ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR
A DARDILLY

MESURES ENTRE LE 09/09/2004 ET LE 24/04/2005

Juillet 2005

COPARLY
Rue des Frères lumière
Parc d'affaire Roosvelt
69120 VAULX EN VELIN

Tél : 04 72 14 54 20
Télécopie : 04 72 14 54 21
Mail : coparly@atmo-rhonealpes.org
www .atmo-rhonealpes.org

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) *3*
1.1.3 Les particules en suspension *4*
1.1.4 Le monoxyde de carbone (CO) *4*
1.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV) *5*
1.1.6 Les métaux lourds *6*
1.2 EFFETS DES POLLUANTS SUR LA SANTE ET SUR L'ENVIRONNEMENT 8
1.2.1 Le dioxyde de soufre (SO_2) *8*
1.2.2 Les oxydes d'azote (NOx) *8*
1.2.3 Les poussières en suspension *9*
1.2.4 Le monoxyde de carbone (CO) *9*
1.2.5 Les composés Organiques Volatils (COV) *9*
1.2.6 Les métaux lourds *9*
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 SITE 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 *18*
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 et direction du vent *20*
3.3 PRECIPITATIONS 21
3.4 REPRESENTATIVITE DES MESURES 22
3.5 NIVEAUX DE POLLUTION MESURES 24
3.5.1 Les oxydes d'azote (NOx) *24*
3.5.2 Le monoxyde de carbone (CO) *28*
3.5.3 Les poussières en suspension (PM_{10}) *30*
3.5.4 Le dioxyde de soufre (SO_2) *33*
3.5.5 Les BTX (Benzène, Toluène, Xylène) et le 1,3-butadiène *35*
3.5.6 Les aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine) *37*
3.5.7 Les HAP (Benza[a]pyrène et Naphtalène) *39*
3.5.8 Les métaux lourds *41*
4 Conclusion *43*

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de liaison entre l'A89 et l'A6, la DDE du Rhône a sollicité COPARLY pour effectuer un état initial de la qualité à proximité de la RN6 à Dardilly. Cette étude a été réalisée en concertation avec le CETE de Lyon.

A la fin de l'année 2004 et au début de l'année 2005, COPARLY a réalisé dans ce but des mesures sur un site à proximité de la RN6 sur la commune de Dardilly pour les polluants suivants :

- Le dioxyde de soufre (SO_2)
- Les oxydes d'azote (NO et NO_2)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Les composés organiques volatils (COV) :
    - BTX : Benzène (C_6H_6), Toluène (C_7H_8), Xylène (C_8H_{10})
    - Alcènes : 1,3-butadiène
    - Aldéhydes : Formaldéhyde (CH_2O) et Acroléine (CH_2=CH-CHO)
    - HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Benzo[a]pyrène ($C_{20}H_{12}$) et Naphtalène ($C_{10}H_8$)
- Les poussières PM_{10} : 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)

Le site retenu a été choisi en concertation avec le CETE de Lyon ; il a été implanté à Dardilly, à proximité de l'intersection entre la RN6 (51092 véhicules/jour) et l'A6 (40000 véhicules/jour). L'objectif de cette étude n'est pas de mesurer l'influence maximale de la RN6 sur la qualité de l'air (dans le cas d'une route, l'influence maximale est mesurée à proximité immédiate de la route), mais d'évaluer l'exposition moyenne de la population de Dardilly aux émissions de la RN6.

Les mesures ont été réalisées sur **huit semaines** réparties en 4 campagnes de 2 semaines entre septembre 2004 et avril 2005:

- Période 1 : du 09/09/04 au 22/09/04
- Période 2 : du 26/10/04 au 07/11/04
- Période 3 : du 06/01/05 au 16/01/05
- Période 4 : du 18/04/05 au 24/04/05

Ce rapport présente l'ensemble des résultats obtenus en dressant un bilan de la qualité de l'air sur la zone d'étude incluant une comparaison par rapport à la réglementation pour chacun des polluants mesurés.

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 CETE de Lyon, COPARLY a réalisé les mesures des polluants primaires suivants :

- **Dioxyde de soufre** (SO_2)
- **Oxydes d'azote** (NO et NO_2)
- **Particules** : Poussières en suspension de taille inférieure à 10 µm (notées PM_{10})
- **Monoxyde de carbone** (CO)
- **Composés Organiques Volatils** (COV) : Benzène (C_6H_6) et 1,3-butadiène
- **Aldéhydes** : formaldéhyde (CH_2O) et acroléine (CH_2=CH-CHO)
- **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)** : Benzo[a]pyrène ($C_{20}H_{12}$) et naphtalène ($C_{10}H_8$)
- **Métaux lourds** : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Sélénium (Se), Zinc (Zn), Plomb (Pb)

1.1.1 Le dioxyde de soufre (SO_2)

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 concentrations de SO_2 dans l'air ambiant ont diminué de plus de 50% en 15 ans. A titre d'information, sur l'agglomération lyonnaise, le SO_2 est émis à 58% par le secteur lié à l'énergie[1].
La contribution des transports dans les émissions de SO_2 est en baisse régulière. Aujourd'hui, au niveau national, les transports ne représentent plus que 6% des émissions totales de SO_2.

1.1.2 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N_2) 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.

Dans le département du Rhône, le transport routier représente environ 63% 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.

[1] Le Grand Lyon – POLYEN 1997

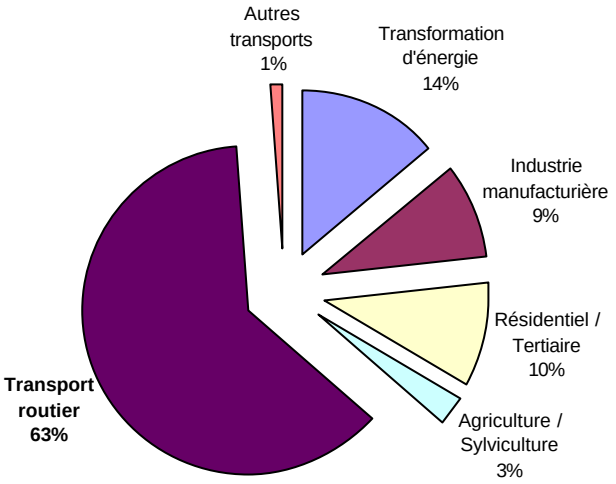


Figure 1.1 Emissions de NOx dans le département du Rhône en 2000 (CITEPA)

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

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…).

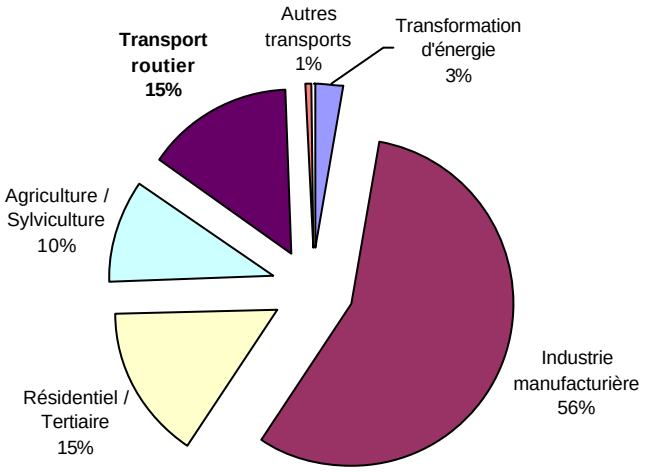


Figure 1.2 Emissions de poussières dans le département du Rhône en 2000 (CITEPA)

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

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 (C_6H_6) et le toluène (C_7H_8), mais également celles ou 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.

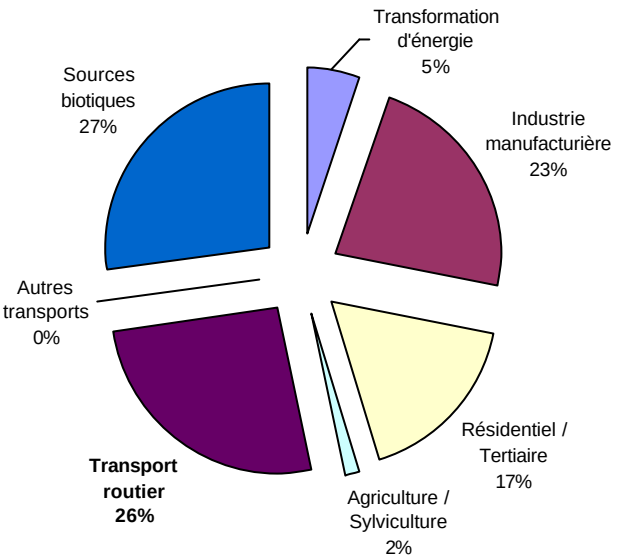


Figure 1.3 Emissions de COV dans le département du Rhône en 2000 (CITEPA)

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 dans le département du Rhône 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.

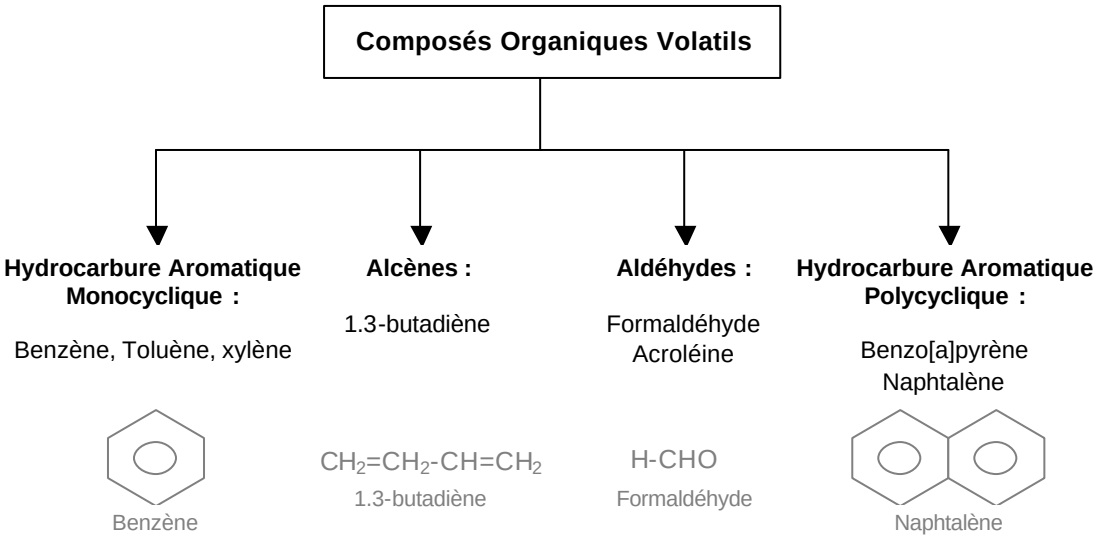


Figure 1.4 Les Composés Organiques Volatils (exemples de différents types de COV)

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, naphtalène,…)** 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/cm^3 (Cadmium, Chrome, Cuivre, Nickel, Sélénium, Zinc, Plomb).
Les métaux lourds se trouvent dans tous les compartiments de l'environnement (l'air, l'eau et 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 particulaires 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).

- **Plomb (Pb) :**

Les émissions de plomb sont en très forte baisse depuis 1990 (-95% entre 1990 et 2002). Les principaux secteurs émetteurs dépendent de l'année considérée :

- ✓ de 1990 à 1999, le transport routier était largement prédominant : 91% des émissions totales de la France métropolitaine en 1990 contre 68% en 1999.
- ✓ à partir de 1999, le transport routier a une contribution très faible puis nulle (3% en 2000 puis 0% par la suite). Le secteur qui est désormais le plus émetteur est l'industrie manufacturière avec 70% des émissions totales en 2002, en particulier du fait de la métallurgie des métaux non ferreux, des minéraux non métalliques et matériaux de construction et la métallurgie des métaux ferreux. Les autres secteurs ont un poids beaucoup moins important.

La baisse observée entre 1990 et 2002 est imputable en quasi-totalité au transport routier et s'explique par l'introduction de carburants sans plomb et de l'interdiction de l'essence plombée au 1er janvier 2000, actions liées à la mise en place de pots catalytiques.

En résumé pour les métaux lourds

A l'exception du cuivre (usure des plaquettes de frein), la part du trafic dans les émissions de métaux lourds est <u>faible</u>. Le trafic automobile représentait jusqu'à 91% des émissions totales de plomb en 1990. Depuis la suppression du plomb dans les carburants, la contribution du trafic automobile dans les émissions de plomb est nulle depuis 2001.

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 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 SO_2 et le NO_2) 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 Sanitaire[2]) 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.

1.2.1 Le dioxyde de soufre (SO_2)

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 (NOx)

1.2.2.1 Santé

Seul le **dioxyde d'azote (NO_2) 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 $\mu g.m^{-3}$, 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 »).

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

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 $\mu g.m^{-3}$ contre 100 $\mu g.m^{-3}$ pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10 µm (PM_{10}) 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 CO_2 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 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 SO_2, le NO_2, 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 4ème 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 SO_2, NO_2, CO, PM_{10} et Benzène

Pour les **SO_2, NO_2, CO, PM_{10} 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)
	280	Centile 99,8 (soit 18 heures de dépassement des 280 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 µg.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 1.5 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

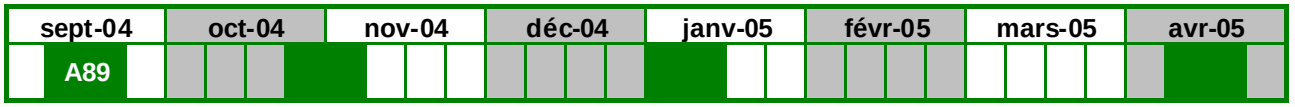
Le comportement des polluants atmosphériques locaux (transport et accumulation) est fortement lié aux conditions climatiques (pluviométrie, vent, température, ensoleillement).

