



**ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR**  
**MESURES RÉALISÉES PAR L'ASCOPARG DANS LE CADRE DE**  
**L'OBSERVATOIRE DU PDU**  
**MESURES RÉALISÉES EN 2004**



**Juin 2005**

**Surveillance de la qualité de l'Air dans la Région  
Grenobloise**

44 avenue Marcellin Berthelot  
38100 Grenoble  
Tél : 04 38 49 92 20  
Fax : 04 38 49 08 80

E-mail : [ascoparg@atmo-rhonealpes.org](mailto:ascoparg@atmo-rhonealpes.org)  
Internet : [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)



# ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR DIFFERENTS SITES SUSCEPTIBLES DE SUBIR DES MODIFICATIONS DANS LE CADRE DU PLAN DE DEPLACEMENTS URBAINS

<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
<b>1 La pollution atmosphérique</b> .....	<b>3</b>
1.1 POLLUANTS PROSPECTES.....	3
1.1.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	3
1.1.2 Le monoxyde de carbone (CO).....	3
1.1.3 Les Composés Organiques Volatils (COV).....	3
1.1.4 Les particules en suspension.....	4
1.2 EFFETS DES POLLUANTS SUR LA SANTE ET SUR L'ENVIRONNEMENT.....	5
1.2.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	5
1.2.2 Le monoxyde de carbone (CO).....	5
1.2.3 Les particules en suspension.....	6
1.2.4 Les composés Organiques Volatils (COV).....	6
1.3 POLLUTION DE PROXIMITE ET POLLUTION DE FOND.....	7
1.3.1 Pollution de proximité.....	7
1.3.2 Pollution de fond.....	7
1.3.3 Typologie des stations de mesures.....	8
1.4 LA REGLEMENTATION .....	9
<b>2 Méthodologie adoptée</b> .....	<b>11</b>
2.1 PERIODES DE MESURES.....	11
2.2 DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE.....	11
2.3 SITES DE MESURES.....	12
2.4 TECHNIQUES DE MESURES .....	15
2.4.1 Les mesures temporaires par dispositifs mobiles .....	15
2.4.2 Mesures en continu par analyseurs.....	15
2.4.3 Mesures par échantillonnage passif pour le benzène, toluène, xylènes.....	16
<b>3 Résultats des mesures</b> .....	<b>17</b>
3.1 CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	17
3.1.1 Températures et précipitations.....	17
3.1.2 Vitesse et direction du vent .....	18
3.2 REPRESENTATIVITE DES PERIODES DE MESURES.....	20
3.3 NIVEAUX DE POLLUTION MESURES .....	21
3.3.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	21
3.3.2 Le monoxyde de carbone (CO).....	30
3.3.3 Les poussières en suspension (PM <sub>10</sub> ).....	33
3.3.4 Le benzène .....	38
3.3.5 Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ).....	42
<b>Conclusion</b> .....	<b>44</b>

## INTRODUCTION

Introduits pour la première fois dans la loi sur les transports intérieurs de 1982 (LOTI) et repris dans la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996, les **Plans de Déplacements Urbains** (PDU) définissent les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement, dans le périmètre des transports urbains.

Dans le cadre du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération grenobloise et de la mise en place de l'observatoire du PDU, le **Syndicat Mixte des Transports en Commun** (SMTC), a souhaité évaluer la qualité de l'air des sites susceptibles de connaître des modifications de trafic routier dans les prochaines années.

L'ASCOPARG, dans le cadre de son partenariat avec le SMTC, a réalisé en 2004 dans la présente étude, le premier volet d'une série d'évaluation de la qualité de l'air. Les résultats de ce rapport permettront de travailler à une programmation pluri-annuelle des sites à suivre en concertation également avec l'agence de l'urbanisme de Grenoble (AURG).

Pour cette étude, l'ASCOPARG a complété son dispositif de stations fixes de surveillance de la qualité de l'air de l'agglomération de Grenoble avec des dispositifs mobiles de surveillance (camion laboratoire, remorques laboratoires) sur six sites de l'agglomération grenobloise.

La mesure, sur chaque site, de polluants traceurs de la pollution automobile complétée des mesures en stations fixes, a permis de réaliser un bilan de la qualité de l'air de l'agglomération de Grenoble pour l'année **2004**.

L'objectif de ces études est de constituer des états initiaux de la qualité de l'air de l'agglomération de Grenoble qui constitueront des références tout au long de la mise en place du PDU. Des études de suivi « après travaux » de la qualité de l'air programmées probablement à compter de 2006, permettront ensuite d'analyser l'impact des modifications réalisées sur la qualité de l'air

# 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** suivants, directement émis par les sources de pollution (essentiellement le trafic automobile) :

- **Oxydes d'azote** (NO et NO<sub>2</sub>)
- **Monoxyde de carbone** (CO)
- **Particules en suspension**: Poussières de taille inférieure à 10 µm (notées PM<sub>10</sub>)
- **Composés Organiques Volatils** (COV) et plus particulièrement le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- **Dioxyde de soufre** (SO<sub>2</sub>)

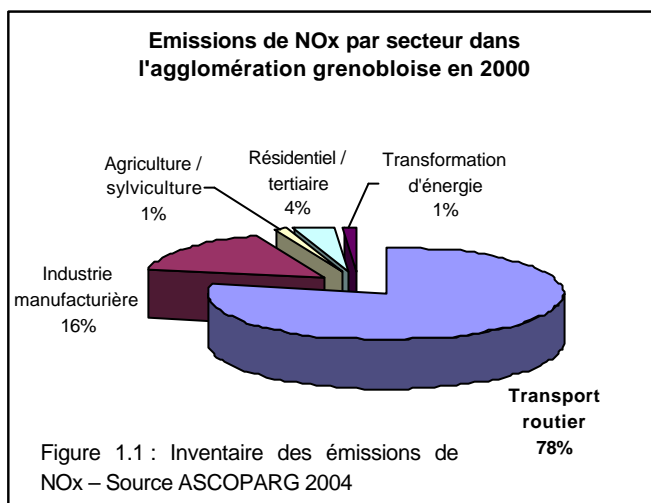
### 1.1.1 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et combustibles fossiles.

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.

Dans l'agglomération grenobloise, les transports représentent environ 78% des émissions totales 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.

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.



### 1.1.2 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.

### 1.1.3 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<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) et le toluène (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), 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 pour les aldéhydes (R-CHO).

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

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,...). 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,...). En 2000, les transports routiers et l'industrie manufacturière, avec respectivement 33% et 51% des émissions totales de l'agglomération grenobloise, sont les principales sources anthropiques de COV non méthaniques.

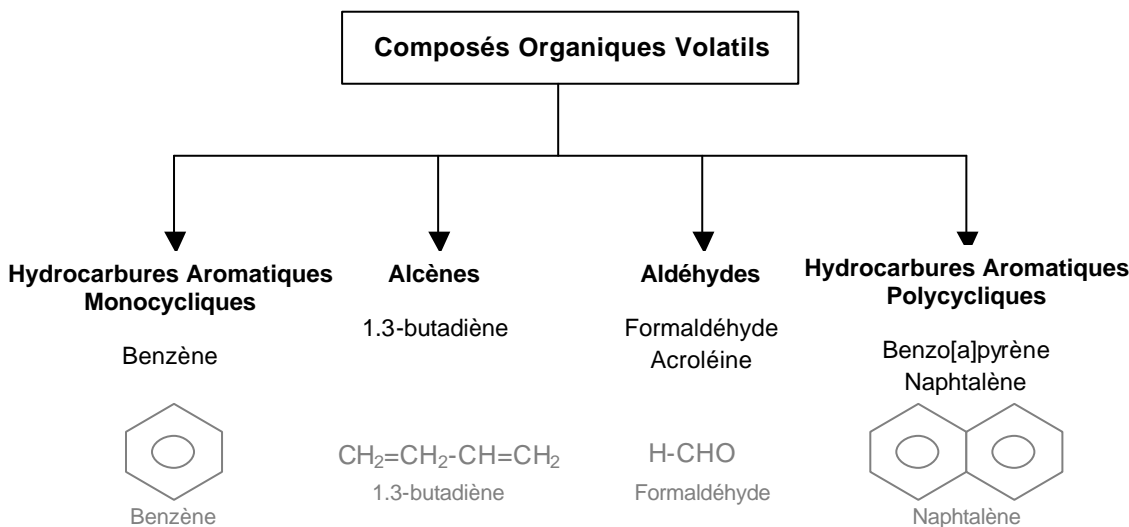
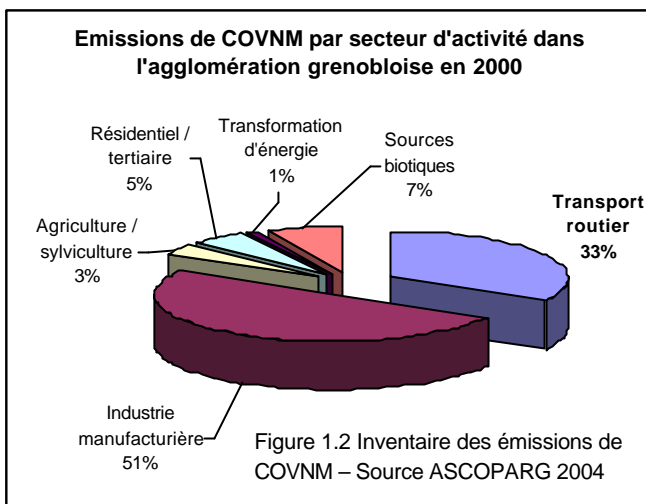


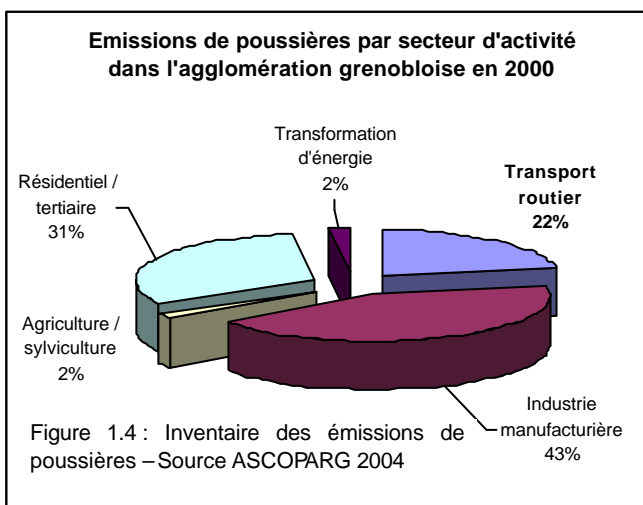
Figure 1.3. Les Composés Organiques Volatils (Exemple de différents types de COV)

### 1.1.4 Les particules en suspension

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

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.

