



ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

MESURES DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR LES GARES DE PEAGES DE SAINT QUENTIN FALLAVIER ET VOREPPE

MESURES RÉALISÉES EN JANVIER ET FÉVRIER 2005



Gare de péage de Voreppe



Gare de péage de Saint Quentin Fallavier



Juin 2005



TABLE DES MATIERES

Introduction	2
1 La pollution atmospherique	3
1.1 POLLUANTS PROSPECTES	3
1.1.1 Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	3
1.1.2 Les oxydes d'azote (NOx).....	4
1.1.3 Les particules en suspension.....	5
1.1.4 Le monoxyde de carbone (CO).....	5
1.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV).....	5
1.1.6 Les métaux lourds	7
1.2 EFFETS DES POLLUANTS SUR LA SANTE ET SUR L'ENVIRONNEMENT	8
1.2.1 Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	9
1.2.2 Les oxydes d'azote (NOx).....	9
1.2.3 Les poussières en suspension.....	9
1.2.4 Le monoxyde de carbone (CO)	10
1.2.5 Les composés Organiques Volatils (COV).....	10
1.2.6 Les métaux lourds	10
1.3 LA REGLEMENTATION	11
1.3.1 HAP et métaux lourds.....	11
1.3.2 SO ₂ , NO ₂ , CO, PM ₁₀ et Benzène	12
1.4 LES EFFETS AGGRAVANTS DE LA METEO	13
2 Méthodologie adoptée	14
2.1 PERIODES DE MESURES	14
2.2 SITES DE MESURES	15
2.3 TECHNIQUES DE MESURES	16
2.3.1 Les mesures temporaires par laboratoires mobiles.....	16
2.3.2 Mesures par échantillonnage passif pour les BTX et les aldéhydes.....	17
2.3.3 Prélèvements de COV par canisters.....	17
2.3.4 Prélèvement par cartouches DNPH des aldéhydes	17
2.3.5 Mesures par prélèvements pour les HAP.....	17
2.3.6 Mesures par prélèvements pour les métaux lourds	17
2.3.7 Présentation des sites fixes de comparaison.....	18
3 Résultats des mesures	19
3.1 UNITES ET STATISTIQUES EMPLOYEES	19
3.2 CONDITIONS METEOROLOGIQUES	19
3.2.1 Vitesse du vent.....	20
3.2.2 Précipitations	21
3.3 NIVEAUX DE POLLUTION MESURES	22
3.3.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	22
3.3.2 Le monoxyde de carbone (CO).....	32
3.3.3 Les poussières en suspension (PM ₁₀).....	35
3.3.4 Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	39
3.3.5 Les COV : BTX, 1,3-butadiène et aldéhydes.....	43
3.3.6 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....	46
3.3.7 Les métaux lourds	48
4 Conclusion.....	49

INTRODUCTION

Dans le cadre du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail, la société AREA, société des autoroutes Rhône Alpes, souhaite mesurer l'exposition à la pollution atmosphérique des personnes travaillant sur les gares de péage de Saint Quentin Fallavier (A43) et Voreppe (A48).

Dans le cadre de cette étude, les réseaux de surveillance de la qualité de l'air en Isère (ASCOPARG et SUPAIRE) ont été sollicités pour effectuer des mesures de polluants en air ambiant et en air intérieur sur les sites des gares de péage de Saint Quentin Fallavier et de Voreppe.

Début 2005, ASCOPARG et SUPAIRE ont ainsi réalisé des mesures dans les gares de péage pour les polluants suivants :

- Le dioxyde de soufre (SO₂)
- Les oxydes d'azote (NO et NO₂)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Les composés organiques volatils (COV) :
 - BTX : Benzène, Toluène, Xylènes
 - Alcène : 1,3-butadiène
 - Aldéhydes : Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Acroléine, Propionaldéhyde, Benzaldéhyde
 - HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)
- Les poussières (PM₁₀) : Particules en suspension de taille inférieure à 10 µm.
- Les métaux lourds : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Sélénium (Se), Zinc (Zn), Plomb (Pb).

Les mesures ont été réalisées successivement sur les péages de Saint Quentin Fallavier puis de Voreppe. Le camion laboratoire a été installé sur les voies de circulation au niveau des cabines des péagers afin de mesurer l'influence maximale du trafic automobile sur la qualité de l'air. Un analyseur d'oxydes d'azote a aussi été installé à l'intérieur d'une cabine de péager à Saint Quentin Fallavier et à Voreppe.

Ce rapport présente l'ensemble des résultats obtenus en dressant un état de la qualité de l'air au niveau des gares de péages de Saint Quentin Fallavier et de Voreppe. Cette évaluation de la qualité de l'air a été réalisée sur des périodes de courtes durées, lors de périodes hivernales choisies et susceptibles d'être représentatives des niveaux élevés en polluants d'origine automobiles.

1 LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1.1 *Polluants prospectés*

Dans le cadre d'une étude de l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air, les polluants prospectés sont essentiellement les polluants primaires, directement émis par les sources de pollution. En concertation avec le Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble également sollicité par l'AREA, ASCOPARG et SUPAIRE ont réalisé les mesures des polluants primaires suivants :

- **Dioxyde de soufre (SO₂)**
- **Oxydes d'azote (NO et NO₂)**
- **Particules** : Poussières en suspension de taille inférieure à 10 µm (notées PM₁₀)
- **Monoxyde de carbone (CO)**
- **Composés Organiques Volatils (COV)** : Benzène (C₆H₆) et 1,3-butadiène
- **Aldéhydes** : formaldéhyde (CH₂O), Acétaldéhyde, Acroléine (CH₂=CH-CHO), Propionaldéhyde, Benzaldéhyde
- **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)** : 19 HAP dont le benzo(a)pyrène qui est le seul HAP réglementé en air ambiant.

Naphtalène	NAP
2-méthylnaphtalène	2-metNAP
Acénaphène	AC
Fluorène	FL
Phénanthrène	PHE
Anthracène	AN
Fluoranthène	FA
Pyrène	PY
2-méthylfluoranthène	2-metFA
Benzo(a)anthracène	BaA
Chrysène	CHR
Benzo(e)pyrène	BeP
Benzo(j)fluoranthène	BjFA
Benzo(b)fluoranthène	BbFA
Benzo(k)fluoranthène	BkFA
Benzo(a)pyrène	BaP
Dibenzo(a,h)anthracène	BBahA
Benzo(g,h,i)pérylène	BghiP
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	IP

- **Métaux lourds** : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Sélénium (Se), Zinc (Zn), Plomb (Pb)

1.1.1 **Le dioxyde de soufre (SO₂)**

Le dioxyde de soufre est considéré comme un indicateur de la pollution industrielle. Il provient essentiellement des combustibles fossiles contenant du soufre : fuels, charbon. Compte tenu du développement du nucléaire, de l'utilisation de combustibles moins chargés en soufre et des systèmes de dépollution des cheminées d'évacuation des fumées, les émissions de SO₂ dans l'air ambiant ont diminué de plus de 85% entre 1980 et 2003 (Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues – CITEPA – Février 2005).

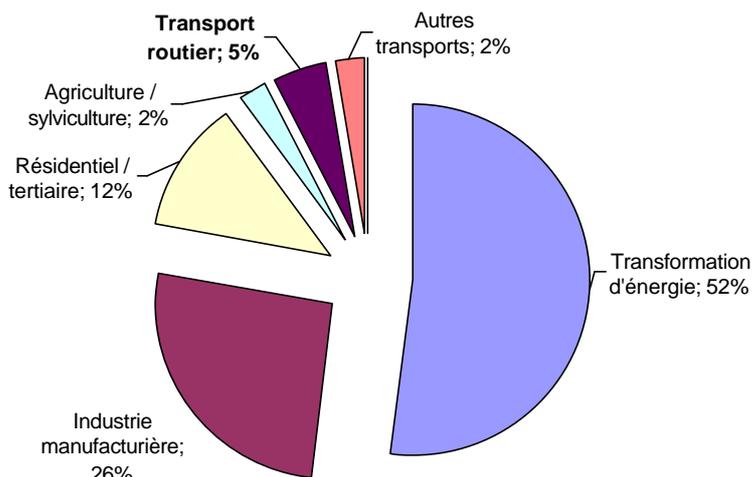


Figure 1.1 Estimation des émissions de SO₂ en France Métropolitaine en 2004 (CITEPA -2005)

La contribution des transports dans les émissions de SO₂ est en baisse régulière. Aujourd'hui, au niveau national, les transports ne représentent plus que 5% des émissions totales de SO₂.

1.1.2 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N₂) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et combustibles fossiles.

Le monoxyde d'azote, gaz incolore et inodore, est principalement émis par les véhicules à moteur thermique et se transforme rapidement par oxydation en dioxyde d'azote, gaz roux et odorant à forte concentration. La réaction est favorisée par le rayonnement Ultra Violet.

Au niveau national, le transport routier représente environ 47% des émissions d'oxydes d'azote. Bien que l'équipement des automobiles par des pots catalytiques favorise une diminution unitaire des émissions d'oxydes d'azote, les concentrations dans l'air ne diminuent guère compte tenu de l'âge du parc automobile et de l'augmentation constante du trafic.

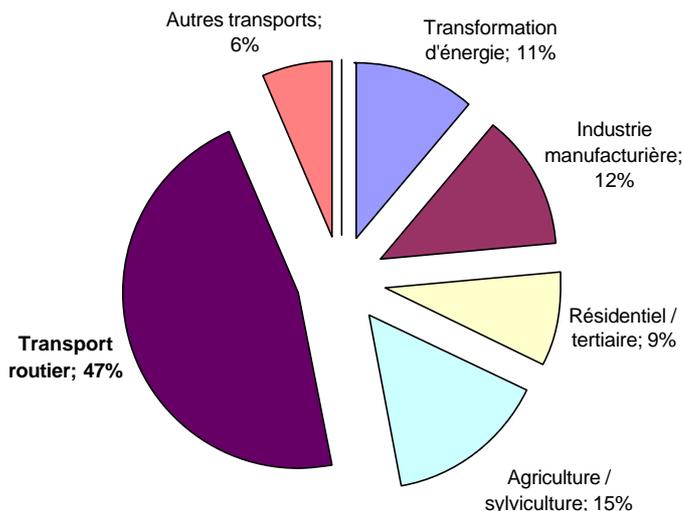


Figure 1.2 Estimation des émissions de NOx en France Métropolitaine en 2004 (CITEPA – 2005)

Les oxydes d'azote, avec les composés organiques volatils, interviennent dans le processus de formation de la pollution photo-oxydante et de l'ozone dans la basse atmosphère.

1.1.3 Les particules en suspension

Au niveau national, le transport routier représente environ 7% des émissions de poussières.

Les poussières en suspension proviennent de certains procédés industriels (incinérations, carrières, cimenteries), des chauffages domestiques en hiver mais majoritairement du trafic automobile (particules diesel, usures de pièces mécaniques et des pneumatiques...).

Les particules les plus fines (diamètre inférieur à 0,5µm) sont essentiellement émises par les véhicules diesel alors que les plus grosses proviennent plutôt de frottements mécaniques sur les chaussées ou d'effluents industriels.

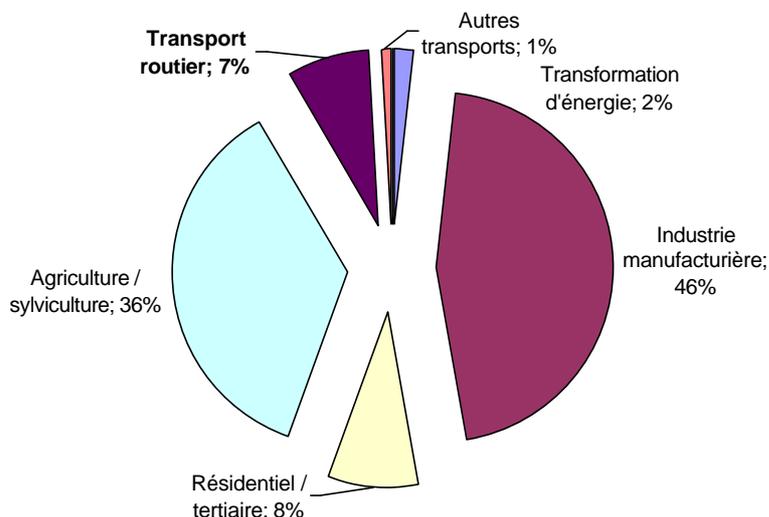


Figure 1.3 Emissions de poussières en France Métropolitaine en 2004 (CITEPA - 2005)

1.1.4 Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provient de la combustion incomplète des carburants et autres combustibles fossiles. Le CO est émis principalement en France par les transports routiers, l'industrie manufacturière, le résidentiel et tertiaire, l'agriculture et la sylviculture.

Les zones de garages, tunnels, parkings, ainsi que les habitations pénalisées par un mauvais fonctionnement d'appareils de chauffage sont particulièrement touchées par ce type de pollution primaire.

1.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV)

La famille des composés organiques volatils regroupe toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) comme le benzène (C₆H₆) et le toluène (C₇H₈), mais également celles où les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène comme par exemple pour les aldéhydes (R-CHO).

La sous-famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupe les molécules qui présentent des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

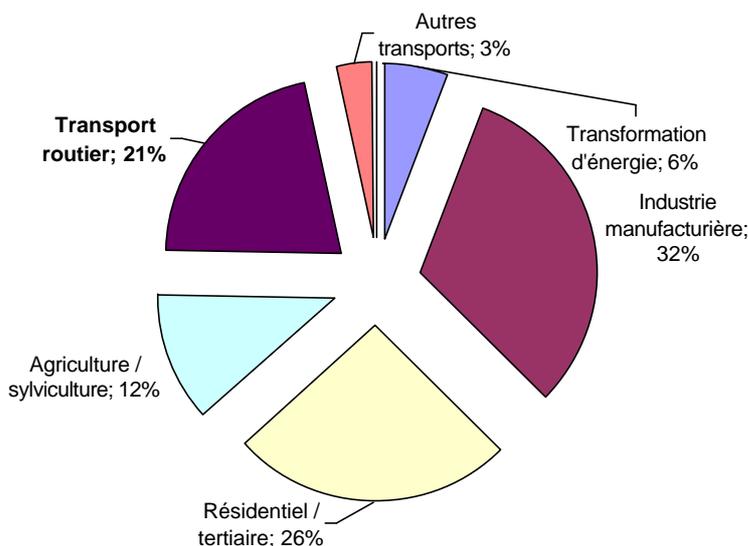


Figure 1.4 Emissions de COV en France Métropolitaine en 2004 (CITEPA – 2005)

Les sources naturelles de COV représentent à l'échelle planétaire environ 90% des rejets non méthaniques avec les émissions naturelles de la végétation (isoprènes et terpènes) ou d'autres phénomènes naturels (feux de forêts, éruptions volcaniques,...) mais, dans les régions industrialisées, à cause de la part importante des émissions anthropiques, ces sources deviennent minoritaires. Aujourd'hui, elles représentent en France seulement 16 % en moyenne des émissions totales.

En ce qui concerne l'activité humaine, ces composés sont émis sous forme de vapeurs issues de phénomènes de combustion à haute température (pots d'échappement, cheminées d'usine, fours,...), ou de simples évaporations (bacs de stockage pétroliers, solvants, insecticides, essences, vernis,...). D'après une étude du CITEPA réalisée en 2000 au niveau national, les transports routiers et l'industrie manufacturière, avec respectivement 23% et 26% des émissions totales en France, sont les principales sources anthropiques de COV non méthaniques.

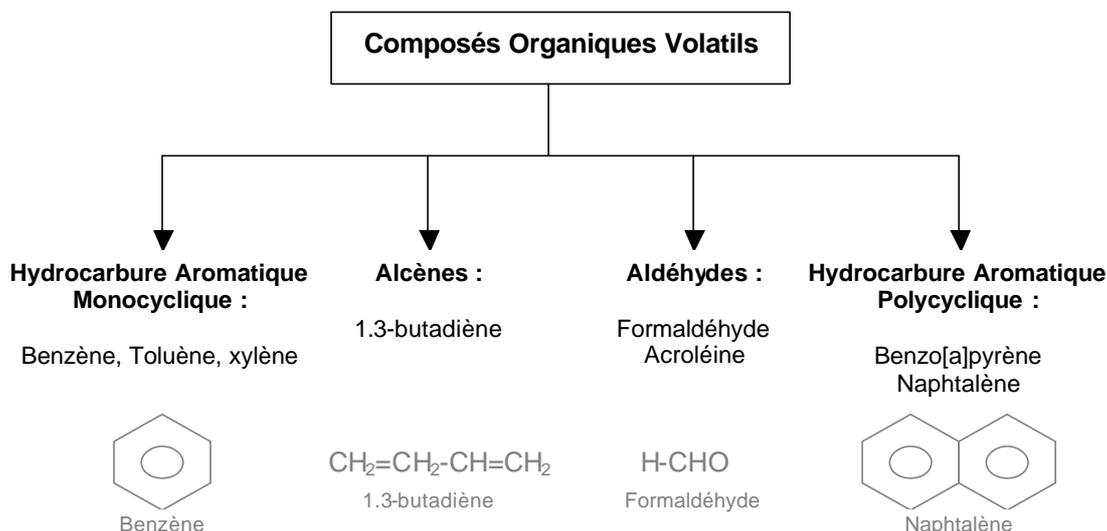


Figure 1.5 Les Composés Organiques Volatils (exemple de différents types de COV)

Dans le cas du **1.3-butadiène**, il est présent dans les émissions dues à la combustion de gaz et dans les gaz d'échappement (0,5 à 1,2% des émissions des gaz d'échappement).

Le **formaldéhyde** est formé naturellement dans l'air ambiant par l'oxydation des hydrocarbures. Cependant, une grande partie du formaldéhyde présent dans l'environnement résulte aussi des échappements non catalysés des automobiles.

Les **HAP (Benzo[a]pyrène, naphthalène,...)** sont générés lors de la combustion incomplète de matières organiques. Ces procédés comprennent notamment la combustion du bois, du charbon, ou des ordures ménagères mais aussi le fonctionnement des moteurs à essence ou des moteurs diesels.

1.1.6 Les métaux lourds

Les métaux lourds désignent les métaux toxiques de masse volumique supérieure à 4,5 g/cm³ (Plomb, Mercure, Cadmium, Chrome, Cuivre, Nickel, Sélénium, Zinc).

Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau et dans le sol. Comme le pétrole, le charbon et le bois contiennent presque tous les éléments chimiques et parmi eux aussi, les métaux lourds, en quantité différentes, il s'en suit que lors des procédés de combustion, ces métaux et/ou leurs composés parviennent dans l'air et peuvent atteindre le sol directement, souvent absorbés sur des aérosols ou absorbés dans les eaux de précipitations.

Les métaux particuliers d'origine anthropique sont émis dans l'air selon divers processus : soit de façon canalisée, soit sous forme diffuse à partir, par exemple, d'envols sur des aires de stockage ou lors de manipulation. Les phénomènes de réenvols sont également à prendre en compte.

Les incertitudes sur la quantification des flux d'émissions anthropiques de métaux sont hélas probablement élevés.

➤ Cadmium (Cd) :

Seulement trois secteurs contribuent aux émissions de ce polluant, dont un majoritairement :

- ✓ l'industrie manufacturière : 75% des émissions en France métropolitaine en 2002
- ✓ la transformation de l'énergie : 20%
- ✓ le résidentiel/tertiaire : 4%

Dans le secteur de la transformation de l'énergie, les émissions proviennent majoritairement des usines d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie.

La baisse constatée entre 1990 et 2002 s'explique par les progrès réalisés dans les secteurs industriels, en particulier dans les secteurs de la sidérurgie et de la première transformation des métaux ferreux, de la métallurgie des métaux non ferreux et dans le traitement des fumées des usines d'incinération d'ordures ménagères.

➤ Chrome (Cr) :

Seulement trois secteurs contribuent aux émissions de ce polluant, dont un majoritairement :

- ✓ l'industrie manufacturière : 93% des émissions en France métropolitaine en 2002
- ✓ le résidentiel/tertiaire : 6%
- ✓ la transformation de l'énergie : 2%

Les autres secteurs ont une contribution nulle ou très faible (l'agriculture/sylviculture, le transport routier, les autres transports et les autres secteurs anthropiques).

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, les émissions de chrome dans l'atmosphère sont issues principalement de la sidérurgie (85% des émissions totales de chrome pour la France métropolitaine en 2002). D'autres secteurs tels que la production de verre, de ciment, les fonderies représentent une part bien moindre par rapport au total national : 8% en 2002.

Par ailleurs, les traces de ce métal dans les combustibles conduisent au cours de la combustion à des émissions atmosphériques de chrome relativement faibles par rapport aux émissions de l'industrie manufacturière.

➤ Cuivre (Cu) :

Deux secteurs prédominent dans les émissions de cuivre : le transport routier et les autres transports avec respectivement 48% et 31% des émissions en France métropolitaine en 2002.