Pour être représentatives et comparées aux normes 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 SO_2, NO_2, PM_{10}, 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).

Dans le cadre de cette étude, COPARLY a été sollicité au cours de l'année 2004 pour réaliser un état initial de la qualité de l'air à proximité de la RN6 à Dardilly.
8 semaines de mesures (**4 campagnes de 2 semaines)** ont été réalisées : chaque campagne étant caractéristique d'une saison.

Périodes de mesures	Date début	Date fin
N°1 : Eté	09/09/04	22/09/04
N°2 : Automne	26/10/04	07/11/04
N°3 : Hiver	06/01/05	16/01/05
N°4 : Printemps	12/04/05	24/04/05

Tableau 2-1 Dates des campagnes de mesures à Dardilly



2.2 Site de mesures

L'objectif de cette étude est de réaliser un état initial de la qualité de l'air à Dardilly à proximité de la RN6 dans le cadre du projet de liaison entre l'A89 et l'A6.
Le choix du site a été effectué dans le but de mesurer l'exposition moyenne d'une population à proximité de la RN6. Le site a donc été implanté dans un lotissement en bordure de la RN6 à Dardilly.

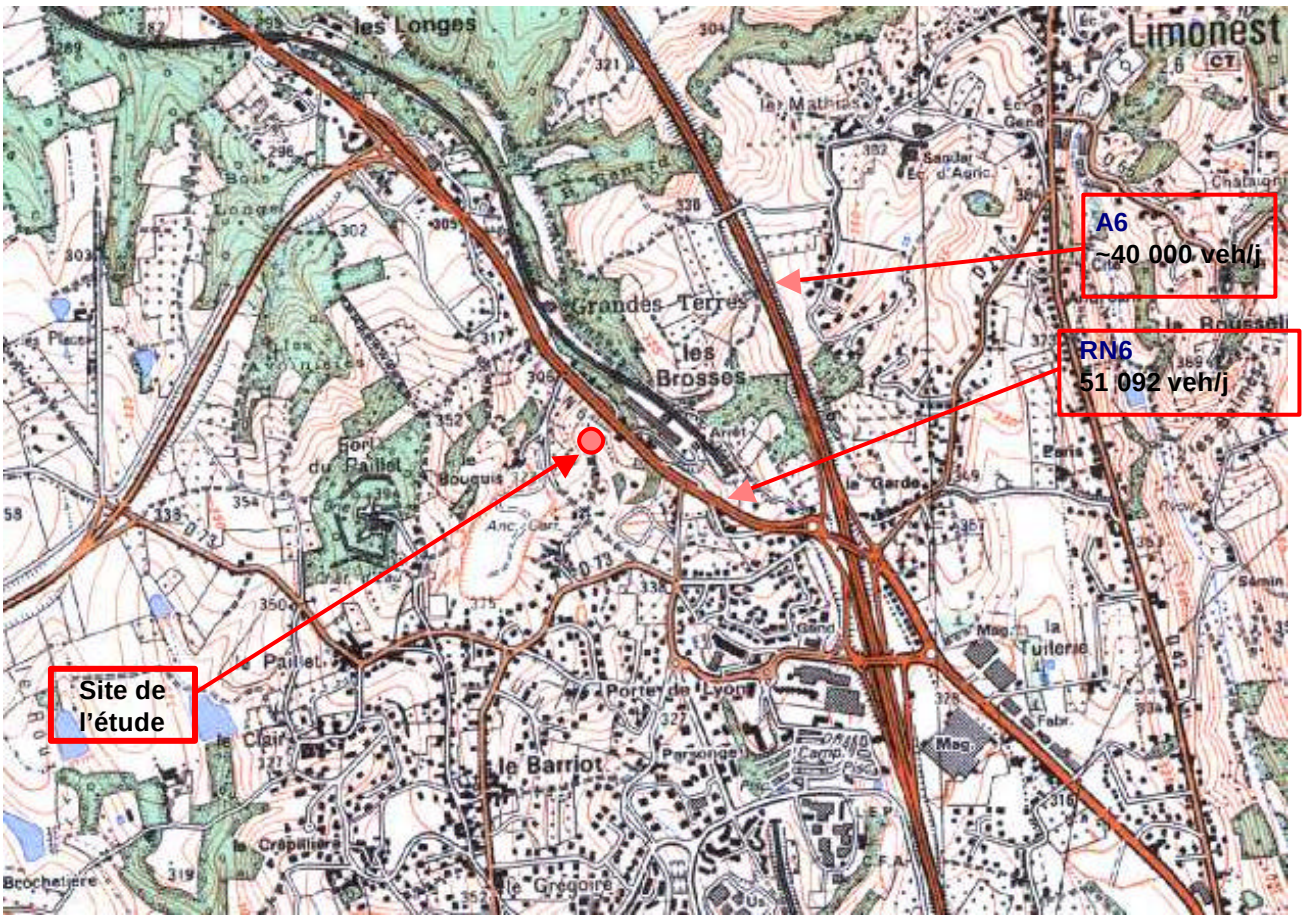


Figure 2.1 Implantation du site de mesures à Dardilly

Le camion laboratoire a été installé dans le chemin des Mandaroux à Dardilly. Il se situe à une distance d'environ 50 mètres de la RN6 et 600 mètres de l'A6.

Les sources de pollution qui sont susceptibles d'influencer la qualité de l'air dans ce secteur sont :

- La RN6 avec un trafic moyen journalier de 51 092 véhicules par jour (DDE – 2004)
- l'A6 avec environ 40 000 véhicules par jour.

Il n'y a à proximité de ce site pas de source fixe importante susceptibles de d'influencer la qualité de l'air.

Figure 2.2 Photos du site de mesures (photos prises depuis la RN6)

2.3 Techniques de mesures

L'organisation de COPARLY 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, et 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

Vues de l'intérieur du laboratoire mobile

Figure 2.3 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.

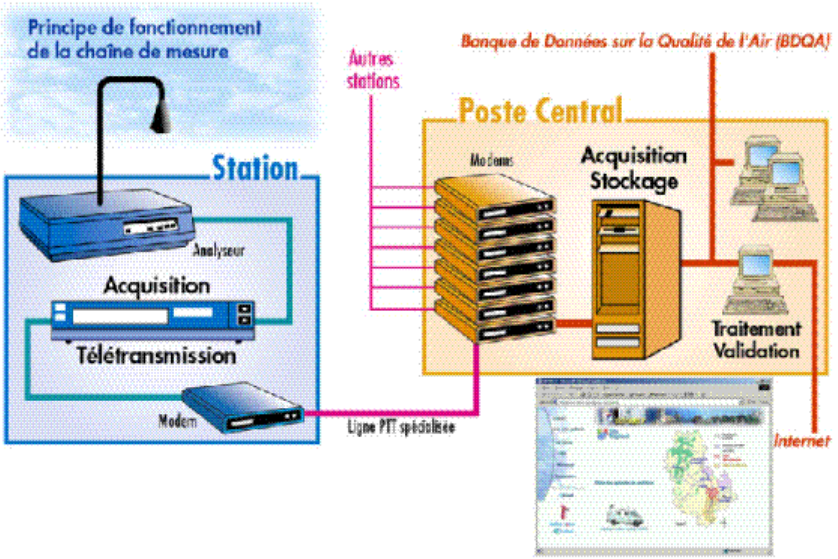


Figure 2.4 Principe de fonctionnement

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 BTX[3] 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, une technique de mesures pour les COV consiste à effectuer un prélèvement par canister.

Pour cette étude, les prélèvements ont été réalisés par 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. Les HAP sont extraits et analysés par la technique HPLC (Chromatographie en phase liquide haute performance) en phase inverse.

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 (liste définie par le CETE) comprend le benzo[a]pyrène qui est un cancérigène reconnu et réglementé, ainsi que la naphtalène qui est un traceur des HAP non toxiques.

[3] BTX : Benzène Toluène Xylène

2.3.6 Mesures par prélèvements pour les métaux lourds

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 métaux analysés dans le cadre de cette étude sont :

- Cadmium (Cd)
- Chrome (Cr)
- Cuivre (Cu)
- Nickel (Ni)
- Sélénium (Se)
- Zinc (Zn)
- Plomb (Pb) : uniquement lors des 2 dernières campagnes sur demande du CETE.

2.3.7 Présentation des sites fixes de comparaison

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

Stations	Typologie		Emplacement / Réseau	Polluants mesurés					
				SO_2	NOx	CO	PM_{10}	COV	Métaux lourds
Vaise Marietton		*Trafic*	Lyon / COPARLY	x	x	x			
La Mulatière		*Trafic*	Lyon / COPARLY		x	x	x		
Etats Unis		*Trafic*	Lyon / COPARLY					HAP	x
Garibaldi		*Trafic*	Lyon / COPARLY	x	x	x	x	BTX	
Gerland		*Urbain de fond*	Gerland / COPARLY	x	x				
Ternay		*Péri-urbain*	Ternay / COPARLY	x	x		x		
Givors		*Industriel*	Givors / COPARLY	x	x		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 (µg.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.

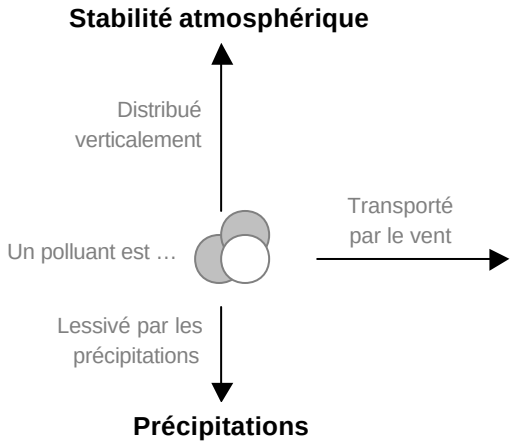


Figure 3.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

D'autres paramètres météorologiques (température, ensoleillement) peuvent aussi influer 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 et direction 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.

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Bilan des 4 campagnes
	09/09/04 au 22/09/04	26/10/04 au 07/11/04	06/01/05 au 16/01/05	12/04/05 au 24/04/05	
% de données horaires valides	100%	88%	100%	100%	97%
Moyenne horaire (m/s)	**1**	**1,5**	**1,1**	**1,1**	**1,3**
Maximum horaire (m/s)	4	4	4	3	4
Percentile 99,8 horaire (m/s)	4	4	4	3	4
Percentile 99,2 horaire (m/s)	4	4	4	3	4
Percentile 98 horaire (m/s)	3	3	3	3	3
Percentile 90,4 horaire (m/s)	2	3	3	2	2
Percentile 50 horaire (m/s)	1	2	1	1	1
Minimum horaire (m/s)	0	0	0	0	0
% de vents supérieurs à 2 m/s	10%	23%	22%	10%	16%

Tableau 3-1 Statistiques horaires des vitesses de vent à Dardilly

Les vitesses moyennes de vent ont été faibles sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures.

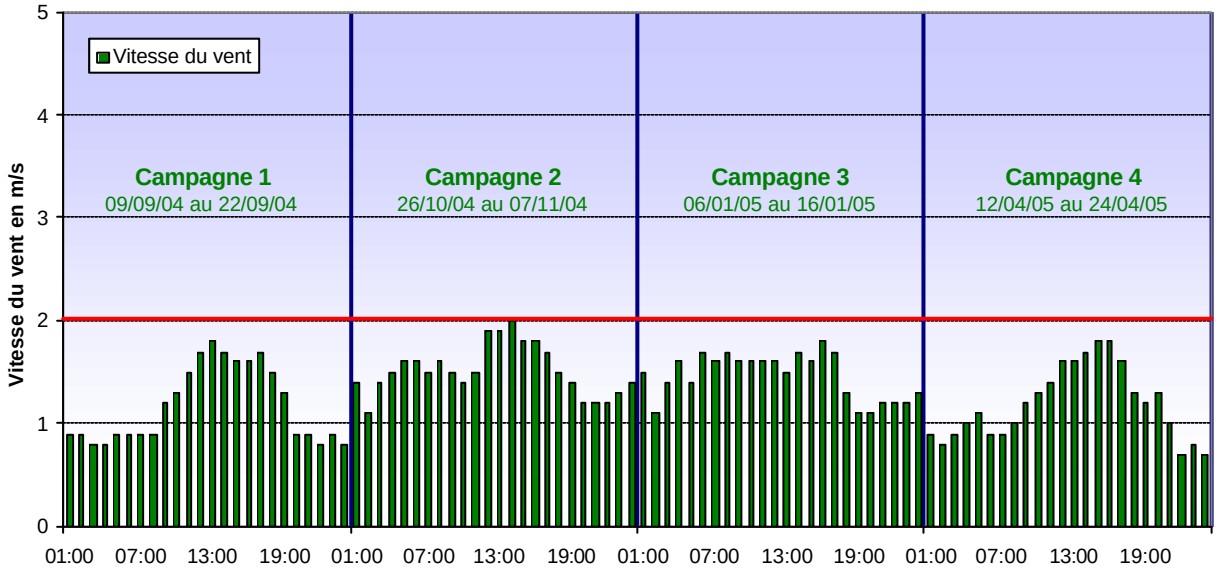


Figure 3.2 Profils moyens horaires de la vitesse du vent pendant chaque campagne

La rose des vents montre une direction privilégiée du vent (Nord/Ouest – Sud/Est) ; le vent suit le relief dans la direction de la RN6.