Les particules sont généralement mesurées de deux manières : par la méthode des fumées noires (la plus ancienne) ou par la méthode plus récente des « PM<sub>10</sub> » ou (« PM<sub>2,5</sub> »), filtrant les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (ou 2,5 µm).



## 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 SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub>) 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<sup>2</sup>) ont montré le lien entre pollution et mortalité. Il est maintenant admis que la pollution atmosphérique présente des effets sanitaires sur les populations humaines. Le nombre de travaux et la cohérence de leurs résultats vont dans le sens d'un effet à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Ces effets sont variables, allant d'une détérioration de la fonction respiratoire jusqu'à une anticipation de la mortalité pour les effets les plus graves.

### 1.2.1 Les oxydes d'azote (NOx)

#### 1.2.1.1 Effets sur la santé

Seul le **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) 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<sup>-3</sup>, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques (inflammation des bronches). Chez les enfants, il augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

#### 1.2.1.2 Effets sur l'environnement

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

### 1.2.2 Le monoxyde de carbone (CO)

#### 1.2.2.1 Effets sur la 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.

#### 1.2.2.2 Effets sur l'environnement

Le monoxyde de carbone est un précurseur du CO<sub>2</sub> qui est un gaz à effet de serre.

<sup>2</sup> Distribution de l'exposition de la population urbaine à des polluants particulaires et gazeux génotoxiques et évaluation du risque de cancer – Etude Genotox'ER – Eléna Nerrière - 2004

## 1.2.3 Les particules en suspension

### 1.2.3.1 Effets sur la santé

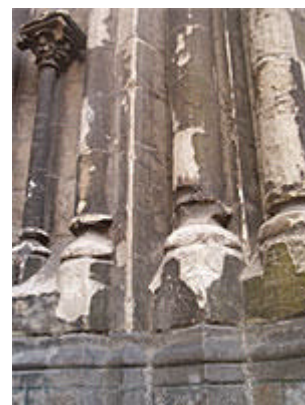
L'action des particules est irritante et dépend de leur diamètre : selon leur diamètre les particules peuvent pénétrer plus ou moins profondément dans l'appareil respiratoire. Les grosses particules (diamètre supérieur à 10  $\mu\text{m}$ ) sont retenues par les voies respiratoires supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10  $\mu\text{m}$ , elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachées, bronche). Les plus petites (< 5 $\mu\text{m}$ ) 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 perçoivent des effets à partir de 200  $\mu\text{g.m}^{-3}$  contre 100  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) ou à 2,5  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2,5</sub>).

Les particules peuvent véhiculer à leur surface d'autres substances (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, qui sont constituées d'un squelette carboné sur lequel peuvent s'absorber des produits organiques provenant du carburant et du lubrifiant, provoquent des cancers de façon certaine chez les animaux de laboratoire. Le même effet sur l'homme est donc fort probable : 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 cancérigènes (classe 2A du CIRC chez l'homme).

### 1.2.3.2 Effets sur l'environnement

Les bâtiments subissent également les effets de la pollution avec notamment le **noircissement** des façades dû aux particules diesel (les particules, en se déposant, finissent par former une fine pellicule noire).



## 1.2.4 Les composés Organiques Volatils (COV)

### 1.2.4.1 Effets sur la 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,...).

Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC,1987) et l'Agence Américaine de l'Environnement (US EPA, 1998) ont classé le benzène comme étant cancérigène pour l'homme (classe 1A du CIRC chez l'homme).

### 1.2.4.2 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**.

### 1.3 Pollution de proximité et pollution de fond

Les niveaux de polluants primaires mesurés sont liés à la proximité de la station de mesures par rapport à la source de pollution.

#### 1.3.1 Pollution de proximité

La **pollution de proximité automobile** mesurée est **maximale** à proximité immédiate du trafic automobile, sur les trottoirs par exemple. L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur l'exposition maximale d'une population en bordure d'une infrastructure routière.

Les concentrations de polluants mesurées dans cette situation sont dépendantes des conditions de trafic (nombre de véhicules, vitesses, nature de la voirie et configuration de la rue) ; elles augmentent notamment avec la hausse du trafic automobile. L'évolution horaire des polluants se caractérise par deux pics de concentration lors des heures de pointe du matin et du soir.

#### 1.3.2 Pollution de fond

Les concentrations de polluants décroissent lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation ; d'abord par la dispersion des polluants par le vent, mais aussi par la diffusion des polluants (tendance naturelle d'un gaz à occuper le plus grand espace possible). Les concentrations mesurées sont donc dépendantes du trafic automobile mais aussi des conditions météorologiques.

Lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation, les concentrations de pollution décroissent jusqu'à atteindre les niveaux de la **pollution urbaine de fond**. La pollution mesurée sur les sites urbains de fond ne représentent pas l'influence d'un axe de circulation particulier sur la qualité de l'air, mais intègre toutes les sources de pollution de l'agglomération.

Les stations urbaines de fond permettent le suivi de l'exposition **moyenne** de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans les centres urbains.

En milieu rural, la pollution automobile décroît aussi lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation ; elle peut même devenir nulle pour des sites de fond en milieu rural (sauf apport par masses d'air chargées en polluants : cas de la pollution régionale).

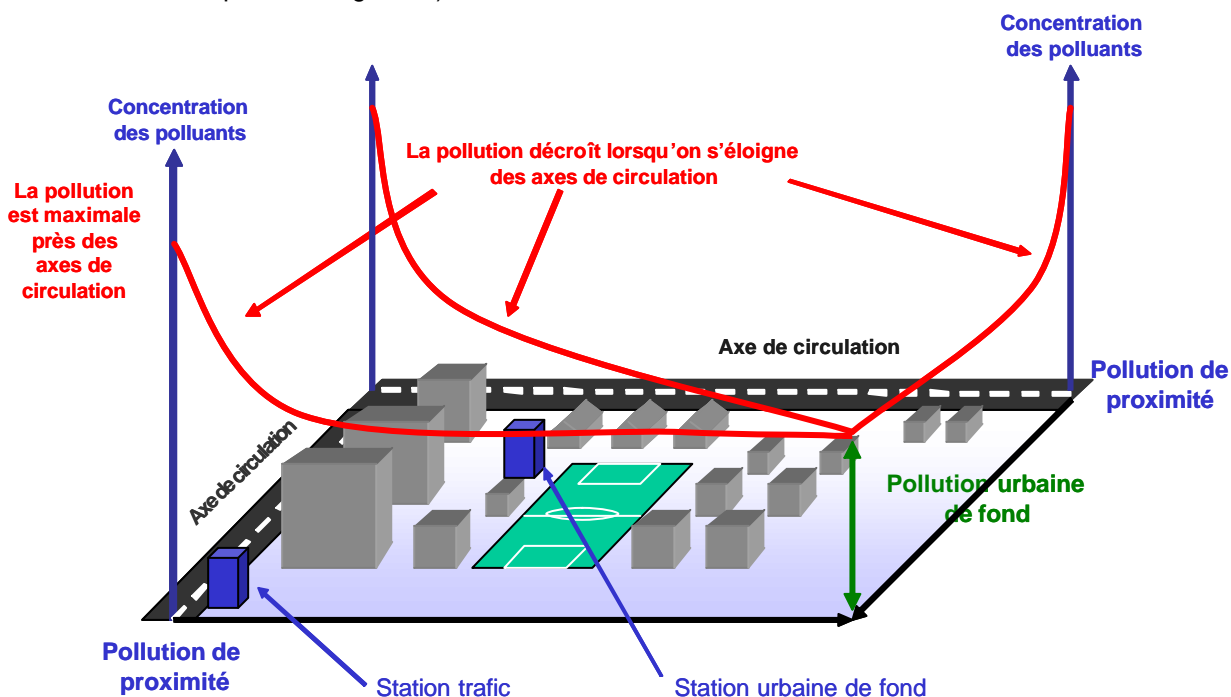


Figure 1.5. Pollution de proximité et pollution de fond en milieu urbain



### 1.3.3 Typologie des stations de mesures

L'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air obéit à des critères d'implantation qui permettent leur classification. Deux de ces critères sont résumés dans le tableau suivant :




Typologie	Objectif	Type de commune
<b>Stations urbaines</b> 	Suivi de l'exposition <b>moyenne</b> de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans les centres urbains	Communes urbaines de type ville centre (C) et communes banlieues (B)
<b>Stations périurbaines</b> 	Suivi de la pollution photochimique notamment l'ozone et ses précurseurs, et éventuellement les polluants primaires et suivi du niveau moyen d'exposition de la population aux phénomènes de pollution atmosphériques dits « de fond » à la périphérie du centre urbain ?	Communes urbaines (V, C ou B)
<b>Stations trafic</b> 	L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans des zones représentatives du niveau <b>maximum</b> d'exposition auquel la population, située en proximité d'une infrastructure routière, est susceptible d'être exposée.	Tous types de communes (V, C, B, R)

Tableau 1.1 Typologie des différentes stations de surveillance de la qualité de l'air

Il existe d'autres types de stations (stations industrielles, rurales régionales et rurales nationales).

Tous les critères d'implantations des stations sont référencés dans un guide de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) « Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air » – Coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air – ADEME – juin 2002.

## 1.4 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<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, 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.

