules fines (PM10)	Microbalance oscillante avec module FDMS	NF EN 16 450 29 Avril 2017	Ozone (O ₃)	Photométrie UV	NF EN 14625	Polluants	Méthode analytique	Norme	Benzo(a)pyrène	Préleveur actif	NF EN 15549	Autres HAP	Préleveur actif	XP CEN/TS 16645
Polluants	Méthode analytique	Norme																				
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Chimiluminescence	NF EN 14 211																				
Particules fines (PM10)	Microbalance oscillante avec module FDMS	NF EN 16 450 29 Avril 2017																				
Ozone (O ₃)	Photométrie UV	NF EN 14625																				
Polluants	Méthode analytique	Norme																				
Benzo(a)pyrène	Préleveur actif	NF EN 15549																				
Autres HAP	Préleveur actif	XP CEN/TS 16645																				

Périodes de mesures

Afin de pouvoir calculer des moyennes annuelles, la stratégie d'échantillonnage doit notamment répondre à certains objectifs de qualité définis dans la Directive 2008/50/CE : à savoir une période minimale de mesures sur 14 % de l'année pour des mesures indicatives, ou huit semaines, réparties sur toute l'année pour être représentatives des diverses conditions du climat.

Les campagnes ont visé à faire un comparatif d'état avant et après mise en service de la VLS. Par période de 28 jours soit 7 % de l'année, la couverture temporelle de 14 % n'est pas respectée. Les comparaisons aux seuils réglementaires se feront à titre indicatif. L'annexe 2 présente les normes de qualité de l'air actuellement en vigueur.

Tableau 2 : Périodes de mesures en 2021 et 2022

Moyens de mesure	Paramètres mesurés	Périodes d'échantillonnage par campagne	Temporalité des données
Unité mobile	NO ₂ + PM10 + O ₃	PHASE 1 : 16/11 au 14/12/2021 PHASE 2 : 23/11 au 21/12/2022	En continu
Tubes passifs	NO ₂ + BTEX	PHASE 1 : 16/11 au 14/12/2021 PHASE 2 : 23/11 au 21/12/2022 Par période de 14 jours	Moyenne sur 14 jours et moyenne annuelle (par calcul)
Tubes passifs	ALD	PHASE 1 : 16/11 au 14/12/2021 PHASE 2 : 23/11 au 21/12/2022 par période de 7	Moyenne sur 7 jours et moyenne annuelle (par calcul)
Préleveur PM10 pour les HAP	HAP	16/11 au 14/12/2021 PHASE 2 : 23/11 au 21/12/2022 1 filtre toutes les 24h, une analyse de 7 filtres groupés.	Moyenne sur 24 heures et moyenne annuelle (par calcul)

Les polluants primaires tels que les oxydes d'azote, le benzène, les particules, sont plus fortement émis durant les mois d'hiver en lien avec les conditions météorologiques peu favorables à la dispersion des polluants (stabilité des masses d'air) et des émissions plus fortes durant cette période (surémissions des démarrages à froid, chauffage dans le secteur résidentiel et tertiaire).

Les concentrations hivernales ne reflètent pas un état annuel de qualité de l'air.

Paramètres météorologiques et rôle sur les polluants de l'air



Tableau 3 : Rôles des conditions météorologiques

Paramètres	Rôles des conditions météorologiques dans la formation et dispersion des polluants de l'air
Température	<p>La température agit sur la chimie et les émissions des polluants : le froid diminue la volatilité de certains gaz, peut favoriser la stagnation des gaz issus des rejets d'échappement des véhicules, des installations de chauffage (dispersion limitée) etc... Les températures froides jouent sur l'augmentation des émissions liées au chauffage, tandis que les fortes températures favorisent les transformations photochimiques des polluants.</p>
Précipitations	<p>Lors de précipitations, les gouttes de pluies captent les polluants gazeux et particulaires, favorisant ainsi le lessivage des masses d'air et une dilution des polluants dans l'air.</p>
Direction et vitesse du vent	<p>Le vent est un paramètre météorologique essentiel et contrôle la dispersion des polluants. Il intervient tant par sa direction pour orienter les panaches de pollution, que par sa vitesse pour diluer et entrainer les émissions de polluants. Une absence de vent contribuera à l'accumulation de polluants près des sources et inversement.</p>

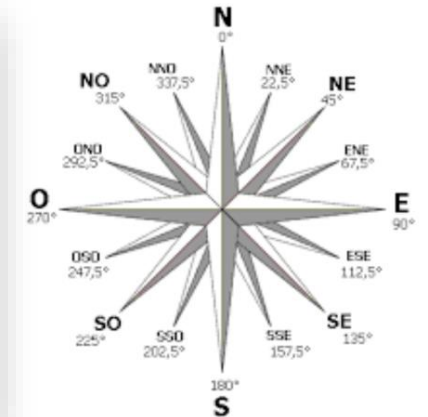
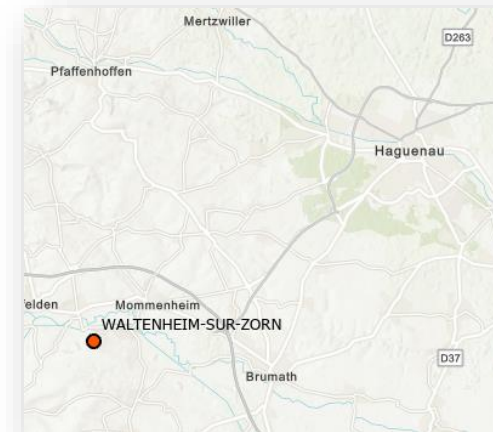
Dans le cadre de cette étude, les paramètres météorologiques proviennent de la station Météo France de Waltenheim-sur-Zorn.

Paramètres météorologiques mesurés dans le secteur de Haguenau

Les graphiques ombrothermiques sont élaborés à partir des températures moyennes journalières et du cumul des précipitations journalières mesurées à la station Météo-France de Haguenau. Ils permettent de visualiser les variations conjointes de ces deux paramètres lors des campagnes. La station de Haguenau est au Nord sur la D263.

Les roses des vents prennent en compte les vitesses de vents par direction et leur fréquence. La station de Waltenheim-sur-Zorn est située à 14 km de Haguenau à vol d'oiseau. Ces données ne reflètent pas précisément la situation locale de Haguenau (notamment les directions).

Les prélèvements ont été réalisés à peu près aux mêmes périodes afin de bénéficier des mêmes paramètres et des variations propres à la saisonnalité.



Paramètres météorologiques mesurés lors des deux phases

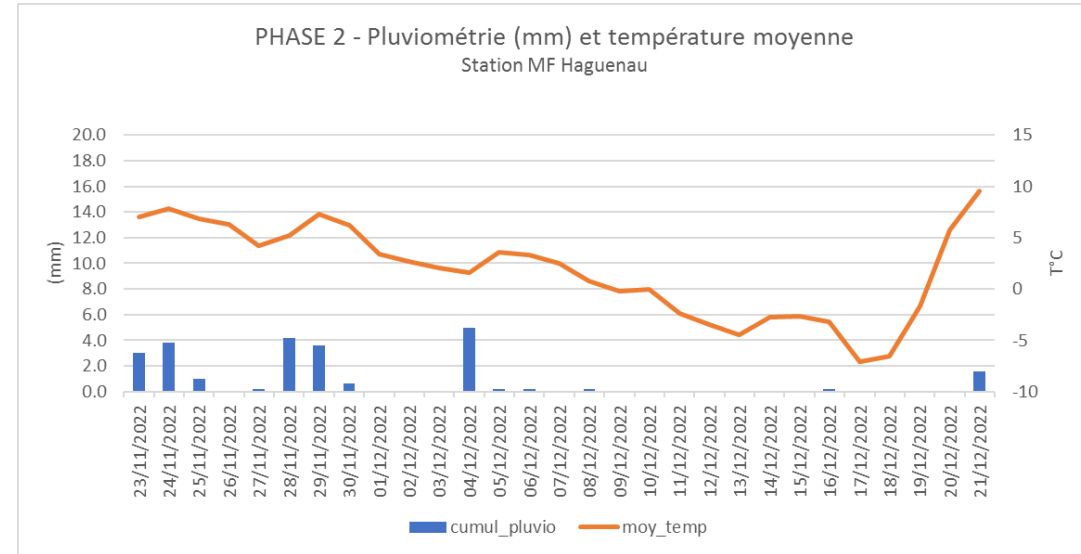
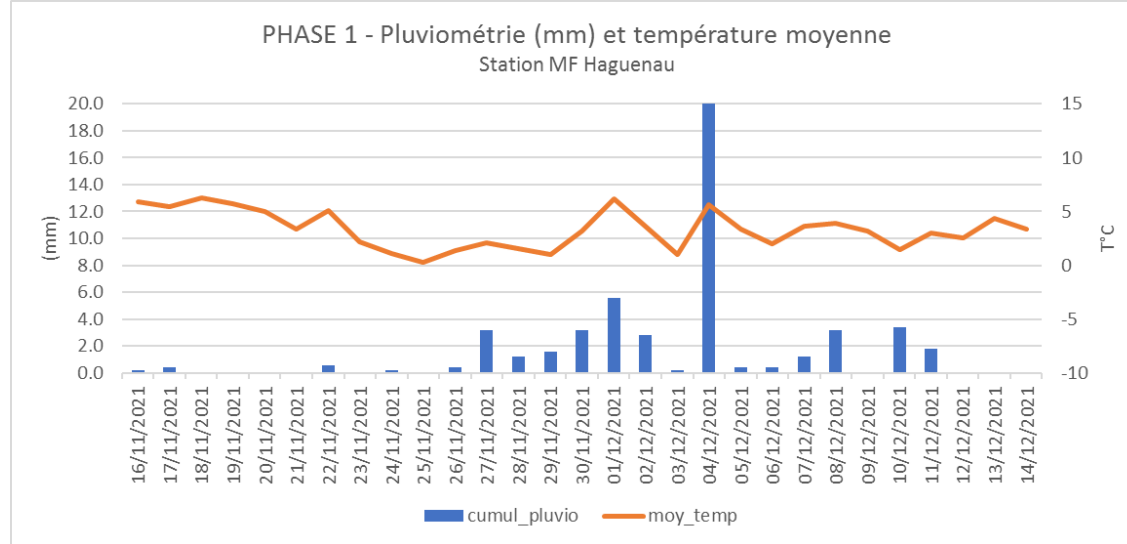


Figure 2 : Diagrammes ombrothermiques journaliers issus de la station Météo France localisée à Haguenau lors des deux phases

Sur la première période de mesures réalisée en fin d'année 2021, la température moyenne observée a été de 3,3 °C. Les températures varient entre un maximum de 6,3 °C (le 18/11/2021) et un minimum de 0,2 °C (le 25/11/2021).

En termes de précipitations, la période de mesures présente un cumul de 50,7 mm avec 11 jours sur 29 de précipitations supérieures à 1 mm soit 38 %. Le maximum est de 20,7 mm le 04/12/2021. Ce jour représente presque la moitié des précipitations totales.

Sur la deuxième période de mesures réalisée en fin d'année 2022, la température moyenne observée a été de 1,8 °C. Les températures varient entre un maximum de 9,6 °C (le 21/12/2022) et un minimum de -7,1 °C (le 17/12/2022).

En termes de précipitations, la période de mesures présente un cumul de 23,8 mm avec 6 jours sur 29 de précipitations supérieures à 1 mm soit 21 %. Le maximum est de 5 mm le 04/12/2022.