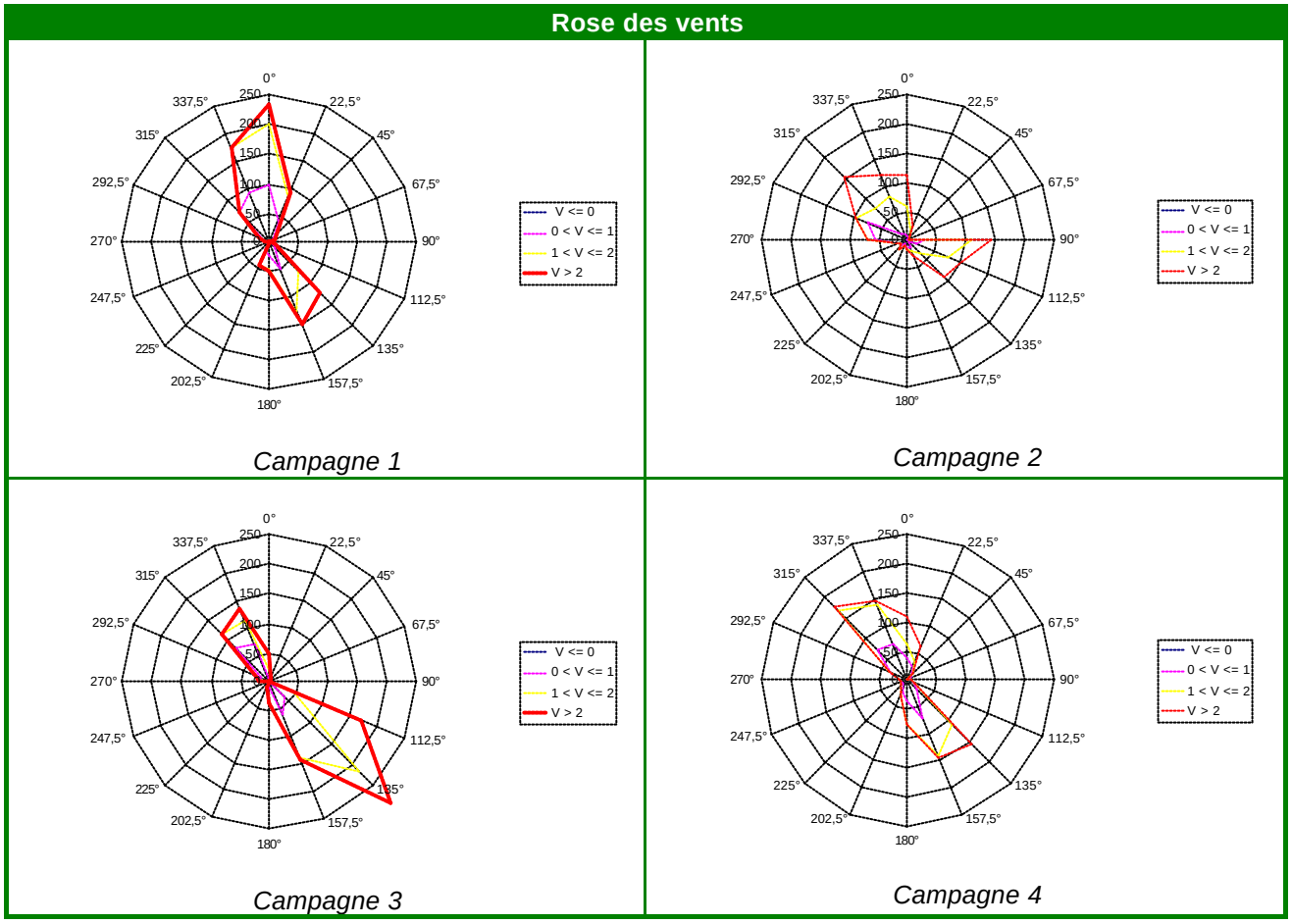


Figure 3.3 Roses des vents à Dardilly pendant les différentes campagnes

3.3 Précipitations

Le temps était perturbé pendant les campagnes 2 et 4; les précipitations ont favorisé le lessivage de l'atmosphère.

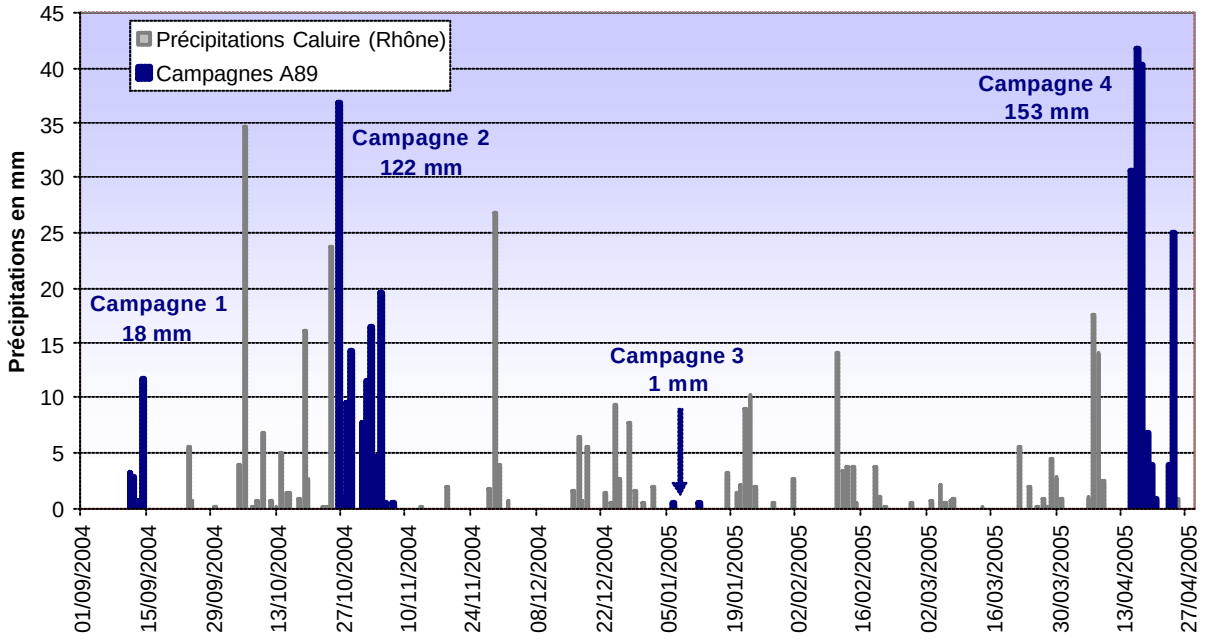


Figure 3.4 Précipitations à Caluire (Rhône)

3.4 Représentativité des mesures

Les directives européennes 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et la directive 2000/69/CE du 16 novembre 2000 imposent dans le cadre de mesures ponctuelles un minimum de 8 semaines de mesures également réparties sur toute l'année.

Les 8 semaines de mesures permettent une estimation de la moyenne annuelle à Dardilly qui n'est pas calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures. En effet, les 4 campagnes de mesures ont été réalisées entre septembre 2004 et avril 2005 et cette période est la plus favorable à l'observation de concentrations importantes de polluants.

L'évaluation de la représentativité est faite à partir des stations fixes du réseau de COPARLY.

Pour le NO, NO_2 et PM_{10}, la moyenne mesurée sur les stations fixes lors des 4 campagnes de mesures de l'A89 est supérieure à sa moyenne annuelle 2004, ceci se vérifie particulièrement bien pour le NO (tous les points sont en dessous de la bissectrice).
L'écart entre la moyenne des 4 campagnes et la moyenne annuelle est plus faible pour d'autres polluants comme le NO_2 ou les PM_{10} (les points sont plus proches de la bissectrice).

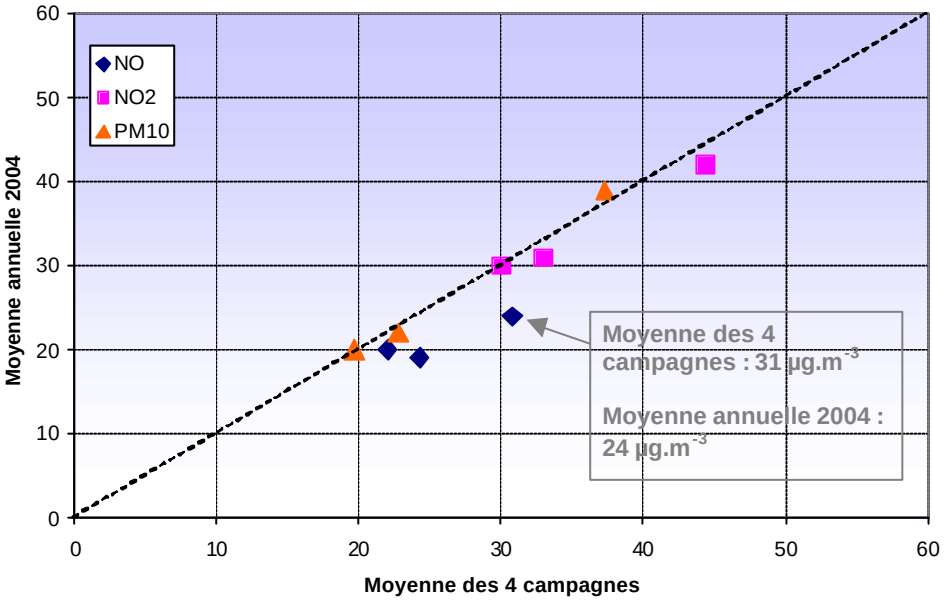


Figure 3.5 Ecart entre l'estimation de la moyenne annuelle calculée avec 8 semaines de mesures et la moyenne annuelle calculée avec un an de données sur les sites fixes de COPARLY

La moyenne des 4 campagnes de mesures ne constitue pas l'estimateur de la moyenne annuelle (pour NO, NO_2 et PM_{10}). L'échantillonnage est bien représentatif de l'année 2004. L'estimateur est calculé en utilisant la droite de régression entre la moyenne des 4 campagnes et la moyenne 2004 pour les stations fixes de référence (Figure 3.7).Cette estimation de la moyenne annuelle peut donc être comparée aux valeurs réglementaires.

Exemple pour le NO_2 :
Moyenne annuelle réelle = 1,2216 x Estimation de la moyenne annuelle – 8,8893

Pour les autres polluants, l'estimateur de la moyenne annuelle est calculé sur la base de la moyenne des 4 saisons ; c'est un estimateur majorant.

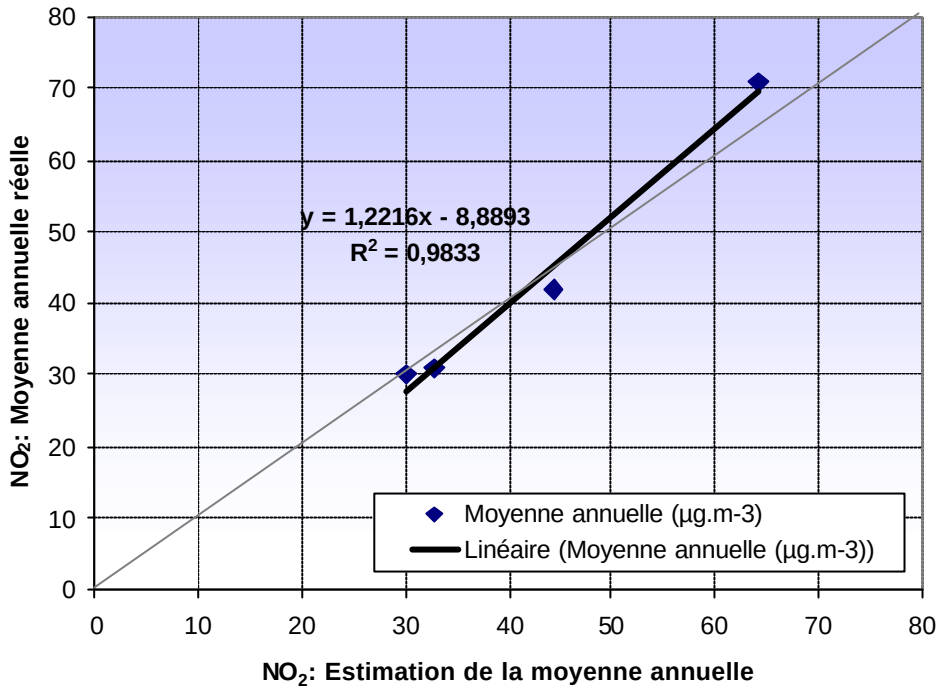


Figure 3.6 Méthode de calcul de l'estimateur de la moyenne annuelle pour le NO_2

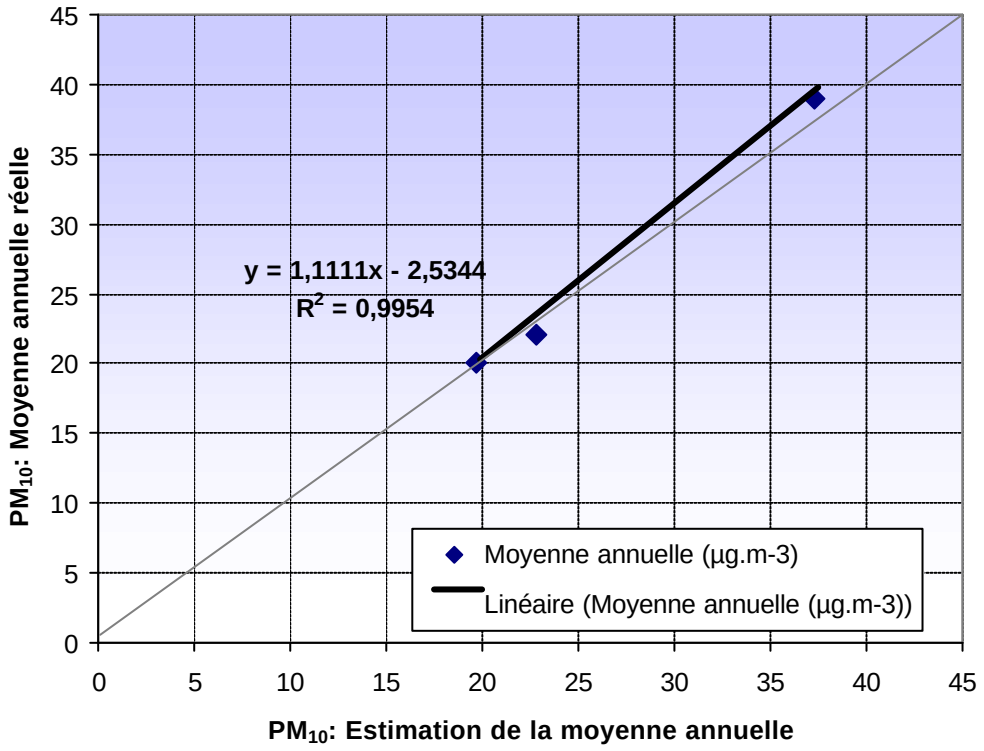


Figure 3.7 Méthode de calcul de l'estimateur de la moyenne annuelle pour le PM_{10}

3.5 Niveaux de pollution mesurés

Les périodes de mesures, 8 semaines au total, sont donc suffisantes pour estimer une concentration moyenne annuelle de différents polluants (NOx, CO, PM_{10}, SO_2, Benzène, métaux lourds).