### ➤ La réglementation française :

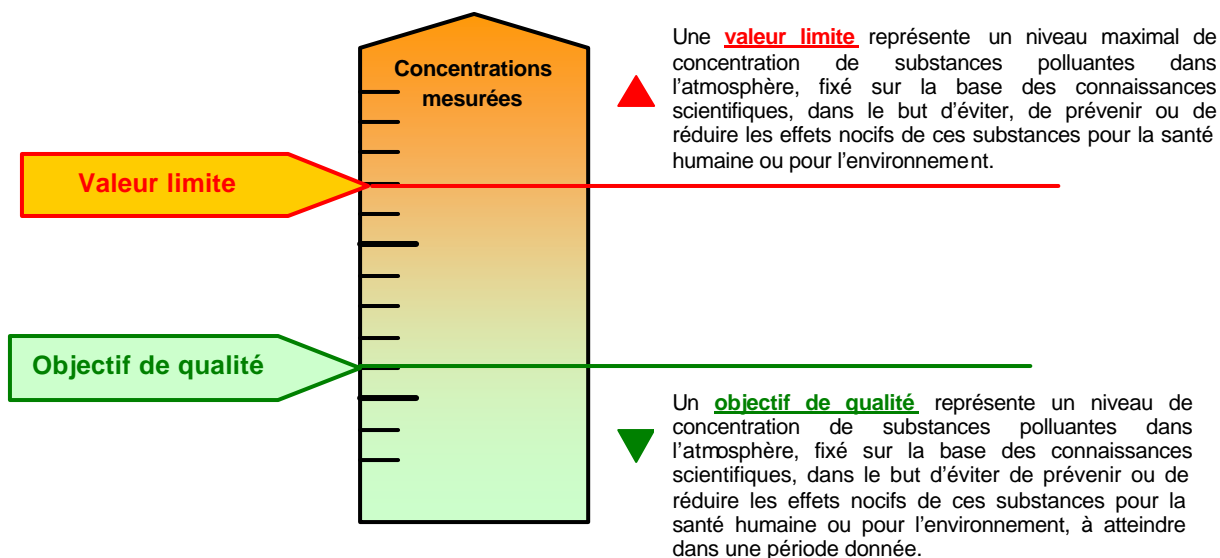
- La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie n°96-1236
- Le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- Le décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret 98-360 du 6 mai 1998.
- Le décret n°2002-1085 du 12 novembre 2003 portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998.

### ➤ La réglementation locale :

- Arrêté préfectoral n°2004-07969 relatif au dispositif de mise en œuvre des mesures d'urgence et d'information associée en cas d'épisode de pollution atmosphérique par le dioxyde de soufre et/ou le dioxyde d'azote et/ou l'ozone.
- Arrêté préfectoral n°2004-07970 relatif au dispositif de communication en cas d'épisode de pollution atmosphérique par le dioxyde de soufre et/ou le dioxyde d'azote et/ou l'ozone et/ou les particules fines.

Afin de caractériser les niveaux mesurés, une comparaison des mesures est effectuée par rapport à des valeurs réglementaires (**objectif de qualité** et **valeur limite** pour la protection de la santé humaine).

Ces deux valeurs réglementaires (**objectif de qualité** et **valeur limite**) sont les normes auxquelles il est pertinent de se référer dans le cadre d'un PDU (Plan de Déplacements Urbains Prise en compte de la pollution de l'air, du bruit et de la consommation d'énergie – Co-édition CERTU ADEME – Novembre 1999).



Pour les **NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> 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**.

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 <sup>-3</sup>	Périodes et statistiques pour le calcul
NO <sub>2</sub>	200	Centile 98 (soit 175 heures de dépassement des 200 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	260	Centile 99,8 (soit 18 heures de dépassement des 260 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	52	Moyenne annuelle
CO	10 000	Moyenne glissante sur 8 heures
PM <sub>10</sub>	55	Centile 90,4 (soit 35 jours de dépassement des 55 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne journalière autorisés par année civile de 365 jours)
	41	Moyenne annuelle
Benzène	10	Moyenne annuelle
SO <sub>2</sub>	380	Centile 99,7 (soit 24 heures de dépassement des 380 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne horaire autorisés par année civile de 365 jours)
	125	Centile 99,2 (soit 3 jours de dépassement des 65 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne journalière autorisés par année civile de 365 jours)

Tableau 1.2. 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**.

Décret français 2002-213 du 15 février 2002		
Objectifs de qualité		
Polluant	Valeur à respecter en 2004 en µg.m <sup>-3</sup>	Périodes et statistiques pour le calcul
NO <sub>2</sub>	40	Moyenne annuelle
PM <sub>10</sub>	30	Moyenne annuelle
Benzène	2	Moyenne annuelle
SO <sub>2</sub>	50	Moyenne annuelle

Tableau 1.3. Objectifs de qualité (Décret français 2002-213 du 15 février 2002)

## 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).

L'hiver, la réactivité photochimique des polluants est faible. Les polluants primaires sont présents à des concentrations importantes, et les phénomènes météorologiques sont favorables à leur accumulation.

L'été, la réactivité photochimique des polluants est importante. La température et le rayonnement solaire jouent un rôle déterminant en influençant la vitesse de nombreuses réactions chimiques et favorisant la formation de polluants dits « secondaires » dont l'ozone.

En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air sur un territoire, mais aussi dans le temps (le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques et donc aux saisons), les mesures doivent être **également réparties dans l'année avec un minimum de 8 semaines de mesures**, soit 14% de l'année (directive européenne 1999/30/CE du 22 avril 1999 pour le SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et directive européenne 2000/69/CE du 16 novembre 2000 pour le CO et benzène) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

### 2.2 Dans le cadre de cette étude

L'ASCOPARG a été sollicité à la fin de l'année 2003 pour réaliser des mesures de la qualité de l'air sur 6 sites de l'agglomération grenobloise.

Afin de pouvoir comparer les résultats des mesures à la réglementation, **12 semaines de mesures (4 campagnes de 3 semaines)** ont été réalisées sur chaque site : chaque campagne étant caractéristique d'une saison (les campagnes sont indiquées en rouge sur le schéma suivant).

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Rue Félix Poulat												
Avenue des JO	1.1			2.1			3.1			4.1		
Sassenage												
Saint Martin le Vinoux												
Carrefour de la Carronnerie		1.2		2.2			3.2			4.2		
Place Emé de Marcieu												
	Hiver			Printemps			Eté			Automne		

Tableau 2.1. Dates des campagnes de mesures

4.2

Le premier numéro correspond à une campagne :

- 1 : hiver
- 2 : printemps
- 3 : été
- 4 : automne

Le deuxième numéro correspond à un groupe de sites:

- 1 : Rue Félix Poulat, Avenue des JO, Sassenage
- 2 : Saint Martin le Vinoux, Carrefour de la Carronnerie, Place Emé de Marcieu

### 2.3 Sites de mesures

En complément des stations fixes de l'ASCOPARG, 6 sites ont été choisis dans l'agglomération de Grenoble. Les polluants mesurés sur ces sites temporaires sont les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO), les poussières (PM<sub>10</sub>), le Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).







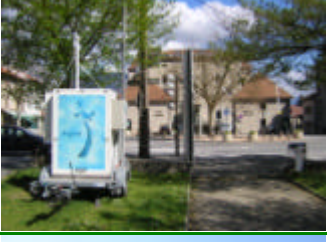



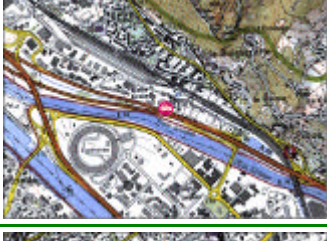






Sites de mesures par moyens mobiles			
Nom du site Adresse	Photos		Plan
<b>Rue Félix Poulat</b> Grenoble <i>Fond urbain</i>			
<b>Avenue des Jeux Olympiques</b> Grenoble <i>Proximité automobile</i>			
<b>Place de la Libération</b> Sassenage <i>Proximité automobile</i>			
<b>Rue de l'Isère</b> Saint Martin le Vinoux <i>Proximité automobile</i>			
<b>Carrefour de la Carronnerie</b> Meylan <i>Proximité automobile</i>			
<b>Place Emé de Marcieu</b> Grenoble <i>Proximité automobile</i>			

Tableau 2.2. Sites de mesures temporaires installés dans le cadre de l'Observatoire du PDU

Afin d'évaluer les concentrations de polluants mesurées sur les sites temporaires, une comparaison est effectuée avec des stations fixes de l'ASCOPARG. Elle permet de situer les résultats de cette étude par rapport à des stations de référence dont le comportement est bien connu.






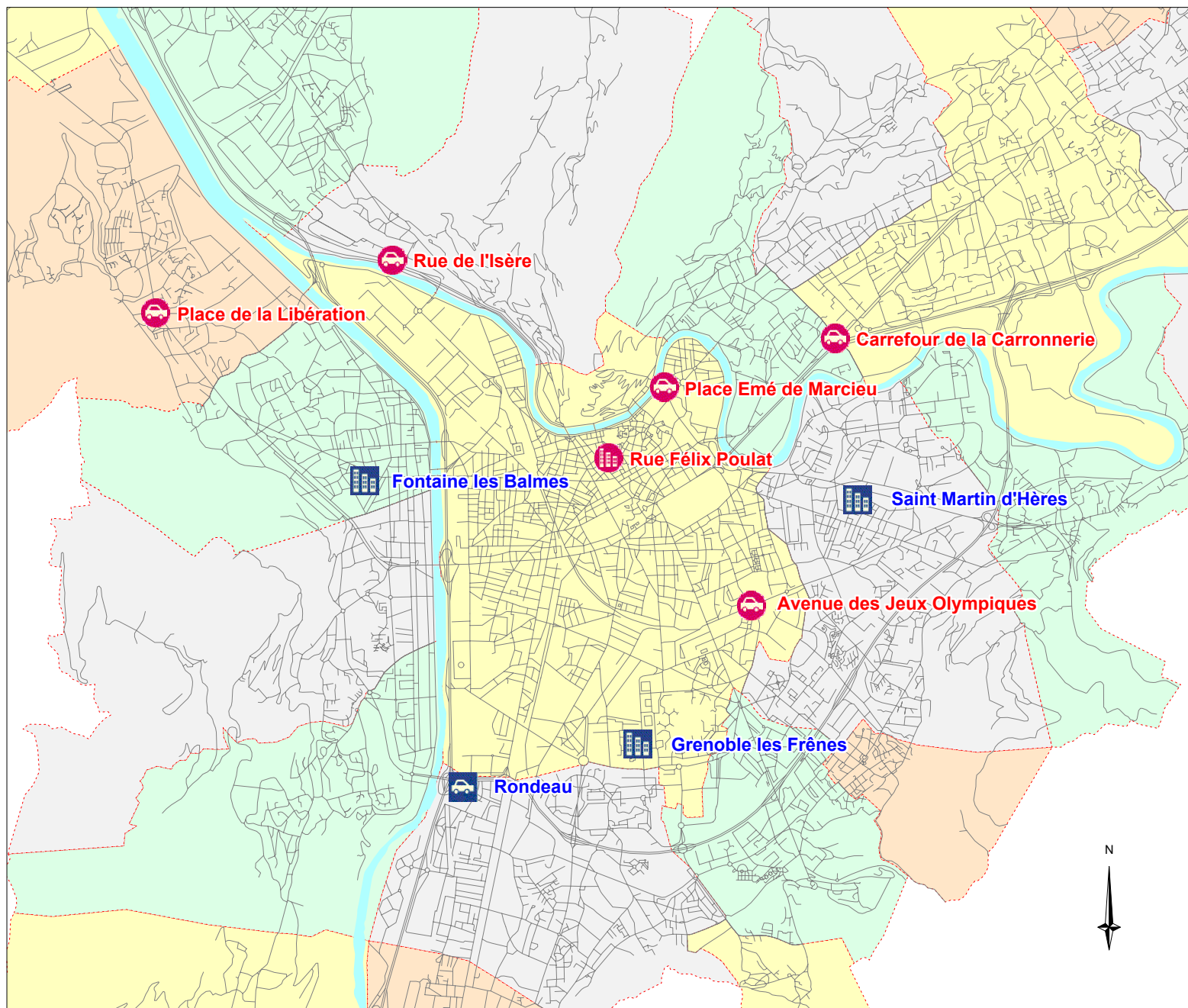
Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG			
Nom du site Adresse	Photos	Polluants mesurés	
<p><b>Rondeau</b> Echirrolles <i>Proximité automobile</i></p>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOx</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>CO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>PM<sub>10</sub></b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>COV</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>SO<sub>2</sub></b>	
<p>Les stations « <b>trafic</b> » sont situées à proximité immédiate du trafic automobile et représentent donc le <b>niveau maximum</b> d'exposition à la pollution liée au trafic automobile.</p>			
<p><b>Grenoble les Frênes</b> Grenoble <i>Fond urbain</i></p>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOx</b> <input type="checkbox"/> CO <input checked="" type="checkbox"/> <b>PM<sub>10</sub></b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>COV</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>SO<sub>2</sub></b>	
<p><b>Saint Martin d'Hères</b> Saint Martin d'Hères <i>Fond urbain</i></p>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOx</b> <input type="checkbox"/> CO <input checked="" type="checkbox"/> <b>PM<sub>10</sub></b> <input type="checkbox"/> COV <input checked="" type="checkbox"/> <b>SO<sub>2</sub></b>	
<p><b>Fontaine les Balmes</b> Fontaine <i>Fond urbain</i></p>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOx</b> <input type="checkbox"/> CO <input checked="" type="checkbox"/> <b>PM<sub>10</sub></b> <input type="checkbox"/> COV <input checked="" type="checkbox"/> <b>SO<sub>2</sub></b>	
<p>Une station « <b>urbaine de fond</b> » permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans les centres urbains.</p>			
<p><b>Versoud</b> Versoud <i>Péri - urbain</i></p>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOx</b> <input type="checkbox"/> CO <input type="checkbox"/> PM <sub>10</sub> <input type="checkbox"/> COV <input checked="" type="checkbox"/> <b>SO<sub>2</sub></b>	
<p>Une station « <b>péri-urbaine</b> » permet le suivi moyen d'exposition de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » à la périphérie du centre urbain.</p>			