Paramètres météorologiques mesurés lors des deux phases

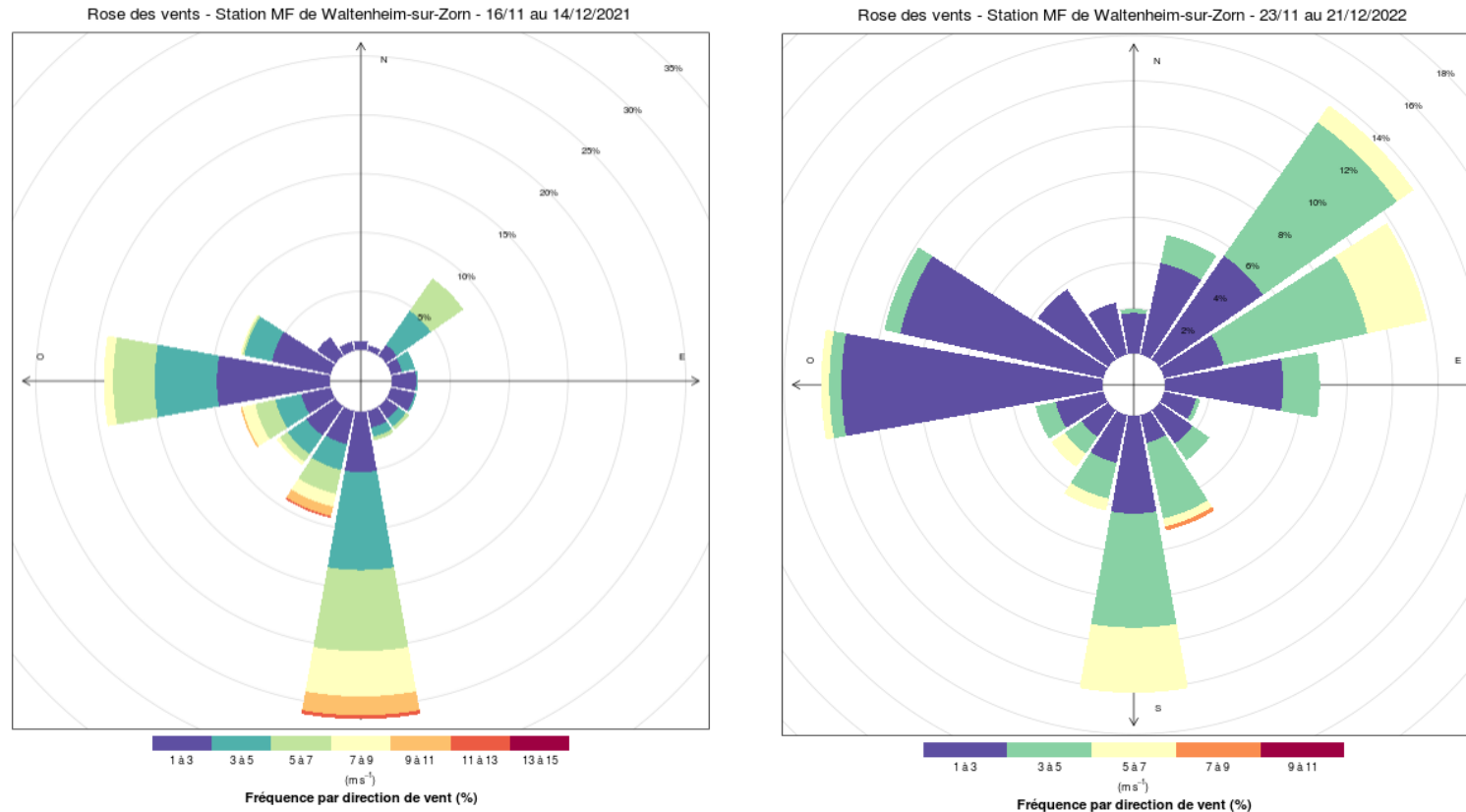


Figure 3 : Roses des vents mensuelles issues de la station Météo France localisée à Waltenheim-sur-Zorn lors des deux phases

En phase 1, les vents dominants proviennent en très grande majorité des secteurs Sud (26 %) et Ouest (19 %). Les secteurs secondaires Nord-Est, Sud/Sud-Ouest et Sud-Ouest représentent moins de 10 % chacun. Les vents ont soufflé à plus de 3 m/s 59 % du temps.

En phase 2, le quart Nord à Est est plus représenté avec au total 5 dominantes : les secteurs Nord-Est (14 %), Est/Nord-Est (12 %), Sud et Ouest (12 % chacun) et enfin Ouest/Nord-Ouest (9 %). Les vitesses sont plus faibles, avec 60 % de vents de vitesse entre 0 et 3 m/s et 39 % de vents de vitesse supérieure à 3 m/s. Les vents de Sud impactent les points situés au Nord de la VLS.

Bilan des paramètres météorologiques mesurés lors des deux phases

Au cours de ces 2 phases, les conditions météorologiques rencontrées ont globalement permis un léger lessivage des masses d'air. Les épisodes pluvieux ont été peu intenses et modérément observés. La phase 1 en a toutefois présenté plus que la phase 2.

Les températures ont été faibles sur les deux périodes, favorisant les émissions liées au chauffage domestiques (particules notamment). La phase 2 avec plusieurs jours en dessous de 0 °C a été caractérisée par des phénomènes d'inversions thermiques (5 jours). Les masses d'air ont été plus stagnantes et les polluants se sont davantage accumulés en phase 2.

Lors de la phase 1, les vents dominants proviennent en très grande majorité des secteurs Sud (26 %) et Ouest (19 %) avec tous secteurs confondus 59 % de vents de vitesses supérieures à 3 m/s. Lors de la phase 2, les vents sont de multiples directions, avec une prédominance des secteurs Nord-Est (14 %), Est/Nord-Est (12 %), Sud et Ouest (12 % chacun) et enfin Ouest/Nord-Ouest (9 %). Les vents sont plus faibles comparativement à la phase 1 avec 61 % de vents ayant des vitesses comprises entre 0 et 3 m/s et 39 % de vents de vitesses supérieures à 3 m/s.

Globalement, les conditions atmosphériques observées lors de la phase 1 ont été plus propices à la dispersion et à la dilution des polluants dans l'air.

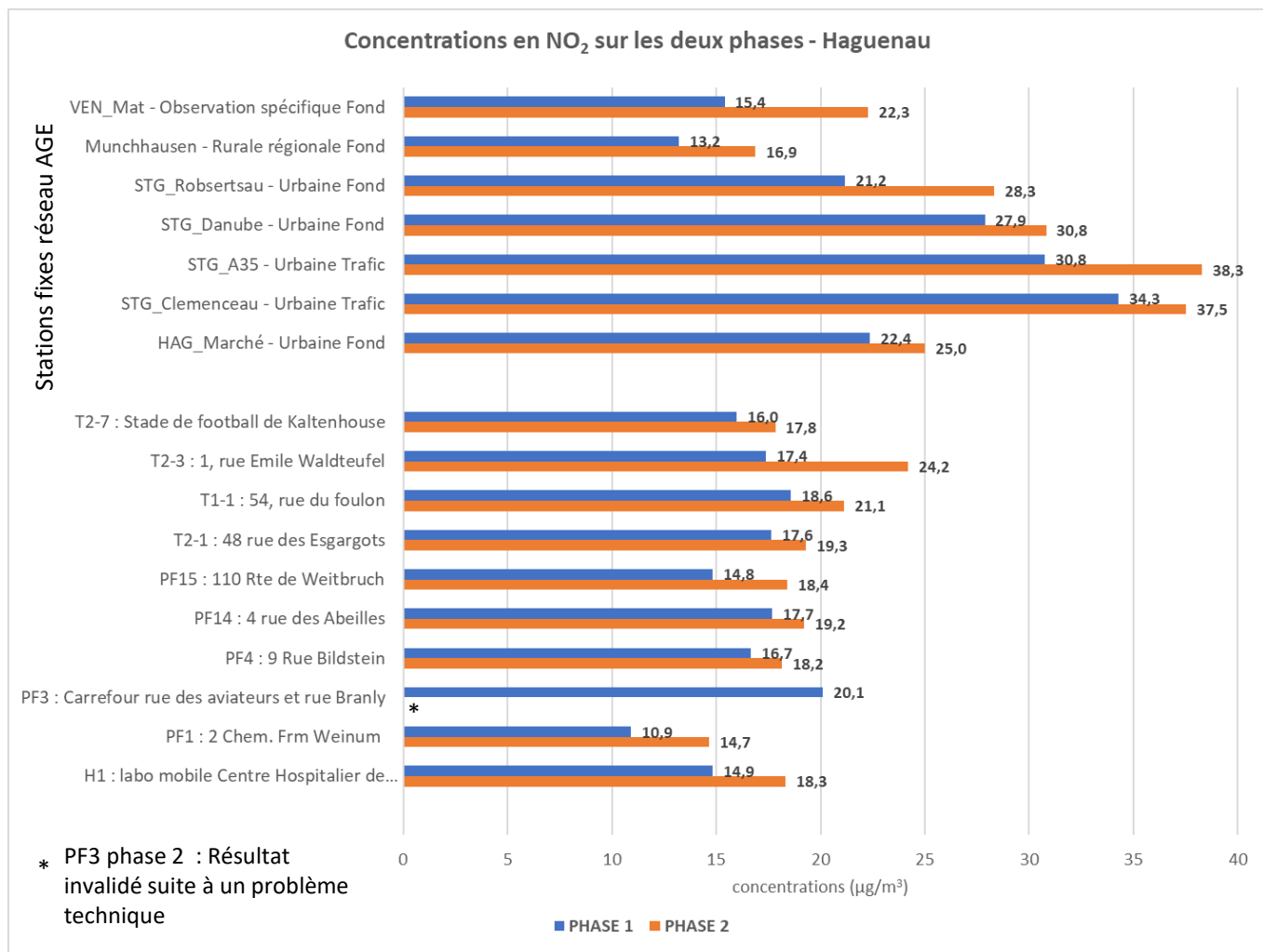
A noter que les vents dispersent localement la pollution mais en amènent également à d'autres endroits.

	Cumul pluie (mm)	Nbre jour pluie > 1 mm	% classes de vitesses vents m/s	Principales directions	Température moy. (°C)
PHASE 1	50,7	11	41 % < 3 m/s et 59 % > 3 m/s	Sud (26 %) et Ouest (19 %)	3,3
PHASE 2	23,8	6	61 % < 3 m/s et 39 % > 3 m/s	Nord-Est (14 %), Est/Nord-Est (12 %), Sud (12 %), Ouest (12 %)	1,8

Tableau 3 : Conditions météorologiques des campagnes de 2021 et 2022

Résultats des mesures avec les tubes passifs : NO₂

Pour rappel, la durée d'exposition des tubes passifs a été de 2 fois 14 jours sur chaque mois. Le graphique suivant présente les résultats obtenus en moyenne mensuelle (moyenne des deux séries de 14 jours de chaque mois) sur les deux phases ainsi que les données des stations Bas-Rhinoises d'ATMO Grand Est. Le tableau attenant précise les écarts entre les deux phases.



Résultats en NO ₂ par tubes passifs	Concentrations en µg/m ³		
	PHASE 1	PHASE 2	Différence phase 2/phase 1
H1 : labo mobile Centre Hospitalier de Haguenau	14,9	18,3	3,5
PF1 : 2 Chem. Frm Weinum	10,9	14,7	3,8
PF3 : Carrefour rue des aviateurs et rue Branly	20,1		
PF4 : 9 Rue Bildstein	16,7	18,2	1,5
PF14 : 4 rue des Abeilles	17,7	19,2	1,5
PF15 : 110 Rte de Weitbruch	14,8	18,4	3,6
T2-1 : 48 rue des Esgargots	17,6	19,3	1,7
T1-1 : 54, rue du foulon	18,6	21,1	2,5
T2-3 : 1, rue Emile Waldteufel	17,4	24,2	6,8
T2-7 : Stade de football de Kaltenhouse	16	17,8	1,8

Tableau 4 : Valeurs moyennes en dioxyde d'azote (µg/m³) obtenues par campagne de mesures et écarts entre les deux phases

Figure 4 : Valeurs moyennes en dioxyde d'azote (µg/m³) obtenues par campagne de mesures

Résultats des mesures avec les tubes passifs : NO₂

Lors de la phase 1 avant mise en service de la VLS, les concentrations moyennes de dioxyde d'azote ont varié de 10,9 µg/m³ (PF1) à 20,1 µg/m³ (PF3).