Pour les HAP et le 1,3-butadiène, les prélèvements peuvent être comparés avec ceux effectués sur le réseau fixe de l'ASCOPARG et de COPARLY.

3.5.1 Les oxydes d'azote (NOx)

3.5.1.1 Le monoxyde d'azote (NO)

Les statistiques des mesures de NO effectuées à Dardilly ont été résumées dans le tableau suivant.

NO *Monoxyde d'azote*	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Bilan des mesures
	09/09/04 au 22/09/04	26/10/04 au 07/11/04	06/01/05 au 16/01/05	12/04/05 au 24/04/05	4 campagnes
% de données horaires valides	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**12**	**18**	**36**	**9**	**18**
Maximum horaire (µg.m^{-3})	227	180	246	159	246
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	184	166	240	129	222
Percentile 99,2 horaire (µg.m^{-3})	154	155	213	89	163
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	99	127	184	83	137
Percentile 90,4 horaire (µg.m^{-3})	33	73	91	36	60
Percentile 50 horaire (µg.m^{-3})	2	3	17	1	4
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0	0	0	0	0

Tableau 3-2 Statistiques horaires du NO

De manière générale, 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 (63% des émissions de NOx dans le Rhône), mais aussi aux conditions météorologiques (stabilité de l'atmosphère, dispersion par le vent ou lessivage par les précipitations).
Elles augmentent en début de journée (lors de l'heure de pointe du matin à 8 heures), puis sont dispersées par le vent (vents supérieurs à 2m/s) sur le site de Dardilly.

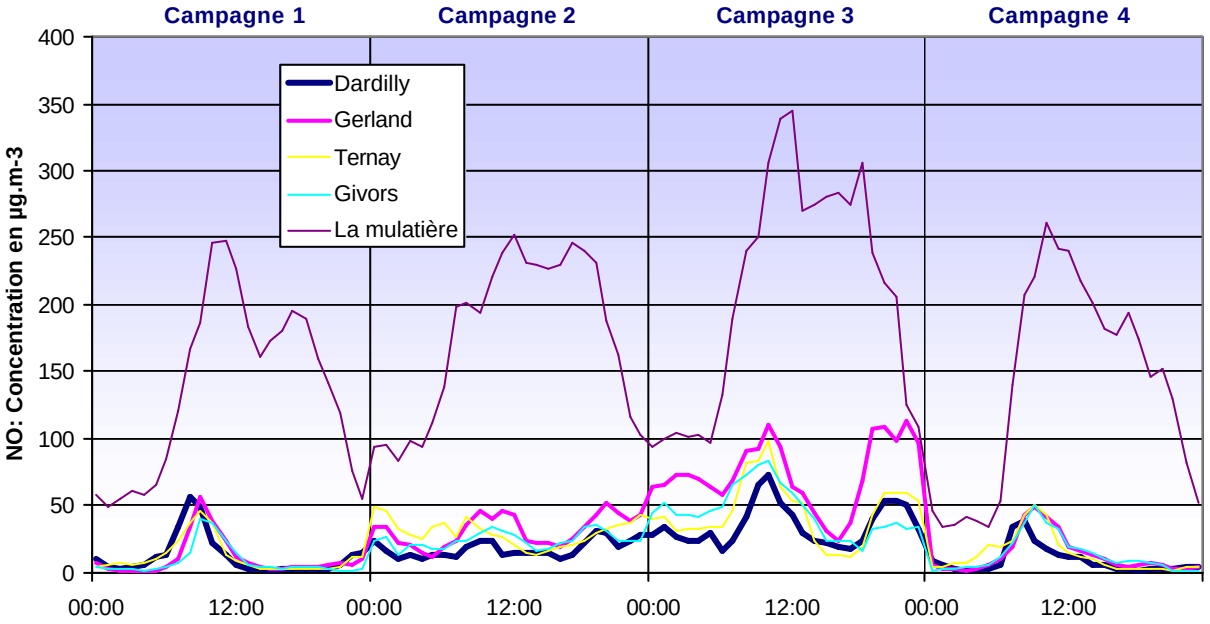


Figure 3.8 Profils moyens horaires du NO lors des 4 campagnes de mesures

Dans le cas du site de Dardilly, l'influence de la RN6 est faible (la dispersion des polluants par le vent n'est pas systématiquement dans la direction du site de mesures) et les niveaux mesurés sont similaires à ceux mesurés sur des sites péri-urbains (Ternay).

Globalement les concentrations de NO les plus faibles sont mesurées en été. En effet, cette saison est caractérisée par une diminution de l'activité et donc du trafic automobile ainsi que par de bonnes conditions météorologiques pour la transformation du NO en NO_2 (photochimie initiée par un ensoleillement plus important en été).
Les concentrations les plus élevées sont enregistrées en automne et en hiver (campagne 2 et 3) lorsque les conditions atmosphériques sont peu favorables à la dispersion (conditions anticycloniques et stabilité de l'atmosphère) et à la transformation du NO en NO_2 (Figure 3.7). L'association entre émissions importantes et faible dispersion expliquent donc l'augmentation des niveaux de NO pendant les campagnes 2 et 3.

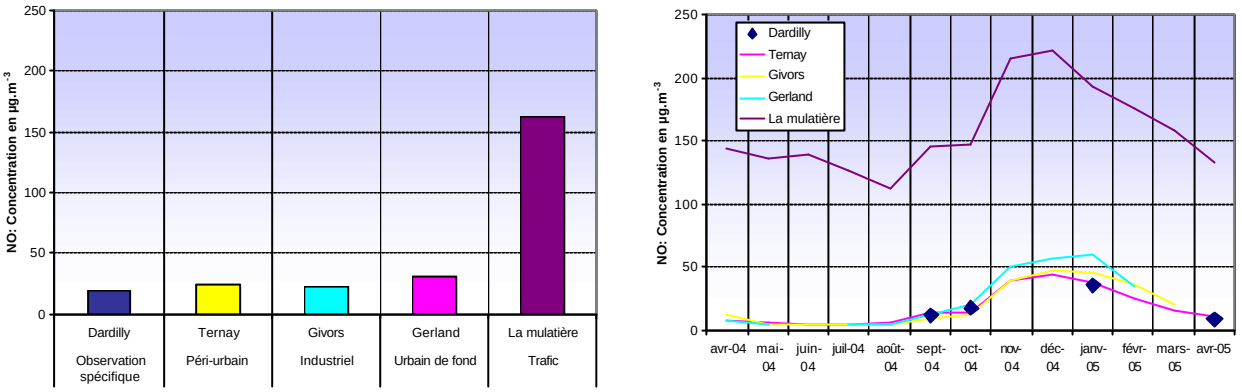


Figure 3.9 Evolution de la concentration moyenne de NO mesurée lors des différentes campagnes

L'estimation de la moyenne annuelle du site de Dardilly peut être comparée avec d'autres sites du réseau fixe de COPARLY.
Le tableau 3-3 présente la moyenne horaire des 4 campagnes de tous les sites, la moyenne annuelle 2004 des sites de référence et l'estimation de la moyenne annuelle du site de Dardilly.

Les niveaux mesurés à Dardilly sont inférieurs à ceux mesurés sur tous les sites urbains et péri-urbains de COPARLY. Ces niveaux sont nettement inférieurs à ceux mesurés en proximité automobile comme le site de la Mulatière à Lyon (site à proximité immédiate de l'A7 où circulent en moyenne 100 000 véhicules par jour).

NO	Dardilly	Ternay	Givors	Gerland	La Mulatière
Stations	*Observation spécifique*	*Péri-urbain*	*Industriel*	*Urbain de fond*	*Trafic*
Moyenne horaire des 4 campagnes (µg.m^{-3})	**18**	24	22	31	162
Moyenne annuelle 2004 estimée et réelle (µg.m^{-3})	**13**	19	20	24	168

Tableau 3-3 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de COPARLY

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

Il n'existe pas de réglementation concernant le NO. Cependant, cette mesure traduit bien l'influence sur la qualité de l'air du trafic automobile.

3.5.1.2 Le dioxyde d'azote (NO_2)

Les statistiques des mesures de NO_2 effectuées à Dardilly ont été résumées dans le tableau suivant.

NO_2 *Dioxyde d'azote*	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Bilan des mesures
	09/09/04 au 22/09/04	26/10/04 au 07/11/04	06/01/05 au 16/01/05	12/04/05 au 24/04/05	4 campagnes
% de données horaires valides	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**32**	**24**	**52**	**26**	**33**
Maximum horaire (µg.m^{-3})	104	76	117	82	117
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	103	68	115	80	105
Percentile 99,2 horaire (µg.m^{-3})	91	62	106	76	98
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	86	52	102	70	84
Percentile 90,4 horaire (µg.m^{-3})	59	44	79	48	61
Percentile 50 horaire (µg.m^{-3})	28	22	50	23	29
Minimum horaire (µg.m^{-3})	2	0	13	1	0

Tableau 3.5 Statistiques horaires du NO_2

Les niveaux mesurés à Dardilly sont modérés mais les profils moyens horaires du NO_2 confirment une augmentation des concentrations de NO_2 la journée liée à l'influence du trafic automobile. A Dardilly, les niveaux sont inférieurs à ceux mesurés en milieu urbain et le profil moyen est caractérisé par une augmentation des concentrations le matin vers 8 heures (Figure 3.9). Cette influence du trafic automobile reste faible par rapport à d'autres sites. En effet, l'amplitude des concentrations entre la nuit et le jour (6h-20h) est faible (quelques µg.m^{-3} à Dardilly, +34 µg.m^{-3} sur un site trafic comme la Mulatière).

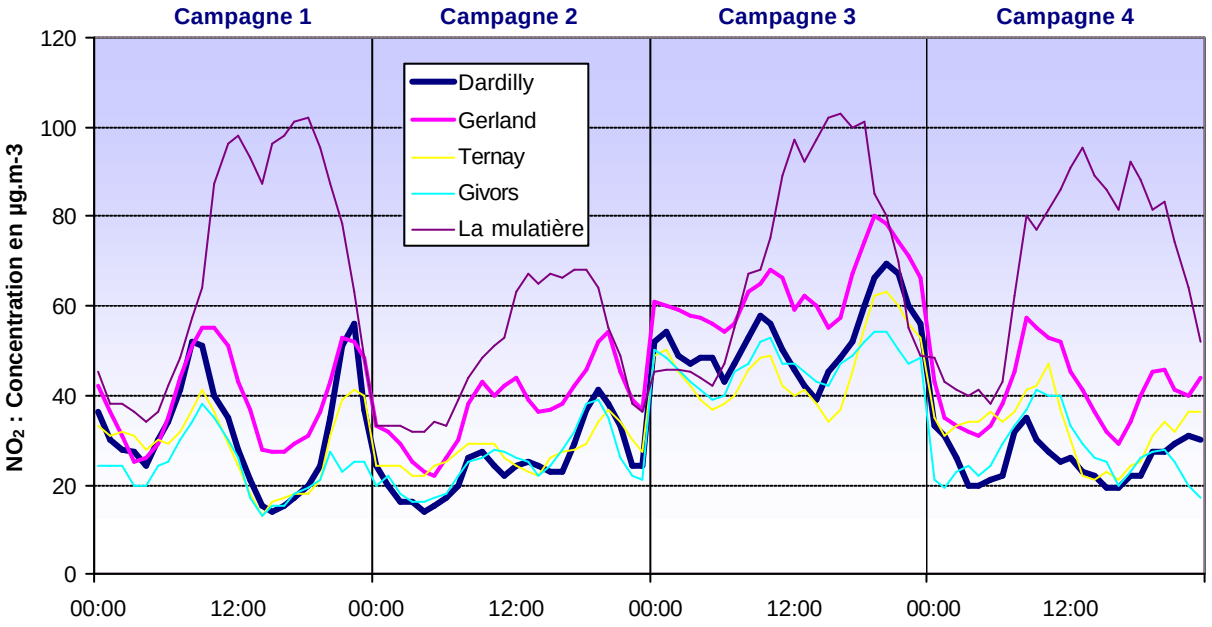


Figure 3.10 Profils moyens horaires du NO_2 lors des 4 campagnes de mesures

Comme pour le NO, les plus fortes concentrations de NO_2 ont été mesurées pendant la campagne d'hiver (campagne n°3) : association d'émissions importantes et d'une faible dispersion.