Tableau 2.3. sites fixes de mesures de l'ASCOPARG

# Observatoire du PDU



## Période 1

- 1 : Place de la Libération**  
Proximité automobile (Sassenage)
- 2 : Rue Félix Poulat**  
fond urbain (Grenoble)
- 3 : Avenue des Jeux Olympiques**  
Proximité automobile (Grenoble)

## Période 2

- 4 : Carrefour de la Carronnerie**  
Proximité automobile (Meylan)
- 5 : Place Emé de Marcieu**  
Proximité automobile (Grenoble)
- 6 : Rue de l'Isère**  
Proximité automobile (St Martin le Vinoux)

- Site mobile : Proximité automobile
- Site mobile : Fond urbain
- Site fixe : Fond urbain
- Site fixe : Proximité automobile



Membre agréé du réseau **Aimo**

## 2.4 Techniques de mesures

L'organisation de l'ASCOPARG suit les référentiels d'assurance qualité ISO 9001 et 17025. Toutes les dispositions prises pour le système assurance qualité est applicable 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.

### 2.4.1 Les mesures temporaires par dispositifs mobiles

Les laboratoires mobiles (remorques, camions) utilisés pour réaliser les contrôles ponctuels de la qualité de l'air dans le cadre d'études sont équipés des mêmes appareils 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 camion laboratoire  
(rue Félix Poulat - Grenoble)*



*Le camion laboratoire  
(Saint Martin le Vinoux)*



*Intérieur du camion  
laboratoire*



*La remorque laboratoire  
(Carrefour de la Carronnerie - Meylan)*



*La remorque laboratoire  
(Place de la Libération -  
Sassenage)*



*Intérieur de la remorque  
laboratoire*

*Figure 2.1 Photos des moyens mobiles (camion et remorque laboratoire)*

### 2.4.2 Mesures en continu par analyseurs

Les mesures en continu par analyseurs automatiques sont effectuées pour les polluants suivants : les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les poussières en suspension (PM<sub>10</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

Pour établir un bilan initial de la qualité de l'air et estimer l'importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer en parallèle de données précises, déclinées dans la mesure du possible de manière horaire.



### 2.4.3 Mesures par échantillonnage passif pour le benzène, toluène, xylènes

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 (du charbon actif pour le benzène et le toluène) 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 (ou tubes à diffusion) utilisés dans le cadre de cette étude sont fournis et analysés par la Fondazione Salvatore Maugeri (laboratoire de recherche en Italie).

Les tubes BTX (BTX : Benzène Toluène Xylènes) 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 des polluants piégés.



Exposition de tubes à diffusion BTX  
Sur le site de Saint Martin le Vinoux

Figure 2.2 Photos des tubes à diffusion BTX (Radiello) : mesure du Benzène, du Toluène et des Xylènes

### 3 RESULTATS DES MESURES

#### 3.1 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.

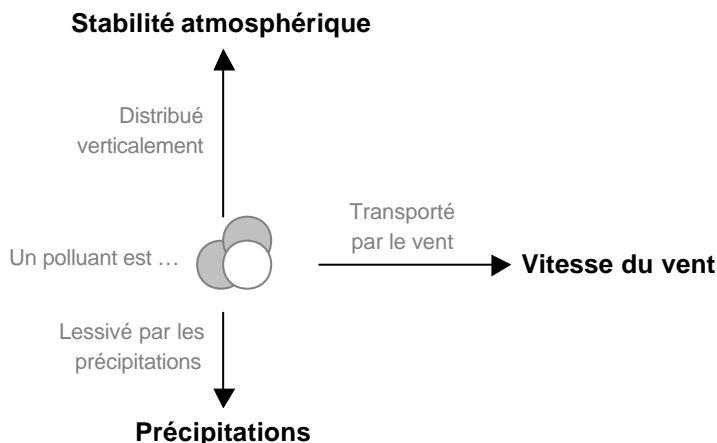


Figure 3.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

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

#### 3.1.1 Températures et précipitations

Le gradient vertical de la température conditionne la stabilité de l'atmosphère et intervient donc dans la dispersion verticale des polluants. Une inversion se produit lorsqu'une couche d'air froid est « emprisonnée » sous une couche d'air chaud (cas d'un fond de vallée faiblement ensoleillé où l'air froid s'accumule). L'ascension des polluants dans l'atmosphère est donc bloquée lorsqu'ils rencontrent cette masse d'air plus chaude. Les polluants s'accumulent donc sous cette couche d'inversion.

La différence de température entre la station de mesures du Pont de Claix (alt. 237m) et la station du Peuil de Claix (alt. 935m) donne une bonne indication de la stabilité atmosphérique (situation d'inversion lorsque la température au Peuil de Claix devient supérieure à celle de Pont de Claix).

Les inversions de température sont plus fréquentes l'hiver ; en 2004, 68% des inversions ont eu lieu en janvier et février, en novembre et décembre (Figure 3.2).

Les inversions les plus fréquentes ont lieu le matin à 7h00 (seulement 6% d'inversions de température entre 12h00 et 18h00). La journée, l'inversion de température est rompue avec le brassage de l'atmosphère par le vent (94% des inversions ont lieu lorsque le vent est inférieur à 2m/s).

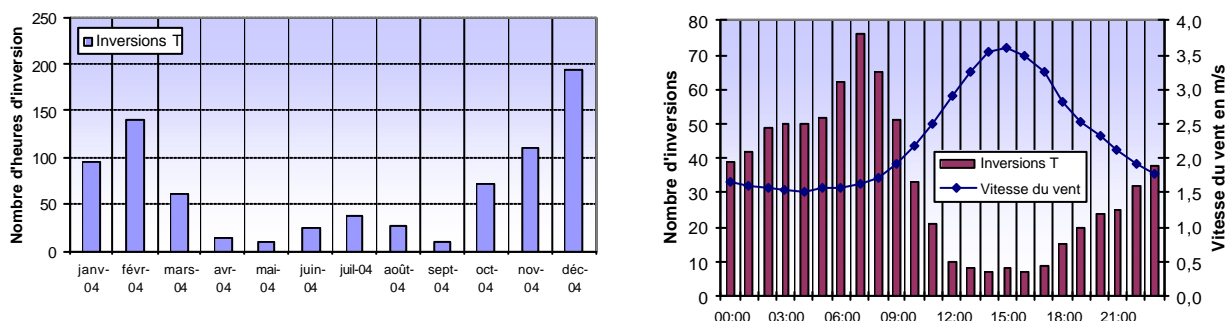
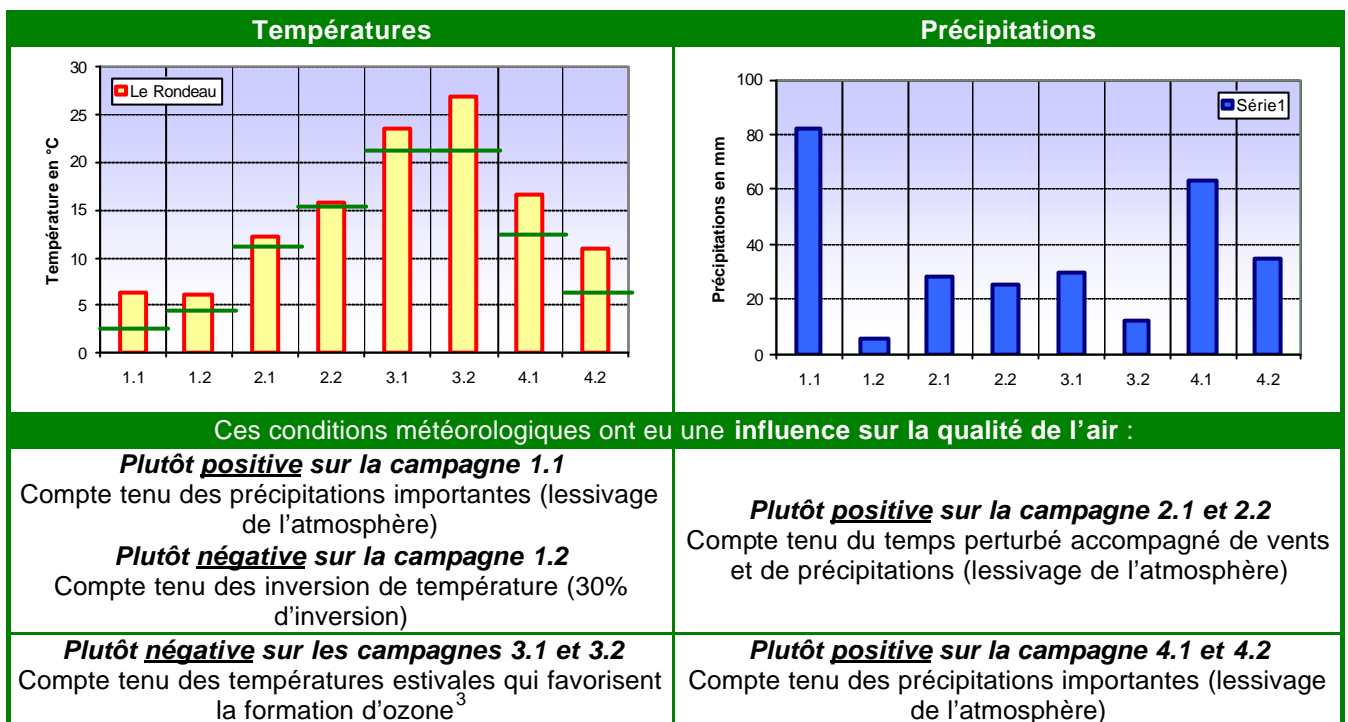