Lors de la phase 2 après mise en service de la VLS, les concentrations moyennes de dioxyde d'azote ont varié de 14,7 µg/m³ (PF1) à 24,2 µg/m³ (T2-3).

L'ensemble des teneurs se situe sur les deux phases, à titre indicatif (hors moyenne annuelle), en dessous de la valeur limite réglementaire française de 40 µg/m³. En revanche, elles sont toutes supérieures à ligne directrice de l'OMS (recommandation) fixée à 10 µg/m³.

De façon générale tous les sites voient leurs teneurs augmenter lors de la phase 2. Les augmentations vont de +1,5 g/m³ aux points PF4 et PF14 à +6,8 µg/m³ (maximum) pour le point T2-3. Ces hausses sont à nuancer par rapport aux conditions atmosphériques rencontrées lors de la phase 2 moins propices à la dispersion des polluants par rapport à la phase 1. Les masses d'air stagnantes lors des inversions thermiques en phase 2 ont entraîné une accumulation des polluants et un maximisation de leur concentration. Le point PF1 éloigné de la ville et de routes présente les concentrations les plus basses lors de deux phases. Les points situés dans les quartiers résidentiels (PF4, PF14, T2-1, T1-1) sont à des niveaux assez proches lors de chaque phase. Il s'agit des points ayant subit les plus faibles hausses lors de la phase 2. Les points proches de l'axe VLS (H1, PF3, PF15 et T2-3) ont des teneurs plus hétérogènes et sont ceux dont les concentrations ont le plus augmenté.

Les concentrations sont toutes inférieures à celles observées dans le même temps sur la station urbaine de fond de Haguenau en centre ville. Les niveaux sont également en dessous du fond urbain Strasbourgeois. Certains points sont proches des niveaux ruraux (station Munchhausen) en phase 2, alors qu'en phase 1 ils sont globalement plus élevés. Cela confirme bien l'importance des conditions atmosphériques observées localement mais aussi régionalement à la fin de l'année 2022. Les stations du réseau ont en effet toutes été marquées par une hausse des concentrations entre les deux phases.

Résultats des mesures par analyseur : NO₂ – dynamiques horaires

Le site de l'hôpital a été équipé en complément de mesures en continu de NO₂. Ces mesures dynamiques permettent de comparer les niveaux à des normes horaires (pages 19-20), produire des profils journaliers moyens (page 21) et de suivre l'évolution journalière (page 22).

Toutes les heures sont rapportées en heures TU (en hiver : 8 h TU = 9 h légale).

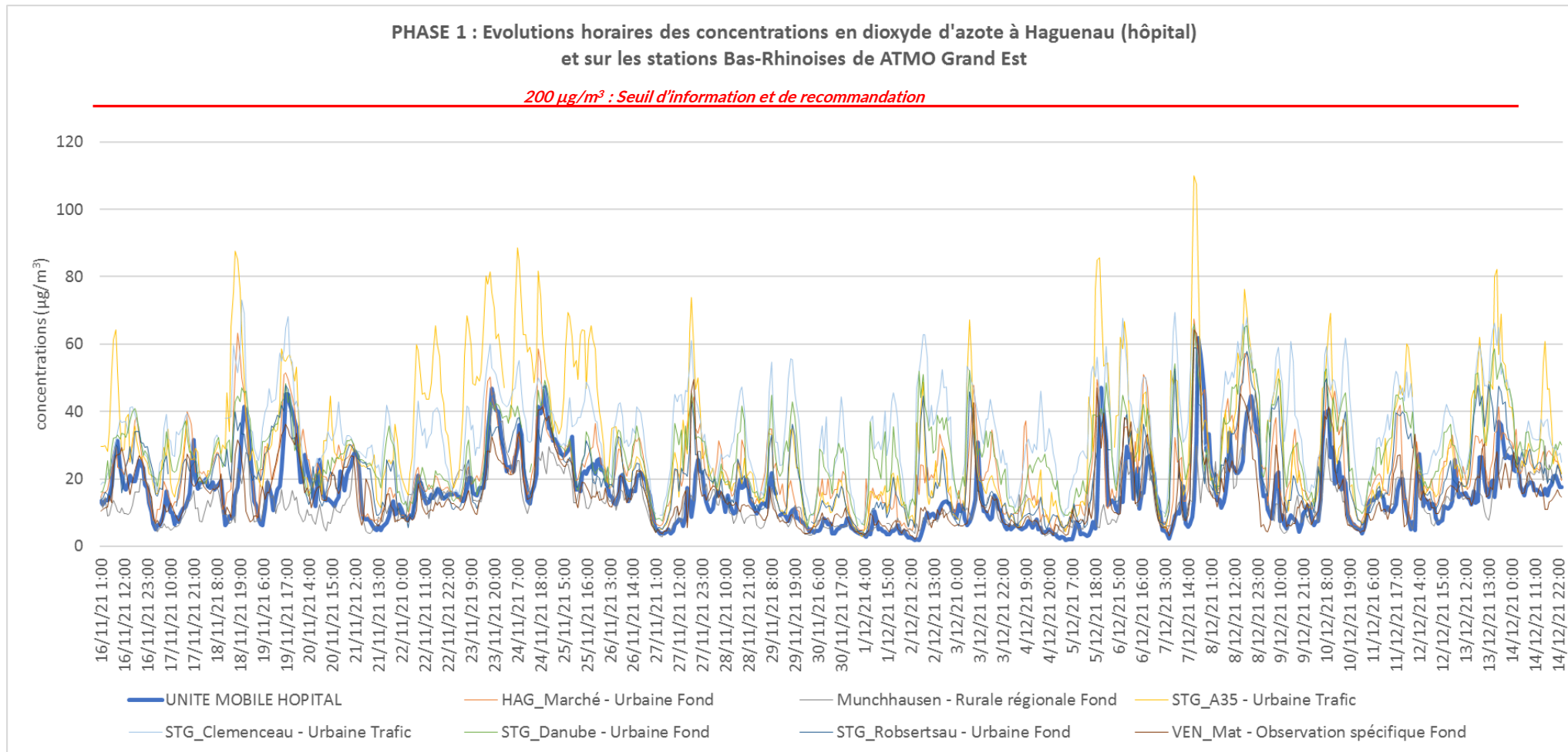


Figure 5 : Evolutions horaires des concentrations en dioxyde d'azote (µg/m³) – phase 1

Résultats des mesures par analyseur : NO₂ – dynamiques horaires

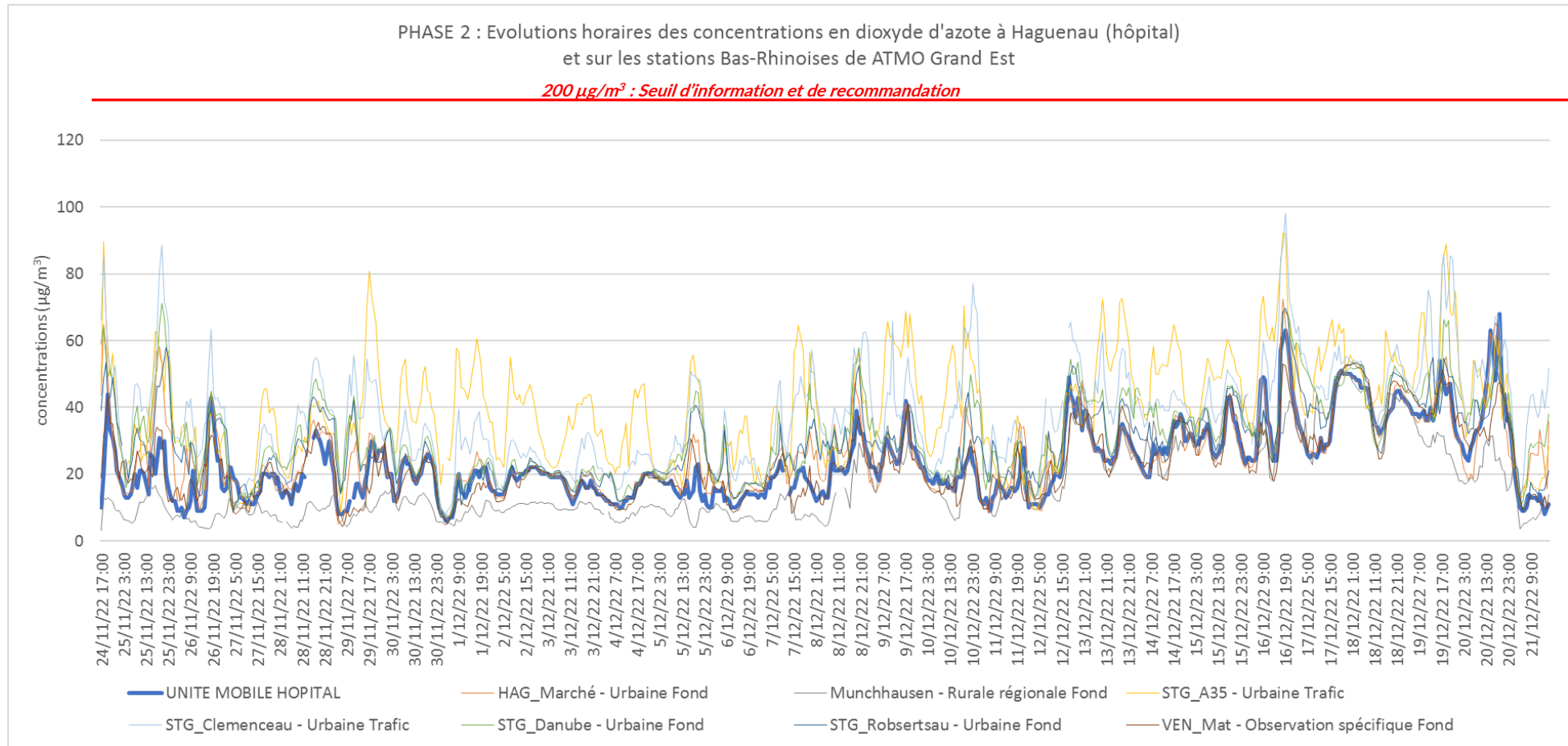


Figure 6 : Evolutions horaires des concentrations en dioxyde d'azote (µg/m³) – phase 2

Sur la phase 1, le maxima horaire journalier enregistré sur l'unité mobile (UM) est de 61,8 µg/m³ (07/12/2021 à 19h00). Sur la phase 2, les niveaux horaires ont pu atteindre 68 µg/m³ (20/12/2022 à 19h00).

Ces valeurs sont inférieures aux seuils d'information/recommandation et d'alerte (respectivement 200 et 400 µg/m³ sur une heure). Aucune station du réseau du Bas-Rhin ne dépasse ces seuils. Les dynamiques relevées sur l'UM sont similaires aux stations du réseaux d'ATMO Grand Est. Les pics sont observés le matin et le soir ce qui correspond au trafic routier pendulaire (détaillé page suivante).