Les autres secteurs contribuent dans une moindre mesure :

- ✓ l'industrie manufacturière (13% des émissions totales en France métropolitaine en 2002),
- ✓ le résidentiel/tertiaire (5%),
- ✓ la transformation d'énergie (3%).

Les autres sources anthropiques n'émettent pas de cuivre. Les émissions du transport routier sont imputables entièrement à l'usure des plaquettes de frein alors que pour les autres transports, les émissions proviennent majoritairement du transport ferroviaire et en particulier de l'usure des caténaires.

➤ Nickel (Ni) :

Deux secteurs prédominent majoritairement dans les émissions de nickel : la transformation d'énergie (en particulier le raffinage de pétrole et la production d'électricité) et l'industrie manufacturière (les principaux sous-secteurs visés sont la métallurgie des métaux ferreux, l'agro-alimentaire, la chimie) avec respectivement 48% et 46% des émissions totales de la France métropolitaine en 2002. En 1990, cette

hiérarchie était inversée puisque l'industrie manufacturière représentait 55% des émissions totales de la France métropolitaine et la transformation d'énergie 38%. Les autres secteurs contribuent faiblement aux émissions de nickel. Les émissions de nickel proviennent essentiellement de la présence de ce métal à l'état de traces dans le fioul lourd.

➤ **Sélénium (Se) :**

Les émissions de sélénium sont induites uniquement par trois secteurs et dans des proportions différentes :

- ✓ l'industrie manufacturière avec 81% des émissions totales en France métropolitaine en 2002
- ✓ le résidentiel/tertiaire avec 15%
- ✓ la transformation d'énergie avec 5%

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, les émissions sont en majorité émises par le sous-secteur des minéraux non métalliques et des matériaux de construction qui représente, en 2002, 95% des émissions du secteur de l'industrie manufacturière. De plus, dans une moindre mesure, l'utilisation du fioul lourd a également une contribution en raison des traces de ce métal qu'il contient.

➤ **Zinc (Zn) :**

Les émissions sont engendrées par trois secteurs majoritairement :

- ✓ l'industrie manufacturière (80% des émissions totales en France métropolitaine en 2002),
- ✓ la transformation d'énergie (15%),
- ✓ le résidentiel/tertiaire (6%).

Les autres secteurs ont un impact très faible voir nul.

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, un secteur est largement prédominant. Il s'agit du sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux (86% des émissions du secteur de l'industrie manufacturière). Les autres sous-secteurs ont un impact beaucoup plus faible : le secteur métallurgie des métaux non ferreux représente 8% des émissions totales, le traitement des déchets 2%, les autres sous-secteurs de l'ordre de 1%, voir en dessous parfois.

En ce qui concerne la transformation d'énergie, les émissions sont induites en majorité par les incinérateurs d'ordures ménagères avec récupération d'énergie (95% des émissions du secteur de la transformation d'énergie en 2002).

1.2 Effets des polluants sur la santé et sur l'environnement

Dans une population donnée, tous les individus ne sont pas égaux face aux effets de la pollution. La sensibilité de chacun peut varier en fonction de l'âge, l'alimentation, les prédispositions génétiques, l'état de santé général.

D'autre part, l'effet des polluants n'est pas toujours complètement connu sur l'homme. Pour certains polluants, il existe une limite d'exposition au-dessous de laquelle il n'y a pas d'effet, comme pour le dioxyde de soufre. Pour d'autres, il n'y a pas de seuil car certains effets peuvent apparaître, selon les personnes, dès les faibles niveaux d'exposition (par exemple le benzène). Il a été démontré que la combinaison de plusieurs polluants (comme le SO₂ et le NO₂) pouvait abaisser les seuils de certains effets sur la santé.

Au niveau individuel, le risque lié à la pollution de l'air est beaucoup plus faible que celui lié à une tabagie active. Dans ce sens, les recherches sur les effets de la pollution distinguent souvent les populations de « fumeurs » et de « non-fumeurs ».

Le niveau d'exposition d'un homme varie également en fonction du temps passé à l'extérieur, des possibilités d'entrée des polluants dans l'atmosphère intérieure et du niveau de pollution généré à l'intérieur par les vapeurs de cuisine, les peintures, les vernis, les matériaux de construction.

L'évaluation des risques dus aux effets de la pollution est nécessaire chez les populations à haut risque comme les nourrissons, les enfants, les personnes âgées, les déficients respiratoires, les femmes enceintes et leur fœtus, les mal-nutris et les personnes malades. Ces personnes sont les premières touchées en cas de hausse de pollution.

L'influence de la pollution sur l'excès de mortalité est maintenant mieux connue sur l'homme. De récentes études sur l'impact de la santé en milieu urbain (notamment de l'Institut National de Veille Sanitaire¹) ont montré le lien entre pollution et mortalité. Ce lien est davantage marqué en ce qui concerne la mortalité due aux problèmes respiratoires et cardiovasculaires.

¹ Etude INVS – APHEIS – Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans 26 villes européennes - 2002

1.2.1 Le dioxyde de soufre (SO₂)

1.2.1.1 Effet sur la santé

Le mélange acido-particulaire peut, en fonction des concentrations, provoquer des crises chez les asthmatiques, accentuer les gênes respiratoires chez les sujets sensibles et surtout altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, toux).

1.2.1.2 Effets sur l'environnement

C'est un gaz irritant, incolore et soluble dans l'eau. En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique contribuant ainsi au phénomène de dépérissement de la végétation appelé « pluies acides » et à la dégradation du patrimoine bâti (monument en calcaire et en grès, vitraux).

1.2.2 Les oxydes d'azote (NO_x)

1.2.2.1 Santé

Seul le **dioxyde d'azote (NO₂) est considéré comme toxique** aux concentrations habituellement rencontrées dans l'air ambiant. Il pénètre dans les fines ramifications de l'appareil respiratoire et peut, dès 200 µg.m⁻³, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques. Chez les enfants, il augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

1.2.2.2 Environnement

Les oxydes d'azote contribuent également au **phénomène du dépérissement forestier** (« pluies acides »).

1.2.3 Les poussières en suspension

1.2.3.1 Santé

L'action des particules est irritante et dépend de leurs diamètres. Les grosses particules (diamètre supérieur à 10 µm) sont retenues par les voies aériennes supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10 µm, elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachée, bronches). Les plus fines (< 5 µm) pénètrent les alvéoles pulmonaires et peuvent, surtout chez l'enfant, **irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire**. Il existe une corrélation entre la teneur des particules et l'apparition de bronchites et de crises d'asthme. Les non-fumeurs peuvent percevoir des effets à partir de 200 µg.m⁻³ contre 100 µg.m⁻³ pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10 µm (PM₁₀) ou à 2,5 µm (PM_{2,5}).

Certaines substances se fixent sur les particules (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds) dont certaines sont susceptibles d'accroître les risques de cancer comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Les micro-particules diesel provoquent des cancers de façon certaine chez les animaux de laboratoire. Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC, 1989) et l'agence américaine de l'environnement (US EPA, 1994) ont classé les émissions de diesel comme étant probablement cancérogènes (classe 2A du CIRC chez l'homme).

1.2.3.2 Environnement

Les bâtiments subissent également les effets de la pollution avec notamment le **noircissement des façades dû aux particules diesel**.

1.2.4 Le monoxyde de carbone (CO)

1.2.4.1 Santé

Dans le sang, le CO entre en concurrence avec l'oxygène pour la fixation sur l'hémoglobine, conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A doses répétées, il provoque des intoxications chroniques (céphalées, vertiges, asthénies), et en cas d'exposition élevée et prolongée provoque la mort.

1.2.4.2 Environnement

Le monoxyde de carbone est un précurseur du CO₂ qui est un gaz à effet de serre.

1.2.5 Les composés Organiques Volatils (COV)

1.2.5.1 Santé

Les effets des composés organiques volatils sur la santé sont très divers selon la substance en présence : ils vont de la simple **gêne olfactive** à une **irritation des voies respiratoires** (HAP, aldéhydes,...), jusqu'à des **risques d'effets mutagènes et cancérigènes** (benzène, formaldéhydes,...).

1.2.5.2 Effets sur l'environnement

Les composés organiques volatils contribuent, au même titre que les oxydes d'azote, aux processus de **formation d'ozone** en tant que **précurseurs**.

1.2.6 Les métaux lourds

1.2.6.1 Santé

La toxicité aiguë d'un métal dépend de plusieurs facteurs : de la forme dans laquelle un élément se trouve, de la manière dont il est absorbé (par voie orale ou inhalation), du type d'organisme où il se trouve (par exemple plante, animal), de sa concentration à un certain endroit de l'organisme ou dans un organe déterminé.

L'accumulation des métaux lourds dans l'organisme provoque des effets toxiques à court et ou long terme (altération du système nerveux, des fonctions rénales, hépatiques, respiratoires,...).

1.2.6.2 Environnement

Les métaux lourds contaminent le sol et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques.

1.3 La réglementation

La stratégie de surveillance de la qualité de l'air **ambiant** doit répondre à plusieurs exigences réglementaires.

➤ **La réglementation européenne et en particulier à :**

- Directive cadre 96/62/CE du 27/09/96 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant.
- Directive fille 99/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour le SO₂, le NO₂, les NOx, les particules et le plomb dans l'air ambiant.
- Directive fille 00/69/CE du 16 novembre 2000 relative à la fixation de valeurs limites pour le benzène et le CO.
- Directive fille 2002/3/CE du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant.
- Directive 2003/4/CE concernant l'accès du public à l'information et en particulier en matière d'environnement.
- Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant.

➤ **La réglementation française :**

- La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie n°96-1236
- Le décret du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- Le décret du 15 février 2002 – transposition en droit français de la directive cadre européenne modifiant le décret 98-360 du 6 mai 1998.

➤ **La réglementation locale :**

- Arrêt préfectoral 2004-07969 – procédure de recommandation et alerte sur le territoire de l'Isère.

1.3.1 HAP et métaux lourds

La directive européenne 96/62/CE du 27 septembre 1996, concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air, prévoyait la prise en compte des **HAP et des métaux lourds** (Arsenic, Cadmium, Mercure et Nickel).

La commission européenne a publié en décembre 2004 la 4^{ème} directive fille « HAP et métaux lourds » (Directive 2004/107/CE du parlement européen et du conseil concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant). Cette directive définit des seuils d'évaluation (surveillance obligatoire là où les concentrations dépassent les seuils d'évaluation) pour les métaux et les HAP ainsi qu'une valeur cible (concentration dans l'air ambiant fixée dans le but de minimiser les effets nuisibles pour la santé des personnes et de l'environnement) pour le benzo[a]pyrène.

Le benzo[a]pyrène (BaP) représentant 40% de la toxicité des HAP, sa future valeur est fixée à 1ng.m⁻³ (en phase particulaire).

Directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004

Valeurs cibles

Polluant	Valeur à respecter en ng.m ⁻³	Période et statistiques pour le calcul
Arsenic	6	Moyenne annuelle
Cadmium	5	Moyenne annuelle
Nickel	20	Moyenne annuelle
Benzo[a]pyrène	1	Moyenne annuelle

Tableau 1-1 Valeurs cibles concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant

Décret français 2002-213 du 15 février 2002		
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en 2004		
Polluant	Valeur à respecter en ng.m ⁻³	Période et statistiques pour le calcul
Plomb	500	Moyenne annuelle

Tableau 1-2 Valeurs limites concernant le plomb dans l'air ambiant

1.3.2 SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ et Benzène

Pour les **SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ et benzène** une comparaison à la réglementation est effectuée par rapport aux **valeurs limites pour la protection de la santé humaine** définies dans le décret n°2002-213 du 15 février 2002 pour l'année **2004**.

Une **valeur limite** représente un niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Décret français 2002-213 du 15 février 2002		
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en 2004		
Polluant	Valeur à respecter en 2004 en µg.m ⁻³	Périodes et statistiques pour le calcul
SO ₂	380	Centile 99,7 (soit 24 heures de dépassement des 380 µg.m ⁻³ en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	125	Centile 99,2 (soit 3 jours de dépassement des 125 µg.m ⁻³ en moyenne journalière autorisés par année civile de 365 jours)
NO ₂	200	Centile 98 (soit 175 heures de dépassement des 200 µg.m ⁻³ en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	260	Centile 99,8 (soit 18 heures de dépassement des 260 µg.m ⁻³ en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	56	Moyenne annuelle
CO	10 000	Moyenne glissante sur 8 heures
PM ₁₀	65	Centile 90,4 (soit 35 jours de dépassement des 65 µg.m ⁻³ en moyenne journalière autorisés par année civile de 365 jours)
	44	Moyenne annuelle
Benzène	10	Moyenne annuelle

Tableau 1-3 Valeurs limites pour la protection de la santé humaine (Décret français 2002-213 du 15 février 2002)

Le décret 2002-213 du 15 février 2002 définit aussi des **objectifs de qualité**.

Un **objectif de qualité** représente un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

Décret français 2002-213 du 15 février 2002		
Objectifs de qualité		
Polluant	Valeur à respecter en 2004 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	Périodes et statistiques pour le calcul
SO ₂	50	Moyenne annuelle
NO ₂	40	Moyenne annuelle
PM ₁₀	30	Moyenne annuelle
Benzène	2	Moyenne annuelle

Tableau 1-4 Objectifs de qualité (Décret français 2002-213 du 15 février 2002)

1.4 Les effets aggravants de la météo

La qualité de l'air dépend en grande partie des conditions météorologiques (température, vent, précipitations), qui peuvent favoriser la dispersion des polluants, ou au contraire, les concentrer sur une zone particulière, comme c'est le cas du phénomène d'**inversion de température** (Figure 1.4):

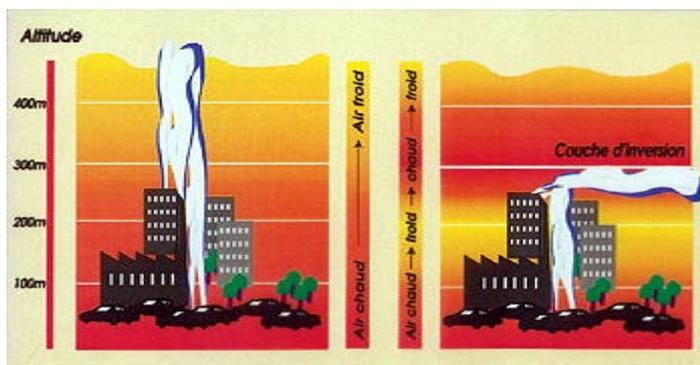


Figure 1.6 Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air

En situation normale, la température de l'air diminue avec l'altitude. L'air chaud contenant les polluants tend à s'élever naturellement (principe de la montgolfière) et les polluants se dispersent verticalement.

En situation d'inversion de température, le sol s'est refroidi de façon importante pendant la nuit (par exemple, l'hiver par temps clair). La température à quelques centaines de mètres d'altitude est alors supérieure à celle mesurée au niveau du sol. Les polluants s'accumulent donc sous un "couvercle" d'air chaud appelé couche d'inversion et, si le vent est faible, en l'absence de brassage vertical, la concentration des polluants au sol peut alors augmenter très rapidement.

Les périodes anticycloniques, caractérisées par un temps calme avec un vent faible, déjà peu propices à la dispersion des polluants, sont accompagnées parfois d'une inversion de température et peuvent ainsi concourir à une augmentation rapide de la pollution au niveau du sol (notamment en période d'hiver).

2 METHODOLOGIE ADOPTEE

2.1 Périodes de mesures

Le comportement des polluants atmosphériques locaux (transport et accumulation) est fortement lié aux conditions climatiques (pluviométrie, vent, température, ensoleillement).

Pour être représentatives et comparées aux normes annuelles en vigueur, les mesures de qualité de l'air doivent être au minimum de **8 semaines** et également réparties sur l'année de manière à répondre aux exigences des directives européennes concernant le SO₂, NO₂, PM₁₀, Plomb (directive 1999/30/CE du 22 avril 1999), le Benzène, CO (directive 2000/69/CE du 16 novembre 2000), HAP et métaux lourds (2004/107/CE du 15 décembre 2004).

Compte tenu des périodes de mesures choisies, l'estimation des statistiques annuelles et leur comparaison aux valeurs réglementaires annuelles n'est pas envisageable.

En revanche, les normes horaires et journalières pourront être utilisées pour situer les niveaux mesurés.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'exposition aux produits de combustion des émissions automobiles et diesel des receveurs péagers intervenant sur voies automatiques et des receveurs péagers en cabine.

Pour cette étude, il était convenu, en accord avec l'AREA de réaliser deux campagnes de mesures d'une semaine sur chaque gare de péage (Saint Quentin Fallavier et Voreppe). Lors de chaque campagne, il était prévu de réaliser des prélèvements (BTX et aldéhydes) d'une durée de 8 heures correspondant à la durée d'un poste de péager ainsi que des prélèvements d'une durée de 24 heures (HAP et métaux lourds). Ces prélèvements devaient s'effectuer lors de périodes favorables à l'observation de fortes concentrations de polluants.

Air ambiant	16/01/2005	17/01/2005	18/01/2005	19/01/2005	20/01/2005	21/01/2005	22/01/2005	23/01/2005	24/01/2005	25/01/2005	26/01/2005	27/01/2005	28/01/2005	29/01/2005	30/01/2005	31/01/2005	01/02/2005	02/02/2005	03/02/2005	04/02/2005	05/02/2005	06/02/2005	07/02/2005	08/02/2005	09/02/2005	10/02/2005	11/02/2005	12/02/2005	
Saint Quentin Fallavier		Campagne 1																											
Voreppe									Campagne 2																Campagne 3				

Prélèvements																													
HAP 24h													X																
Métaux lourds 24h													X														X		
BTX Canister 8h													X														X		
Aldéhydes Cartouche DNPH 8h													X														X		

NOx Cabine péager	16/01/2005	17/01/2005	18/01/2005	19/01/2005	20/01/2005	21/01/2005	22/01/2005	23/01/2005	24/01/2005	25/01/2005	26/01/2005	27/01/2005	28/01/2005	29/01/2005	30/01/2005	31/01/2005	01/02/2005	02/02/2005	03/02/2005	04/02/2005	05/02/2005	06/02/2005	07/02/2005	08/02/2005	09/02/2005	10/02/2005	11/02/2005	12/02/2005		
Saint Quentin Fallavier		Problème technique																												
Voreppe									Problème technique																					

Tableau 2-1 Dates des campagnes de mesures à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

Une campagne de mesures a été réalisée sur le site de Saint Quentin Fallavier (campagne n°1 : 17/01/05 au 21/01/05) et deux campagnes sur le site de Voreppe (campagne n°2 : 24/01/05 au 28/01/05 et campagne n°3 : 07/02/05 au 11/02/05).

Lors de la campagne n°1 à Saint Quentin Fallavier, les conditions météorologiques ont été mauvaises et ont conduit à l'annulation des 2 prélèvements qui devaient être effectués sur ce site.

Les conditions météorologiques n'étaient pas très bonnes au début de la campagne n°2 à Voreppe, un prélèvement sur les deux prévus a pu être effectué. Une 3^{ème} campagne, non prévue initialement, a du être programmée sur le site de Voreppe pour réaliser ce deuxième prélèvement.

En résumé, lors de chaque campagne à Voreppe, des prélèvements de 8 heures (BTX et aldéhydes) et 24 heures (HAP et métaux lourds) ont été effectués simultanément aux mesures du CHU afin d'estimer l'exposition d'un péager (le 28/01/05 de 5h à 13h et le 10/02/05 de 13h à 21h).

Ces prélèvements devant caractériser des périodes de fortes concentrations, les niveaux mesurés lors de ces prélèvements devaient être au moins supérieurs aux niveaux moyens mesurés lors de chaque campagne : $[\text{polluant}]_{8 \text{ heures}} > [\text{polluant}]_{\text{campagne}}$.

Des mesures de NOx ont aussi été effectuées dans les cabines de péager lors de chaque campagne. Cependant les mesures effectuées à Saint Quentin Fallavier et à Voreppe lors de la 1^{ère} campagne ne sont pas exploitables pour des raisons techniques.

2.2 Sites de mesures

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'exposition aux émissions automobiles des péagers. Les deux sites de mesures ont été placés au niveau des gares de péage de Saint Quentin Fallavier et de Voreppe. Le camion laboratoire a été installé sur une voie neutralisée pour cette étude.



Figure 2.1 Sites de mesures de Saint Quentin Fallavier et Voreppe

L'emplacement du camion laboratoire a été choisi pour être représentatif du maximum de pollution en air ambiant auquel peut être soumis un péager. Les véhicules arrivant sur le péage pouvaient circuler à gauche et à droite du camion laboratoire.