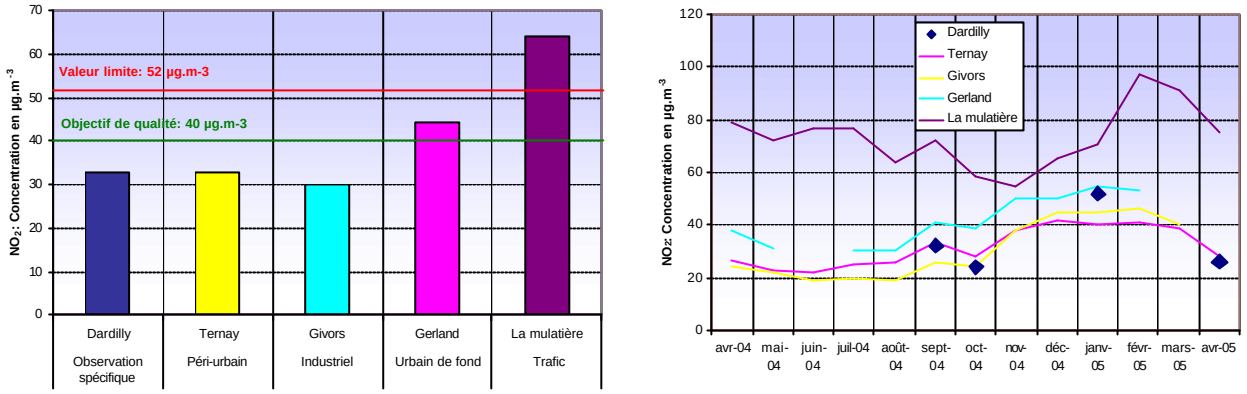


Figure 3.11 Evolution de la concentration moyenne de NO_2 mesurée lors des différentes campagnes

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

Concernant le NO_2, avec un maximum horaire à 117 µg.m^{-3}, les valeurs réglementaires fixées sur la base de dépassements de seuils horaires (200 µg.m^{-3} pour le percentile 98 et 280 µg.m^{-3} pour le percentile 99,8) ne sont pas dépassées à Dardilly.
Les dépassements des valeurs réglementaires basées sur des seuils horaires ont lieu essentiellement dans le centre de l'agglomération de Lyon où les émissions de NOx sont bien plus importantes qu'en périphérie. Ces dépassements ont généralement lieu lors d'épisodes de pollution associant fortes émissions et conditions météorologiques pénalisantes pour la qualité de l'air.

L'estimation de la moyenne annuelle du NO_2 sur le site de Dardilly (31 µg.m^{-3}) est inférieure aux niveaux mesurés sur d'autres sites urbains de l'agglomération (42 µg.m^{-3}) et comparable aux niveaux mesurés en milieu péri-urbain (30-31 µg.m^{-3}).

La comparaison avec la réglementation montre aussi une concentration de NO_2 conforme à l'objectif de qualité et donc inférieure à la valeur limite pour la protection de la santé humaine.

NO_2	Dardilly	Ternay	Givors	Gerland	La Mulatière
Station	*Observation spécifique*	*Péri-urbain*	*Industriel*	*Urbain de fond*	*Trafic*
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	33	33	30	44	64
Moyenne annuelle estimée et réelle (µg.m^{-3})	31	31	30	42	71

Tableau 3-4 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de COPARLY

En résumé pour les oxydes d'azote (NOx)

Les profils moyens de NOx montrent une influence modérée du trafic automobile de la RN6 sur ce site de mesures.
Les niveaux mesurés restent inférieurs aux niveaux mesurés en milieux urbains, comparables à ceux mesurés en milieu péri-urbain. Ces concentrations sont conformes à la réglementation.

3.5.2 Le monoxyde de carbone (CO)

Les statistiques des mesures de CO effectuées à Dardilly ont été résumées dans le tableau suivant.

CO *Monoxyde de carbone*	**Campagne 1** 09/09/04 au 22/09/04	**Campagne 2** 26/10/04 au 07/11/04	**Campagne 3** 06/01/05 au 16/01/05	**Campagne 4** 12/04/05 au 24/04/05	**Bilan des mesures** 3 campagnes
% de données horaires valides	83%	86%	100%	Pas de mesure de CO	68%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**221**	**169**	**720**		**366**
Maximum horaire (µg.m^{-3})	864	1089	2365		2365
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	767	1074	2302		1969
Percentile 99,2 horaire (µg.m^{-3})	633	816	1798		1723
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	568	701	1749		1578
Percentile 90,4 horaire (µg.m^{-3})	471	454	1474		893
Percentile 50 horaire (µg.m^{-3})	181	117	597		233
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0	0	0		0

Tableau 3.7 Statistiques horaires et journalières du CO et estimation de la moyenne annuelle

NO et CO sont deux polluants primaires issus directement du trafic automobile, leurs évolutions horaires sont donc bien corrélées (CO et NO ont leurs pics de concentrations en même temps et sont caractérisés par une augmentation de leur concentrations le matin vers 8 heures, heure de pointe) (Figure 3.12).

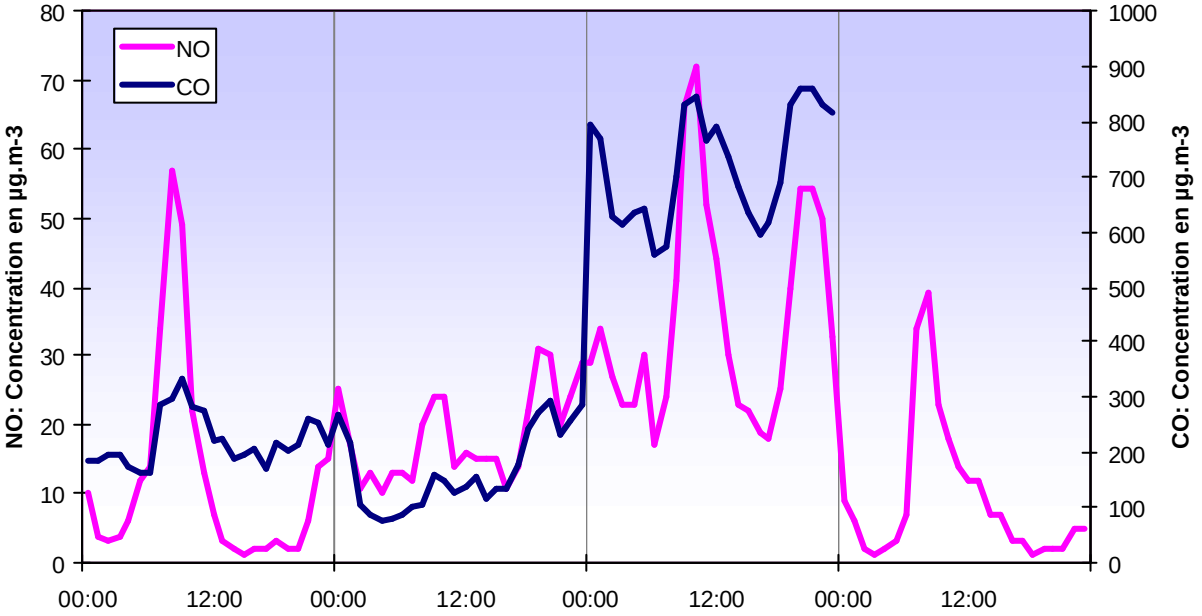
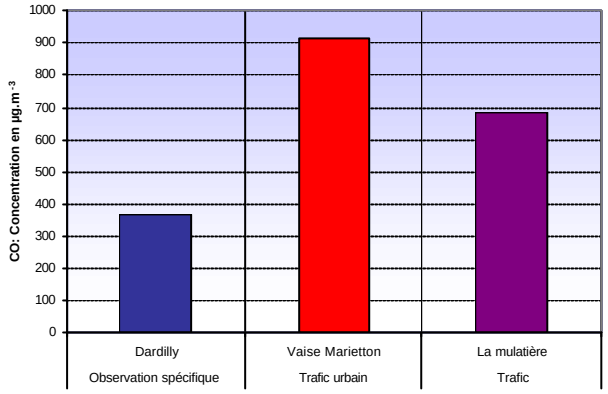


Figure 3.12 Profils moyens horaires du NO et du CO à Dardilly

Comme pour le NO, les plus fortes concentrations de CO ont été mesurées pendant la campagne n°3 (association de fortes émissions et d'une faible dispersion).



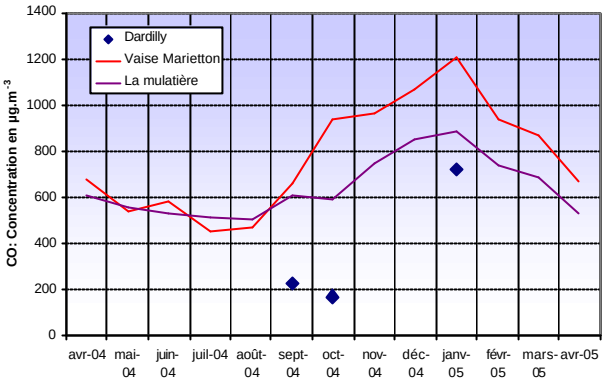


Figure 3.13 Evolution de la concentration moyenne de CO mesurée lors des différentes campagnes

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

Avec une valeur maximale horaire à 1840 µg.m^{-3} (mesuré lors de la campagne n°3), la valeur limite pour la protection de la santé humaine (10 000 µg.m^{-3} en moyenne glissante sur 8 heures) n'est pas dépassée sur le site de Dardilly.

CO		Dardilly	Vaise Marietton	La Mulatière (Lyon)
		Observation spécifique	*Trafic*	*Trafic*
Maximum de la moyenne glissante sur 8 heures (µg.m^{-3})		1 840	3 973	2 197
Comparaison à la réglementation	*Valeur limite pour la protection de la santé humaine*	10 000 µg.m^{-3} pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures		

Tableau 3.8 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de COPARLY

La réalisation de seulement 6 semaines de mesures ne permet pas de réaliser une estimation de la moyenne annuelle du CO à Dardilly. Les niveaux mesurés à Dardilly sont cependant nettement inférieurs à ceux mesurés sur les stations fixes de forte proximité automobile.

En résumé pour le monoxyde de carbone (CO)

La corrélation entre NO et CO montre bien une influence du trafic automobile sur ce site.
Les niveaux de CO mesurés restent faibles et nettement inférieurs à la valeur réglementaire.

3.5.3 Les poussières en suspension (PM_{10})

Les statistiques horaires et journalières des mesures de PM_{10} effectuées à Dardilly ont été résumées dans le tableau suivant.

PM_{10} *Poussières en suspension*	Campagne 1 09/09/04 au 22/09/04	Campagne 2 26/10/04 au 07/11/04	Campagne 3 06/01/05 au 16/01/05	Campagne 4 12/04/05 au 24/04/05	Bilan des mesures 4 campagnes
% de données horaires valides	100%	95%	100%	100%	99%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**18**	**13**	**27**	**14**	**18**
Maximum horaire (µg.m^{-3})	74	46	66	48	74
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	65	44	64	46	61
Percentile 99,2 horaire (µg.m^{-3})	50	42	60	44	55
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	43	32	55	39	46
Percentile 90,4 horaire (µg.m^{-3})	31	22	45	27	33
Percentile 50 horaire (µg.m^{-3})	17	12	25	12	16
Minimum horaire (µg.m^{-3})	2	0	1	0	0

Tableau 3-5 Statistiques horaires des PM_{10}

PM_{10} *Poussières en suspension*	Campagne 1 09/09/04 au 22/09/04	Campagne 2 26/10/04 au 07/11/04	Campagne 3 06/01/05 au 16/01/05	Campagne 4 12/04/05 au 24/04/05	Bilan des mesures 4 campagnes
% de données horaires valides	100%	92%	100%	100%	98%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**18**	**13**	**26**	**14**	**18**
Maximum journalier (µg.m^{-3})	32	23	37	28	37
Percentile 99,8 journalier (µg.m^{-3})	32	23	37	28	37
Percentile 99,2 journalier (µg.m^{-3})	32	23	37	28	37
Percentile 98 journalier (µg.m^{-3})	31	22	37	27	36
Percentile 90,4 journalier (µg.m^{-3})	27	20	36	23	30
Percentile 50 journalier (µg.m^{-3})	17	12	25	13	17
Minimum journalier (µg.m^{-3})	10	6	15	4	4

Tableau 3-6 Statistiques journalières des PM_{10}

Les profils moyens horaires montrent une évolution horaire des PM_{10} similaires à celles des sites péri-urbains de fond tels que Ternay. L'amplitude journalière de ces site est moins marquée que celle des sites sous influence automobile (la Mulatière : +30 µg.m^{-3} la journée par rapport à la nuit pendant la campagne n°3, cette variation est beaucoup plus faible sur le site de Dardilly).

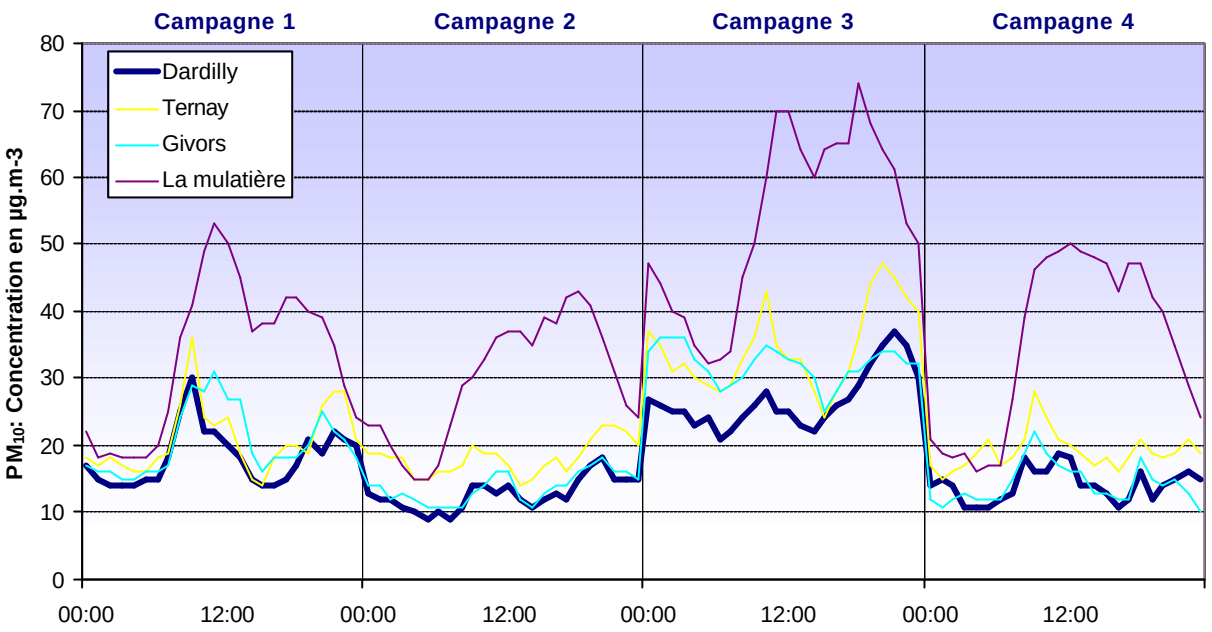


Figure 3.14 Profils moyens horaires des PM_{10}

Les niveaux de PM_{10} mesurés à Dardilly sont faibles, légèrement inférieurs à ceux mesurés en milieu péri-urbain. Ils sont équivalents à ceux mesurés en milieu rural (moyenne annuelle des PM_{10} à Optevoz dans le Nord Isère en 2004 : 15 µg.m^{-3}).