Résultats des mesures par analyseur : NO₂ – profils moyens journaliers

Cette partie s'attache à analyser les profils journaliers moyens (moyenne des concentrations horaires sur la période de mesure pour chaque heure de la journée) du site de l'hôpital pour le NO₂ en comparaison avec ceux établis pour les stations du réseau de mesures du Bas-Rhin.

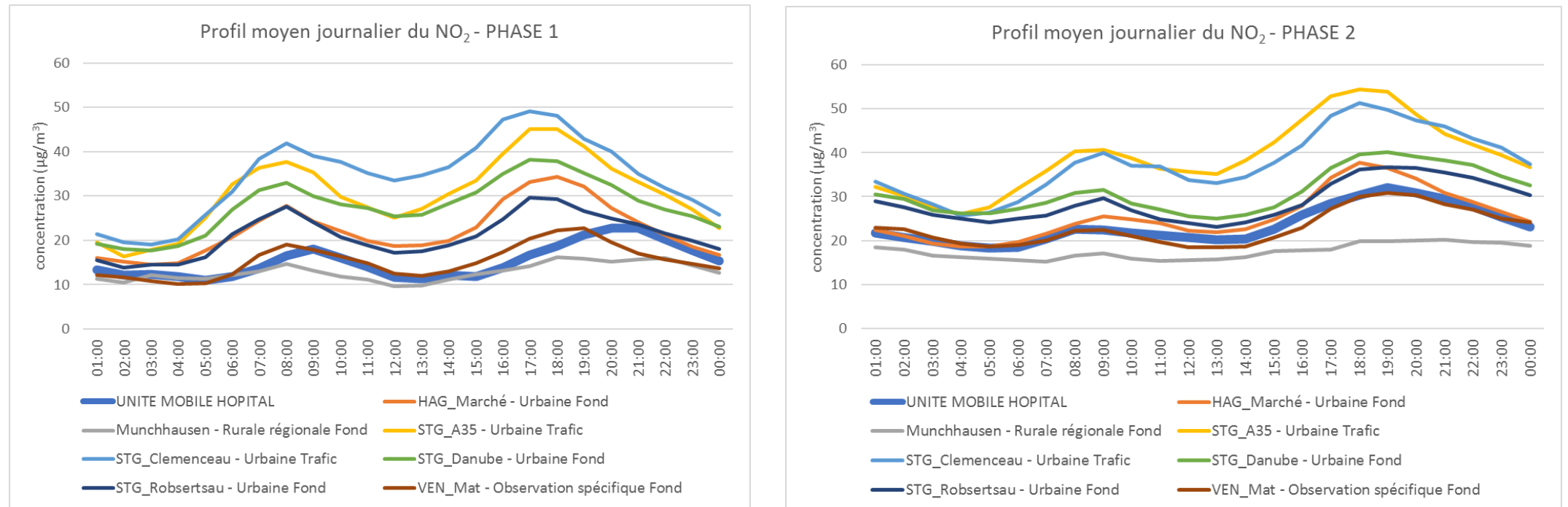
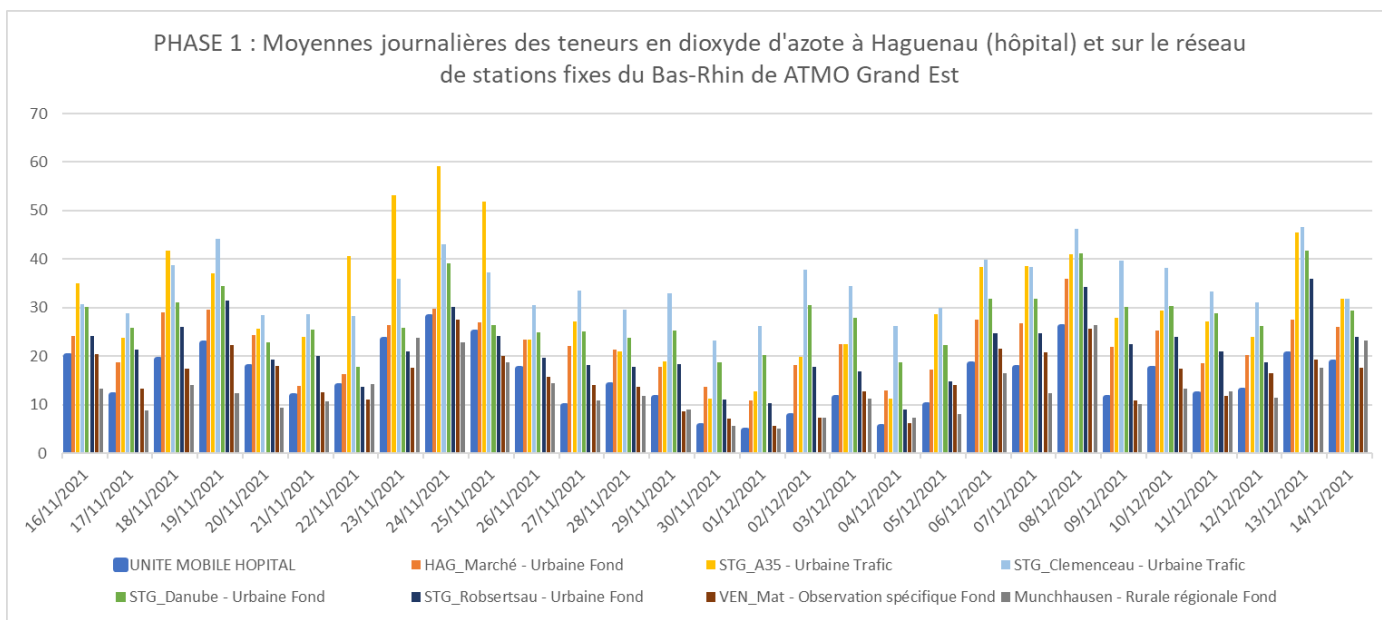


Figure 7 : Profils moyens journaliers en dioxyde d'azote ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur chaque campagne de mesures

Les profils moyens journaliers présentent tous une allure pendulaire plus ou moins marquée selon la typologie du site. Les pics correspondant à l'intensification du trafic routier (matin et soir) sont décalés en phase 1 par rapport à la phase 2. En phase 1, le premier pic est atteint à 9h00 ($17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et le second à 21h00 ($22,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En phase 2, ces pics sont plus avancés et ont lieu à 8h00 ($22,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et 19h00 ($32,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sur les stations du réseau, ces pics surviennent le matin à 8h00 (phase 1) et 9h00 (phase 2), puis entre 17h00 et 18h00 (phase 1) et entre 18h00 et 19h00 (phase 2).

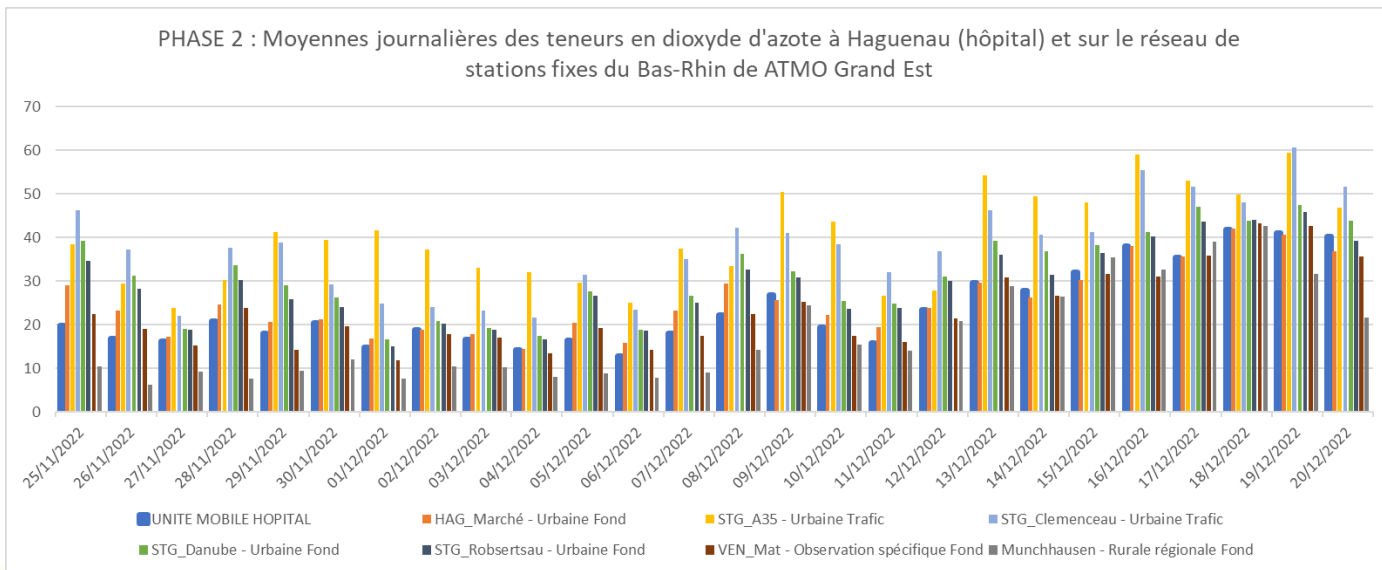
Résultats des mesures par analyseur : NO₂ – moyennes journalières



En phase 1, les niveaux varient entre 4,7 µg/m³ (01/12/21) et 28,2 µg/m³ (24/11/21).

En phase 2, les niveaux vont de 12,9 µg/m³ (06/12/22) à 41,8 µg/m³ (18/12/22).

Les niveaux se situent entre le fond urbain strasbourgeois et le fond rural (Munchhausen). Ils sont quasiment similaires à ceux de la commune de Vendenheim.

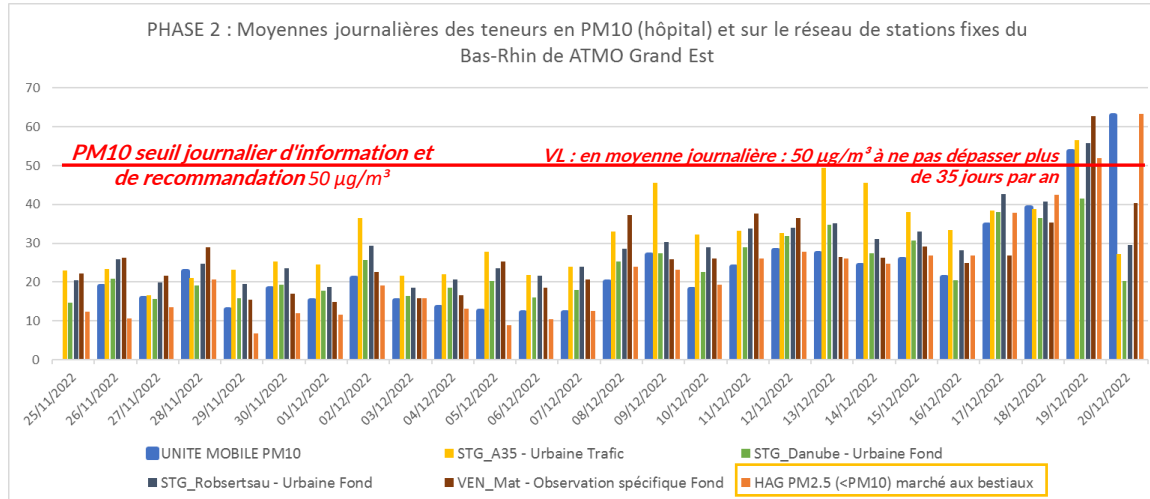
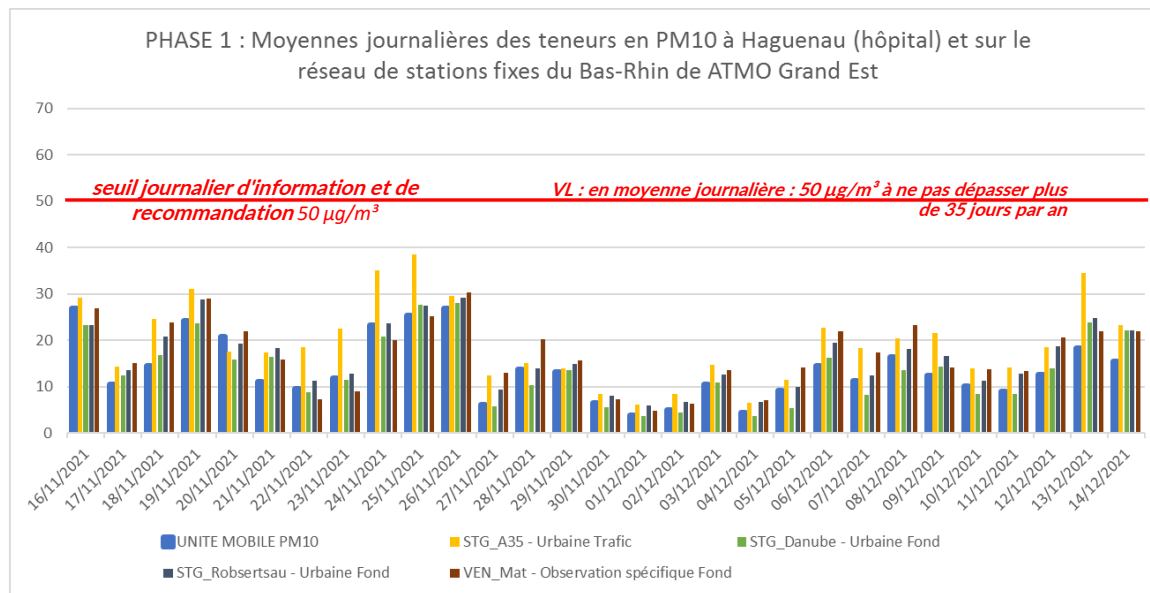