2.3 Techniques de mesures

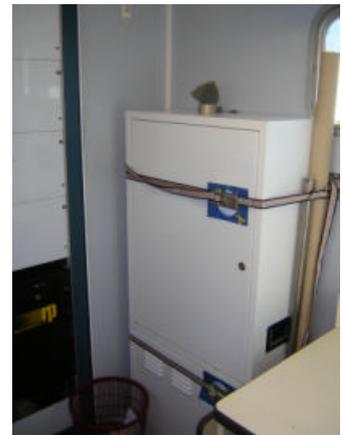
L'organisation d'ASCOPARG et de SUPAIRE suit les référentiels d'assurance qualité ISO 9001 et 17025. Toutes les dispositions prises pour le système assurance qualité sont applicables pour la présente étude, comme la maintenance du parc d'appareil de mesure par le service technique et l'élaboration et le suivi de la présente étude de qualité de l'air.

2.3.1 Les mesures temporaires par laboratoires mobiles

Les laboratoires mobiles (remorque, camion ou cabine) utilisés pour réaliser les contrôles ponctuels de la qualité de l'air dans le cadre d'études sont équipés des mêmes appareillages que ceux utilisés dans les stations fixes de mesures. Ces équipements sont climatisés en été et chauffés en hiver afin de respecter la température de fonctionnement des appareils. Les analyseurs sont calibrés tous les 15 jours à l'aide de gaz étalons reliés à la référence du Laboratoire National d'Essais (LNE), pour une qualité de mesure identique à celle pratiquée sur le réseau fixe.



Le laboratoire mobile sur le péage de Saint Quentin Fallavier



Vues de l'intérieur du laboratoire mobile

Figure 2.2 Différentes vues du camion laboratoire

L'ensemble nécessite un raccordement électrique (220V-16A), trouvé généralement à moins de 50m du lieu d'implantation. Les résultats de tous les analyseurs sont stockés dans une station d'acquisition, qui les transmet à un serveur informatique (via un modem-GSM) pour les incorporer dans la banque de données centrale régionale.

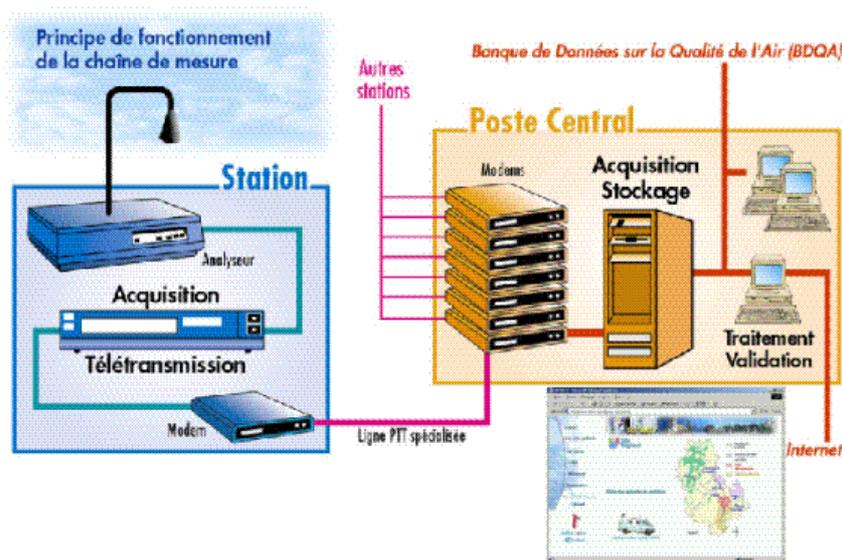


Figure 2.3 Principe de fonctionnement

Outre ces analyseurs permettant de connaître les concentrations en polluants atmosphériques, les laboratoires possèdent généralement un mât télescopique équipé d'appareils mesurant les principaux paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, température et hygrométrie). Ceci permet d'obtenir des informations importantes sur les conditions de dispersion à l'endroit où sont effectuées les mesures s'il n'y a pas de station météorologique à proximité.

2.3.2 Mesures par échantillonnage passif pour les BTX² et les aldéhydes

Par définition, l'échantillonnage passif est basé sur le transfert de matière d'une zone à une autre sans mouvement actif de l'air. Le contact de l'air à analyser avec le milieu réactif est dans ce cas induit par convection naturelle et diffusion (Loi de Fick).

Cette méthode qui donne une moyenne sur plusieurs jours (correspondant à la durée d'exposition du tube) est moins précise que les analyseurs de référence (mesure horaire en automatique et en continu), mais présente l'avantage d'être moins onéreuse.

Les échantillonneurs passifs tubes à diffusion (ou appelés échantillonneurs passifs) utilisés dans le cadre de cette étude sont fournis et analysés par la Fondazione Salvatore Maugeri (laboratoire de recherche en Italie).

Les tubes BTX et aldéhydes sont exposés dans l'air ambiant sur une période d'une semaine (définie selon les recommandations de la Fondazione Salvatore Maugeri), puis renvoyés pour analyse afin de déterminer la concentration du ou des polluants piégés.



2.3.3 Prélèvements de COV par canisters

Les technologies de prélèvement ne permettent pas un suivi en continu des concentrations de ces polluants sur toute la durée de chaque campagne. La technique de mesures pour les COV consiste à effectuer un prélèvement par canister.

Pour cette étude, les prélèvements ont été réalisés par les équipes techniques d'ASCOPARG et SUPAIRE et les analyses par l'Ecole des Mines de Douai (Département de Chimie et environnement).



2.3.4 Prélèvement par cartouches DNPH des aldéhydes

Le prélèvement des aldéhydes s'effectue à l'aide d'une cartouche imprégnée de DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine) qui est ensuite analysée à l'Ecole des Mines de Douai.

2.3.5 Mesures par prélèvements pour les HAP

Les HAP ont été mesurés à l'aide d'un préleveur qui piège les HAP en phase gazeuse à l'aide d'une mousse en polyuréthane et les HAP en phase solide sur un filtre. Les mousses et les filtres sont conditionnés et analysés par le laboratoire CARSO.



Lors de chaque campagne, les HAP sont échantillonnés de manière ponctuelle par trois prélèvements d'une durée de 24 heures.

La liste des HAP à analyser dans le cadre de cette étude comprend 14 HAP dont le benzo[a]pyrène qui est un cancérigène reconnu et réglementé.

2.3.6 Mesures par prélèvements pour les métaux lourds

² BTX: Benzène Toluène Xylène

Les métaux lourds ont été mesurés à l'aide d'un préleveur qui piège les métaux sur un filtre. Lors de chaque campagne, les métaux lourds sont échantillonnés par deux prélèvements d'une semaine. Les filtres sont fournis par l'Ecole des Mines de Douai et analysés par le laboratoire CARSO.



Les métaux analysés dans le cadre de cette étude sont :

- Cadmium (Cd)
- Chrome (Cr)
- Cuivre (Cu)
- Nickel (Ni)
- Sélénium (Se)
- Zinc (Zn)
- Plomb (Pb)

2.3.7 Présentation des sites fixes de comparaison

Afin d'évaluer les niveaux mesurés sur les gares de péage de Saint Quentin Fallavier et Voreppe, une comparaison peut être effectuée avec des stations fixes d'ASCOPARG, COPARLY et SUPAIRE. Cette comparaison permettra de situer les gares de péage par rapport à d'autres sites dont le comportement est bien connu.

Stations	Typologie	Emplacement / Réseau	Polluants mesurés					Métaux lourds
			SO ₂	NO _x	CO	PM ₁₀	COV	
Le Rondeau	 Trafic	Grenoble / ASCOPARG	x	x	x	x	BTX HAP	
Saint Martin d'Hères	 Urbain de fond	Saint Martin d'Hères / ASCOPARG	x	x		x		
Grenoble les Frênes	 Urbain de fond	Grenoble / ASCOPARG	x	x		x	BTX	x
Fontaine les Balmes	 Urbain de fond	Fontaine / ASCOPARG	x	x		x		
Bourgoin Jallieu	 Urbain de fond	Bourgoin Jallieu / SUPAIRE	x	x		x		
Versoud	 Péri-urbain	Versoud / ASCOPARG	x	x				
Voreppe Volouise	 Péri-urbain	Voreppe / ASCOPARG		x				

Tableau 2-2 Stations fixes de comparaison

Les stations  « **trafic** » sont situées à proximité immédiate du trafic automobile (axes importants comme l'A7 à Lyon pour le site de la Mulatière ou l'intersection entre la Rocade Sud et l'A480 à Grenoble pour le site du Rondeau) et représentent donc le niveau **maximum** de pollution d'exposition à la pollution liée au trafic automobile.

Une station  « **urbaine de fond** » permet de suivre l'exposition **moyenne** de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans les centres urbains.

Une station  « **péri-urbaine** » permet le suivi **moyen** d'exposition de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » à la périphérie du centre urbain.

Une station  « **rurale régionale** » participe à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population en milieu rural à la pollution atmosphérique «de fond », notamment photochimique, à l'échelle régionale.

3 RESULTATS DES MESURES

3.1 Unités et statistiques employées

Une surveillance de la qualité de l'air vise à mesurer la concentration des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ambiant. Cette concentration s'exprime en unité de masse par unité de volume d'air prélevé ramenée aux conditions normales de température et de pression. Les unités les plus couramment utilisées sont le **microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)**, soit le millionième de gramme par mètre cube.

L'analyse des résultats fait appel à différents paramètres statistiques dépendant des choix faits dans les textes réglementaires et permettant d'appréhender les effets de pointe ou les effets chroniques.

- **Moyenne horaire** = moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur
Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires qui la composent le sont.

- **Moyenne journalière** = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures
Une moyenne journalière est valide si au moins 18 valeurs horaires le sont.

- **Ecart-type** = Ecart-type de la moyenne horaire ou journalière

L'écart-type permet de connaître la façon dont les valeurs fluctuent autour de la moyenne (alternance de pointes de pollution et de valeurs faibles).

- **Percentile 50 (ou médiane)** = valeur dépassée par exactement 50% des données de la série statistique
Le percentile 50 est souvent utilisé dans la détermination des valeurs guides ou des valeurs limites.

- **Percentile 98** = valeur dépassée par seulement 2% des données de la série statistique
Le percentile 98, comme la valeur maximale, est un indice du taux de pointe de pollution.

3.2 Conditions météorologiques

Les concentrations de polluants dans l'atmosphère sont dépendantes à la fois de l'intensité de leurs émissions dans l'air et des conditions météorologiques.

La stabilité de l'atmosphère influe sur la distribution verticale des polluants, le vent sur la dispersion horizontale (transport des polluants par le vent), et les précipitations permettent un lessivage de l'atmosphère.

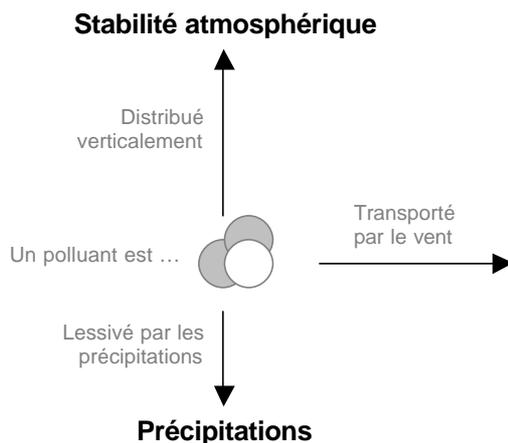


Figure 3.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

D'autres paramètres météorologiques (température, ensoleillement) peuvent aussi influencer sur la transformation chimique des polluants (oxydation des COV et cas de la pollution photochimique à l'ozone pendant l'été).

3.2.1 Vitesse du vent

Le vent permet la dispersion horizontale des polluants :

- Entre 0 et 1 m/s : la vitesse du vent est trop faible pour que la direction soit significative.
- Entre 1 et 2 m/s : la direction du vent est significative, mais sa force ne génère pas des conditions de dispersion notables.
- Supérieur à 2 m/s : la force du vent devient suffisamment significative pour créer de bonnes conditions de dispersion des polluants atmosphériques.

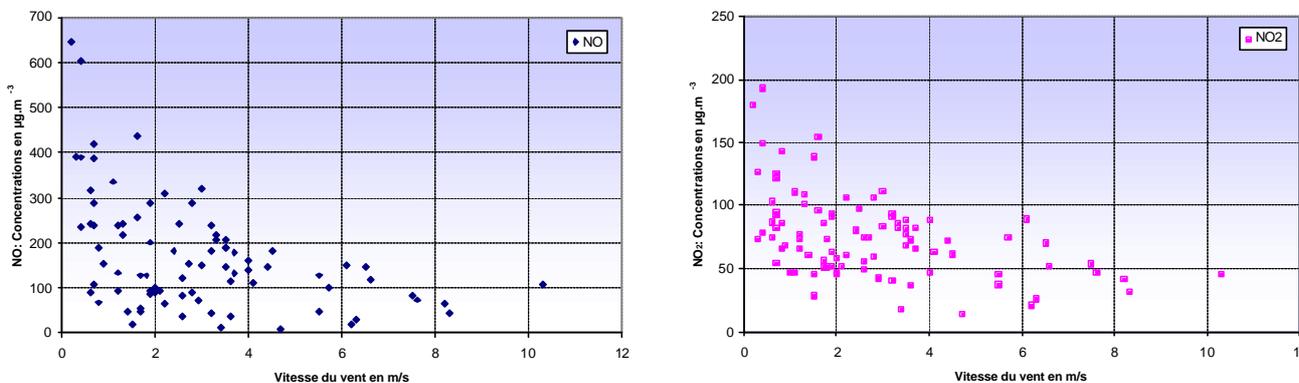


Figure 3.2 Corrélations entre la vitesse de vent à Saint Quentin Fallavier et les concentrations de NO et NO₂

Les statistiques des mesures de vitesse du vent effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant.

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% des données horaires valides	100%	100%	100%
Moyenne horaire (m/s)	3	2,5	1,9
Maximum horaire (m/s)	11	5,6	5,0
Percentile 98 horaire (m/s)	8	4,5	4,8
Médiane horaire (m/s)	2	2,4	1,9
Minimum horaire (m/s)	1	0,4	0,4
% de vents supérieurs à 2 m/s	53%	74%	43%

Tableau 3-1 Statistiques horaires des vitesses de vent à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

Les conditions météorologiques ont été favorables à la dispersion des polluants (vitesses moyennes supérieures à 2 m/s) pendant les campagnes n°1 à Saint Quentin Fallavier et n°2 à Voreppe. Cependant, les conditions météorologiques ont permis le 28/01/2005 la réalisation d'un prélèvement à Voreppe (Figure 3.3).

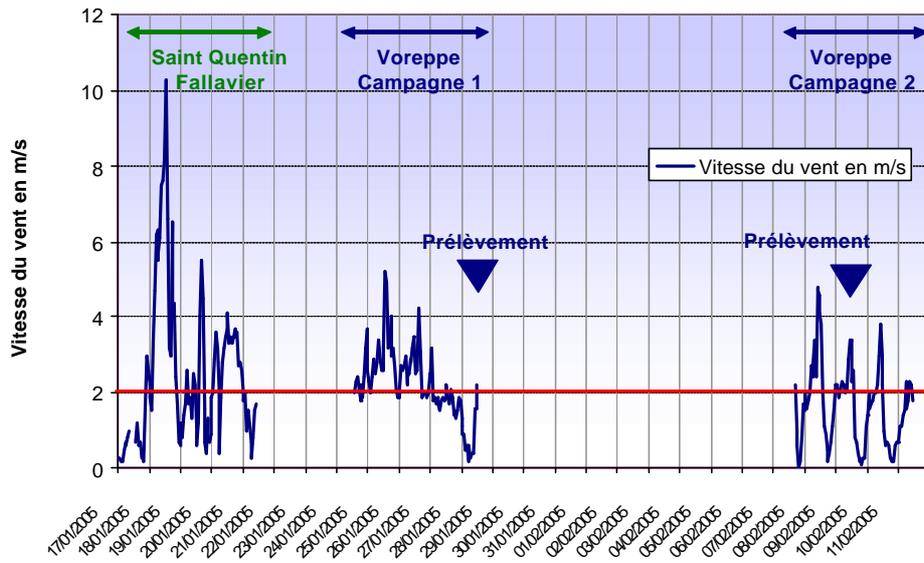


Figure 3.3 Vitesses de vent à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

3.2.2 Précipitations

Le temps était perturbé sur l'ensemble des départements du Rhône et de l'Isère pendant les campagnes de Saint Quentin Fallavier et au début de la campagne n°1 à Voreppe; à partir du 18/01/2005 les précipitations ont favorisé le lessivage de l'atmosphère. Les deux prélèvements qui devaient être effectués à Saint Quentin Fallavier ont été annulés.

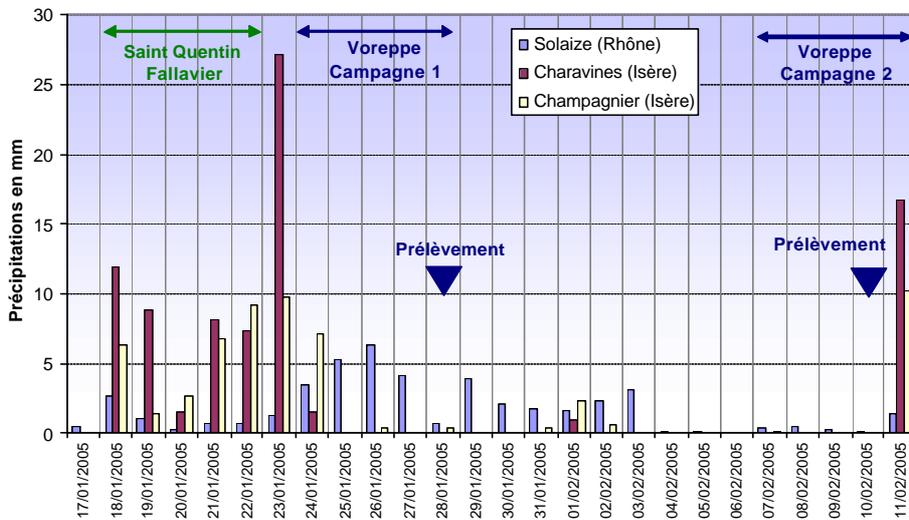


Figure 3.4 Précipitations à Solaize (Rhône), Charavines (Isère) et Champagnier (Isère)

3.3 Niveaux de pollution mesurés

Le chapitre suivant récapitule les niveaux de pollution mesurés en air ambiant par le camion laboratoire lors des 3 campagnes de mesures et en air intérieur dans les cabines (mesures des NOx uniquement).

3.3.1 Les oxydes d'azote (NOx)

3.3.1.1 Le monoxyde d'azote (NO) en air ambiant

Les statistiques des mesures de NO en air ambiant effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant. Les trois campagnes de mesures montrent des résultats bien différents.

NO	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% de données horaires valides	100%	99%	100%
Moyenne horaire en $\mu\text{g.m}^{-3}$	173	43	190
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	645	459	477
Percentile 98 horaire	547	239	429
Percentile 50 horaire	139	21	159
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	10	0	31

Figure 3.5 Statistiques horaires du NO à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

Dans le cas d'un site à proximité du trafic automobile, les concentrations des polluants d'origine automobile sont directement liées à l'intensité des émissions, et donc au trafic automobile, mais aussi aux conditions météorologiques (stabilité de l'atmosphère, dispersion des polluants par le vent ou lessivage par les précipitations).

Sur les deux sites de Saint Quentin Fallavier et Voreppe, les concentrations de NO sont directement liées au trafic automobile sur les péages ; elles augmentent la journée avec l'accroissement du trafic automobile et sont plus faibles la nuit avec la diminution du trafic. Les niveaux de NO les plus importants sont généralement mesurés le matin entre 8h et 11h ; pendant cette période les émissions sont importantes et les conditions météorologiques ne sont pas favorables à la dispersion des polluants (inversion de température, vitesse de vent faible).

Si les conditions météorologiques avaient été moins favorables à la dispersion des polluants, les concentrations de NO mesurées à Saint Quentin Fallavier auraient pu être plus importantes. Les mauvaises conditions météorologiques ont conduit à l'annulation des deux prélèvements qui devaient être effectués à Saint Quentin Fallavier.

Néanmoins, les niveaux mesurés à Saint Quentin Fallavier ($173 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne sur la campagne n°1) sont nettement supérieurs à ceux mesurés en milieu urbain de fond à Bourgoin Jallieu ($24 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne lors de la campagne 1).