Figure 3.2. Répartition mensuelle et horaire des inversions de température à Grenoble en 2004

L'influence d'une inversion de température est déterminante pour la qualité de l'air. Les niveaux des concentrations mesurés lors des inversions de température en 2004 sont bien supérieurs aux niveaux moyens de l'année 2004. L'influence de l'inversion est moins importante sur les stations de proximité automobile (Le Rondeau) dont les niveaux de polluants sont surtout conditionnés par les émissions du trafic automobile (Tableau 3.1).

Nom du site	Moyenne 2004			Moyenne lors des inversions de température		
	Le Rondeau	Saint Martin d'Hères	Fontaine les Balmes	Le Rondeau	Saint Martin d'Hères	Fontaine les Balmes
Typologie	Proximité automobile	Urbain de fond	Urbain de fond	Proximité automobile	Urbain de fond	Urbain de fond
NO	72	25	13	116	106	48
NO <sub>2</sub>	54	31	30	62	46	47
PM <sub>10</sub>	32	25	21	47	49	34

Tableau 3.1. Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air.



Figures 3.3. Influence de la température et des précipitations sur la qualité de l'air pendant les différentes campagnes de mesures (se reporter au tableau 2.1 pour les dates des campagnes)

### 3.1.2 Vitesse et direction du vent

Le vent induit des phénomènes de brassage de l'atmosphère et intervient donc dans 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 brassage et de dispersion notables.
- Supérieur à 2 m/s : la force du vent devient suffisamment significative pour induire un brassage de l'atmosphère et créer de bonnes conditions de dispersion des polluants atmosphériques.

L'influence de la vitesse du vent varie selon les polluants et les sites (Figure 3.4).

Pour le monoxyde d'azote NO, directement émis par le trafic automobile, les concentrations varient peu sur le site du Rondeau lorsque les vitesses de vent sont supérieures à 2 m/s (l'influence du trafic est

<sup>3</sup> L'ozone est un polluant dit « secondaire », issu de la transformation photochimique des polluants primaires.

prépondérante sur la dispersion par le vent). Pour des sites urbains de fond (Saint Martin d'Hères, Fontaine les Balmes), les faibles concentrations au delà de 2 m/s s'expliquent par la dispersion par le vent et la conversion du NO en NO<sub>2</sub>.

Pour un polluant comme les PM<sub>10</sub>, les concentrations sont moins dépendantes du vent. Le vent participe à la dispersion des poussières mais peut remettre en suspension dans l'air les poussières qui étaient au sol.

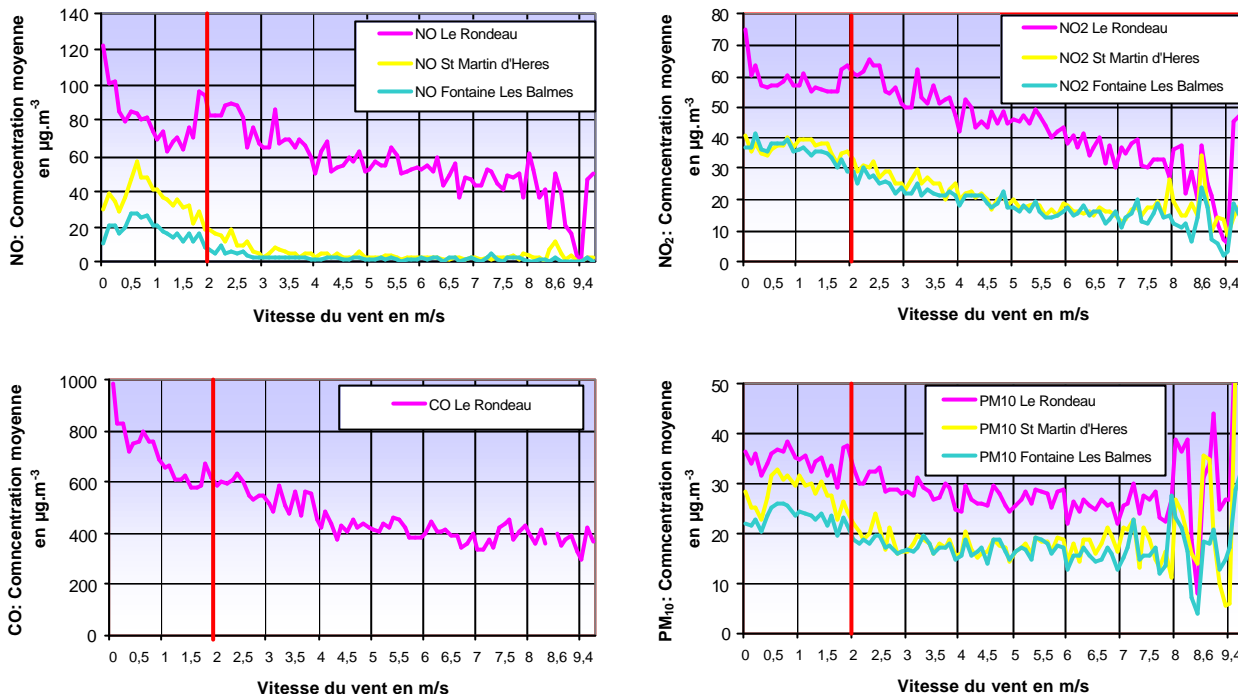


Figure 3.4. Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble en 2004

L'influence du vent a été dispersive (vitesses supérieures à 2 m/s) surtout pendant les périodes 2 et 3 (printemps et été) ; mais aussi pendant la période 4.2 (temps perturbé).

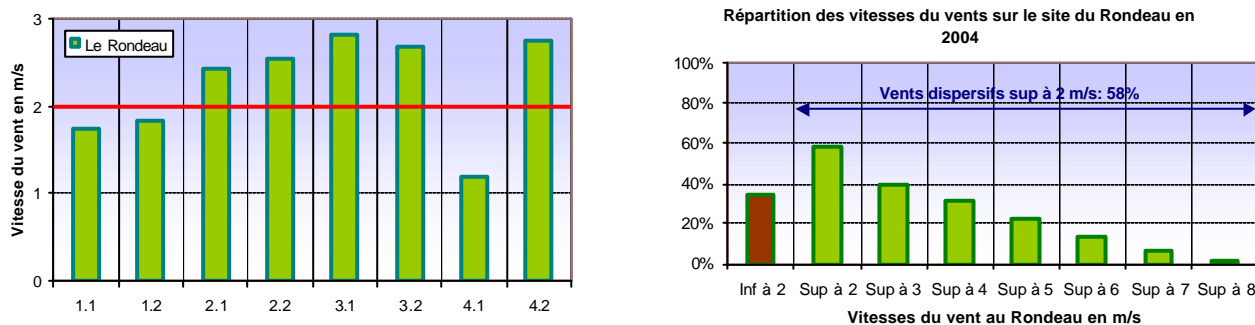


Figure 3.5. Vitesse moyenne du vent pendant les différentes campagnes et pendant l'année 2004 (site du Rondeau à Grenoble)

### 3.2 Représentativité des périodes de 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.

Dans le cadre de cette étude, 12 semaines de mesures ont été réalisées sur chacun des 6 sites.

Les 12 semaines de mesures permettent une estimation de la moyenne annuelle qui est calculée pour chaque site en faisant la moyenne des 4 campagnes de mesures. Pour les stations fixes, l'écart entre l'estimation de la moyenne annuelle (moyenne pendant les 4 campagnes de mesures) et la moyenne annuelle mesurée est faible (Figure 3.6).