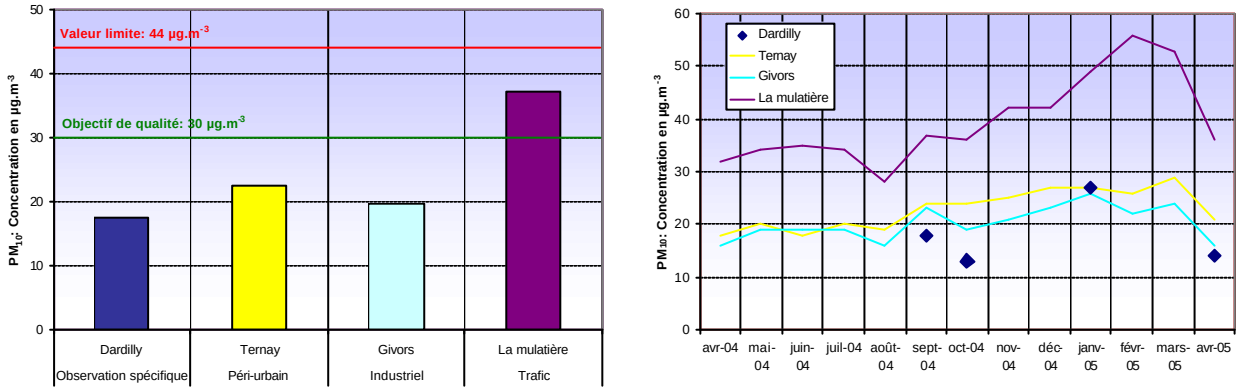


Figure 3.15 Evolution de la concentration moyenne de PM_{10} mesurée lors des différentes campagnes

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

Avec un maximum journalier à 37 µg.m^{-3}, la valeur réglementaire fixée sur la base d'un dépassement d'un seuil journalier (65 µg.m^{-3} pour le percentile 90,4) n'a pas été dépassée à Dardilly pendant les 4 campagnes de mesures. L'estimation de la moyenne annuelle des PM_{10} sur le site de Dardilly (17 µg.m^{-3}) est conforme à l'objectif de qualité (30 µg.m^{-3}) et donc à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (44 µg.m^{-3}).

	Dardilly	Ternay	Givors	La mulatière
Station	*Observation spécifique*	*Péri-urbain*	*Industriel*	*Trafic*
Moyenne horaire des 4 campagnes (µg.m^{-3})	**18**	23	20	37
Moyenne annuelle estimée et réelle (µg.m^{-3})	**17**	22	20	39

Tableau 3-7 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly et comparaison avec les stations fixes de COPARLY

En résumé pour les poussières (PM_{10})
Les niveaux mesurés restent modérés et conformes aux objectifs de qualité de l'air.

3.5.4 Le dioxyde de soufre (SO_2)

Les concentrations mesurées montrent des niveaux faibles de SO_2 sur ce site de Dardilly.
La pollution au SO_2 se traduit généralement par des pointes de courte durée, de l'ordre du quart-d'heure ou de l'heure, le plus souvent dues à un rejet industriel important de SO_2.

SO_2 *Dioxyde de soufre*	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Bilan des mesures
	09/09/04 au 22/09/04	26/10/04 au 07/11/04	06/01/05 au 16/01/05	12/04/05 au 24/04/05	4 campagnes
% de données horaires valides	97%	100%	100%	96%	98%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	**2**	**2**	**9**	**2**	**4**
Maximum horaire (µg.m^{-3})	15	19	60	40	60
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	14	18	55	37	50
Percentile 99,2 horaire (µg.m^{-3})	12	14	50	33	35
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	9	12	37	24	24
Percentile 90,4 horaire (µg.m^{-3})	4	4	22	5	10
Percentile 50 horaire (µg.m^{-3})	1	1	6	1	1
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0	0	0	0	0

Tableau 3.12 Statistiques horaires du SO_2

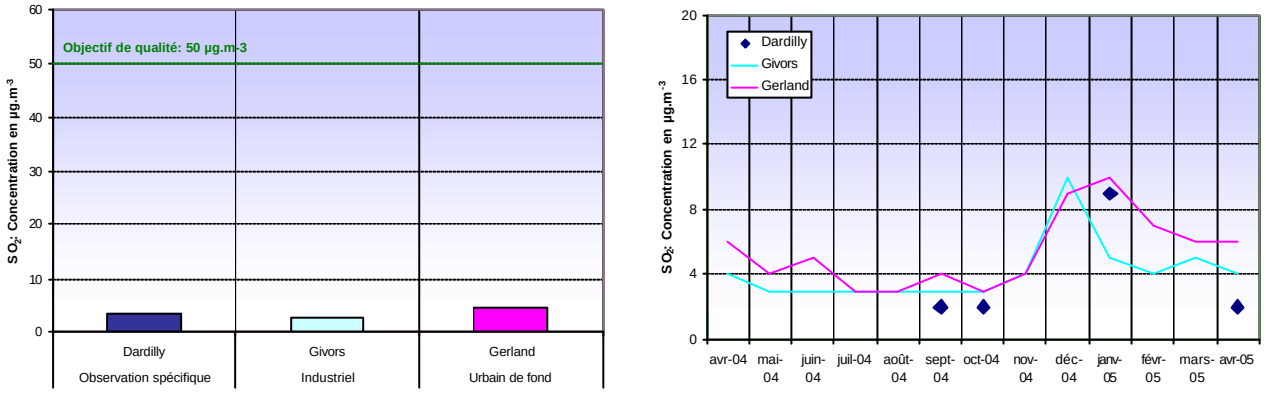


Figure 3.16 Evolution de la concentration moyenne de SO_2 mesurée lors de chaque campagne

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

Avec un maximum horaire à 60 µg.m^{-3}, les valeurs réglementaires fixées sur la base de dépassements de seuils horaires (125 µg.m^{-3} pour le percentile 99,2 et 380 µg.m^{-3} pour le percentile 99,7) ne sont pas dépassées à Dardilly.
Concernant le SO_2, le dépassement des valeurs réglementaires basée sur des seuils horaires ont lieu essentiellement à proximité de sites industriels importants où les émissions de SO_2 sont bien plus importantes qu'à Dardilly (exemple : zone industrielle de Feyzin dans la vallée du Rhône).

La moyenne des 4 campagnes de mesures de SO_2 sur le site de Dardilly est bien conforme à l'objectif de qualité.

SO_2		Dardilly	Givors	Gerland
		Observation spécifique	*Industriel*	*Urbain de fond*
Moyenne annuelle 2004 (µg.m^{-3})		**4**	3	5
Comparaison à la réglementation	*Objectif de qualité*	50 µg.m^{-3} en moyenne annuelle		

Tableau 3.13 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de SUPAIRE et de l'ASCOPARG

En résumé pour le dioxyde de soufre (SO_2)
Les niveaux mesurés sont faibles et conformes aux objectifs de qualité de l'air.

3.5.5 Les BTX (Benzène, Toluène, Xylène) et le 1,3-butadiène

Le tableau suivant récapitule les résultats des mesures du benzène, du toluène et du xylène par tubes à diffusion passive. Ces résultats expriment la concentration moyenne mesurée sur toute la durée de chaque campagne.

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Bilan des mesures
	09/09/04 au 23/09/04	27/10/04 au 08/11/04	06/01/05 au 17/01/05	12/04/05 au 25/04/05	4 campagnes
Benzène (µg.m^{-3})	0,9	0,9	3	1,4	1,5
Toluène (µg.m^{-3})	2,8	2,2	5,4	2,1	3,1
Xylène (µg.m^{-3})	2,8	2,2	1,4	0,6	1,8

Tableau 3.14 Résultats des mesures de BTX par tubes à diffusion

Comme pour les autres polluants, les plus fortes concentrations de BTX sont mesurées pendant la campagne n°3.

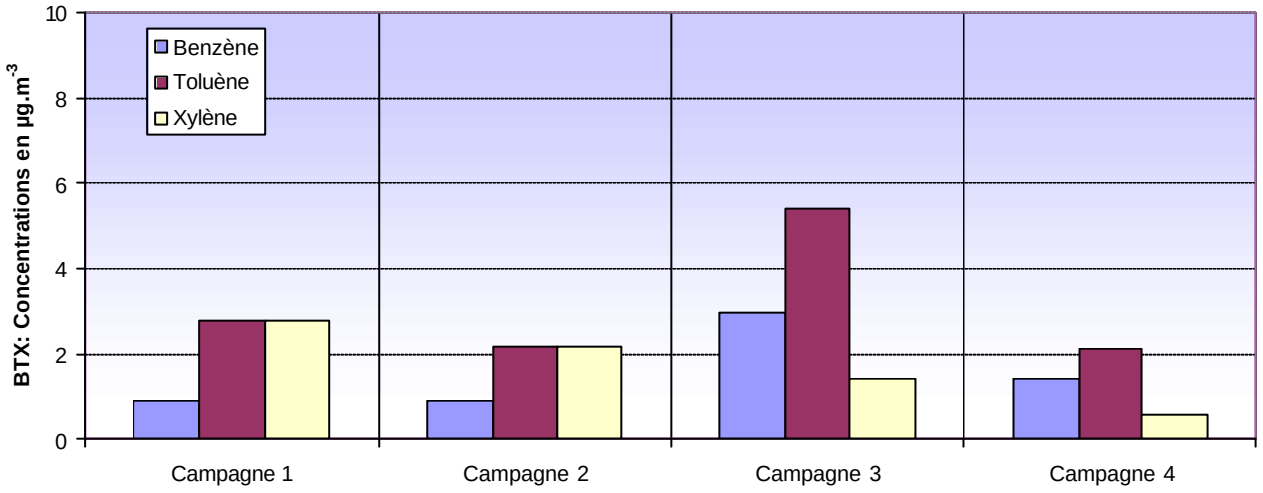


Figure 3.17 Résultats des mesures de BTX par tubes à diffusion

Le benzène et le 1,3-butadiène ont aussi été mesurés par des prélèvements par canisters. Ces résultats expriment la concentration mesurée sur la durée de prélèvement (8 heures).
Les résultats des prélèvements de benzène par canister (8 heures) peuvent être comparés aux résultats des tubes à diffusion (moyenne sur 2 semaines) ; cette comparaison permet d'apprécier les variations, sur une période de 8 heures, de la concentration de benzène autour de sa valeur moyenne.

	Campagne 1		Campagne 2		Campagne 3		Campagne 4	
	Prél. 1.1	**Prél. 1.2**	**Prél. 2.1**	**Prél. 2.2**	**Prél. 3.1**	**Prél. 3.2**	**Prél. 4.1**	**Prél. 4.2**
	12/09/2004 de 12h TU à 20h TU	18/09/2004 de 12h TU à 20h TU	30/10/04 de 10hTU à 20hTU	05/11/04 de 10hTU à 20hTU	10/01/05 de 09hTu à 17hTU	16/01/05 de 09hTU à 17hTU	16/04/05 de 08hTU à 16hTU	22/04/05 de 08hTU à 16hTU
1,3-butadiène	0,02	0,02	0,15	0,02	0,06	0,01	0,04	0,22
Benzène	0,45	0,62	1,2	0,68	1,23	2,43	0,68	2,42
toluène	0,88	1,65	3,56	1,64	2,52	3,40	1,41	2,80
éthylbenzène	0,35	0,44	0,92	0,48	0,70	0,83	0,40	0,84
m,p-xylène	1,1	0,93	2,3	1,23	1,98	1,98	1,10	2,07
o-xylène	0,84	0,48	0,96	0,66	0,96	0,92	0,57	1,01

Tableau 3.16 Résultats des prélèvements de COV (2 prélèvements de 8 heures par campagne)

Les prélèvements par canister de benzène montrent une même variation que les mesures par tubes à diffusion caractérisée par des niveaux plus élevés l'hiver, période peu favorable à la dispersion par rapport à l'été plus favorable à la photochimie (oxydation des COV).
Les prélèvements par canister de 1,3-butadiène montrent la même variation que le benzène caractérisée par des niveaux plus élevés l'hiver et des niveaux nettement plus faibles en été (inférieurs au seuil de détection de la mesures). Ces niveaux sont faibles et similaires à ceux mesurés sur les autres sites péri-urbains.