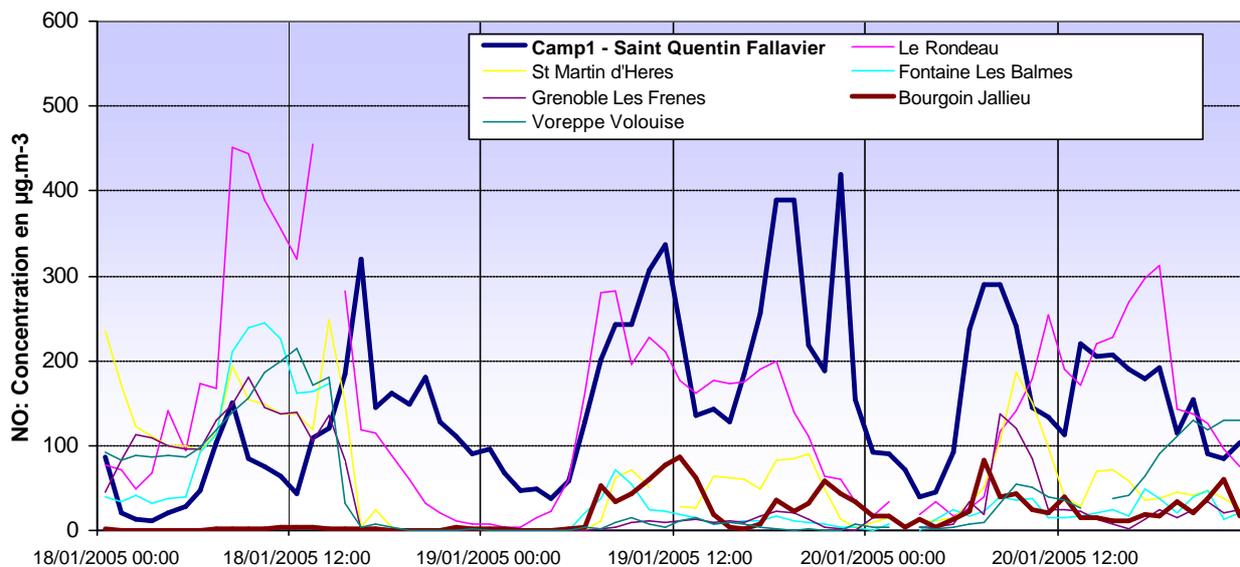


Figure 3.6 Concentrations horaires de NO lors de la campagne n°1 (Saint Quentin Fallavier)

Lors de la campagne n°2 à Voreppe, les conditions météorologiques ont été particulièrement favorables à dispersion des polluants (précipitations importantes).

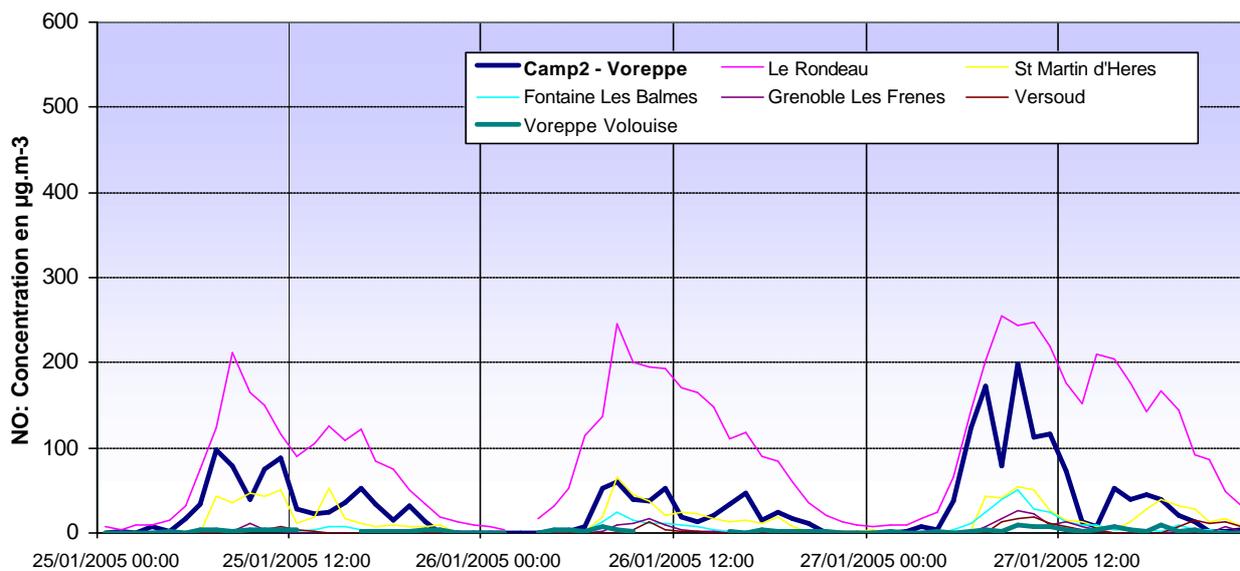


Figure 3.7 Concentrations horaires de NO lors de la campagne n°2 (Voreppe)

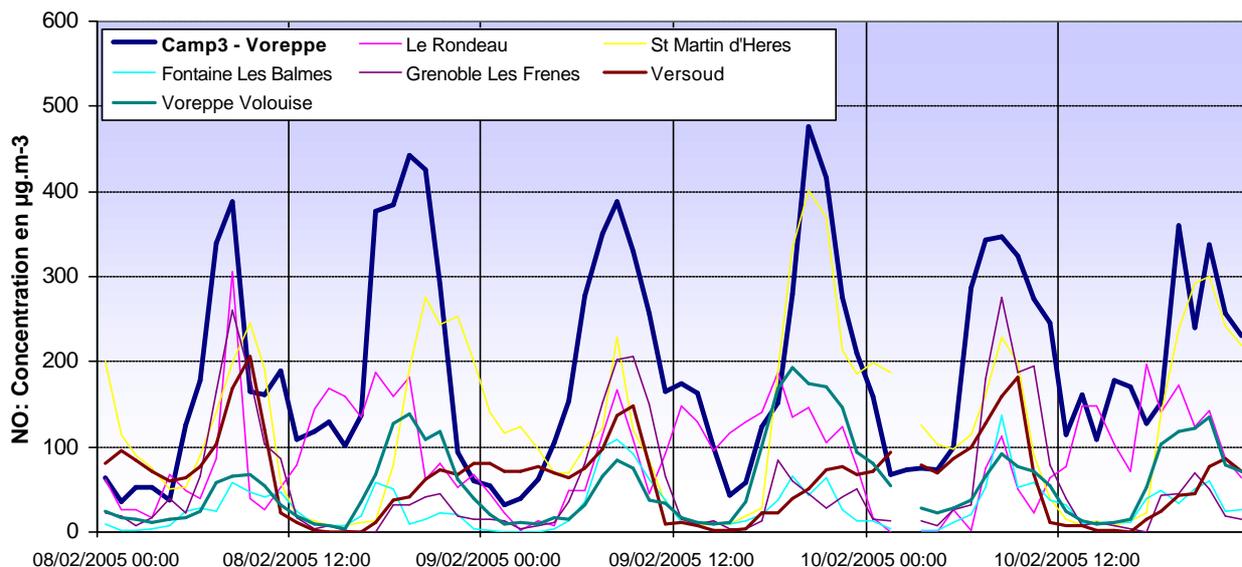


Figure 3.8 Concentrations horaires de NO lors de la campagne n°3 (Voreppe)

Les niveaux mesurés à Voreppe lors de la troisième campagne ont été bien supérieurs à la deuxième campagne ; la concentration moyenne de NO lors de la deuxième campagne était de 43 µg.m⁻³ contre 190 µg.m⁻³ lors la troisième campagne.

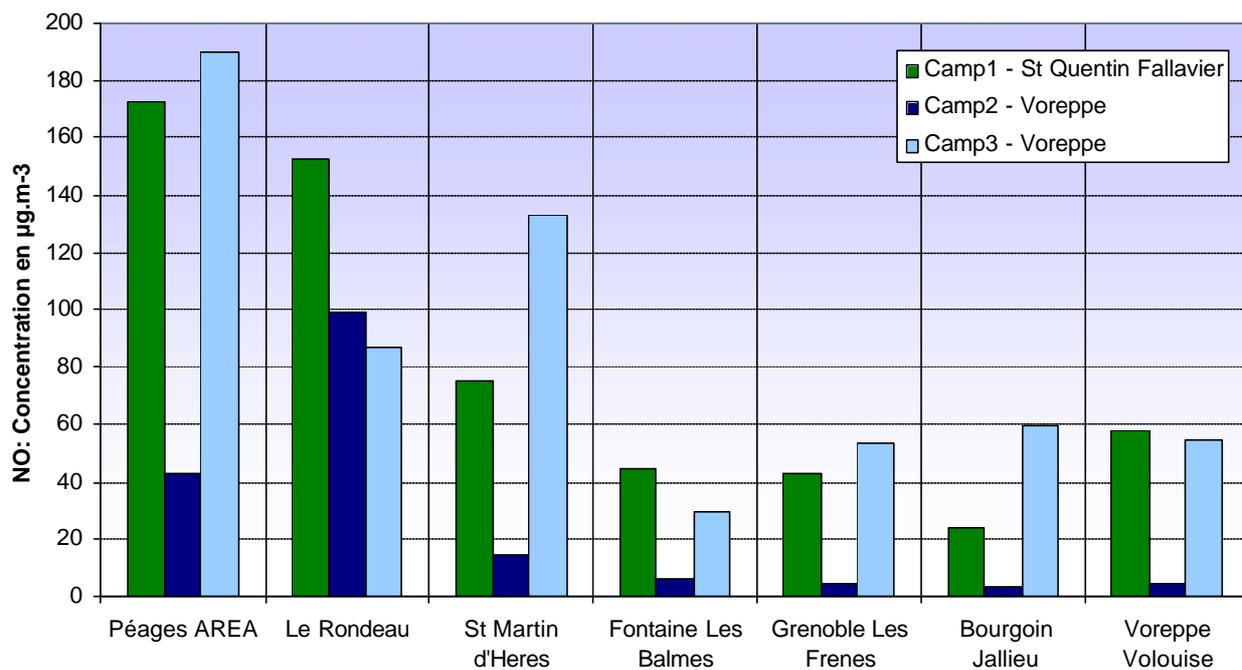


Figure 3.9 Concentrations moyennes de NO mesurées sur les péages de Saint Quentin Fallavier (campagne 1) et Voreppe (campagne 2 et 3), comparaison aux sites de référence

Validation des périodes de prélèvements de COV et métaux lourds :

Lors de la campagne n°2 à Voreppe, un prélèvement a été effectué le 28/01/2005 de 5 heures à 13 heures (heures locales). Un deuxième prélèvement a été effectué à Voreppe de 13h à 21h lors de la campagne n°3. Lors des deux prélèvements, les niveaux mesurés sont nettement supérieurs à ceux mesurés en milieu urbain (Figure 3.9) et les niveaux en NO sont supérieurs à ceux des périodes complètes de mesures ; ce qui valide le choix de la période de prélèvement.

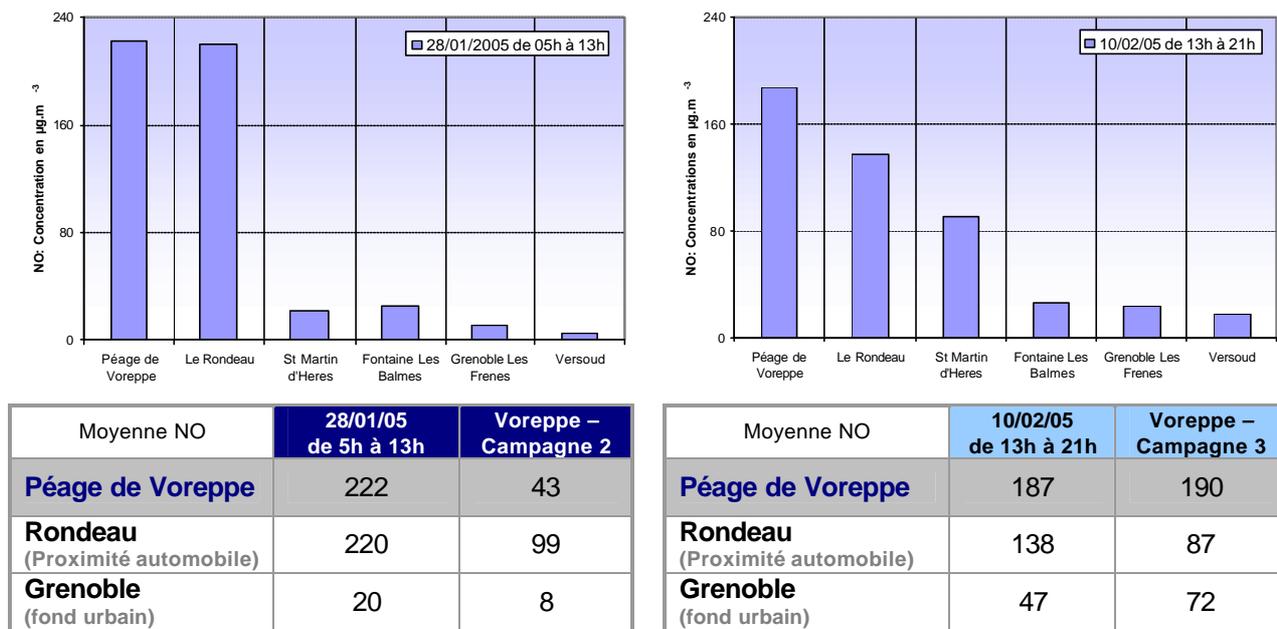


Figure 3.10 Evolution de la concentration moyenne de NO mesurée à Voreppe lors des prélèvements du 28/01/05 de 5h à 13h et du 10/02/05 de 13h à 21h

3.3.1.2 Le monoxyde d'azote (NO) dans une cabine de péager à Voreppe

Un analyseur a aussi été installé dans une cabine de péager sur le site de Voreppe. Les mesures montrent que les concentrations de NO sont plus importantes dans les cabines de péagers que dans l'air ambiant du péage (+18% sur l'ensemble de la campagne n°2 à Voreppe).

La nuit, les concentrations de NO sont équivalentes entre l'air ambiant et l'air dans la cabine du péager. Lors des heures de pointe, les concentrations de NO dans la cabine de péager sont bien plus importantes que d'air ambiant (par exemple, le 10/02/2005 à 18h30 la concentration de NO dans l'air ambiant est de 457 µg.m⁻³ alors qu'elle est de 746 µg.m⁻³ dans la cabine de péager).

La présence du NO en concentration supérieure à celle de l'air ambiant montre que l'air dans les cabines de péager est influencé par les gaz d'échappement des véhicules.

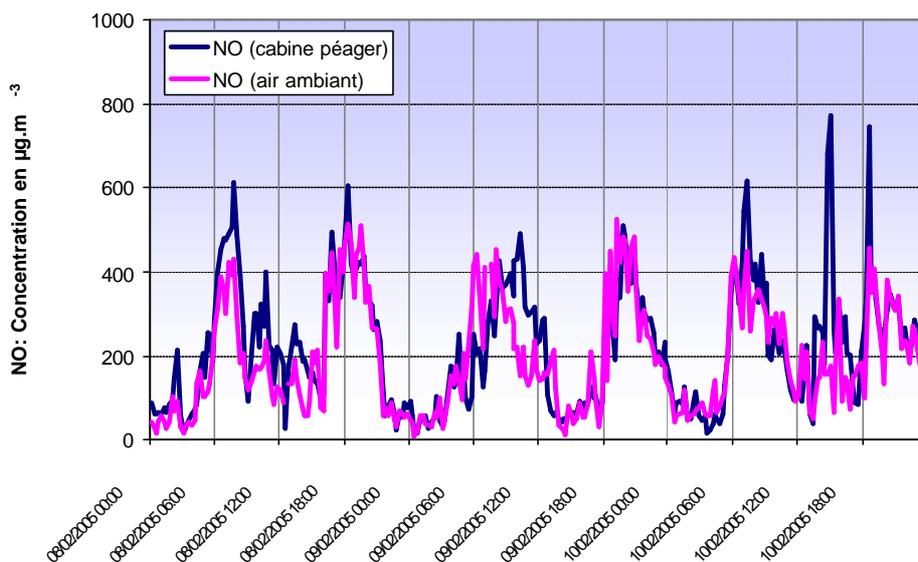


Figure 3.11 Evolution de la concentration de NO sur le site de Voreppe (air ambiant) et dans la cabine de péager pendant la campagne de mesure n°2 (péage de Voreppe)

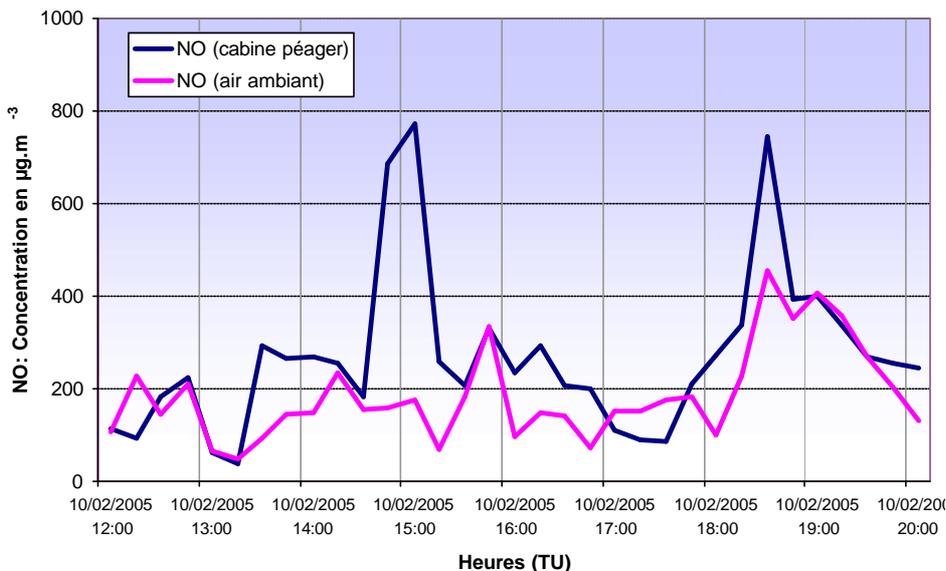


Figure 3.12 Evolution de la concentration de NO sur le site de Voreppe et dans la cabine de péager pendant le prélèvement du 10/02/05 de 13h à 21h

NO	Prélèvement du 28/01/05 de 5h à 13h		Prélèvement du 10/02/05 de 13h à 21h	
	Air ambiant	Cabine de péager	Air ambiant	Cabine de péager
% de données valides	100%	Pas de mesure	100%	100%
Moyenne en µg.m ⁻³	222		187	275
Maximum en µg.m ⁻³	459		360	770
Percentile 98 en µg.m ⁻³	446		343	755
Percentile 50 en µg.m ⁻³	195		166	255
Minimum en µg.m ⁻³	43		108	36

Tableau 3-2 Statistiques horaires du NO lors des prélèvements à Voreppe

3.3.1.3 Le dioxyde d'azote (NO₂) en air ambiant

Les statistiques des mesures de NO₂ effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant. Les trois campagnes de mesures montrent aussi des résultats bien différents.

NO ₂	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% de données horaires valides	100%	99%	100%
Moyenne horaire en µg.m ⁻³	76	29	95
Maximum en µg.m ⁻³	193	134	169
Percentile 98 horaire	160	113	166
Percentile 50 horaire	74	25	92
Minimum en µg.m ⁻³	14	4	47

Tableau 3-3 Statistiques horaires du NO₂ à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

Comme pour le NO, les conditions météorologiques ont été favorables à la dispersion des polluants dont le NO₂ lors des campagnes de Saint Quentin Fallavier et lors de la campagne n°2 à Voreppe.