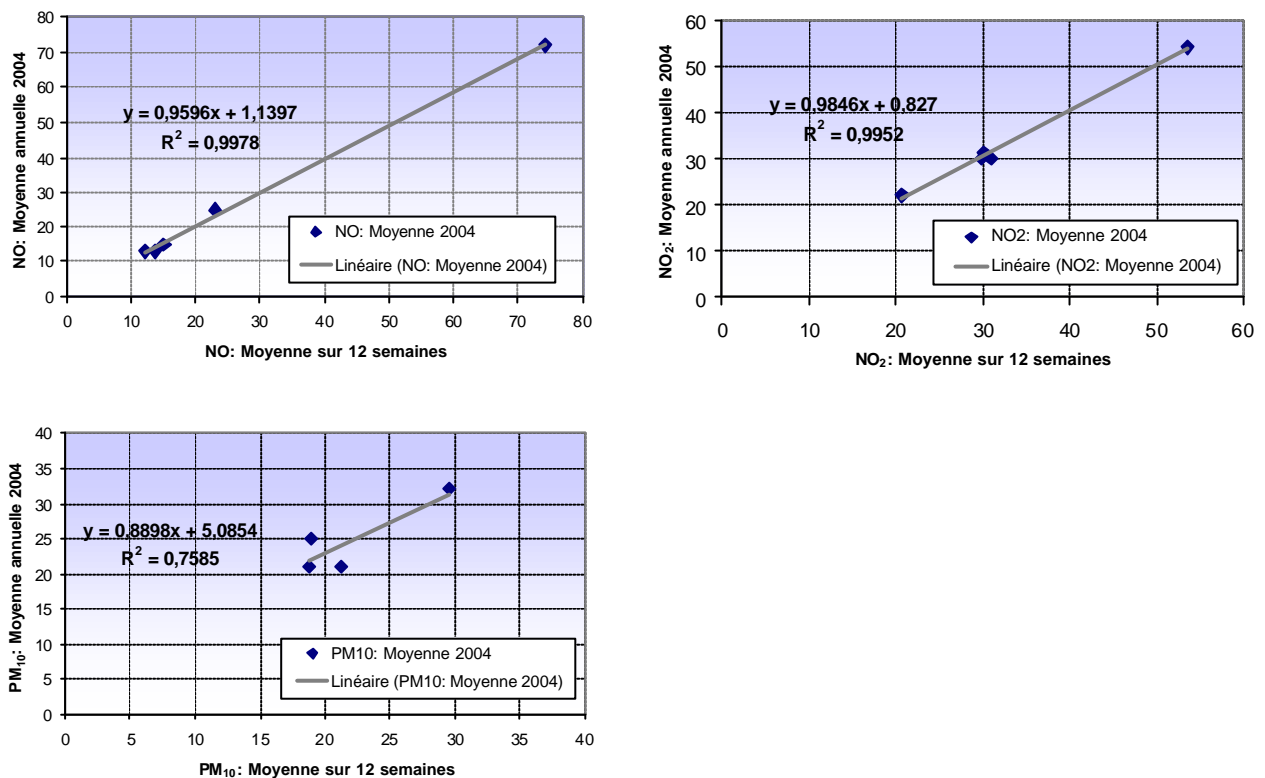


Figure 3.6. Ecart entre la moyenne mesurée pendant chaque campagne et la moyenne annuelle pour les stations fixes de l'ASCOPARG (Le Rondeau, Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Le Versoud)

Pour les sites fixes, l'écart entre la moyenne calculée pendant les 12 semaines de mesures et la moyenne annuelle calculée sur l'année civil est faible.

La moyenne calculée sur les 12 semaines de mesures constitue donc une bonne estimation de la moyenne annuelle sur les stations fixes.

L'estimation de la moyenne annuelle sur les sites temporaires est par conséquent considérée comme valide et peut donc être comparée aux valeurs réglementaires.

### 3.3 Niveaux de pollution mesurés

Les périodes de mesures, 12 semaines au total, sont suffisantes pour estimer une concentration moyenne annuelle des polluants NOx, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzène, et les comparer aux valeurs réglementaires (exprimées en moyenne annuelle).

#### 3.3.1 Les oxydes d'azote (NOx)

##### 3.3.1.1 Le monoxyde d'azote (NO)

Les graphiques suivants illustrent la variation de la moyenne de NO mesuré sur chaque site lors des différentes campagnes (campagnes 1.1 et 1.2 : hiver ; campagnes 2.1 et 2.2 : printemps ; campagne 3.1 et 3.2 : été ; campagne 4.1 et 4.2 : automne).

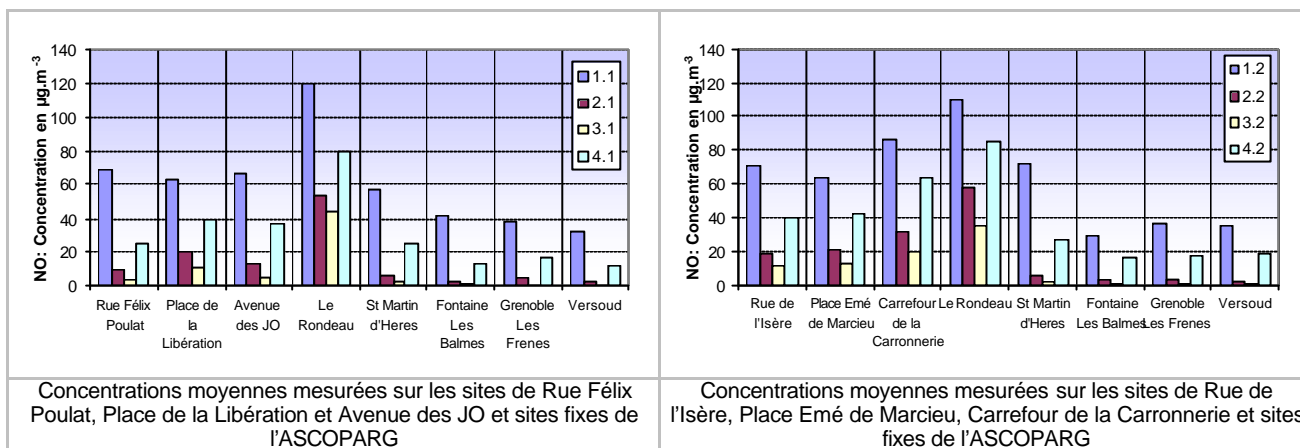


Figure 3.7 Résultats des mesures de NO à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

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

Globalement les concentrations de NO les plus faibles sont mesurées en été (Figure 3.8). En effet, cette saison est caractérisée par une diminution de l'activité et donc du trafic automobile (vacances estivales) ainsi que par de bonnes conditions pour la dispersion des polluants primaires (peu d'inversion de température, atmosphère moins stable et plus de vents dispersifs) et la transformation du NO en NO<sub>2</sub> (favorisée par un ensoleillement important) (Figure 3.8).

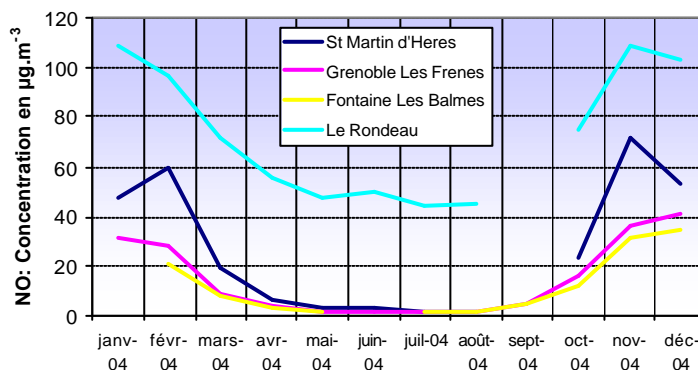


Figure 3.8. Variation de la concentration mensuelle de NO sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les plus fortes concentrations sont enregistrées en hiver 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<sub>2</sub>. L'association entre émissions importantes et faible dispersion expliquent les niveaux plus importants mesurés en hiver.

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures temporaires et sites fixes ont été résumés dans les tableaux suivants.

➤ **Statistiques horaires du NO pendant les 12 semaines de mesures**

Stations	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes	Versoud
% de données valides	86%	94%	97%	96%	99%	95%	99%	98%
<b>Moyenne en <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math></b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>12</b>
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	316	334	461	443	486	267	375	186
Percentile 99,8	280	272	396	419	337	208	310	176
Percentile 98	156	196	185	294	170	111	122	114
Percentile 50	7	14	10	50	5	2	1	1
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0

Stations	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes	Versoud
% de données valides	98%	96%	85%	98%	97%	93%	99%	97%
<b>Moyenne en <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math></b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>73</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	585	371	500	580	573	241	315	216
Percentile 99,8	373	291	418	445	466	199	276	170
Percentile 98	209	192	222	305	239	95	122	109
Percentile 50	8	18	23	46	4	1	1	1
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 3.2. Statistiques horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures

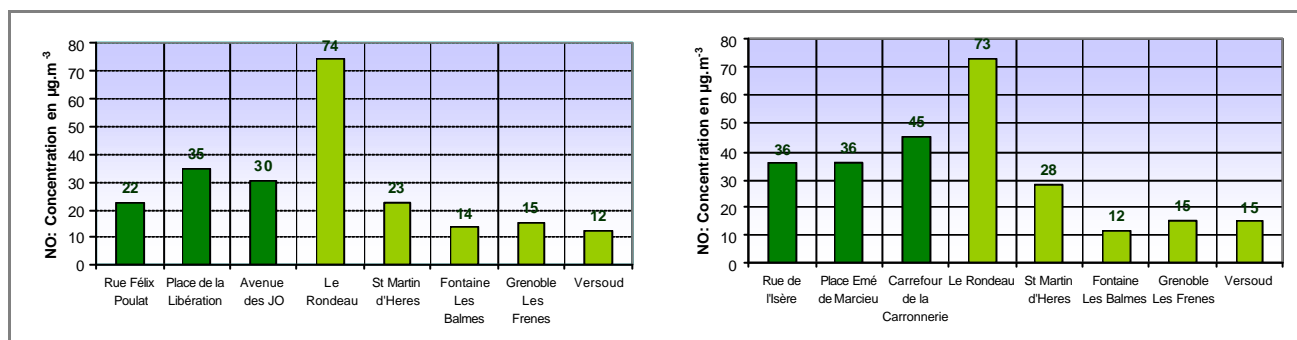


Figure 3.9. Moyennes horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures

➤ **Variation horaire et journalière : influence du trafic automobile**

Dans le cas de polluants d'origine automobile, les concentrations dans l'air sont dépendantes des conditions météorologiques, mais aussi des variations de trafic automobile. Elles augmentent en début et en fin de journée en relation avec les heures de pointe du matin et du soir liées notamment aux déplacements pendulaires domicile – travail.

La nuit, avec la diminution du trafic, les niveaux sont homogènes sur tous les sites de l'agglomération. La journée, l'écart de concentration entre les sites s'explique par l'intensité du trafic à proximité du site de mesures. Les concentrations les plus importantes sont donc mesurées sur les sites du Rondeau (Echirolles) et du Carrefour de la Carronnerie (Meylan).

Les profils journaliers des stations fixes de l'ASCOPARG confirment l'influence du trafic automobile, particulièrement avec la baisse des concentrations de polluants en fin de semaine notamment le dimanche. En effet, dans l'agglomération grenobloise, les niveaux de fond en NO diminuent de 50% à 60% le week-end (samedi et dimanche) par rapport à la semaine.