En phase 2, la seconde moitié de la période est marquée par des teneurs plus élevées mais corrélées aux stations du réseau, traduisant une atmosphère chargée en NO₂ globalement sur le département (en lien avec des conditions atmosphériques peu dispersives).

La valeur guide de l'OMS en moyenne journalière fixée en 2021 à 25 µg/m³ est dépassée 2 jours en phase 1 et 9 jours en phase 2.

Figure 6 : Moyenne journalière en dioxyde d'azote (µg/m³) sur chaque campagne de mesures

Résultats des mesures par analyseur : PM10 – moyennes journalières (1/2)



En orange en phase 2 : station de Haguenau PM2.5 (pas PM10)

Figure 9 : Valeurs journalière en PM10 (µg/m³) obtenues par campagne de mesures

Les niveaux de particules relevés sur le site du laboratoire mobile ont fluctué entre 3,8 µg/m³ (01/12/2021) et 26,9 µg/m³ (16 et 26/11/2021) en phase 1 pour une moyenne mensuelle de 13,2 µg/m³ et entre 12,1 µg/m³ (07/12/2022) et 62,9 µg/m³ (20/12/2022) en phase 2 pour une moyenne mensuelle de 23,4 µg/m³.

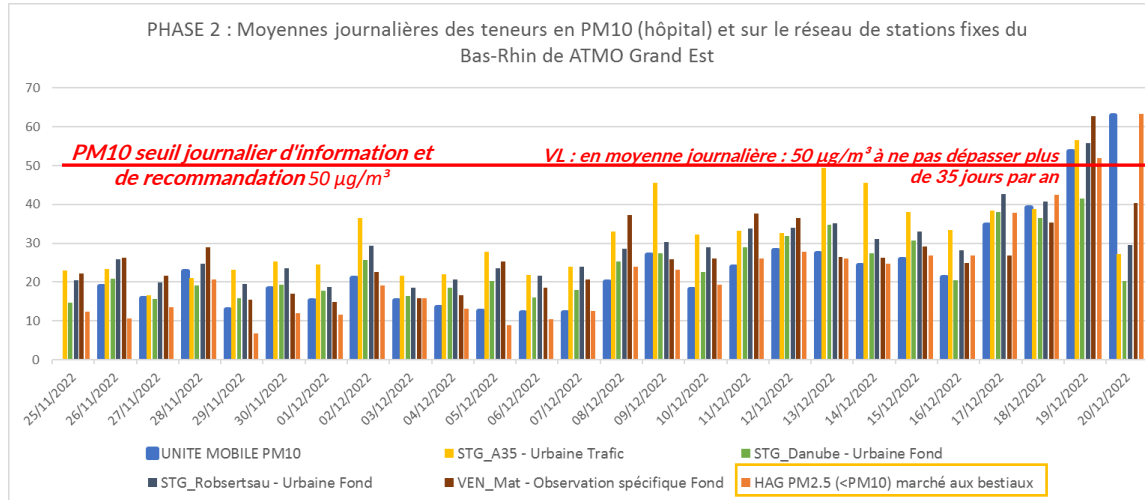
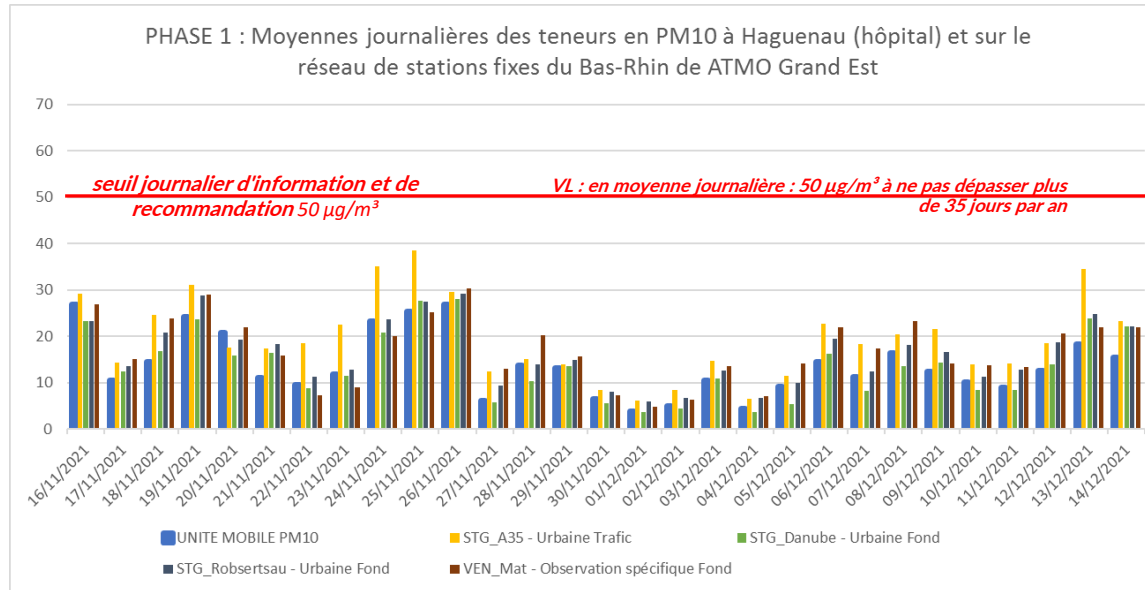
Par rapport aux autres stations du réseau, en phase 1, Haguenau se situe en dessous de Vendenheim et proche du fond urbain de Strasbourg.

En phase 2, les concentrations sont, hormis les deux derniers jours, inférieures à celles observées à Strasbourg et Vendenheim.

Les teneurs en PM10 ont nettement augmenté à la fin de la phase 2 les 19/12 et 20/12/2022. Le 19/12/2022 le fond urbain Strasbourgeois était également très chargé, tout comme les autres départements du Grand Est.

Un épisode de pollution aux particules a eu lieu entre le 17/12 et le 19/12/2022 avec déclenchement d'une procédure d'information/recommandation sur la Meurthe et Moselle le 17/12/2022. Cet épisode est la conséquence d'une hausse des émissions de particules issues du chauffage résidentiel et d'une inversion de températures qui a diminué les turbulences atmosphériques piégeant ainsi les polluants émis et entraînant une élévation progressive et généralisée des niveaux de pollution.

Résultats des mesures par analyseur : PM10 – moyennes journalières (2/2)



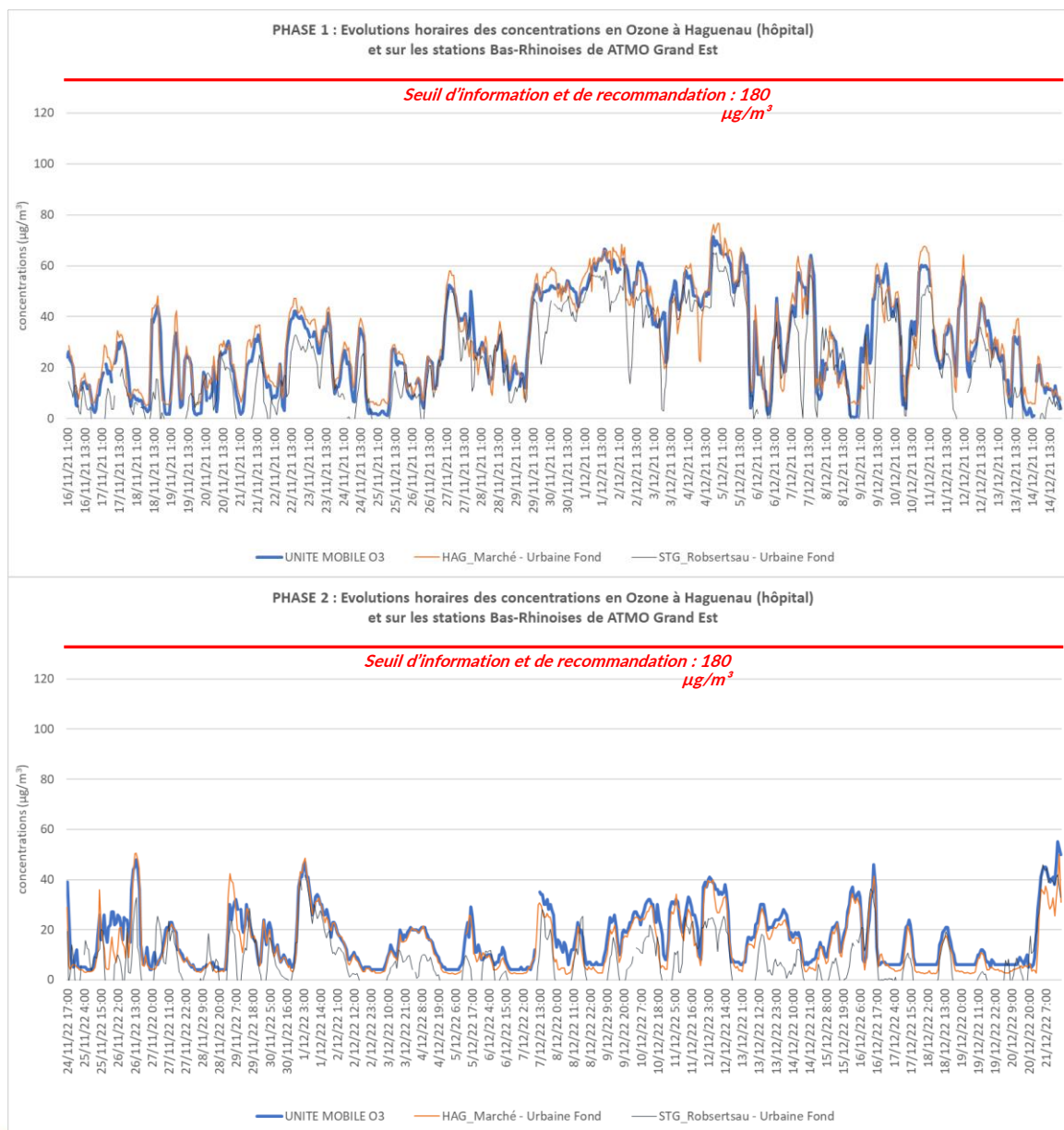
En orange en phase 2 : station de Haguenau PM2.5 (pas PM10)

Figure 9 : Valeurs journalière en PM10 (µg/m³) obtenues par campagne de mesures

Le 20/12/2022, alors que les niveaux de PM10 baissent à Strasbourg et Vendenheim en lien avec l'arrivée de la pluie, ceux relevés à Haguenau sont toujours très élevés, Haguenau n'étant pas touché par les pluies à ce moment là. La station de mesure du marché aux bestiaux, ne mesure pas les PM10 mais des particules de tailles plus fines, les PM2.5. Celles-ci ont des niveaux toujours inférieurs et plus rarement très proches des PM10. La station relève sur la même journée 63,2 µg/m³ en PM2.5. Les PM2.5 proviennent du secteur résidentiel/tertiaire (chauffage principalement) à hauteur de 65 % sur la communauté de Haguenau, confirmant un climat chargé en particules lié aux émissions résidentielles et aux conditions atmosphériques peu dispersives.