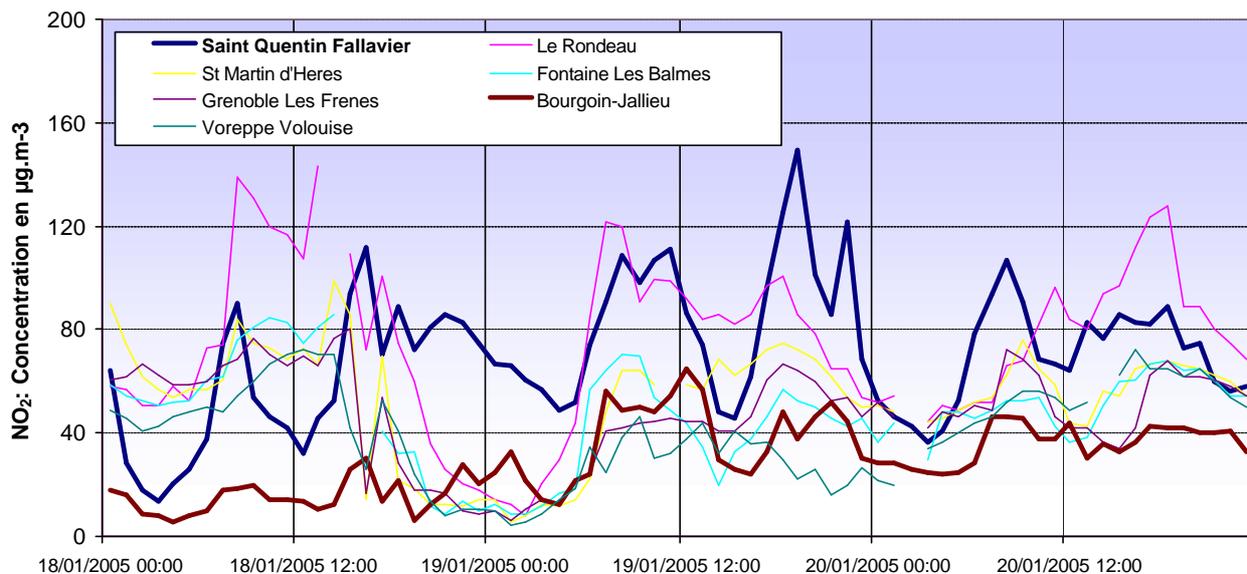


Figure 3.13 Concentrations horaires de NO₂ à Saint Quentin Fallavier (campagne n°1)

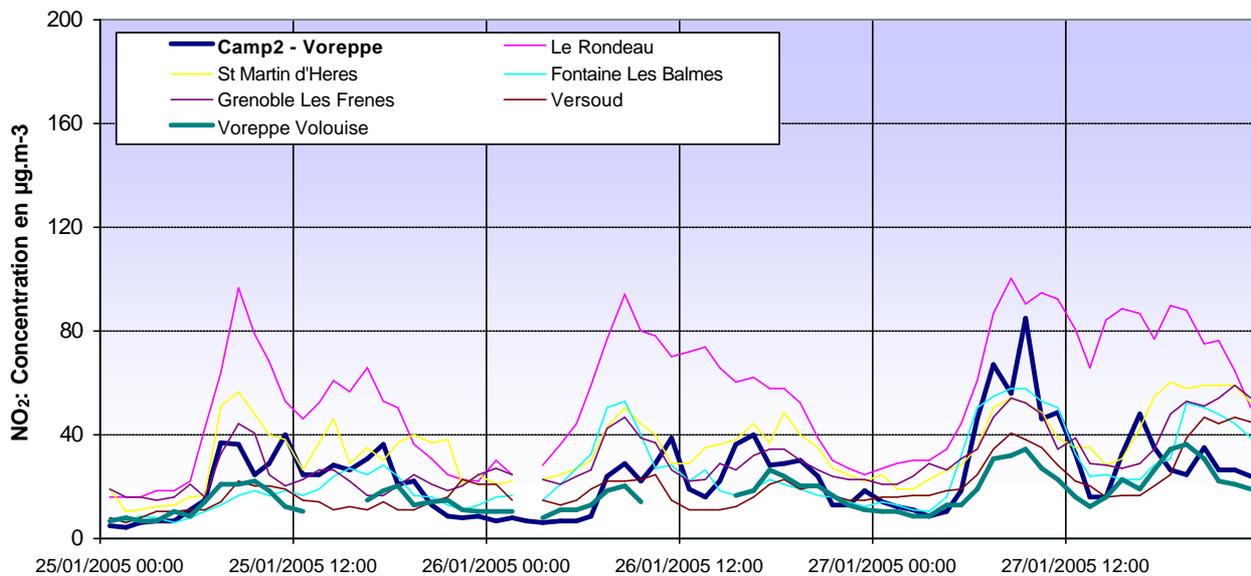


Figure 3.14 Concentrations horaires de NO₂ à Voreppe (campagne n°2)

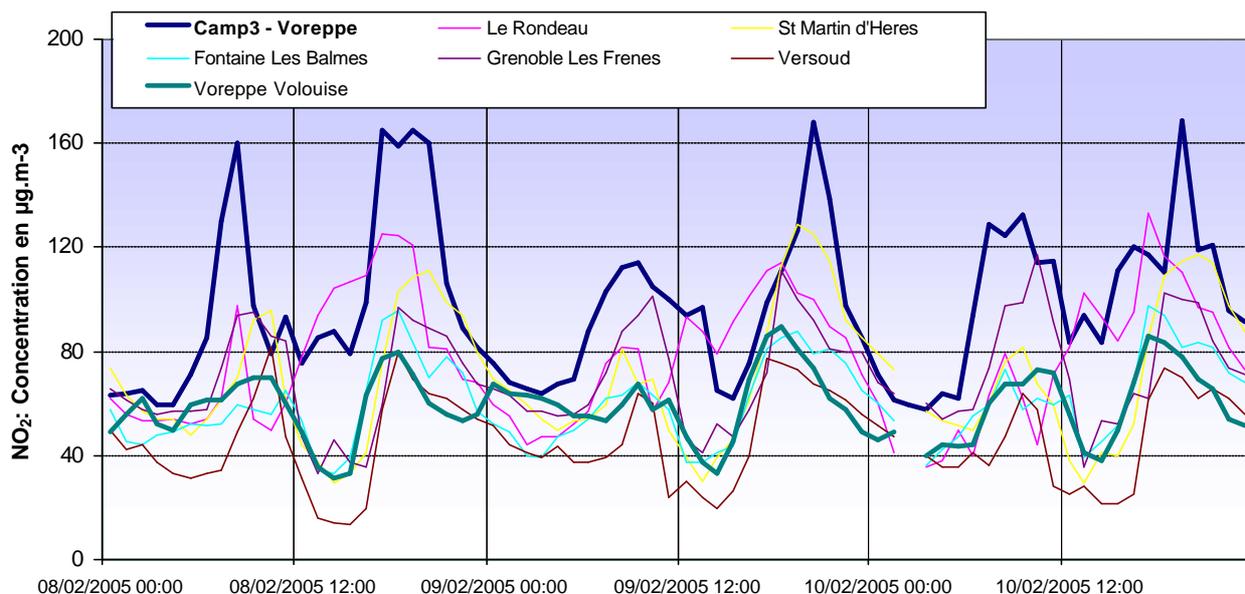


Figure 3.15 Concentrations horaires de NO₂ à Voreppe (campagne n°3)

Pour la campagne n°3 à Voreppe, les conditions météorologiques étaient plus favorables à l'observation de fortes concentrations de NO₂. Entre la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne, les concentrations de NO₂ ont été multipliées par 3 sur le site du Voreppe (de 29 µg.m⁻³ lors de la 1^{ère} campagne à 95 µg.m⁻³ lors de la 2^{ème} campagne).

Cette 2^{ème} campagne est caractéristique des forts niveaux de NO₂ qui peuvent être mesurés, sans toutefois être caractéristique des niveaux maximaux de NO₂. Ainsi lors de la campagne n°2 à Voreppe, les concentrations mesurées sur le site du Rondeau était de 76 µg.m⁻³, concentration qui est dépassée sur ce site pendant 19% de l'année.

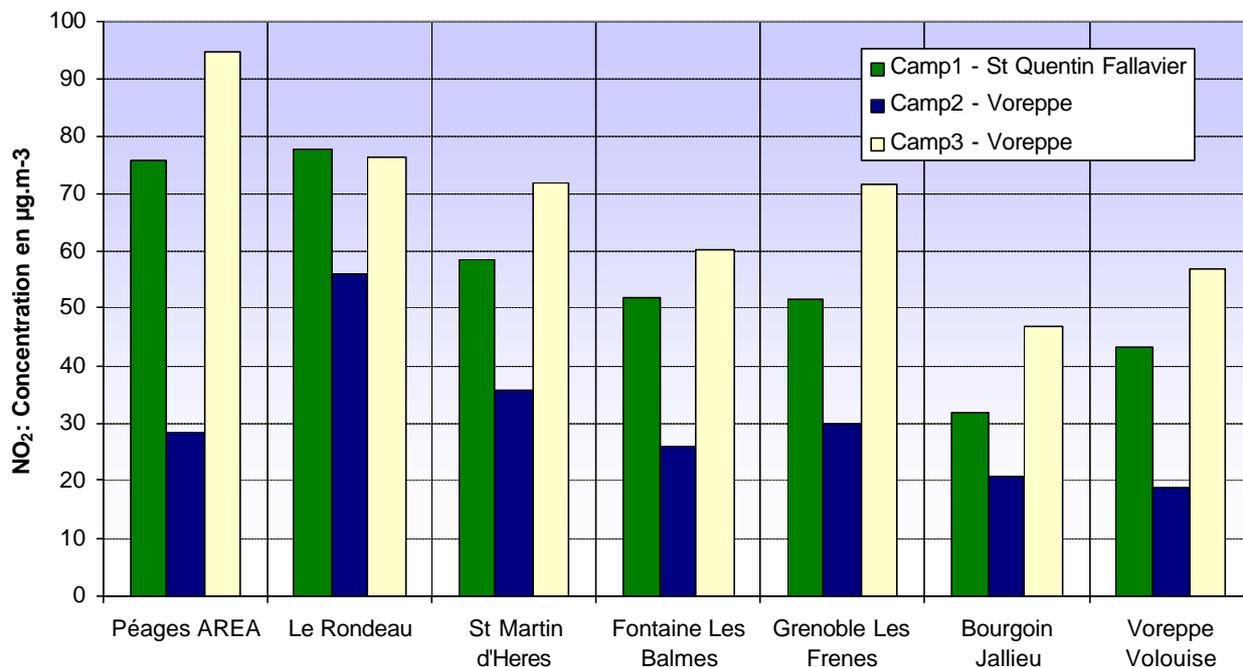


Figure 3.16 Concentrations moyennes de NO₂ mesurées sur les péages de Saint Quentin Fallavier (campagne 1) et Voreppe (campagne 2 et 3), comparaison aux sites fixes de référence

Validation des périodes de prélèvements de COV et métaux lourds :

Avec des conditions météorologiques moins favorables à la dispersion des polluants lors de la 3^{ème} campagne, les concentrations de NO₂ lors du 2^{ème} prélèvement sont plus importantes que celles de la 1^{ère} campagne (Fig.3.16) ; ce qui valide le choix de la période de prélèvement.

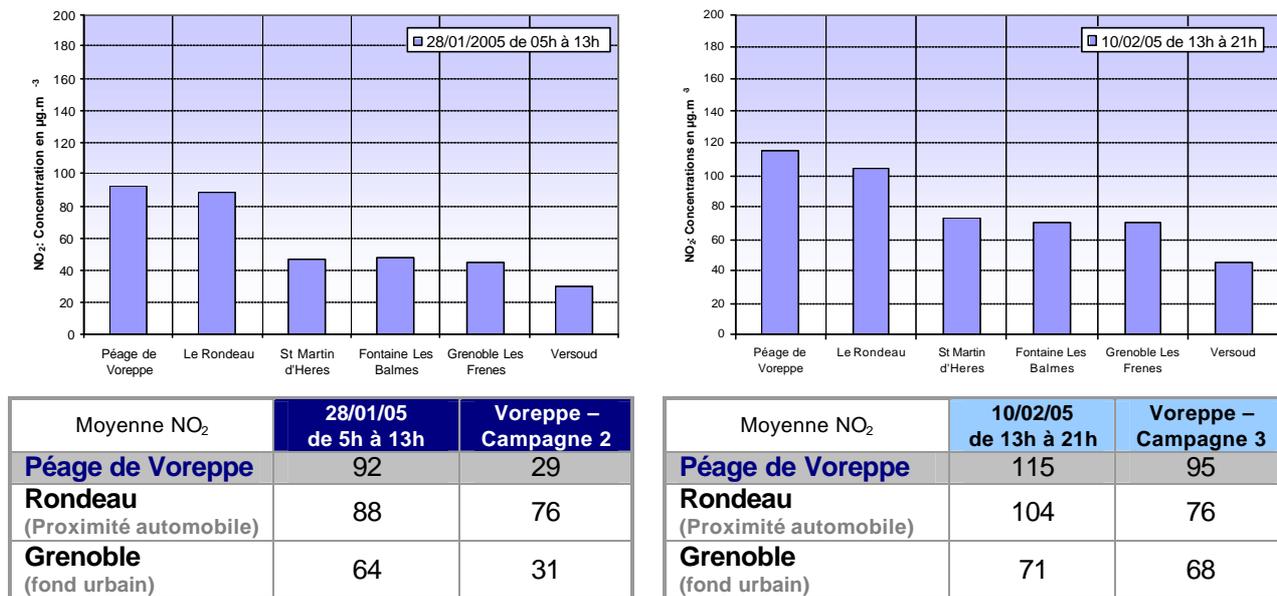


Figure 3.17 Evolution de la concentration moyenne de NO₂ mesurée à Voreppe lors du prélèvement du 28/01/2005 de 05h à 13 h et comparaison par rapport aux sites de mesures à Grenoble

3.3.1.4 Le dioxyde d'azote (NO₂) dans une cabine de péager à Voreppe

A l'inverse du NO, les concentrations de NO₂ sont moins importantes dans la cabine du péager par rapport à l'air ambiant (-22% de NO₂ dans la cabine de péager par rapport à l'air ambiant).

Le NO₂ n'est pas un polluant primaire, c'est-à-dire émis directement dans les gaz d'échappement ; il résulte de l'oxydation du NO qui lui fait partie des gaz d'échappement. Cette réaction d'oxydation est rapide : quelques dizaines de secondes à une minute, en fonction des conditions du milieu (la rapidité de cette réaction fait souvent considérer le NO₂ comme un polluant primaire).

Plus l'éloignement par rapport à la source est important, plus la forme oxydée NO₂ est prépondérante par rapport au NO.

Les niveaux de NO sont plus importants dans la cabine de péager, mais la réaction de transformation du NO en NO₂ dans l'air de la cabine est probablement plus faible qu'en air ambiant ; ce qui expliquerait les différences de concentration de NO₂ entre la cabine de péager et l'air ambiant.

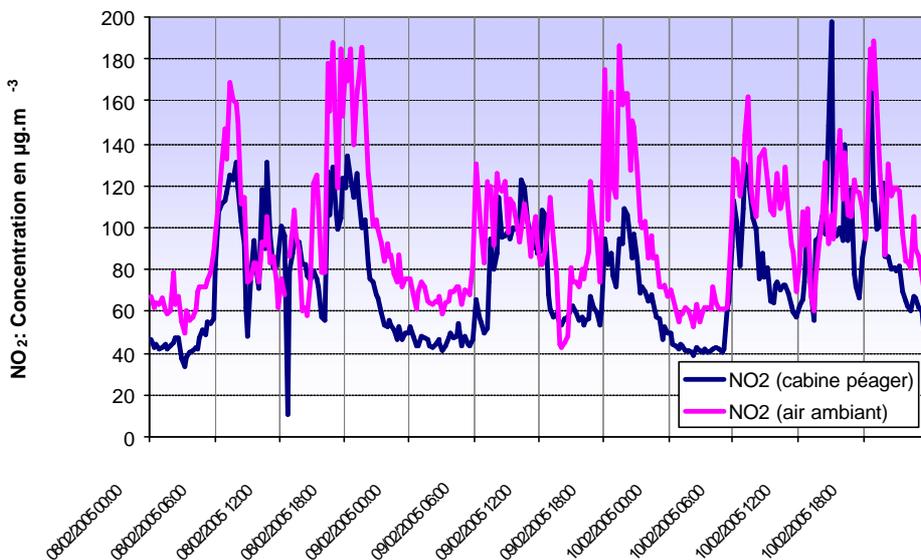


Figure 3.18 Evolution de la concentration de NO₂ sur le site de Voreppe (air ambiant) et dans la cabine de péager pendant la campagne n°3 sur le péage de Voreppe

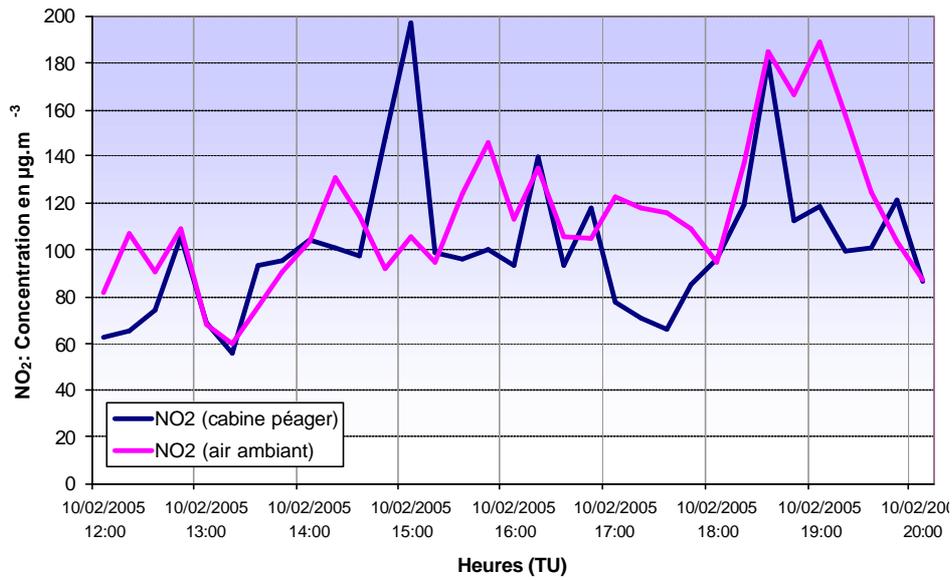


Figure 3.19 Evolution de la concentration de NO₂ sur le site de Voreppe et dans la cabine de péager pendant le prélèvement du 10/02/05 de 13h à 21h

Lors de la campagne n°3 à Voreppe, les niveaux de NO₂ mesurés dans la cabine de péager sont inférieurs à ceux mesurés en air ambiant sur la gare de péage mais sont similaires à ceux mesurés en milieu urbain.

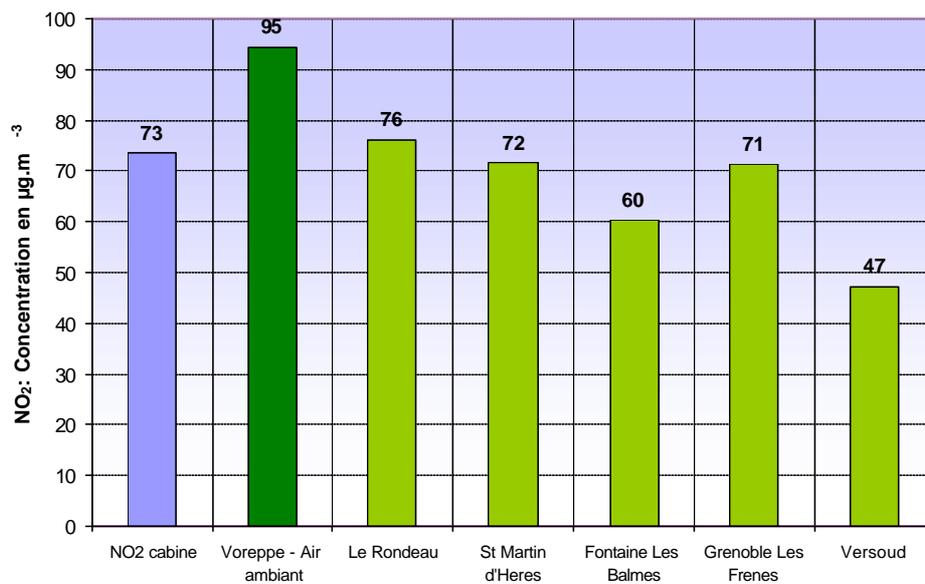


Figure 3.20 Concentrations moyennes de NO₂ mesurée à Voreppe en air ambiant et dans une cabine de péager lors de la campagne n°3

NO ₂	Prélèvement du 28/01/05 de 5h à 13h		Prélèvement du 10/02/05 de 13h à 21h	
	Air ambiant	Cabine de péager	Air ambiant	Cabine de péager
% de données valides	100%	Pas de mesure	100%	100%
Moyenne en µg.m ⁻³	92		115	103
Maximum en µg.m ⁻³	134		169	198
Percentile 98 en µg.m ⁻³	133		162	187
Percentile 50 en µg.m ⁻³	93		114	98
Minimum en µg.m ⁻³	44		83	56

Tableau 3-4 Statistiques horaires du NO₂ en air ambiant et dans une cabine de péager lors des prélèvements à Voreppe

En résumé pour les oxydes d'azote (NOx)

Les concentrations de NOx sont dépendantes du trafic automobile et des conditions météorologiques. Pendant cette étude, les conditions météorologiques n'ont pas été favorables à l'observation des niveaux maximaux de NO₂.

Cependant, les niveaux mesurés en air ambiant sur les gares de péage de Saint Quentin Fallavier et Voreppe sont supérieurs à ceux mesurés en milieu urbain (Grenoble) et comparables à ceux mesurés en situation de proximité automobile.

Il semble que l'air des cabines contienne le composé primaire (NO), directement émis à l'échappement des véhicules. Le temps de séjour de l'air dans la cabine, de par la ventilation, ne permet pas la transformation du NO sous sa forme oxydée NO₂ plus toxique. L'oxydation de NO en NO₂ est également conditionnée par le rayonnement UV et la température ; l'oxydation est d'autant plus importante que le rayonnement UV et la température sont élevés.

Concernant le polluant réglementé NO₂, durant les campagnes, la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 200 µg.m⁻³ n'a été atteinte, ni dans l'air ambiant des péages et des stations de référence, ni dans l'air intérieur des cabines de péagers. Cependant, au regard des concentrations enregistrées, le risque de dépasser ce seuil est important dans les deux cas.

3.3.2 Le monoxyde de carbone (CO)

Les statistiques des mesures de CO effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant. Les trois campagnes de mesures montrent aussi des résultats bien différents.