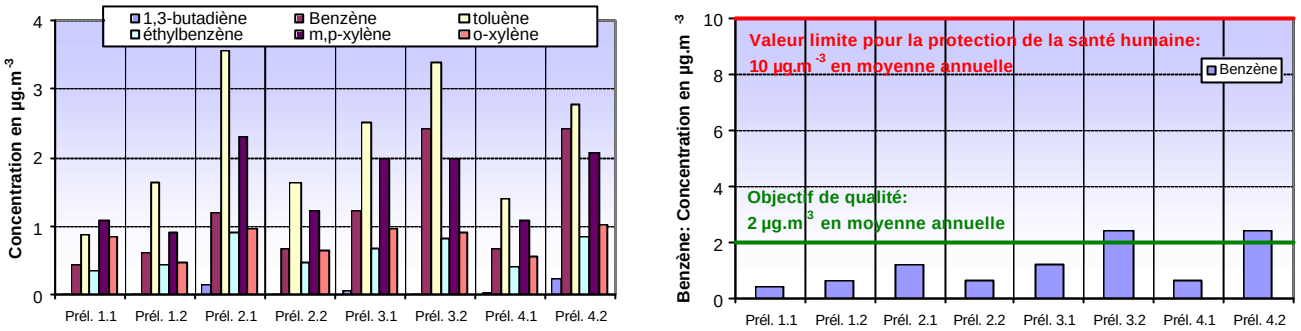


Figure 3.18 Résultats des prélèvements de benzène et de 1,3-butadiène par canister (3 prélèvements de 8 heures par campagne)

<u>Comparaison par rapport à la réglementation :</u>

L'estimation de la moyenne annuelle du benzène sur le site de Dardilly (~ 2 µg.m^{-3}) est bien inférieure à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (10 µg.m^{-3} en moyenne annuelle).
A l'exception des sites industriels, les niveaux de benzène sont généralement relativement homogènes ; ~1,5 µg.m^{-3} en milieu rural (mesures effectuées à Optevoz en 2004) jusqu'à 4 µg.m^{-3} en proximité automobile (le site de Garibaldi à Lyon est caractérisé par un fort trafic automobile et une configuration en rue canyon qui favorise l'accumulation des polluants).

Benzène		**Dardilly**	**Grenoble les Frênes**	**Le Rondeau (Grenoble)**	**Garibaldi (Lyon)**	**Feyzin**
		Observation spécifique	*Urbain de fond*	*Trafic*	*Trafic*	*Industriel*
Moyenne annuelle 2004 (µg.m^{-3})		**1,5**	1,8	2	4	8
Comparaison à la réglementation	*Valeur limite pour la protection de la santé humaine*	10 µg.m^{-3} en moyenne annuelle				
	Objectif de qualité	2 µg.m^{-3} en moyenne annuelle				

Tableau 3-8 Comparaison des mesures effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG et COPARLY

En résumé pour les BTX et le 1,3-butadiène
Les niveaux mesurés de 1,3-butadiène sont faibles. **Les niveaux de benzène sont similaires à ceux mesurés en milieu péri-urbain et rural et conformes aux objectifs de qualité de l'air.**

3.5.6 Les aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine)

Le tableau suivant récapitule les résultats des mesures du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde et de l'acroléine par tubes à diffusion passive. Ces résultats expriment la concentration moyenne mesurée sur toute la durée de chaque campagne.
Les variations des aldéhydes entre les différentes campagnes sont faibles (formaldéhyde : 2-3,3 µg.m^{-3}, acétaldéhyde : 1-2,3 µg.m^{-3}). Les niveaux sont similaires à ceux mesurés sur des sites péri-urbains (sud lyonnais à Brignais, Bourgoin Jallieu).

Aldéhydes	Campagne 1 09/09/04 au 23/09/04	Campagne 2 27/10/04 au 08/11/04	Campagne 3 06/01/05 au 17/01/05	Campagne 4 12/04/05 au 25/04/05	Bilan des 4 campagnes
Formaldéhyde (µg.m^{-3})	2,6	2	3,3	2,4	2,6
Acétaldéhyde (µg.m^{-3})	1,5	1	2,3	1,4	1,6
Acroléine (µg.m^{-3})	0,1	0,1	0,1	0,1	0 ,1

Tableau 3.17 Résultats des mesures d'aldéhydes par tubes à diffusion (moyenne sur 2 semaines)

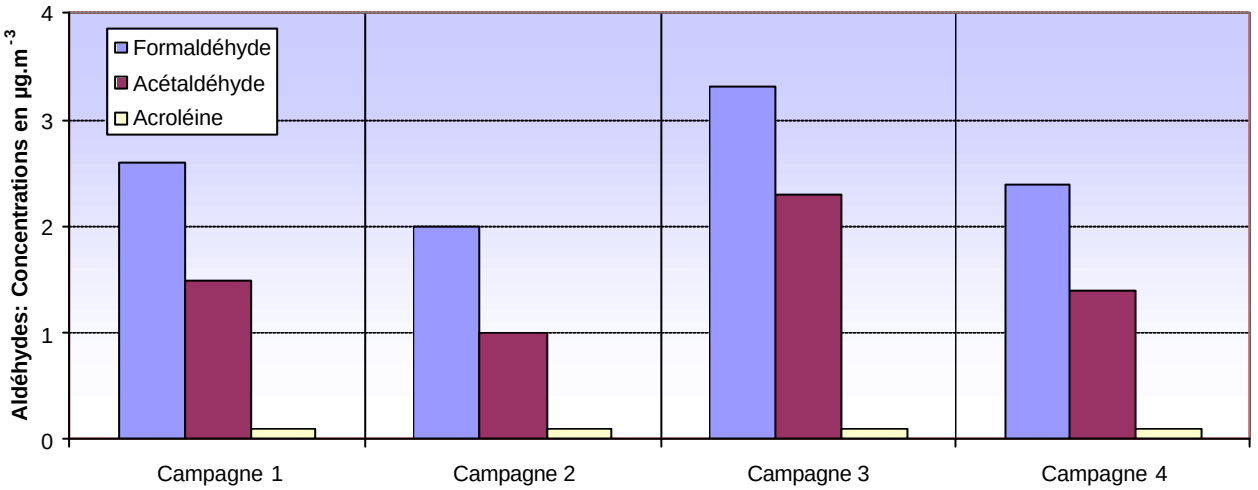


Figure 3.19 Résultats des mesures d'aldéhydes par tubes à diffusion

La présence des aldéhydes dans l'atmosphère est liée d'une part à leur présence dans les gaz d'échappement (combustion incomplète de produits organiques comme l'huile utilisée dans les moteurs) mais aussi à leur formation par photooxydation des COV initiée par le rayonnement solaire.
Comme pour les autres polluants, les plus fortes concentrations d'aldéhydes moyennes ont été mesurées pendant la campagne n°3 (conditions hivernales plus favorables à l'accumulation des polluants) et pendant la campagne n°1 (photochimie).

Le formaldéhyde et l'acroléine ont aussi été mesurés par des prélèvements sur cartouches DNPH. Ces résultats expriment la concentration mesurée sur la durée de prélèvement (8 heures). Les prélèvements sur cartouches DNPH ont été réalisés simultanément avec les prélèvements par canisters.

	Campagne 1		Campagne 2		Campagne 3		Campagne 4	
	Prél, 1.1	Prél, 1.2	Prél, 2.1	Prél, 2.2	Prél, 3.1	Prél, 3.2	Prél, 4.1	Prél, 4.2
Formaldéhyde (Méthanal)	2,47	7,02	3,25	1,8	2,5	2,99	1,29	3,76
Acroléine (Propénal)	0,09	0,19	0,051	0,051	0,025	0,026	0,027	0,07

Tableau 3.18 Résultats des prélèvements de formaldéhyde et d'acroléine sur cartouche DNPH (2 prélèvements de 8 heures par campagne)

Les figures 3.19 et 3.20 montrent qu'il existe une corrélation entre les aldéhydes et les autres polluants (NOx et PM_{10}) pendant les prélèvements de 8 heures.

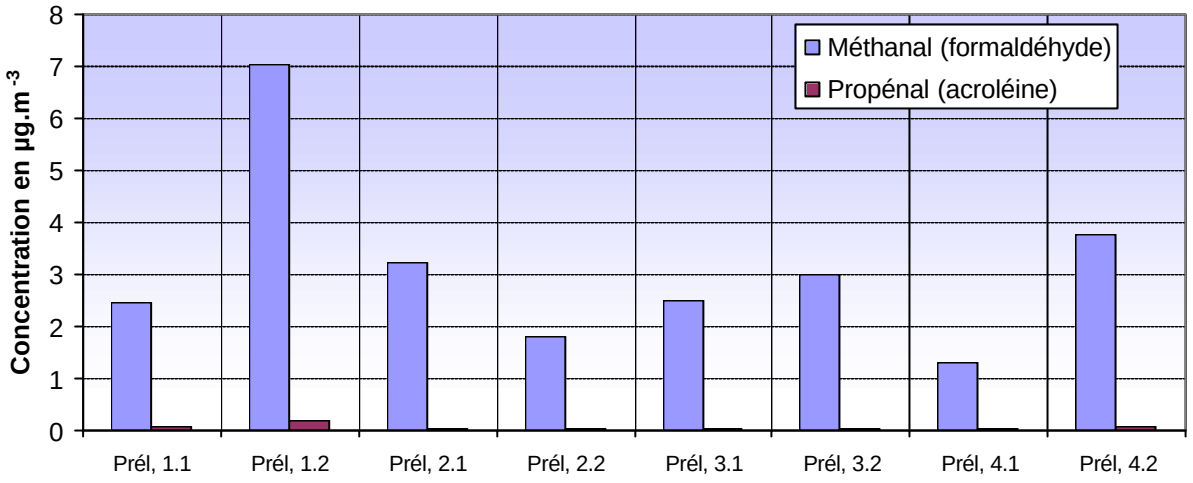


Figure 3.20 Résultats des prélèvements de formaldéhyde et d'acroléine sur cartouche DNPH (2 prélèvements de 8 heures par campagne)

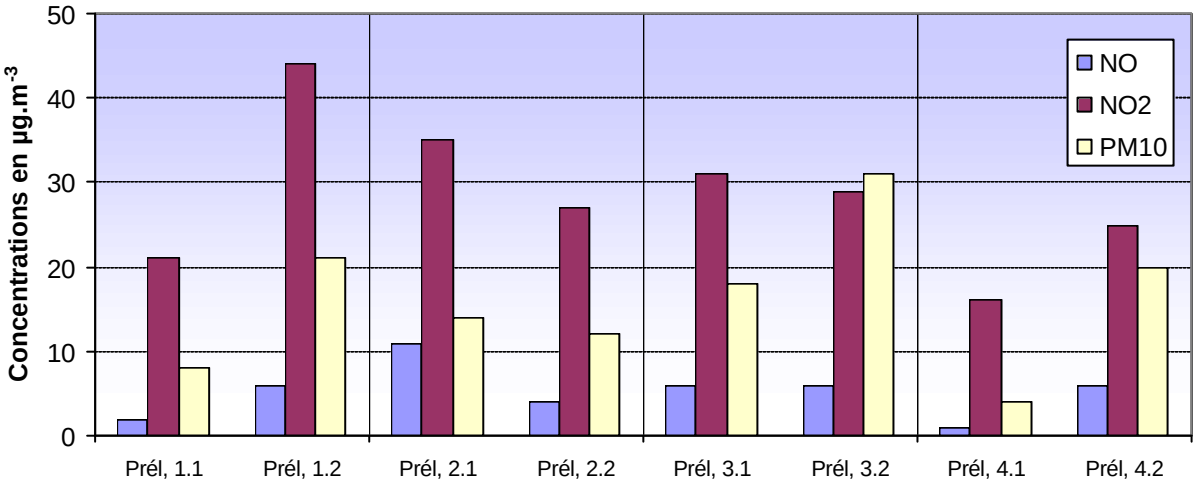


Figure 3.21 Résultats des mesures de NO, NO_2 et PM_{10} pendant les prélèvements de 8 heures

En résumé pour les aldéhydes

Les niveaux mesurés d'acroléine ont été faibles, bien souvent inférieurs au seuil de détection.

Les résultats des prélèvements montrent que la présence des aldéhydes dans l'air a deux origines :

- **Le trafic automobile (corrélation entre aldéhydes et polluants automobiles)**
- **La photochimie (les concentrations d'aldéhydes peuvent être importantes en été en relation avec la photochimie)**

Les niveaux d'aldéhydes mesurés sont similaires à ceux mesurés en milieu péri-urbain.

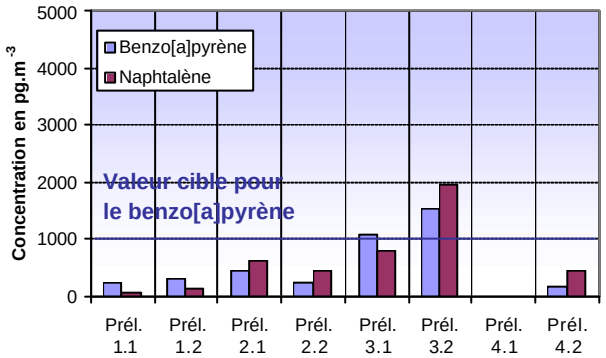
3.5.7 Les HAP (Benza[a]pyrène et Naphtalène)

Le tableau suivant récapitule les concentrations de benzo[a]pyrène et de naphtalène mesurées en phase gazeuse et particulaire lors des 8 prélèvements d'une durée de 24 heures (de 0h à 24h). Le prélèvement 4.1 n'a pu être analysé en raison de la présence d'humidité sur les filtres liée aux fortes précipitations pendant cette campagne.