Le seuil journalier d'information/recommandation en PM10 de 50 µg/m³ n'est jamais dépassé en phase 1. Lors de la deuxième phase, il est dépassé 2 fois sur Haguenau, les 19 et 20/12/2022 (hôpital) et 1 fois à Strasbourg, le 19/12/2022.

Résultats des mesures par analyseur : ozone O₃



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

Les périodes de mesures ne sont pas favorables à la formation de ce composé qui présente des niveaux sur le mois de l'ordre de 16 µg/m³ en phase 1 et de 30 µg/m³ en phase 2.

Sur les deux phases, à titre indicatif (mesure non annuelle), le seuil correspondant à l'objectif long terme pour la protection de la santé humaine (120 µg/m³ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures) est respecté.

Le seuil de l'OMS l'est également (maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures fixé à 100 µg/m³).

Le seuil d'information-recommandation (180 µg/m³ à ne pas dépasser) en moyenne horaire ainsi que le seuil d'alerte (240 µg/m³) n'ont pas été atteints lors de ces campagnes hivernales peu propices à la formation d'ozone troposphérique. Les maximum horaires sont de 71,4 µg/m³ en phase 1 et 55,0 µg/m³ en phase 2.

Sur les deux phases, la station fixe de Haguenau-Centre est très proche de l'unité mobile (Hôpital - IFSI). Les concentrations à Strasbourg sont moins élevées.

Figure 10 : Evolutions horaires en ozone (µg/m³) obtenues par campagne de mesures

Résultats des mesures par tubes passifs : benzène

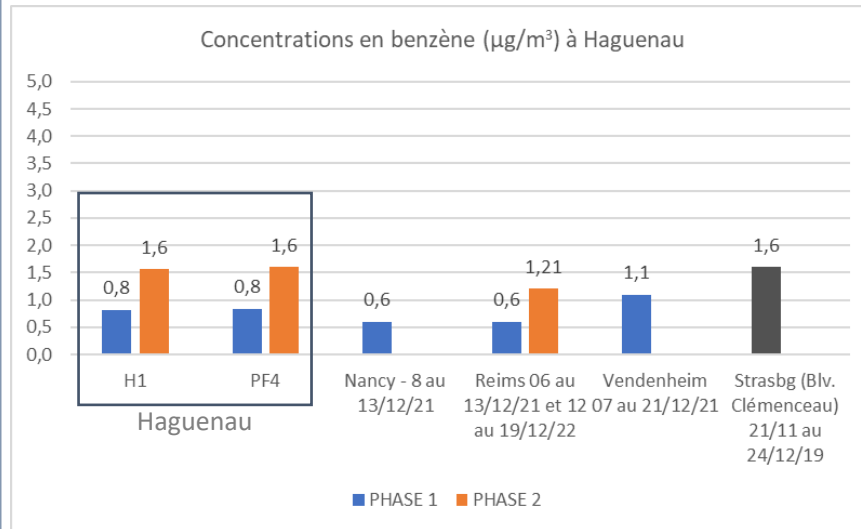


Figure 11 : Valeurs moyennes en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenues par campagne de mesures

Les teneurs en benzène sont sur les deux sites instrumentés (Hôpital – IFSI et 9 rue de Bildstein) similaires sur chacune des phases. Comme pour les autres polluants, la phase 2 se caractérise par des niveaux plus élevés en lien avec les conditions atmosphériques peu dispersives.

L'objectif de qualité de l'air pour le benzène est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. La valeur limite est elle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. A titre indicatif (car hors moyenne annuelle), aucun site de mesures ne présente de concentration supérieure à la valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'objectif de qualité de l'air fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est également respecté.

Le benzène est suivi ponctuellement par tubes passifs sur quelques zones du Grand Est.

En 2021 sur deux sites urbains d'influence trafic, les concentrations relevées ont été de $0,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nancy (prélèvement du 8/12 au 13/12/2021) et de $0,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Reims (prélèvement du 06/12 au 13/12/2021). Une campagne à Vendenheim (quartier Matterberg) dans le cadre d'un suivi après mise en service du COS (Contournement Ouest de Strasbourg) révèle $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (prélèvement du 07/12 au 21/12/2021). En 2022, les données ne sont disponibles que sur une seule période similaire à la campagne de Haguenau, à Reims, avec un prélèvement réalisé du 12/12 au 19/12/2022 s'élevant à $1,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sur Strasbourg des mesures ont eu lieu en hiver sur le Boulevard Clémenceau (urbain trafic) mais fin 2019. Une concentration de $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait été quantifiée du 21/11 au 24/12/2019.

Les concentrations observées à Haguenau sont supérieures aux niveaux urbains sous influence trafic des autres départements, mais inférieures (phase 1) et proches (phase 2) du niveau Strasbourgeois d'influence trafic (comparaison limitée en raison des années d'études différentes).

En phase 1, elles sont en dessous de ceux observées à Vendenheim.

Résultats des mesures par tubes passifs : aldéhydes

H1 conc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PHASE 1	PHASE 2
Formaldéhyde	0.8	1.2
Acétaldéhyde	0.7	0.9
Acroléine	< LQ	< LQ

Tableau 5 : concentrations en aldéhydes sur Haguenau (site hôpital-IFSI) en 2021 et 2022

Comparatif	Min-Max Mairie de Reims*	Gamme de valeurs en air extérieur et en milieu non impacté par une source fixe**
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,8 - 3,6	1 - 5

Tableau 6 : Concentrations de formaldéhyde mesurées sur d'autres études

**Mesures réalisées au niveau de la station fixe de typologie urbaine "Mairie de Reims" de 2002 à 2013*

*** Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos- le formaldéhyde- Avis du HCSP-octobre 2009*

Les mesures d'aldéhydes ont eu lieu uniquement sur le site de l'hôpital-IFSI.

Les niveaux de concentrations pour les aldéhydes sont globalement très faibles quelque soit le composé étudié. Les concentrations relevées varient entre :

0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (phase 1) et 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (phase 2) pour le formaldéhyde ;

0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (phase 1) et 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (phase 2) pour l'acétaldéhyde ;

Les concentrations en acroléine sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire (LQ).

Les aldéhydes ne sont pas suivis sur le réseau de surveillance d'ATMO Grand Est en air extérieur car ils ne sont pas réglementés en milieu extérieur.

Les niveaux rencontrés dans l'air extérieur sont généralement très faibles. Au regard de ceux mesurés au cours d'autres études (tableau 6), les niveaux sur Haguenau sont dans les gammes de concentrations habituellement observées en situation de fond.

Ces composés constituent d'avantage une problématique d'air intérieur (émissions lié aux matériaux/produits de construction et de décoration).

Ces mesures ont été mise en place afin d'évaluer l'exposition potentielle (air extérieur) des populations de l'hôpital (paramètre demandé dans le cadre des études d'environnement pour les projets routiers et nécessitant un suivi par campagne de mesures).

Résultats des mesures par tubes passifs : HAP

H1 conc. ng/m ³	PHASE 1	PHASE 2
Benzo(a)pyrène	0,28	0,95

Tableau 7 : concentrations en benzo(a)pyrène sur Haguenau (site hôpital-IFSI) en 2021 et 2022

Concernant les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 9 composés ont été tracés :

- ✓ Benzo(a)anthracène
- ✓ Chrysène
- ✓ Benz(e)pyrène
- ✓ Benz(b)fluoranthène
- ✓ Benz(a)pyrène
- ✓ Dibenz(a,h)anthracène
- ✓ Benzo(g,h,i)perylène
- ✓ Indeno(c,d)pyrène

Seul le benzo(a)pyrène est réglementé en air extérieur avec une valeur cible en moyenne annuelle de 1 ng/m³.

Sur la phase, chacun des HAP a une concentration individuelle inférieure à 1 ng/m³. Sur la phase 2, certains composés dépassent cette valeur (1,27 µg/m³ pour le Indeno(1,2,3-cd)pyrène et 1,47 ng/m³ pour le Benzo(b)fluoranthène).

Les concentrations en benzo(a)pyrène sont de 0,28 ng/m³ en phase 1 et de 0,95 ng/m³ en phase 2 et respectent donc la valeur cible annuelle à titre indicatif. La phase 2 est toutefois très proches de ce seuil. Comme pour l'ensemble des polluants mesurés au cours de cette étude, les niveaux en phase 2 ont augmenté.

Les HAP ont été suivis à Epinal (site urbain de fond) annuellement en 2021 et 2022 (prélèvements journaliers) avec 0,62 ng/m³ observés lors la phase 1 et 0,58 ng/m³ en phase 2.

Les résultats des autres HAP figurent en annexe 4.

Synthèse (1/2)



Des campagnes de mesure de la qualité de l'air ont été réalisées du 16/11 au 14/12/2021 (phase 1) et du 23/11 au 21/12/2022 (phase 2), respectivement avant et après mise en service de la voie de liaison sud (VLS) à Haguenau.

Sur ces deux périodes, des conditions atmosphériques contrastées ont été observées à Haguenau avec une phase 2 présentant des températures moyennes plus basses, moins de précipitations et des vents moins forts (vents mesurés à Waltenheim-sur-Zorn). De plus, une inversion de températures sur la seconde partie du mois de la phase 2 a entraîné une stagnation des masses d'air. Ces paramètres ont rendu les conditions atmosphériques peu dispersives au cours de la phase 2 favorisant une accumulation de la pollution.

Parmi les polluants mesurés, le dioxyde d'azote (NO_2) qui est un traceur du trafic routier, a été instrumenté sur plusieurs points dans et aux alentours de Haguenau. Les niveaux s'échelonnent de $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PF1) à $20,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PF3) en phase 1, et de $14,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PF1) à $24,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (T2-3) en phase 2. Ces valeurs sont en dessous de la valeur limite réglementaire annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais au-dessus du seuil OMS désormais de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (comparaison à titre indicatif car il ne s'agit pas de moyennes annuelles).

Les concentrations en moyennes mensuelles sont inférieures sur chaque phase à celles de la station fixe (urbaine de fond) située au centre-ville de Haguenau (marché aux bestiaux). Cette station, tout comme les autres du Bas-Rhin, subit une augmentation des niveaux en phase 2 confirmant l'ambiance atmosphérique non favorable à la dispersion des polluants. Les stations Strasbourgeoise (urbaines de fond) sont toutes situées au-dessus des niveaux de l'ensemble des points de mesures. En phase 1, les points sont majoritairement au dessus de la station rurale de Munchhausen. En phase 2, la plupart sont inférieurs ou proches de cette station de fond rurale.