CO	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% de données horaires valides	99%	99%	98%
Moyenne horaire en $\mu\text{g.m}^{-3}$	685	331	760
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	2091	903	1706
Percentile 98 horaire	1784	846	1561
Percentile 50 horaire	650	311	797
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0

Tableau 3-5 Statistiques horaires du CO à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

NO et CO sont deux polluants primaires issus directement du trafic automobile, leurs évolutions horaires sont donc bien corrélées (caractérisées par une augmentation des concentrations le matin vers 8 heures, heure de pointe).

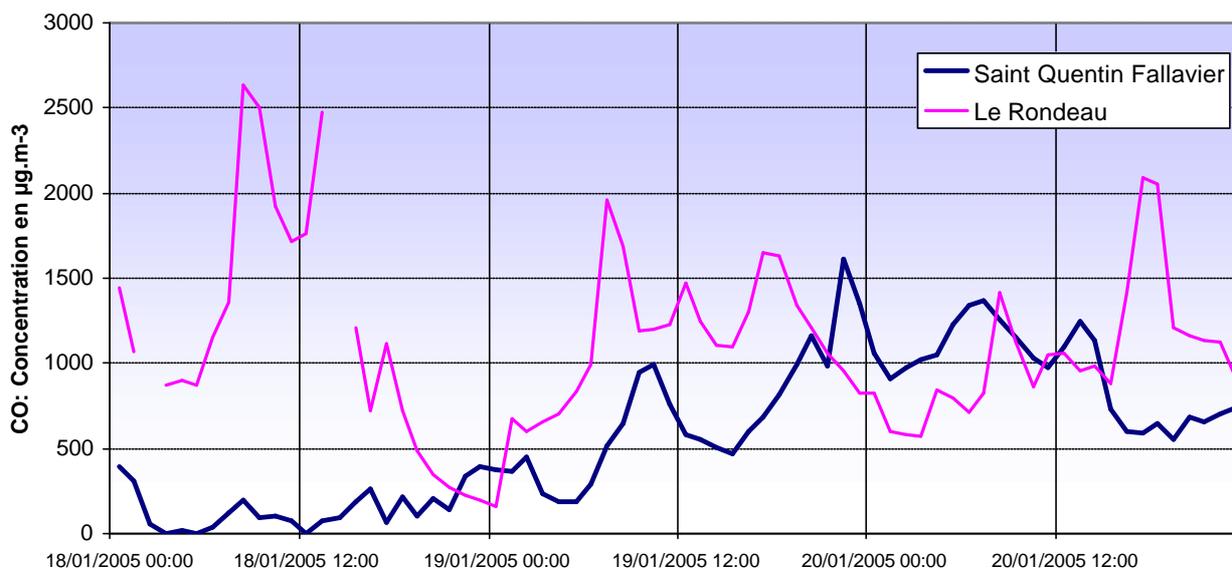


Tableau 3-6 Concentrations horaires de CO à Saint Quentin Fallavier

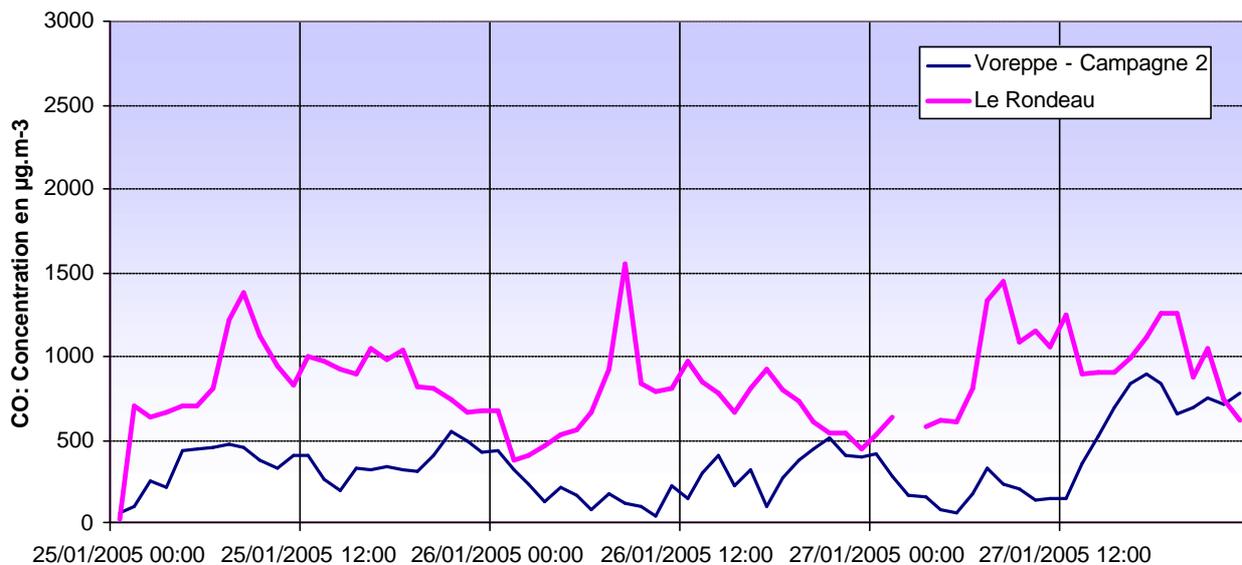


Figure 3.21 Concentrations horaires de CO à Voreppe (Campagne 2)

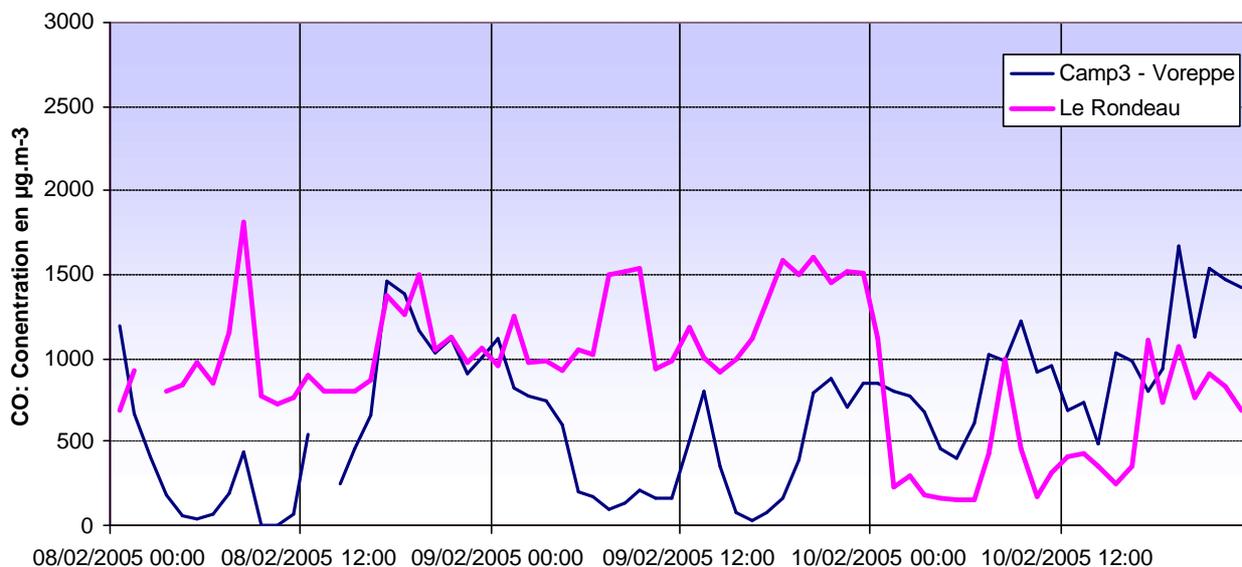


Figure 3.22 Concentrations horaires de CO à Voreppe (Campagne 3)

Les concentrations de CO mesurées à Voreppe lors de la deuxième campagne ont été bien supérieures aux concentrations mesurées lors de la première campagne ; lors de la première campagne la concentration moyenne de CO était de 331 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur le péage de Voreppe alors qu'elle était de 748 $\mu\text{g.m}^{-3}$ lors de la deuxième campagne (Figure 3.22).

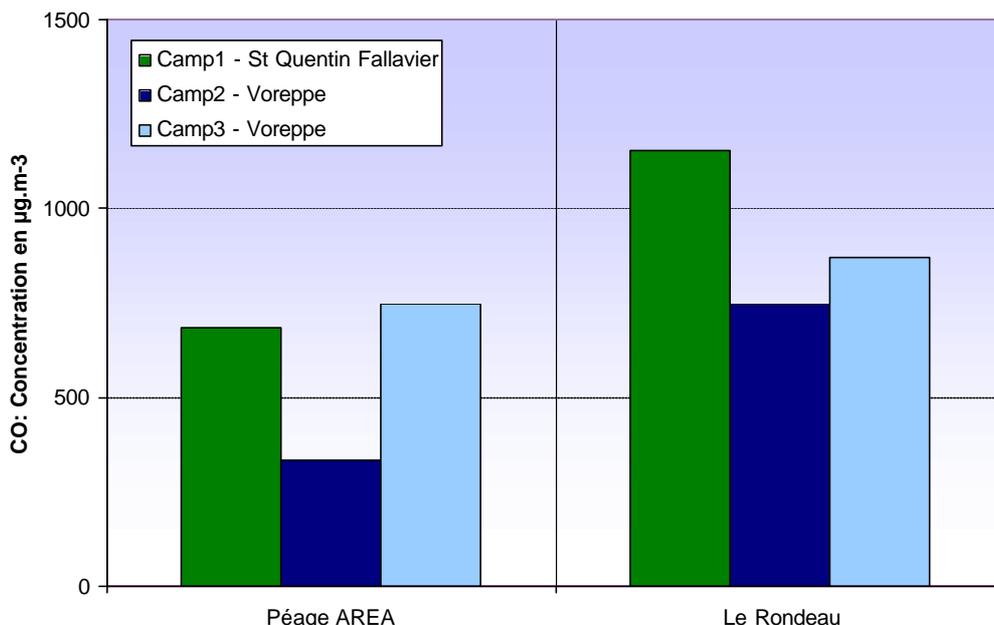
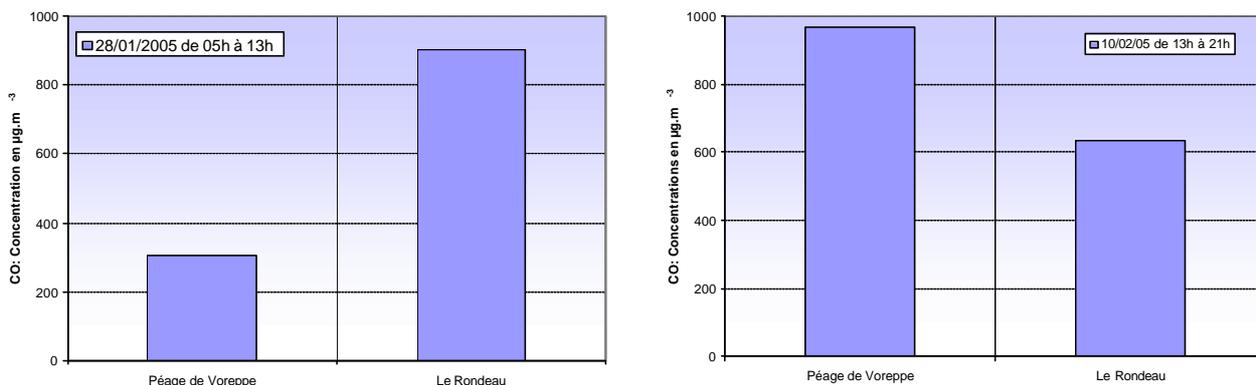


Figure 3.23 Concentrations moyennes de CO mesurée sur les péages de Saint Quentin Fallavier (Campagne 1) de Voreppe (Campagne n°2 et 3), comparaison au site du Rondeau à Grenoble

La figure suivante récapitule les concentrations de CO mesurées à Voreppe en air ambiant pendant les prélèvements du 28/01/05 et du 10/02/05.



Moyenne CO	28/01/05 de 5h à 13h	Voreppe – Campagne 1
Péage de Voreppe	306	331
Rondeau (Proximité automobile)	899	748

Moyenne CO	10/02/05 de 13h à 21h	Voreppe – Campagne 2
Péage de Voreppe	972	749
Rondeau (Proximité automobile)	634	874

Figure 3.24 Evolution de la concentration de CO mesurée à Voreppe lors des prélèvements du 28/01/05 de 5h à 13h et du 10/02/05 de 13h à 21h.

En résumé pour le monoxyde de carbone (CO)

Les mesures de CO réalisées et leurs variations montrent que les niveaux enregistrés sont du même ordre de grandeur que ceux de la station de proximité automobile du Rondeau. La valeur limite horaire sur 8 heures pour la protection de la santé humaine établie pour le CO à 10 000 µg.m⁻³ est respectée. Il serait intéressant de réaliser cette mesure à l'intérieur de la cabine de péager pour la comparer à celle du monoxyde d'azote (NO), polluant également émis directement par les véhicules.

3.3.3 Les poussières en suspension (PM₁₀)

Les statistiques des mesures de PM₁₀ effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant. Les trois campagnes de mesures montrent aussi des résultats bien différents.

PM ₁₀	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% de données horaires valides	100%	99%	100%
Moyenne horaire en µg.m ⁻³	33	16	51
Maximum en µg.m ⁻³	121	53	94
Percentile 98 horaire	111	42	88
Percentile 50 horaire	27	17	49
Minimum en µg.m ⁻³	7	5	18

Tableau 3-7 Statistiques horaires du PM₁₀ à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

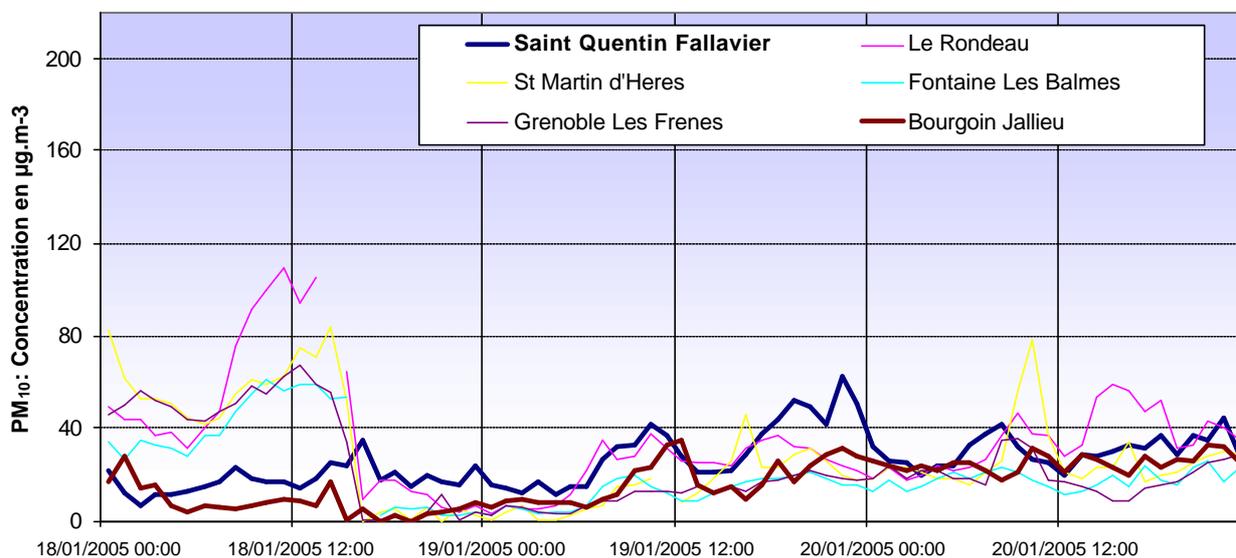


Figure 3.25 Concentrations horaires de PM₁₀ à Saint Quentin Fallavier (campagne 1)

Les concentrations de PM₁₀ étaient très faibles lors de la campagne n°1 à Voreppe ; en effet les fortes précipitations qui ont eu lieu avant la campagne n°1 à Voreppe ont favorisé le lessivage de ce polluant. Au début de la campagne n°1, les concentrations de PM₁₀ dans l'atmosphère sont très faibles (~10 µg.m⁻³), puis le temps étant plus sec, les poussières s'accumulent dans l'atmosphère et leurs concentrations augmentent au cours de la campagne n°1 jusqu'à atteindre ~20 µg.m⁻³.

Lors de la campagne n°2 à Voreppe, le temps est resté sec (les précipitations sont nulles du 07/02/05 au 10/02/05) et le vent moins important (1,9 m/s en moyenne sur la campagne n°2), les niveaux de fond de fond en poussières sont de l'ordre de 30 µg.m⁻³ ; la journée ils atteignent 70 à 90 µg.m⁻³.

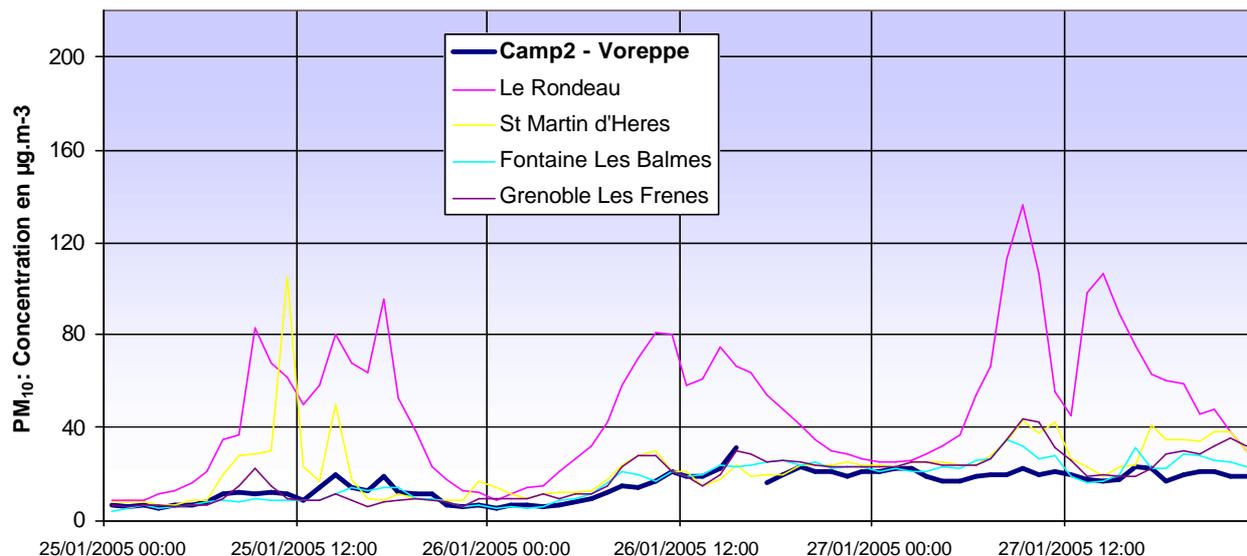


Figure 3.26 Concentrations horaires de PM₁₀ à Voreppe (Campagne 2)

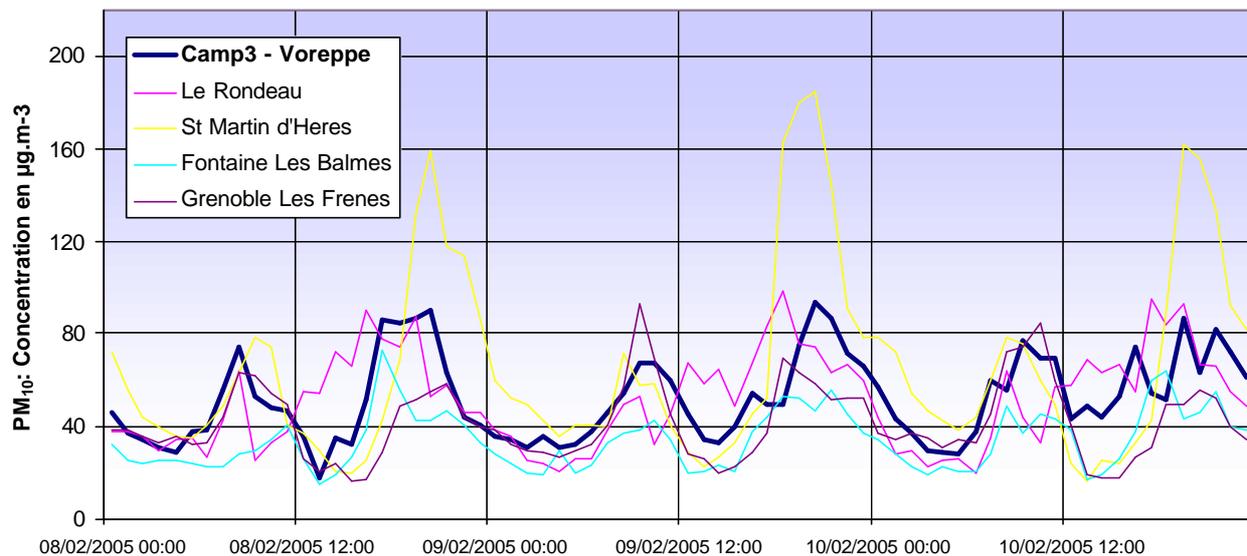


Figure 3.27 Concentrations horaires de PM₁₀ à Voreppe (Campagne 3)

Les conditions météorologiques ont été plus favorables à l'observation de fortes concentrations lors de la campagne n°2 à Voreppe. L'augmentation des concentrations de poussières lors de la campagne n°2 se confirme aussi sur toutes les stations de référence.