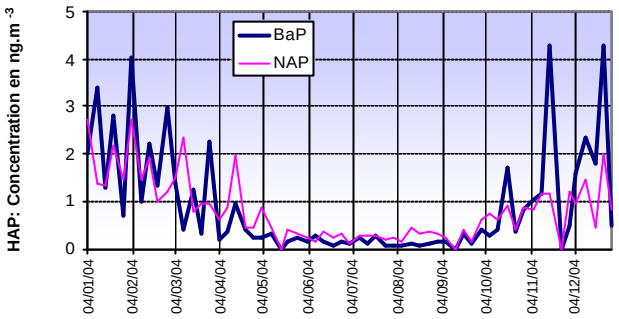
	Campagne 1		Campagne 2		Campagne 3		Campagne 4	
	Prél. 1.1	Prél. 1.2	Prél. 2.1	Prél. 2.2	Prél. 3.1	Prél. 3.2	Prél. 4.1	Prél. 4.2
	12/09/2004	18/09/2004	30/10/2004	06/11/2004	10/01/2005	16/01/2005	23/04/05	29/04/05
Benzo[a]pyrène	213	288	448	256	**1091**	**1524**	/	184
Naphtalène	62	147	611	433	787	1959	/	433

Tableau 3.19 Résultats des prélèvements de HAP en ng.m^{-3} (2 prélèvements de 24 heures par campagne)

Conformément à ce qui est mesuré sur les sites fixes de l'ASCOPARG et de COPARLY, les concentrations de HAP mesurées à Dardilly montrent une variation des concentrations caractérisée par des quantités de HAP plus élevées en hiver par rapport aux autres saisons (Figure 3.21).



Site de Dardilly



HAP mesurés sur le site du Rondeau (Grenoble)

Figure 3.21 Résultats des prélèvements de HAP en ng.m^{-3} (prélèvements de 24 heures) à Dardilly et sur le site du Rondeau à Grenoble (site de proximité automobile) en 2004

En effet, la concentration de benzo[a]pyrène en hiver sur le site du Rondeau est de 1,92 ng.m^{-3} ; en été elle est de 0,34 ng.m^{-3} pour une moyenne annuelle de 0,94 ng.m^{-3}.

Les concentrations de benzo[a]pyrène mesurées à Dardilly sont bien corrélées à celles mesurées sur les sites de référence de Grenoble et de Lyon (augmentation des concentrations de BaP pendant la campagne hivernale – campagne n°3).
L'amplitude de variation des niveaux de benzo[a]pyrène à Dardilly reste faible par rapport aux sites de Lyon et Grenoble. Les prélèvements effectués en janvier 2005 (campagne 3) montrent des niveaux importants de HAP sur les sites de Lyon (1,04-3,48 ng.m^{-3}) et Grenoble (3,55-5,8 ng.m^{-3}) alors que l'augmentation des niveaux de HAP à Dardilly est plus faible (1,09-1,52 ng.m^{-3}).

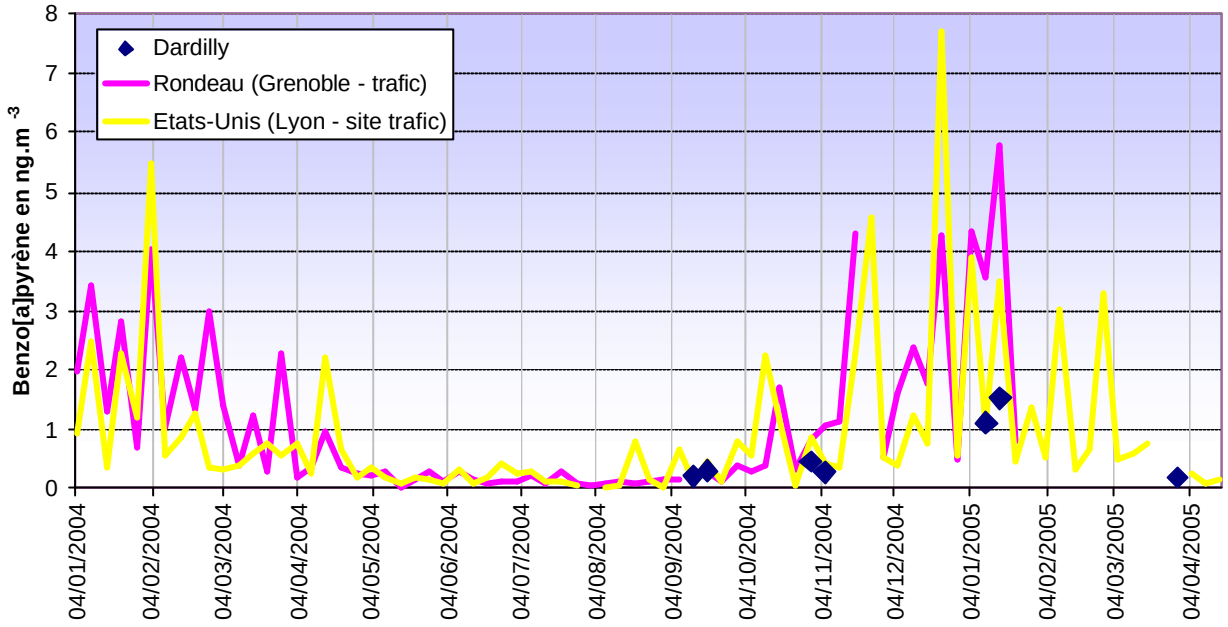


Figure 3.22 Comparaison des concentrations de benzo[a]pyrène mesurées à Dardilly avec celles mesurées sur le site du Rondeau à Grenoble (site de proximité automobile)

Le tableau suivant récapitule les résultats des prélèvements effectués à Dardilly et les compare aux prélèvements de HAP effectués à Lyon et Grenoble.
La moyenne du BaP à Dardilly correspond à la moyenne des 7 prélèvements de HAP alors que la moyenne au Rondeau et sur le site Etats-Unis correspond à la moyenne de tous les prélèvements effectués en 2004.

Benzo[a]pyrène	Dardilly	Rondeau (Grenoble)	Etats-Unis (Lyon)
	Observation spécifique	*Trafic*	*Trafic*
Moyenne 2004	0,57	0,94	0,88
Maximum	1,52	4,30	7,70
Minimum	0,18	0,06	0,04

Tableau 3.20 Comparaison des mesures de BaP effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG et COPARLY.

En résumé pour les HAP

En raison du coût élevé des analyses, le nombre de prélèvements programmé dans cette étude n'est pas suffisant pour estimer une moyenne annuelle qui puisse être comparée à la valeur cible pour le benzo[a]pyrène.

Sur les prélèvements effectués à Dardilly, les concentrations de HAP restent inférieures à celles mesurées à Lyon et Grenoble.

3.5.8 Les métaux lourds

Les métaux lourds sont mesurés dans la phase particulaire inférieure à 10 microns par des prélèvements d'une semaine (8 prélèvements d'une semaine pour cette étude).
Le tableau suivant récapitule les résultats des mesures de métaux lourds effectués lors de chaque campagne.

Métaux lourds	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4	Moyenne des 4 campagnes
Cadmium (ng.m^{-3})	1,0	0,6	0,9	0,7	**0,8**
Chrome (ng.m^{-3})	9,4	4,1	3,8	5,3	**5,7**
Cuivre (ng.m^{-3})	17,1	9,3	22,9	20,2	**17,4**
Nickel (ng.m^{-3})	6,1	2,4	7,3	3,7	**4,9**
Selénium (ng.m^{-3})	1,0	0,6	0,6	0,7	**0,7**
Zinc (ng.m^{-3})	43,5	26,0	83,2	32,8	**46,4**
Plomb (ng.m^{-3})	10,1	10,6	11,3	8,1	**10,0**

Tableau 3.21 Résultats des mesures de métaux lourds à Dardilly

Les mesures de **Cadmium** et de **Sélénium** ont été effectuées, mais les niveaux mesurés de ces deux métaux sont très proches du seuil de détection de la technique de mesures (concentrations inférieures à 0,6 ng.m^{-3}).

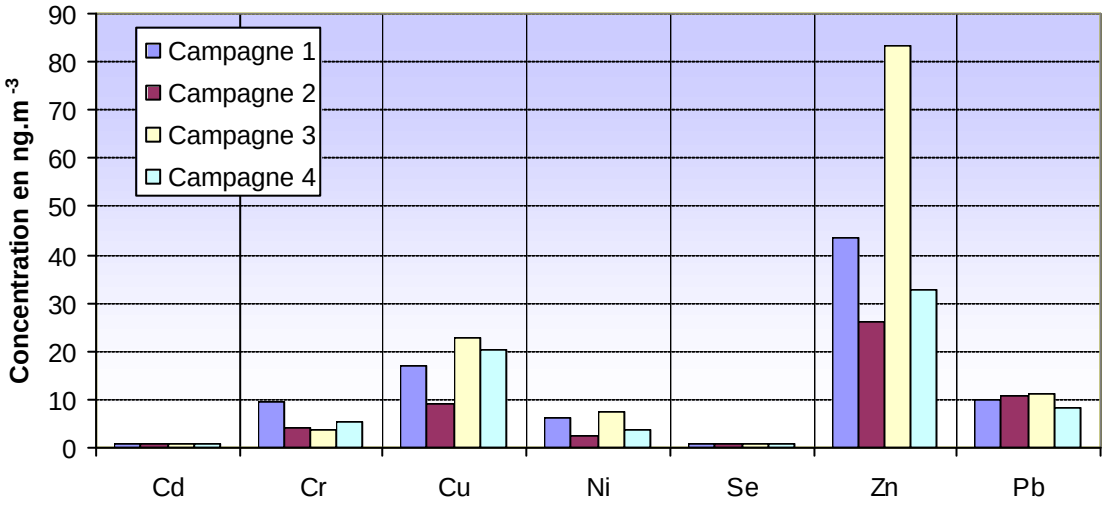


Figure 3.23. Evolution de la concentration moyenne des métaux lourds mesurée à Dardilly lors des différentes campagnes

A l'exception du zinc (pic lors de la 3ème campagne), les variations des concentrations de métaux lourds entre les différentes campagnes sont peu significatives.
Les niveaux de métaux lourds mesurés à Dardilly sont du même ordre que ceux mesurés en milieu urbain, péri-urbain et légèrement inférieurs à ceux mesurés en forte proximité automobile.
Les niveaux de métaux lourds mesurés à Dardilly sont similaires aux niveaux de fond de métaux lourds mesurés sur tous les sites de mesures (péri-urbain et urbain).

Métaux lourds	Dardilly	Grenoble les Frênes	Etats Unis (Lyon)	Brignais (Sud lyonnais)
Moyenne annuelle 2004 en ng.m^{-3}	*Observation spécifique*	*Site urbain de fond*	*Site trafic*	*Observation spécifique*
Cadmium	0,8	0,6	0,9	0,6
Chrome	5,7	4,1	6,6	6,9
Cuivre	17,4	Non mesuré	Non mesuré	14,6
Nickel	4,9	4,8	5,6	4,6
Selenium	0,7	Non mesuré	Non mesuré	0,6
Zinc	46,4	69,6	80,9	41
Plomb	10	13,8	18,4	14,8

Tableau 3.22 Comparaison des mesures de métaux lourds effectuées à Dardilly avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG et COPARLY

Comparaison par rapport à la réglementation :

Parmi les métaux mesurés, le nickel est concerné par la directive européenne concernant les métaux lourds (2004/107/CE). La moyenne des 4 campagnes (4,9 ng.m^{-3}) est inférieure à la future valeur cible (20 ng.m^{-3} en moyenne annuelle).
Le plomb est réglementé dans le cadre du décret français 2002-213 du 15 février 2002 qui fixe un objectif de qualité (0,25 µg.m^{-3} en moyenne annuelle) et une valeur limite (0,5 µg.m^{-3} en moyenne annuelle). La moyenne des 4 campagnes (10 ng.m-3) est bien inférieure à la valeur limite.

Mesure des métaux lourds à Dardilly		Cadmium	Chrome	Cuivre	Nickel	Sélénium	Zinc	Plomb
Moyenne annuelle 2004 (ng.m^{-3})		0,8	5,7	17,4	4,9	0,7	46,4	10
Comparaison à la réglementation	*Valeur cible en ng.m^{-3}*	5	n.r[4]	n.r	20	n.r	n.r	500 Valeur limite

Tableau 3.23. Comparaison de l'estimation de la moyenne annuelle des métaux lourds avec la réglementation

En résumé pour les métaux lourds

Les niveaux de métaux lourds mesurés à Dardilly sont conformes à ceux mesurés sur les autres sites de mesures.
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 de métaux lourds dans l'air ambiant.

A Dardilly, les niveaux de métaux lourds respectent les valeurs réglementaires.

[4] n.r : Métaux lourds non réglementés (Cr, Cu, Zn) dans le cadre de la directive européenne 2004/107/CE

4 CONCLUSION

Les mesures effectuées dans le cadre de cette étude ont permis d'établir **un état initial de la qualité de l'air** à proximité de la RN6 à Dardilly. Les polluants d'origine automobile étudiés ont été les suivants : oxydes d'azote (NO et NO_2), monoxyde de carbone (CO), des poussières en suspension (PM_{10}), du dioxyde de soufre (SO_2), des métaux lourds et des composés organiques volatils (benzène, aldéhydes, hydrocarbures aromatiques polycycliques,…).

Cette étude a combiné pendant 8 semaines (4 campagnes de 2 semaines) des mesures en continu, des mesures par tubes passifs et des prélèvements.

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.

Dans le cadre de cette étude, les mesures effectuées à Dardilly n'ont montré aucun dépassement des valeurs réglementaires.

Les résultats montrent que le site étudié en bordure de la RN6 est faiblement influencé par les émissions d'origine automobile circulant sur la RN6. La position de ce site ne le place pas sous le point d'impact maximal des émissions de la RN6. En effet, ce site a aussi été choisi pour être représentatif d'un maximum de densité de population à proximité de la RN6.

Caractérisation des niveaux mesurés à Dardilly par rapport à d'autres environnements		
Concentrations de Polluant		*Niveaux mesurés sur des sites fortement influencés par **trafic** automobile (exemple : la Mulatière à Lyon)*
		*Niveaux mesurés en milieux **urbains** (Lyon)*
		*Niveaux mesurés en milieux **péri urbains** (Exemple : Ternay)*
		*Niveaux mesurés en milieu **rural***

Camion laboratoire à Dardilly

Tableau 4.1 Situation de la qualité de l'air à Dardilly

Les mesures effectuées sur ce site en 2004 pourront être poursuivies afin d'évaluer l'influence sur la qualité de l'air du projet de la liaison A89-A6 dans ce secteur.