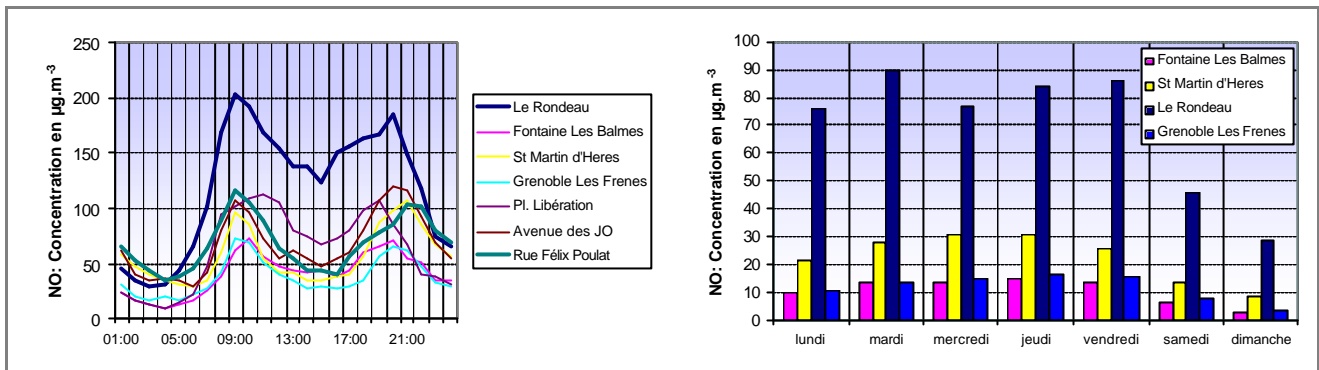


Figure 3.10. Profil moyen horaire et journalier du NO calculés pour la première campagne (1.1)

➤ Estimation de la moyenne annuelle

L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures.

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>NO</b> (µg.m <sup>-3</sup> )	27	34	31	35	35	51	72	25	13	15	13
<b>Typologie</b>	Urbain de fond		Trafic				Trafic	Urbain de fond			Péri urbain

Tableau 3.3. Estimation de la moyenne annuelle du NO en µg.m<sup>-3</sup>

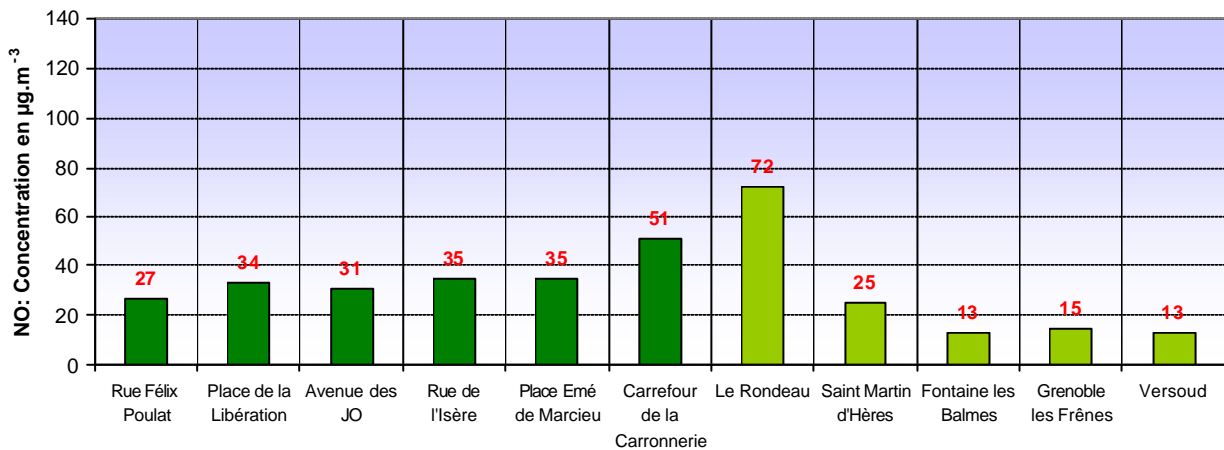


Figure 3.11. Comparaison des mesures effectuées avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG

Sur tous les sites de mesures temporaires, l'estimation de la moyenne annuelle en NO de ces sites est bien supérieure aux niveaux mesurés sur les sites urbains de fond de Grenoble. Cette différence traduit bien l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air sur ces 6 points de mesures.

Les différences de concentration entre les sites peuvent s'expliquer par l'intensité du trafic automobile à proximité du site. Les niveaux de fond en NO dans l'agglomération grenobloise se situent en dessous de 20 µg.m<sup>-3</sup>. Pour les sites influencés par le trafic automobile, les niveaux sont supérieurs à 20 µg.m<sup>-3</sup>, allant même jusqu'à 54 µg.m<sup>-3</sup> et 72 µg.m<sup>-3</sup> pour les sites de la Carronnerie et du Rondeau où 50% des valeurs mesurées sur ces deux sites sont supérieures au niveau de fond (percentile 50 supérieur à 20 µg.m<sup>-3</sup>).

Bien qu'il ait des caractéristiques plus proches d'un site urbain de fond, les niveaux élevés de NO mesurés sur le site de la rue Félix Poulat s'expliquent par la proximité du boulevard Agutte Sembat (plus de 10 000 véhicules par jour) et la configuration du site (en secteur urbain dense, la configuration des bâtiments



constitue un obstacle à la dispersion des polluants et peut même provoquer leur accumulation dans le cas de « rues canyons »).

Les mesures effectuées sur le site de Saint Martin d'Hères ne correspondent plus aux niveaux de fond. En effet, le site est influencé par les travaux à proximité. Ce site possède même un comportement atypique évoluant la plupart du temps comme un site de fond (percentile 50 faible similaire aux autres sites de fond) et ayant ponctuellement des concentrations élevées (Figure 3.12).

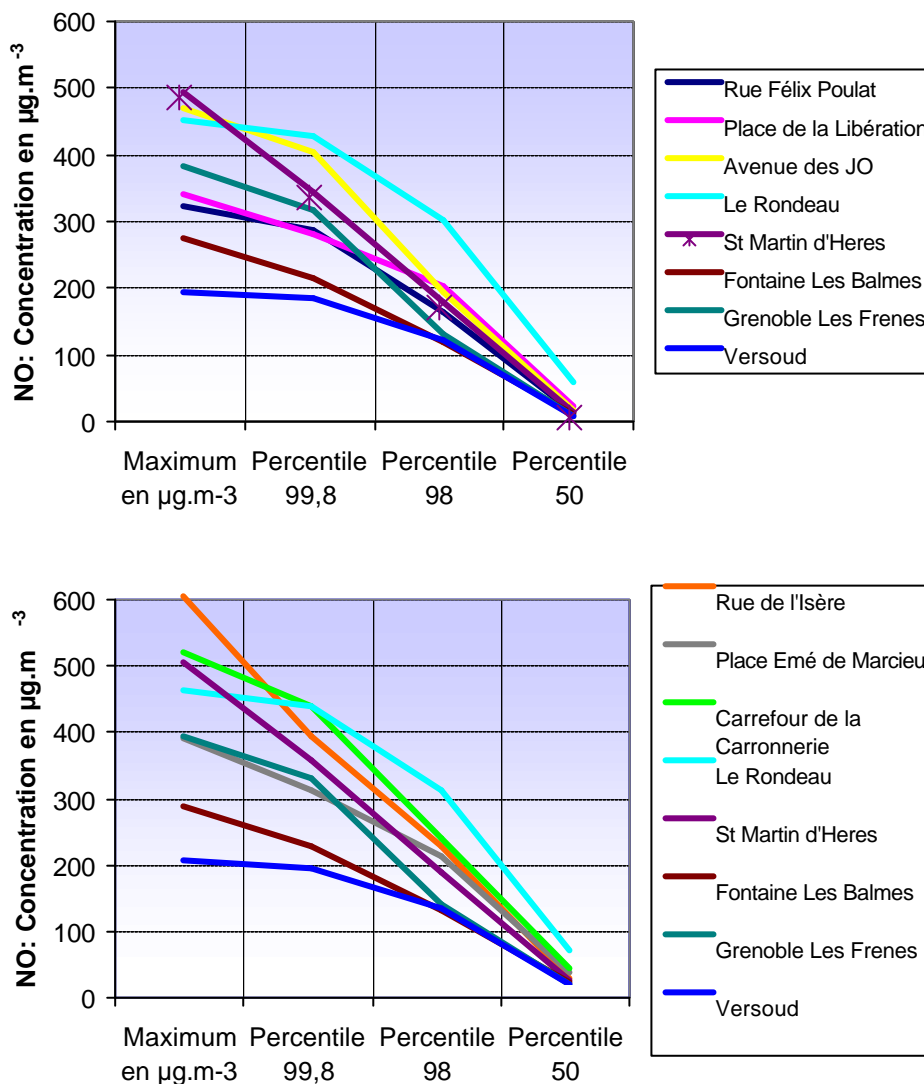


Figure 3.12. Statistiques horaires du NO

Il n'existe pas de réglementation concernant le NO. Cependant, cette mesure permet de bien caractériser l'activité du trafic automobile.

**En résumé pour le monoxyde d'azote (NO)**

**Les profils moyens de NO montrent une influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise.**

**Les niveaux de NO mesurés sont directement liés à l'intensité du trafic automobile à proximité du site de mesures.**

### 3.3.1.2 Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures temporaires et sites fixes lors de chaque campagne ont été résumés dans les graphiques suivants.

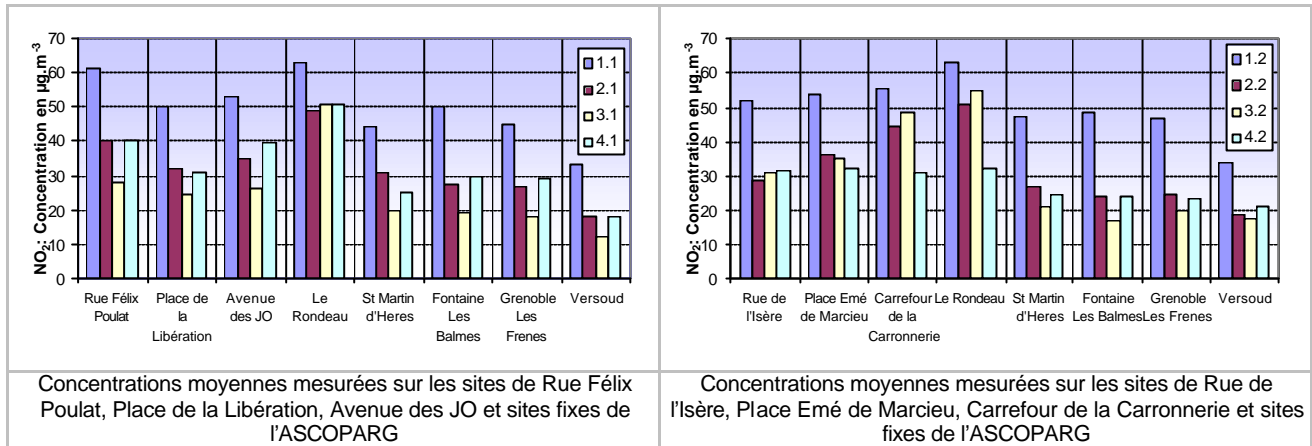


Figure 3.13. Résultats des mesures de NO<sub>2</sub> à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

Depuis 1985, la tendance des concentrations de NO<sub>2</sub> est à la stabilisation des moyennes annuelles horaires malgré la mise en place des pots catalytiques depuis 1993 (Figure 3.14.a).