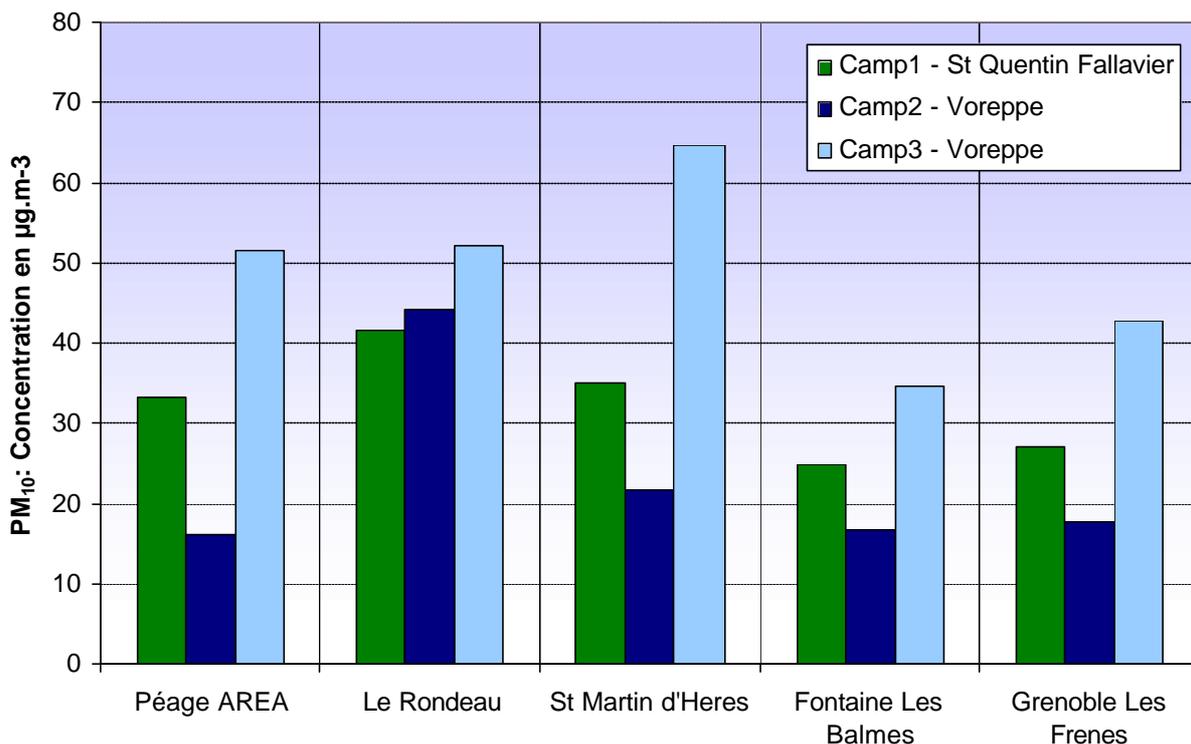
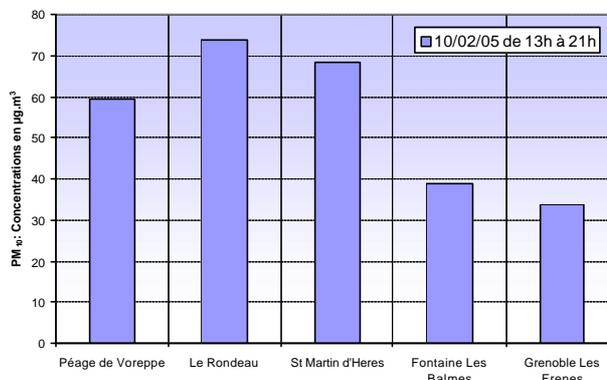
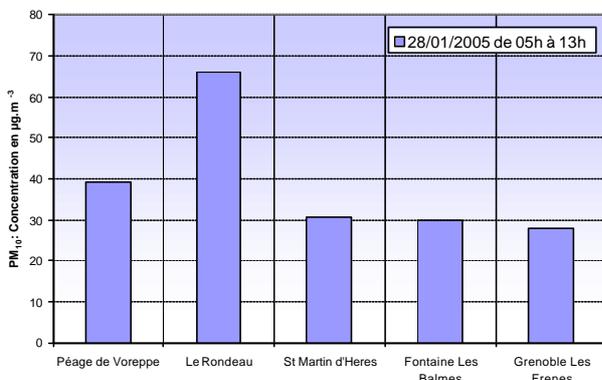


Figure 3.28 Concentrations moyennes de PM₁₀ mesurée sur les gares de péage de Saint Quentin Fallavier (Campagne 1) et Voreppe (Campagnes 2 et 3), comparaison aux stations de référence

La figure suivante récapitule les concentrations de PM₁₀ mesurées à Voreppe en air ambiant pendant les prélèvements du 28/01/05 et du 10/02/05.



Moyenne PM ₁₀	28/01/05 de 5h à 13h	Voreppe – Campagne 1
Péage de Voreppe	39	16
Rondeau (Proximité automobile)	66	44
Grenoble (Urbain de fond)	29	19

Moyenne PM ₁₀	10/02/05 de 13h à 21h	Voreppe – Campagne 2
Péage de Voreppe	59	51
Rondeau (Proximité automobile)	74	52
Grenoble (Urbain de fond)	47	47

Figure 3.29 Evolution de la concentration de PM₁₀ mesurée à Voreppe lors des prélèvements du 28/01/05 de 5h à 13h et du 10/02/05 de 13h à 21h.

En résumé pour les poussières (PM₁₀)

Les mesures de PM₁₀ réalisées sur les gares de péage de Saint Quentin Fallavier et Voreppe montrent des niveaux du même ordre que ceux mesurés en situation de proximité automobile.

La concentration journalière maximale est de 55 µg.m⁻³ sur le péage de Voreppe ; cependant 6 jours de mesures ne suffisent pas à déterminer s'il peut y avoir dépassement de la valeur réglementaire sur le site de Voreppe (centile 90,4 fixé à 65 µg.m⁻³, soit 35 jours de dépassements autorisés de la valeur de 65 µg.m⁻³).

Selon les conditions météorologiques, les concentrations de poussières mesurées à Voreppe peuvent être supérieures à celles mesurées en milieu urbain.

3.3.4 Le dioxyde de soufre (SO₂)

Les statistiques des mesures de SO₂ effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont été résumées dans le tableau suivant.

SO ₂	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
	St Quentin Fallavier	Voreppe	Voreppe
	17/01/05 au 21/01/05	24/01/05 au 28/01/05	07/02/05 au 11/02/05
% de données horaires valides	97%	97%	90%
Moyenne horaire en µg.m ⁻³	4	3	10
Maximum en µg.m ⁻³	15	16	42
Percentile 98 horaire	12	10	25
Percentile 50 horaire	4	3	8
Minimum en µg.m ⁻³	0	0	0

Tableau 3-8 Statistiques horaires du SO₂ à Saint Quentin Fallavier et Voreppe

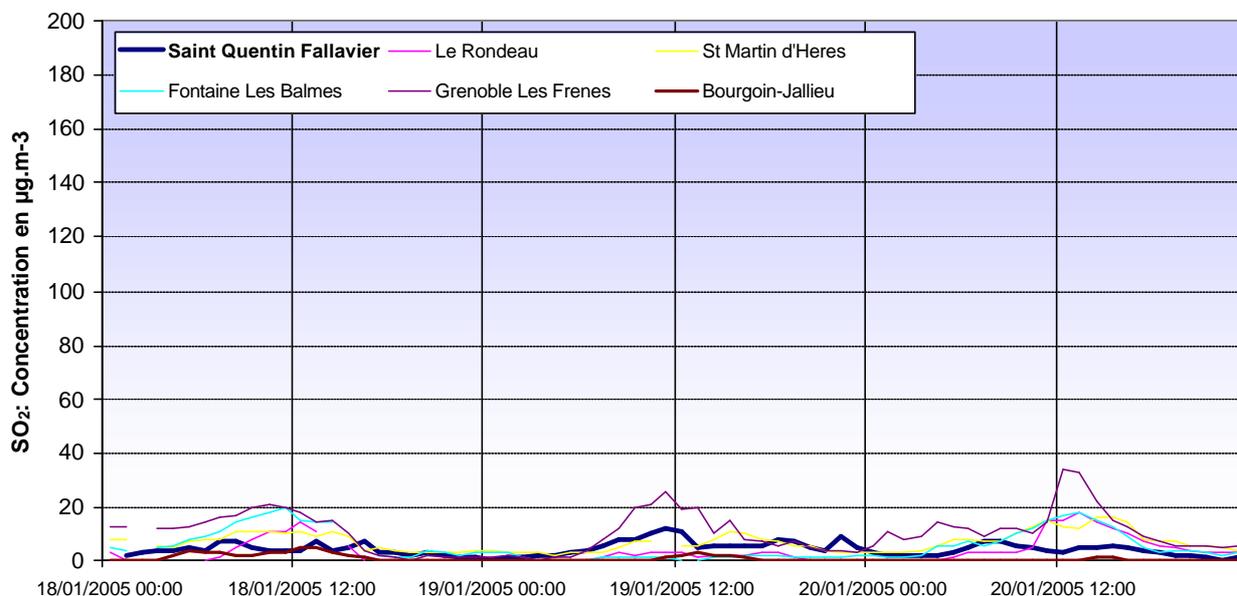


Figure 3.30 Concentrations horaires de SO₂ à Saint Quentin Fallavier

Sur les sites de Saint Quentin Fallavier et Voreppe, les concentrations de SO₂ sont faibles. Le dioxyde de soufre est un indicateur de la pollution industrielle, les émissions de soufre par le trafic automobile ont bien diminué grâce à la réduction des teneurs de soufre dans les carburants.

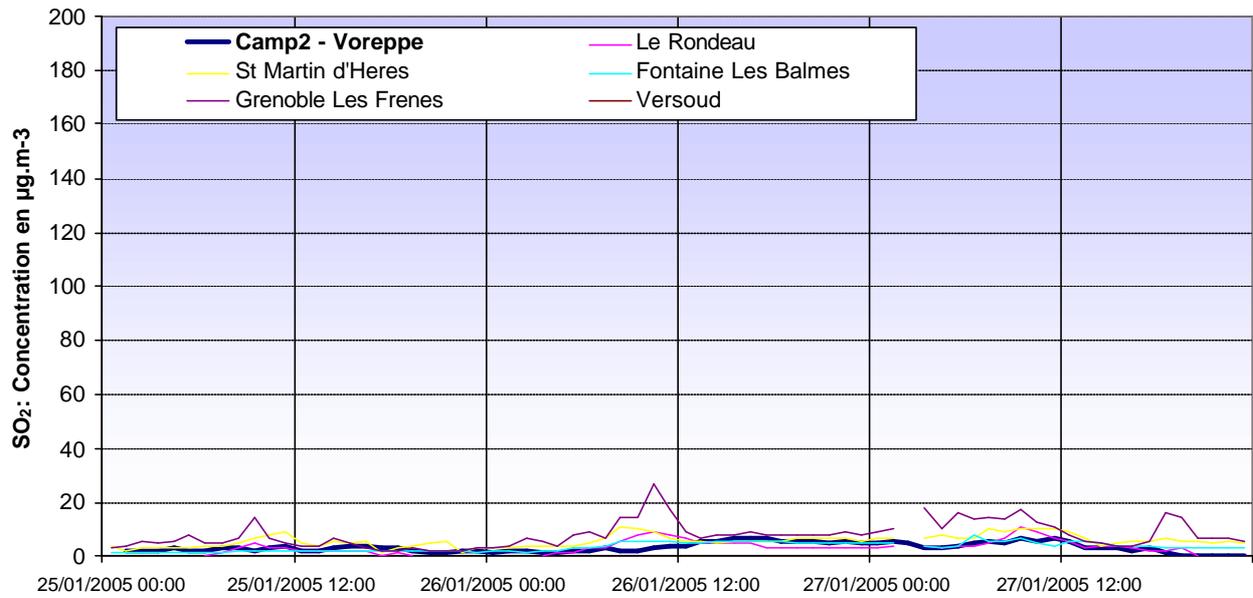


Figure 3.31 Concentrations horaires de SO₂ à Voreppe (campagne 2)

Les conditions météorologiques ont été plus favorables à l'observation de fortes concentrations lors de la campagne n°2 à Voreppe.

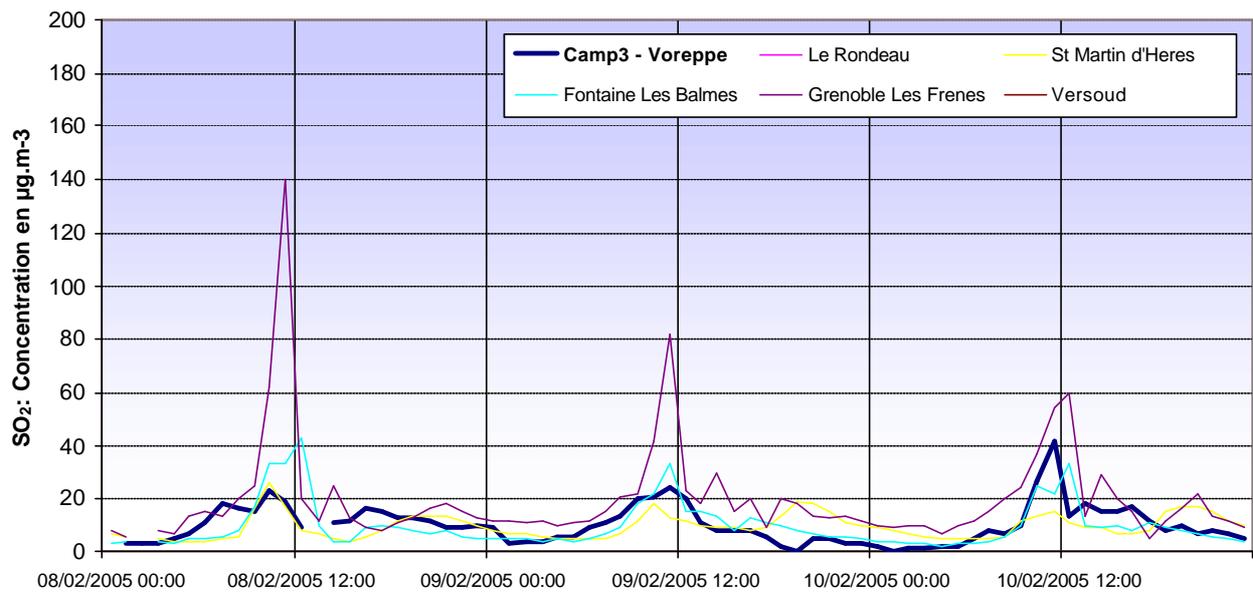


Figure 3.32 Concentrations horaires de SO₂ à Voreppe (campagne 2)

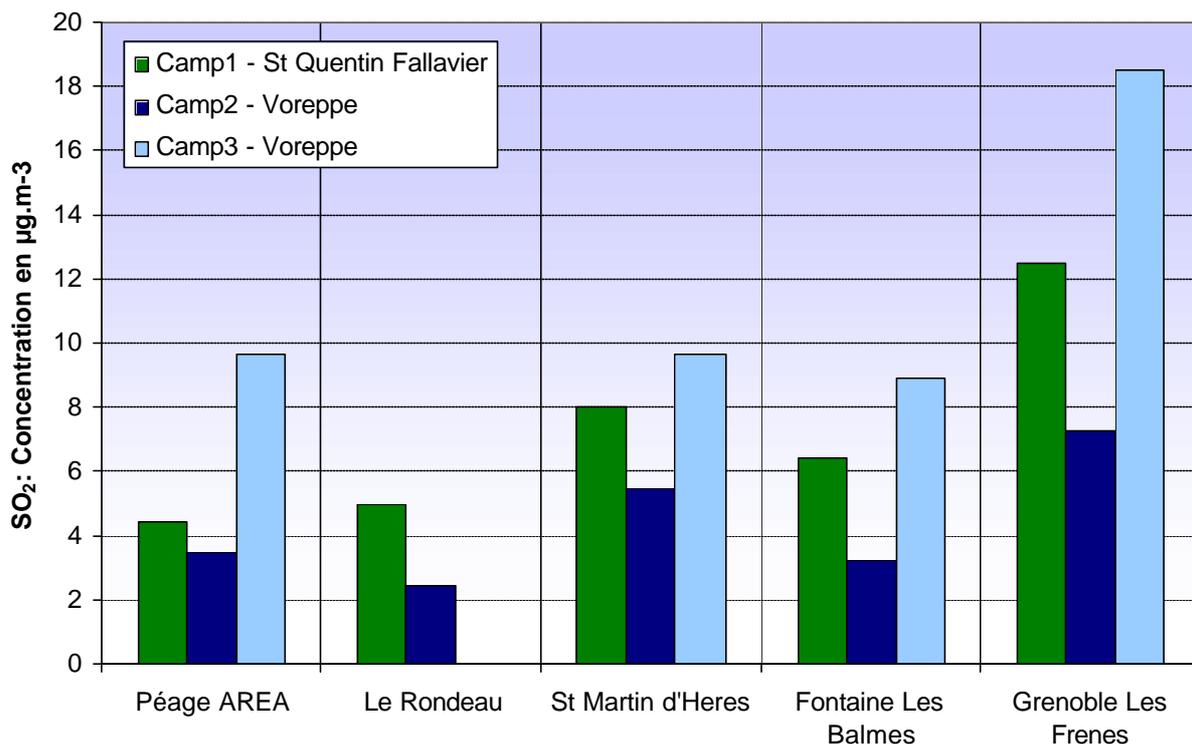
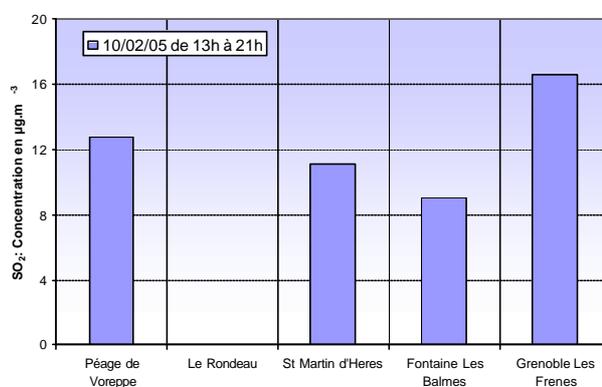
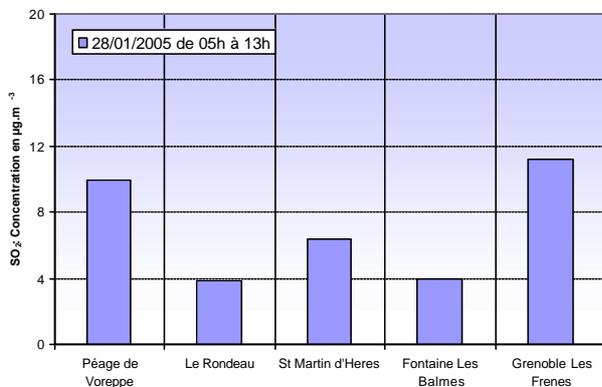


Figure 3.33 Evolution de la concentration moyenne de SO₂ mesurée lors des différentes campagnes

La figure suivante récapitule les concentrations de SO₂ mesurées à Voreppe en air ambiant pendant les prélèvements du 28/01/05 et du 10/02/05.



Moyenne SO ₂	28/01/05 de 5h à 13h	Voreppe – Campagne 1
Péage de Voreppe	10	3
Rondeau Proximité automobile	4	2
Grenoble Fond urbain	7	5

Moyenne SO ₂	10/02/05 de 13h à 21h	Voreppe – Campagne 2
Péage de Voreppe	13	10
Rondeau Proximité automobile	-	-
Grenoble Fond urbain	12	12

Figure 3.34 Evolution de la concentration de SO₂ mesurée à Voreppe lors des prélèvements du 28/01/05 de 5h à 13h et du 10/02/05 de 13h à 21h.

En résumé pour le dioxyde de soufre (SO₂)

Les niveaux de SO₂ à Saint Quentin Fallavier et Voreppe mesurés restent très faibles. L'influence du trafic automobile sur les concentrations de SO₂ est faible.

Les concentrations de SO₂ mesurées sur les gares de péages de Saint Quentin Fallavier et Voreppe (valeur maximale horaire à 42 µg.m⁻³ à Voreppe) sont bien inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (300 µg.m⁻³ en moyenne horaire). Les dépassements de cette valeur réglementaire sont mesurés généralement à l'heure actuelle à proximité d'émetteurs industriels.