Sur le site de mesure dynamique de l'hôpital, aucun dépassement du seuil horaire n'est observé. Les profils moyens journaliers établis à cet endroit suivent une tendance générale observable sur les stations du département avec deux hausses ciblées dans la journée, le matin et le soir correspondant au trafic pendulaire.

Compte tenu des conditions atmosphériques de la phase 2 (peu dispersives) et en comparaison aux stations de mesure fixe du Bas-Rhin, la mise en service de la VLS ne semble pas avoir eu un impact notable sur le NO_2 , traceur du trafic routier.



Synthèse (2/2)

Les PM10 ont été mesurées en continu uniquement sur le site de l'hôpital-IFSI. D'origine principalement résidentielle (45 % sur la communauté d'agglomération de Haguenau), leur émission est accrue en période hivernale en raison du recours au chauffage. Une hausse des niveaux est observée en phase 2 avec $23,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en phase 1. Mais tout comme le NO_2 , cette hausse est généralisée sur l'ensemble du département, en lien avec les conditions atmosphériques rencontrées en phase 2.

Le seuil journalier (information/recommandation) fixée à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassé sur le site uniquement en phase 2 au cours de deux journées (19 et 20/12/2022).

La part du trafic routier dans les émissions de PM10 étant inférieure à celle des activités résidentielles/tertiaires, et au regard des mesures aux stations fixes du réseau mais également des conditions atmosphériques spécifiques de la phase 2, il est difficile de tirer une conclusion sur l'impact de la mise en service de la VLS sur les niveaux en PM10.

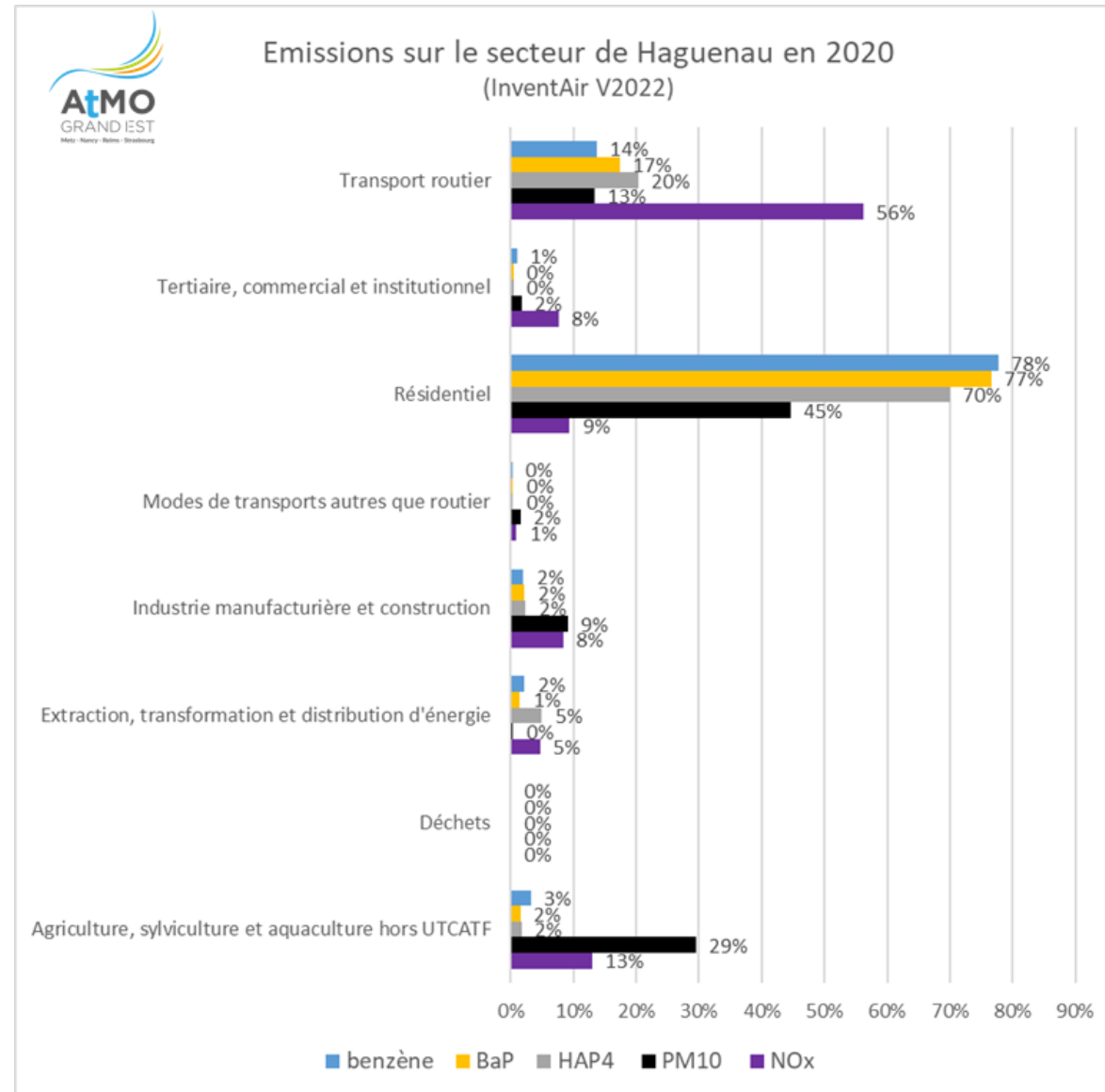
Les niveaux en benzène sur le site de l'hôpital-IFSI et au point PF4 (9 rue du Bildstein) sont similaires sur les deux campagnes et doublent entre les deux phases ($0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en phase 1 et $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en phase 2). Ils sont inférieurs à titre indicatif, sur chaque phase, à la valeur limite annuelle ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à l'objectif annuel de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En phase 2, l'augmentation suit la tendance d'une hausse généralisée de la pollution. Cependant, sur cette phase, les niveaux de benzène sont légèrement au dessus de ceux relevés à Reims dans un contexte d'influence trafic et semblables aux niveaux du Boulevard Clémenceau (influence trafic également) mesurés fin 2019. Avec les conditions atmosphériques rencontrées lors de la phase 2, il est difficile de conclure sur un éventuel impact de la mise en service de la VLS sur les niveaux de benzène.

Les aldéhydes mesurés sur le site de l'hôpital-IFSI ont des niveaux très faibles, dans la gamme des teneurs rencontrées en fond urbain non impacté par une activité industrielle émettrice.

Les HAP, au même titre que les PM10 sont davantage émis par le secteur résidentiel/tertiaire (77 %). Aussi, en hiver et particulièrement lors de la phase 2, les niveaux ont augmenté. Il est ainsi impossible de tirer une conclusion sur l'impact de la mise en service de la VLS sur les niveaux de HAP.

Pour l'ozone, polluant estival (car formé par réactions chimiques entre des composés gazeux précurseurs sous l'effet de la chaleur et du rayonnement solaire), sur ces phases hivernales, peu propices à sa formation, les niveaux mesurés demeurent très largement en deçà de l'objectif long terme pour la protection de la santé humaine fixé à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures (comparaison à titre indicatif car hors mesures quotidiennes durant une année).

Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés (secteur Haguenau)



Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés

Les oxydes d'azote NO_x

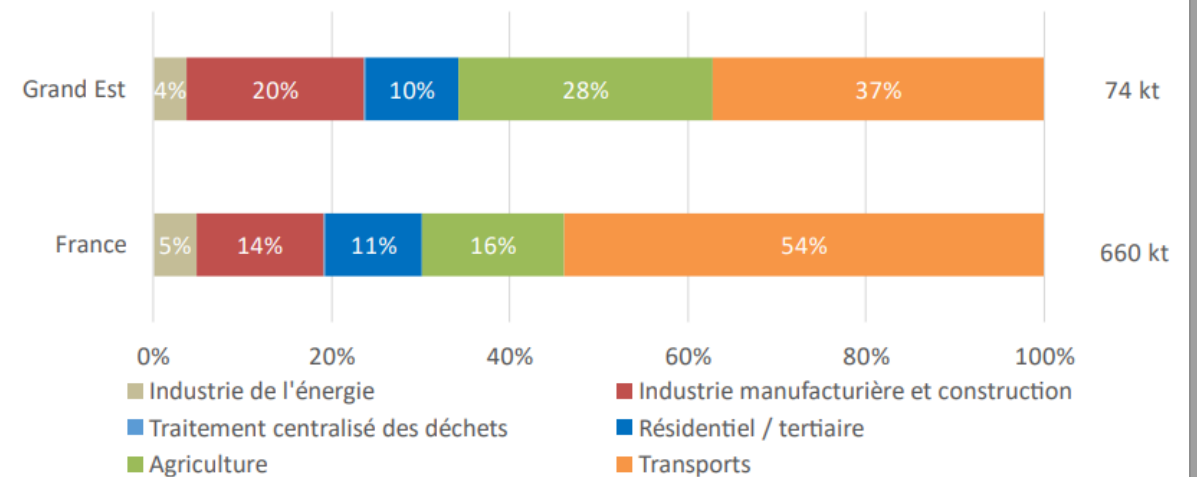
Le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂ sont émis lors de processus de combustion. Le NO₂ est issu de l'oxydation du NO. Dans le cadre de cette étude, il s'agit de l'oxydation de l'azote de l'air à température et pressions élevées en sortie de chambre de combustion du moteur (décollage et montée).

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 : 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.

Emissions de NOX totales et par secteur en kt en 2020



Source : CITEPA et ATMO Grand Est Invent'Air V2022

Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés

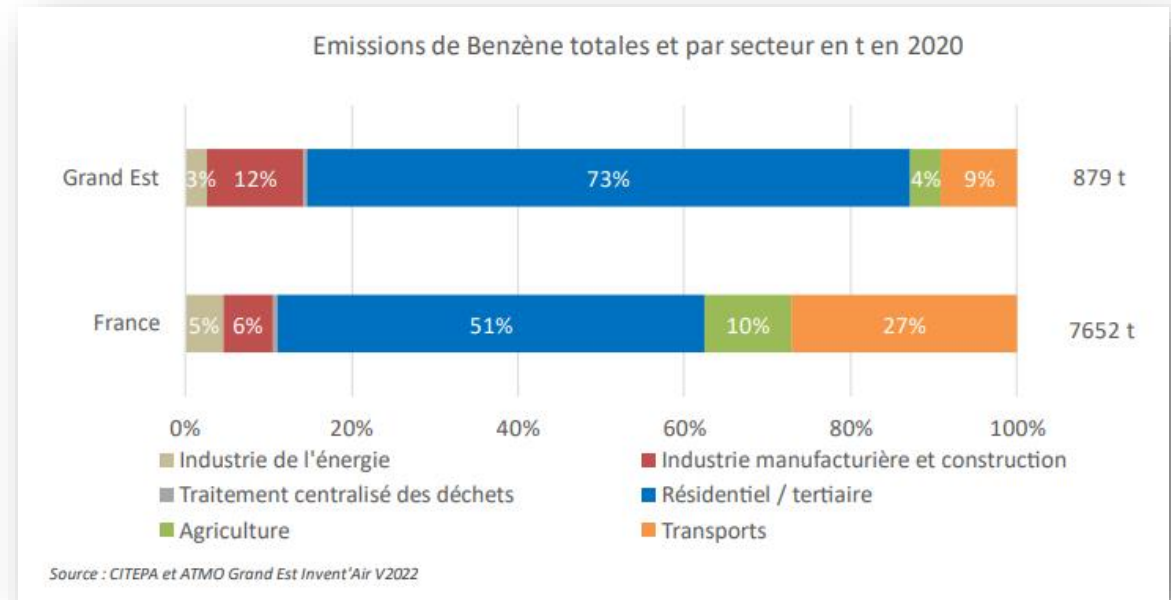
Benzène (C₆H₆) et COV non méthanique (COVNM)

Le benzène est contenu dans les produits pétroliers comme les essences et les fiouls. Il est rejeté lors de la combustion de ces combustibles ou par simple évaporation sous l'effet de la chaleur (réservoirs automobiles). Il est principalement émis par les transports routiers et dans une moindre mesure par les secteurs agricole (engins mobiles) et résidentiel/tertiaire (combustion de biomasse).