3.3.5 Les COV : BTX, 1,3-butadiène et aldéhydes

3.3.5.1 Mesures par canisters (prélèvements de 8 heures)

Le graphique suivant récapitule les résultats des prélèvements de COV de 8 heures du 28/01/05 et du 10/02/05 à Voreppe.

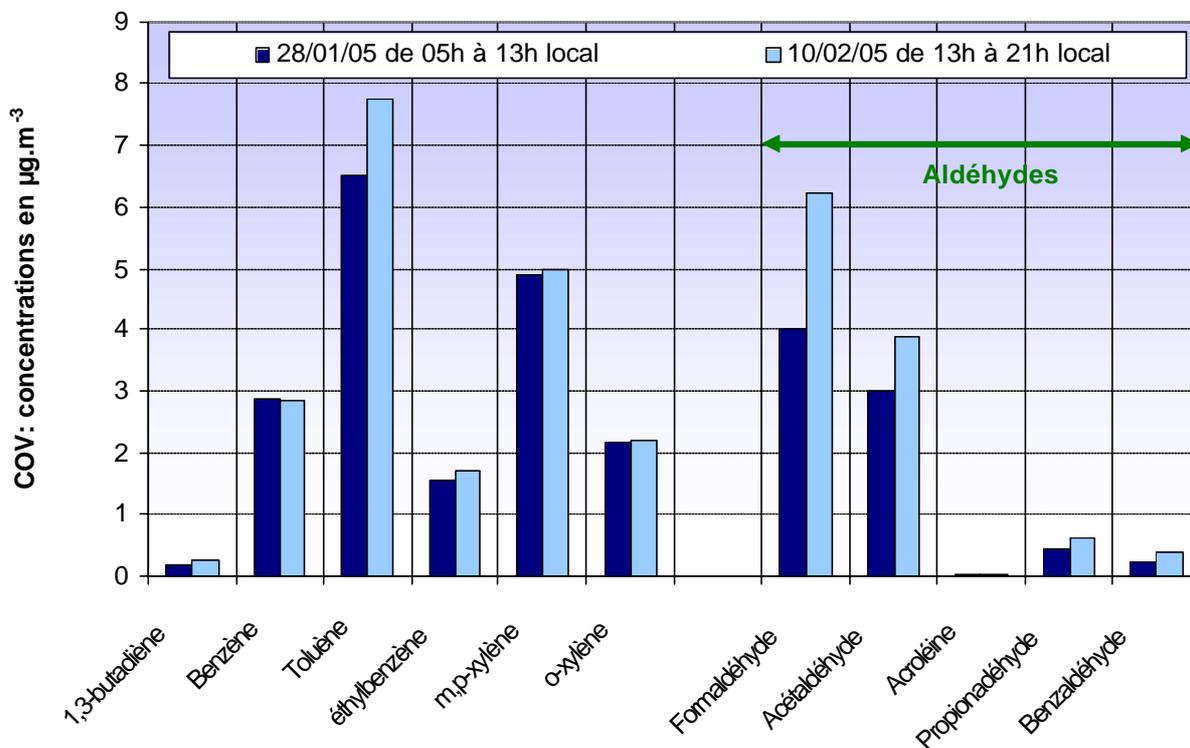


Figure 3.35 Résultats des mesures de BTX et aldéhydes lors des prélèvements de 8 heures à Voreppe

Comme pour les autres polluants, les concentrations de COV ont été plus importantes lors du prélèvement n°2 à Voreppe.

BTX	28/01/05 de 05h à 13h	10/02/05 de 13h à 21h
1,3-butadiène	0,18	0,27
Benzène	2,88	2,85
Toluène	6,51	7,74
éthylbenzène	1,54	1,72
m,p-xylène	4,89	4,98
o-xylène	2,16	2,2

Aldéhydes	28/01/05 de 05h à 13h	10/02/05 de 13h à 21h
Formaldéhyde	4	6,2
Acétaldéhyde	3	3,9
Acroléine	0,03	0,04
Propionaldéhyde	0,44	0,61
Benzaldéhyde	0,24	0,4

Tableau 3-9 Résultats des mesures de BTX et aldéhydes lors des prélèvements de 8 heures (concentrations en µg.m⁻³)

Des mesures de benzène ont aussi été effectuées sur les sites du Rondeau (site de proximité automobile) et de Grenoble les Frênes (site urbain de fond). Lors des deux prélèvements effectués sur le site de Voreppe, les concentrations de benzène étaient légèrement inférieures à celles mesurées à Grenoble, même à celles mesurées sur un site urbain de fond.

Benzène	28/01/05 de 05h à 13h	10/02/05 de 13h à 21h
Péage de Voreppe	2,9	2,8
Rondeau (Proximité automobile - Grenoble)	3,5	3,6
Grenoble les Frênes (Urbain de fond – Grenoble)	3	3,7

Tableau 3-10 Résultats des mesures de Benzène sur le site de Voreppe, Rondeau et Grenoble le Frênes lors des prélèvements (concentrations en $\mu\text{g.m}^{-3}$)

Les mesures à Voreppe sont similaires à celles effectuées à Bourgoin Jallieu en situation de proximité automobile ; les différents COV se retrouvent dans les mêmes proportions (mesures effectuées à proximité de la RN6 en 2004).

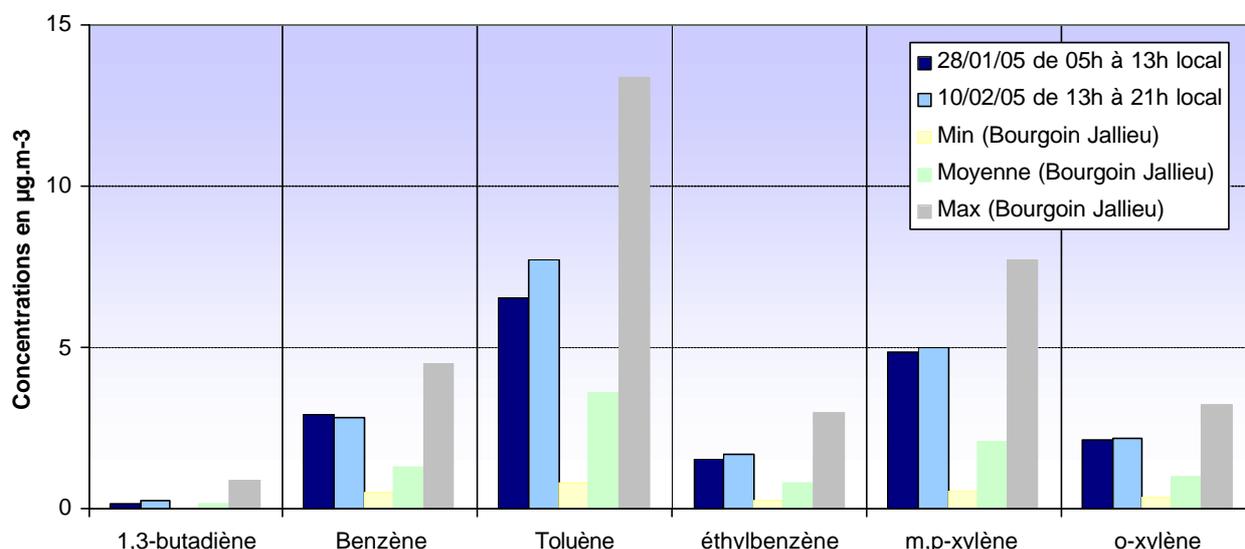


Figure 3.36 Comparaison des mesures par canisters effectuées à Voreppe avec celles effectuées à Bourgoin Jallieu en 2004

3.3.5.2 Mesures par tubes à diffusion

La mesure par tube à diffusion permet de comparer les niveaux moyens mesurés sur le site de Voreppe par rapport au niveau urbain de fond à Grenoble.

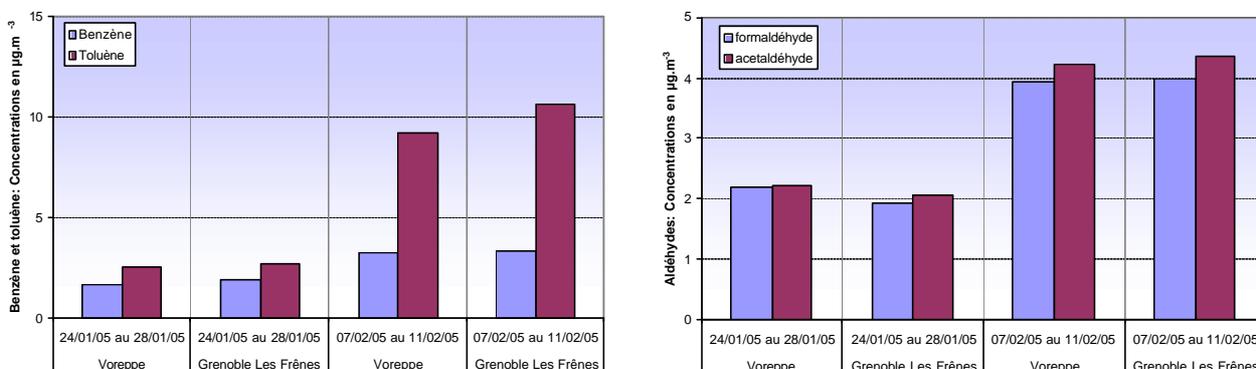


Figure 3.37 Comparaison des concentrations de COV mesurées à Voreppe aux niveaux mesurés à Grenoble

Sites	Dates	Benzène	Toluène	Formaldéhyde	Acétaldéhyde
Péage de Voreppe	24/01/05 au 28/01/05	1,6	2,5	2,2	2,2
Grenoble les Frênes (Urbain de fond – Grenoble)	07/02/05 au 11/02/05	1,9	2,7	1,9	2,0
Péage de Voreppe	24/01/05 au 28/01/05	3,2	9,3	3,9	4,2
Grenoble les Frênes (Urbain de fond – Grenoble)	07/02/05 au 11/02/05	3,4	10,6	4,0	4,4

Tableau 3-11 Comparaison des concentrations de COV mesurées à Voreppe aux niveaux mesurés à Grenoble

Les niveaux de COV mesurés sur le site de Voreppe sont similaires à ceux mesurés en milieu urbain de fond à Grenoble.

En résumé pour les COV

**La répartition des différents COV est similaire à celle mesurée sur tous les autres sites influencés par le trafic automobile.
Les concentrations de COV mesurées sur le site de Voreppe lors des prélèvements sont légèrement inférieures à celles mesurées à Grenoble.**

3.3.6 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP sont mesurés dans la phase particulaire inférieure à 10 microns et en phase gazeuse par des prélèvements de 24 heures.

Deux prélèvements de HAP avaient été programmés sur le site de Voreppe ; le prélèvement du 28/01/05 n'a pas été analysé. Le graphique suivant récapitule les résultats des mesures de HAP lors du prélèvement du 10/02/05 à Voreppe ainsi que les concentrations moyennes et maximales de HAP mesurées sur le site du Rondeau (site de proximité automobile) en 2004.

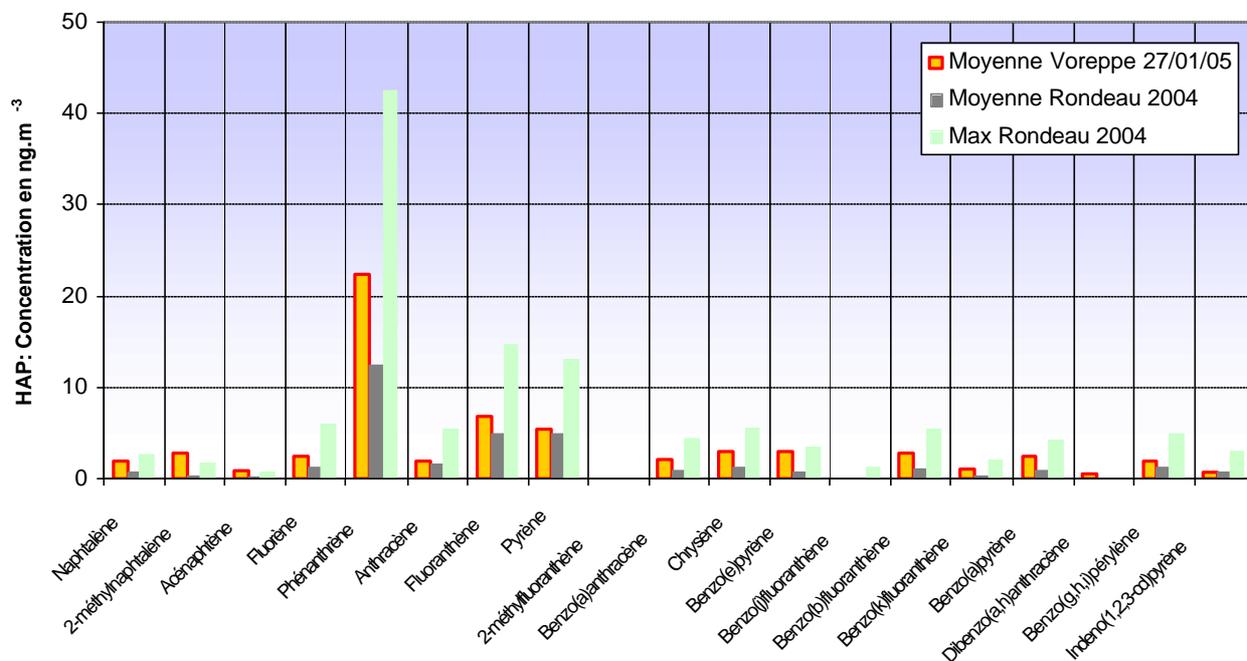


Figure 3.38 Résultats des prélèvements de HAP en ng.m⁻³ à Voreppe le 28/01/05 ainsi que la moyenne et le maximum des concentrations de HAP mesurées au Rondeau en 2004.

HAP	HAP en ng.m ⁻³
Naphtalène	2,0
2-méthylnaphtalène	2,9
Acénaphène	1,0
Fluorène	2,4
Phénanthrène	22,2
Anthracène	2,0
Fluoranthène	6,9
Pyrène	5,3
2-méthylfluoranthène	0,0
Benzo(a)anthracène	2,2
Chrysène	3,0
Benzo(e)pyrène	3,0
Benzo(j)fluoranthène	0,0
Benzo(b)fluoranthène	3,0
Benzo(k)fluoranthène	1,2
Benzo(a)pyrène	2,5
Dibenzo(a,h)anthracène	0,6
Benzo(g,h,i)pérylène	1,9
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,8

Tableau 3-12 Résultats du prélèvement de HAP effectué à Voreppe le 28/01/05

En résumé pour les HAP

Le profil des concentrations de HAP mesurées sur le site de Voreppe est similaires à celui du Rondeau qui est aussi un site influencé par le trafic automobile. Les 3 HAP prédominants sont le phénanthrène, le fluoranthène et le pyrène. Comme sur le site du Rondeau, ces 3 HAP représentent environ 60 à 80% des HAP mesurés.

3.3.7 Les métaux lourds

Les métaux lourds sont mesurés dans la phase particulaire inférieure à 10 microns par des prélèvements de 24 heures.

Deux prélèvements ont été programmés sur le site de Voreppe ; le 27/01/05 de 13h à 13h et le 10/02/05 de 13h à 13h.

Métaux lourds	27/01/2005 de 13h à 13h	10/02/2005 de 13h à 13h
Cadmium	4	4
Chrome	4	15
Cuivre	50	93
Nickel	12	8
Sélénium	4	4
Zinc	67	173
Plomb	14	29

Tableau 3-13 Concentrations en ng.m⁻³ des métaux lourds mesurés à Voreppe lors des prélèvements

Avec des conditions météorologiques moins favorables à la dispersion des polluants lors de la 2^{ème} campagne, les concentrations de métaux lourds lors de la 2^{ème} campagne sont plus importantes que celles de la 1^{ère} campagne.

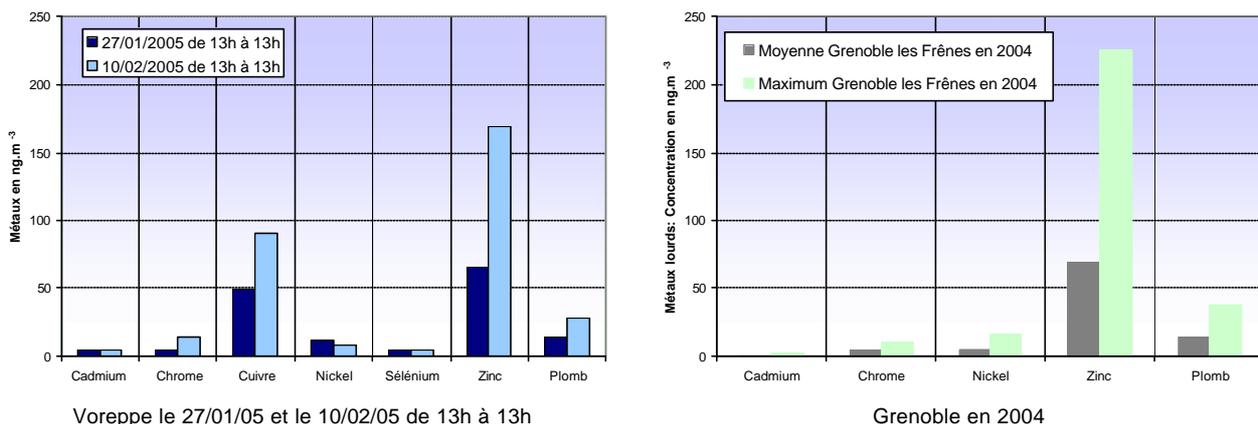


Figure 3.39 Concentrations des métaux lourds mesurés à Voreppe et à Grenoble (site urbain de fond) en 2004

En résumé pour les métaux lourds

Les concentrations de métaux lourds mesurées sur le site de Voreppe sont similaires à celles mesurées en site urbain de fond à Grenoble et sur un site d'étude à Bourgoin Jallieu (site situé à proximité de la RN6). Les profils de métaux lourds montrent deux métaux prédominants : le cuivre et le zinc.

Le trafic automobile n'est pas un émetteur important de métaux lourds ; seule la proximité d'un émetteur important (exemple : site industriel) peut avoir une influence sur les concentrations en métaux lourds dans l'air ambiant.

4 CONCLUSION

Les mesures effectuées à Saint Quentin Fallavier et Voreppe ont permis d'établir un **état sommaire de la qualité de l'air sur les gares de péages**.

Les polluants d'origine automobile étudiés ont été les suivants : oxydes d'azote (NO et NO₂), monoxyde de carbone (CO), des poussières en suspension (PM₁₀), du dioxyde de soufre (SO₂), des métaux lourds et des composés organiques volatils (benzène, aldéhydes, hydrocarbures aromatiques polycycliques,...).

Cette étude a combiné pendant 5 jours sur le site de Saint Quentin Fallavier et pendant 10 jours sur le site de Voreppe des mesures en continu et des mesures par prélèvement.

Les niveaux mesurés sont similaires à ceux mesurés sur des sites de proximité automobile avec une influence directe du trafic au péage sur les concentrations mesurées. Les conditions météorologiques ont été particulièrement favorables à la dispersion des polluants lors des 2 premières campagnes ; mais la réalisation d'une troisième campagne de mesures à Voreppe a confirmé le lien entre trafic automobile et concentration de polluants.

Les concentrations dans l'**air ambiant** de la plupart de ces polluants sont réglementées. Pour chaque polluant, les différents seuils réglementaires s'expriment sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. Il a été possible uniquement de prendre en compte certaines valeurs limites horaires établies pour la protection de la santé humaine dans cette étude. Cependant, une estimation fiable de dépassements de valeurs réglementaires n'est envisageable sur un minimum de **8 semaines** de mesures.

Une évaluation complète de la qualité de l'air ambiant sur les péages dans ces conditions permettrait de fournir des comparaisons fiables à la réglementation française et européenne.

L'analyseur d'oxydes d'azote installé dans une cabine de péage a présenté des niveaux de NO (polluant primaire directement émis à l'échappement) plus importants que ceux mesurés en air ambiant. Ces résultats attestent que l'air dans les cabines de péage est directement influencé par les gaz d'échappement des véhicules circulant sur le péage. Il serait intéressant d'analyser dans l'air intérieur de la cabine les autres polluants primaires émis par les véhicules : monoxyde de carbone, particules, dioxyde de soufre, benzène. Ces conclusions pourraient être complétées par l'analyse du fonctionnement du système de ventilation des cabines de péage afin de d'établir à quelle distance provient l'air des cabines de péage.

Bien que trop courte dans le temps pour établir de réelle comparaison à la réglementation ; cette étude montre des résultats intéressants en évaluant la qualité de l'air au niveau des péages et en établissant un parallèle air intérieur / air ambiant. Le travail sur l'exposition du personnel à la pollution d'origine automobile sera complété par les mesures réalisées par le CHU de Grenoble au travers de prélèvements sur les salariés.