Les COV entrent dans la composition des carburants et de produits courants (peintures, encres, colles, détachants, cosmétiques, solvants etc. pour des usages ménagers, professionnels ou industriels). Leur présence dans l'air intérieur peut être aussi importante. Les COV sont également émis par le milieu naturel (végétation méditerranéenne, forêts) et certaines aires cultivées.

En région Grand Est : les émissions de benzène proviennent pour 73% du secteur résidentiel, l'industrie manufacturière représentant pour sa part 12%. Les COVNM sont issus des secteurs résidentiel et agricole pour respectivement 36% et 33%, suivi par le secteur industriel pour 26%.

Environnement : Les COV réagissent avec les oxydes d'azote, sous l'effet du rayonnement solaire, pour favoriser l'accumulation de l'ozone troposphérique (pollution photochimique). Cet ozone est nocif pour la santé (difficultés respiratoires, irritations oculaires, etc.). De plus, les COV sont aussi des gaz à effet de serre indirect



Santé : Les effets des COV sont multiples. Ils peuvent causer différents troubles soit par inhalation, soit par contact avec la peau (aldéhydes par exemple). Ils peuvent aussi entraîner des troubles cardiaques, digestifs, rénaux et nerveux. Enfin, certains COV comme le benzène, sont cancérigènes, tératogènes ou mutagènes.

Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés

Particules PM10

Elles ont des 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).

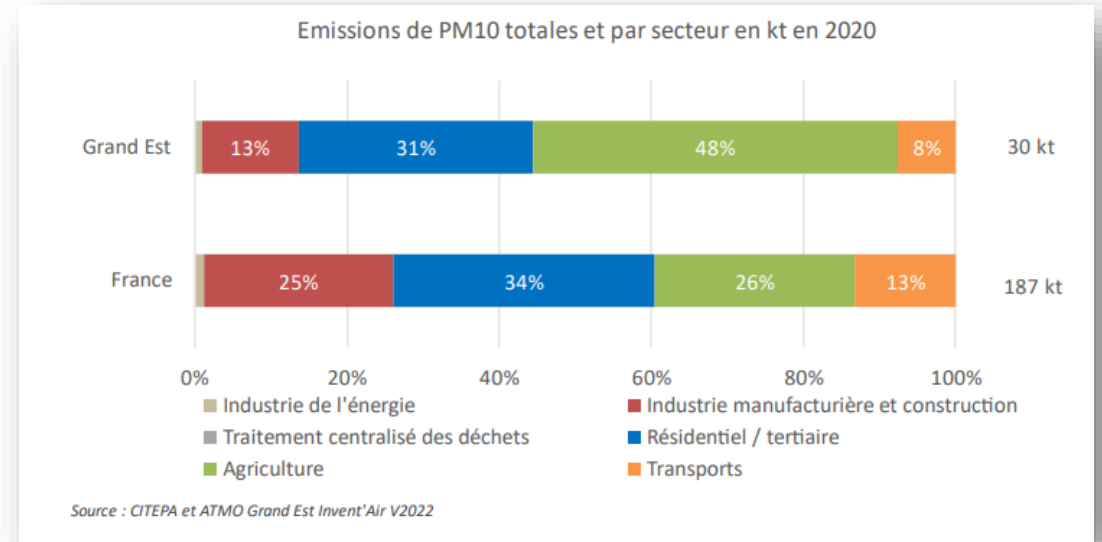
Dans le cadre de cette étude, les particules sont libérées par la combustion incomplète du kérozène, et du transport routier.

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 moins de 10%.

Environnement : 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.



Santé : Les PM 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.



Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés

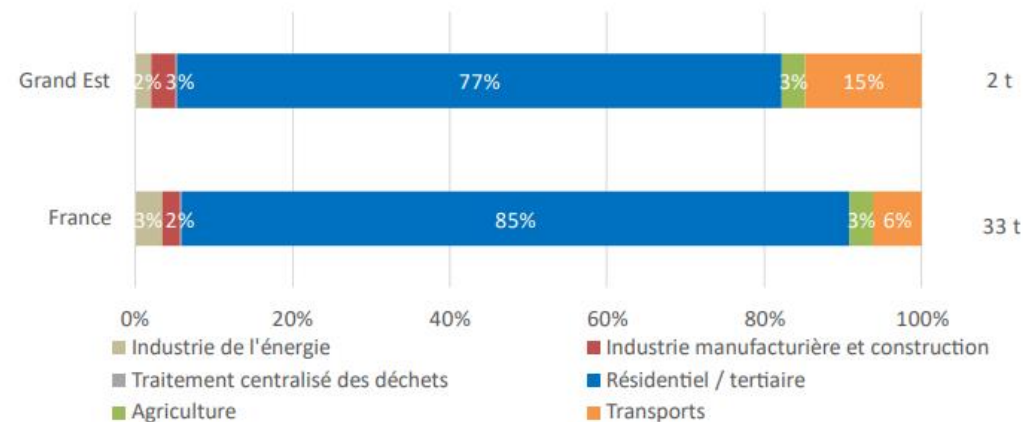
HAP

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont issus de tout processus de combustion incomplet aussi bien au niveau domestique (gaz d'échappement automobile, chauffage individuel, fumée de cigarette, aliments grillés et/ou fumés...) qu'industriel (fumées d'incinération, sidérurgie, raffinerie de pétrole, centrale électrique thermique, fumées de bitume...).

En région Grand Est : un secteur est dominant en 2020 : le résidentiel/tertiaire (77%). Le transport représente quant à lui 15% des émissions.

Environnement : Les HAP font partie des polluants organiques persistants (POP) qui recouvrent un ensemble de substances chimiques qui possèdent quatre propriétés principales. Ils sont persistants, bioaccumulables, mobiles et toxiques. Persistants, les HAP sont des composés résistants, ils se dégradent lentement et leur durée de vie dans l'environnement varie fortement d'un composé à l'autre. Les HAP vont donc s'accumuler dans les sédiments de par leur caractère hydrophobe mais aussi dans les organismes (graisses) et tout au long des chaînes alimentaires. Leur mobilité et la variété des sources de HAP sont à l'origine d'une présence assez importante de ces composés dans l'environnement. On en trouve ainsi, loin des points de rejet, dans les sols, les lits des rivières ou les lacs mais aussi, là où on n'en a jamais utilisé, dans les mers ou en Arctique, par exemple. Cette pollution des écosystèmes, des organismes vivants et de nombreuses denrées alimentaires entraîne une exposition à long terme d'une multitude d'espèces et des êtres humains.

Emissions de HAP4 totales et par secteur en t en 2020



Source : CITEPA et ATMO Grand Est Invent'Air V2022

Santé : La population est généralement exposée à un mélange de HAP. Actuellement, leurs effets sur la santé ne sont que partiellement connus. Les données disponibles montrent que certains HAP peuvent induire spécifiquement :

- de nombreux effets sur le foie, sanguins, immunologiques et provoquer la dégénérescence des artères ;
- et/ou des effets sur la reproduction, ainsi que des effets génotoxiques et cancérigènes.

Le B[a]P ou benzo(a)pyrène, l'un des HAP les plus connus, est classé comme agent cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Il est considéré comme traceur du risque cancérigène pour la famille des HAP. D'autres HAP sont également classés par le CIRC comme agents cancérigènes probables (groupe 2A) ou cancérigènes possibles (groupe 2B).

Annexe 1 : Caractéristiques des polluants mesurés

Ozone

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.

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.

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...

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...).

Annexe 2 : La réglementation indique les seuils à ne pas dépasser



Les seuils, établis pour la protection de la santé, sont à comparer avec les concentrations moyennes (horaires, journalières ou annuelles selon les cas) mesurées pour le polluant considéré.

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité (moyennes annuelles)	Valeurs cibles (moyennes annuelles)	Seuil information / recommandations	Seuils d'alerte	Niveaux critiques
Dioxyde d'azote (NO ₂)	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ En moyenne horaire : 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	40 µg/m ³	/	En moyenne horaire : 200 µg/m ³	En moyenne horaire : • 400 µg/m ³ dépassé sur 3 heures consécutives • 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain	/
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ En moyenne journalière : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	30 µg/m ³	/	En moyenne journalière : 50 µg/m ³	En moyenne journalière : 80 µg/m ³	/
Benzène (C ₆ H ₆)	En moyenne annuelle : 5 µg/m ³	2 µg/m ³	/	/	/	/
Benzo(a)pyrène (B(a)P)	/	/	1 ng/m ³	/	/	/

Polluant	Objectifs de qualité	Seuil information / recommandations	Seuils d'alerte	Valeur cible
Ozone (O ₃)	Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m ³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation, AOT 40 de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m ³ .h	En moyenne horaire : 180 µg/m ³	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m ³ sur 1 heure. Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m ³ dépassé 3 heures consécutives 2ème seuil : 300 µg/m ³ dépassé 3 heures consécutives 3ème seuil : 360 µg/m ³	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m ³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Seuil de protection de la végétation : AOT 40 de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m ³ .h en moyenne calculée sur 5 ans.



Les Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air – Synthèse de l'évaluation des risques – Mise à jour 2021 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) vient d'annoncer de nouveaux seuils relatifs à la qualité de l'air pour protéger l'environnement et la santé des populations.

POLLUANTS	Durée d'exposition et concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
	10 mn	15 mn	30 mn	1h	8h	24h	1 semaine	1 an
Dioxyde d'azote (NO ₂)						25		10
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)						45		15
O ₃					100			
Benzène (C ₆ H ₆)								1,7
Toluène (C ₇ H ₈)							260	
Xylènes						4 800		
Éthylbenzène (C ₈ H ₁₀)								22 000

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Seuil d'information et recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

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

Valeur limite : niveau fixé sur la base de connaissances scientifiques, 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 un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Objectif de qualité de l'air : niveau à atteindre à long terme et à maintenir 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 dans son ensemble.

Lignes directrices de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) : les lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air présentent des recommandations d'ordre général concernant les valeurs seuils des principaux polluants de l'air qui posent des risques pour la santé.

Annexe 4 : résultats des HAP

	Benzo(a)anthracène	Benzo(a)pyrène	Benzo(b)fluoranthène	Benzo(e)pyrène	Benzo(g,h,i)pérylène	Benzo(j)fluoranthène	Benzo(k)fluoranthène	Chrysène	Dibenzo(a,h)anthracène	Indeno(1,2,3-cd)pyrène
PHASE 1	0,21	0,28	0,54	0,38	0,47	0,38	0,25	0,33	0,03	0,40
PHASE 2	0,82	0,95	1,47	0,97	1,08	0,96	0,68	1,17	0,09	1,27

concentrations en HAP sur Haguenau (site hôpital-IFSI) en 2021 et 2022





AtMO

GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

Air • Climat • Energie • Santé

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

Tél : 03 88 19 26 66 - Fax : 03 88 19 26 67 - contact@atmo-grandest.eu

Siret 822 734 307 000 17 - APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air