Comme pour le NO, les plus fortes concentrations de NO<sub>2</sub> ont été mesurées pendant les campagnes d'hiver et d'automne (campagne 1 et 4 : association de fortes émissions et d'une faible dispersion). Cependant, les variations de la concentration de NO<sub>2</sub> entre les différentes campagnes sont moins importantes que pour le NO (pour un même site, l'écart des concentrations entre l'hiver et l'été est moins important que pour le NO).

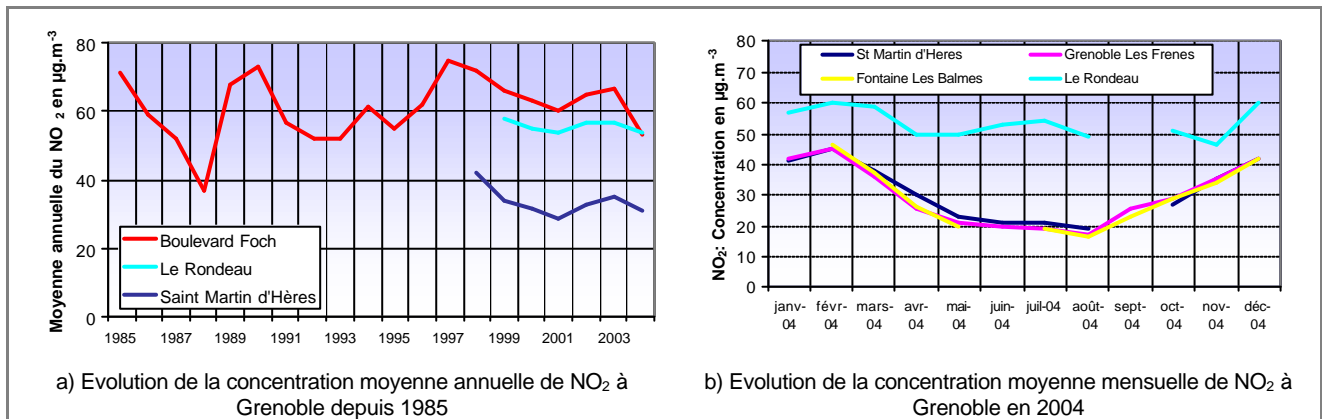


Figure 3.14. Evolution de la concentration de NO<sub>2</sub> sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les résultats statistiques horaires observés ont été résumés dans les tableaux suivants.

➤ **Statistiques horaires du NO<sub>2</sub> pendant les 12 semaines de mesures**

Stations	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frénes	Versoud
% de données valides	86%	97%	98%	97%	99%	95%	99%	98%
Moyenne en µg.m <sup>-3</sup>	41	35	38	54	30	31	30	21
Maximum en µg.m <sup>-3</sup>	130	122	149	146	91	108	115	78
Percentile 99,8	123	112	130	136	87	93	103	69
Percentile 98	92	87	94	114	72	75	77	56
Percentile 50	37	30	35	51	27	27	26	18
Minimum en µg.m <sup>-3</sup>	1	0	0	0	1	3	0	0

Stations	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frênes	Versoud
% de données valides	98%	96%	85%	99%	97%	92%	99%	98%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	36	40	43	51	31	28	29	23
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	147	138	171	152	114	106	137	94
Percentile 99,8	120	124	140	143	108	96	117	78
Percentile 98	94	91	103	116	81	80	83	58
Percentile 50	31	37	39	46	27	23	24	21
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	1	0	0	2	1	2	1

Tableau 3.4. Statistiques horaires du NO<sub>2</sub> et estimation de la moyenne annuelle en  $\mu\text{g.m}^{-3}$

➤ **Variation horaire et journalière : influence du trafic automobile**

Par rapport au NO, les niveaux de NO<sub>2</sub> mesurés sur les stations fixes (Fontaine les Balmes, Saint Martin d'Hères et Grenoble les Frênes) et sites temporaires sont homogènes entre eux dans l'agglomération de Grenoble (sauf sur le site du Rondeau qui a des niveaux bien supérieurs).

Les profils moyens horaires et journaliers montrent aussi une influence du trafic automobile (augmentation des concentrations pendant les heures de pointe du trafic, diminution la nuit et le week-end) (Figure 3.15).

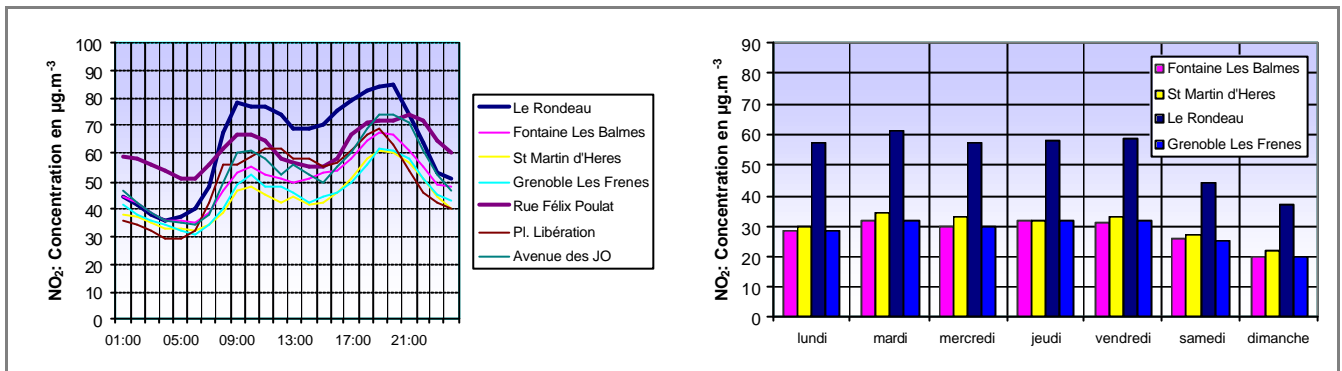


Figure 3.15. Profils moyens horaires et journaliers du NO<sub>2</sub> calculés pour la première campagne (1.1)

Les différences de concentration entre les sites « trafic » peuvent s'expliquer par l'intensité du trafic automobile à proximité et la configuration de la rue.

Cependant, l'écart de concentration de NO<sub>2</sub> entre les sites influencés par le trafic automobile et les sites de fond urbain est plus faible que pour le NO. En effet, le NO est émis directement dans les gaz d'échappement, et donc sa concentration est directement liée à la proximité de la source. Après son émission, le NO se transforme par oxydation en NO<sub>2</sub> ; cette réaction est rapide : quelques dizaines de secondes à une minute, en fonction des conditions du milieu (la rapidité de cette réaction fait souvent considérer le NO<sub>2</sub> comme polluant primaire).

Plus l'éloignement par rapport à la source est important (cas d'une situation de fond), plus la forme oxydée NO<sub>2</sub> est prépondérante par rapport au NO.

Le **rapport NO/NO<sub>2</sub>** (calculé à partir des concentrations exprimées en ppb : partie par milliard) permet de caractériser la notion de proximité ou de fond d'un site (Figure 3.16).

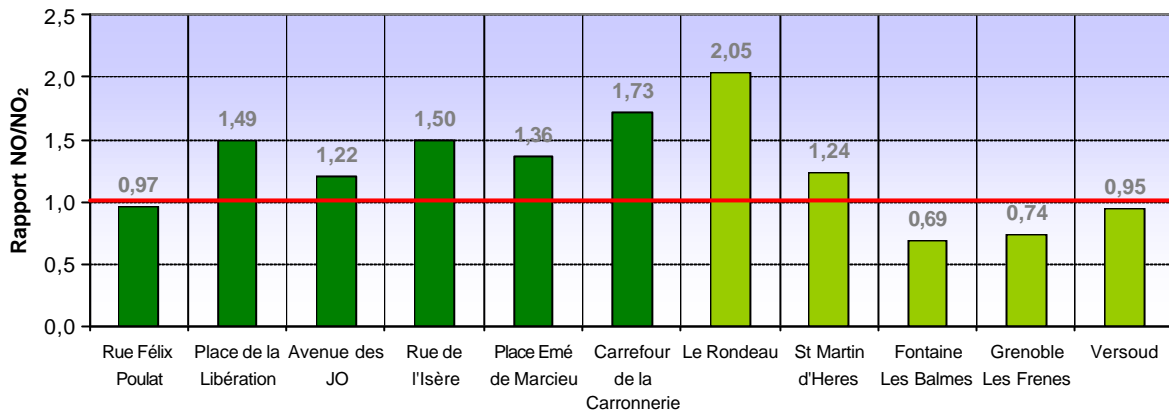


Figure 3.16. Calcul du rapport NO/NO<sub>2</sub>

Le rapport NO/NO<sub>2</sub> confirme bien pour tous les sites "trafic" l'influence du trafic automobile (rapport NO/NO<sub>2</sub> supérieur à 1). Les différences entre les sites peuvent s'expliquer par l'intensité du trafic à proximité du site ; le rapport NO/NO<sub>2</sub> le plus important est calculé pour la station du Rondeau qui se situe à l'intersection de la Rocade Sud et de l'autoroute A480.

Parmi les sites temporaires, le Carrefour de la Carronnerie subit l'influence du trafic automobile (intersection entre la RN90 et l'autoroute A41) : rapport NO/NO<sub>2</sub> égal à 1,73.

Le rapport NO/NO<sub>2</sub> calculé pour le site de Saint-Martin d'Hères confirme bien l'influence du trafic et le fait qu'il n'évolue plus comme un site de fond urbain.

Le rapport NO/NO<sub>2</sub> du site Rue Félix Poulat est supérieur à celui des sites urbains de fond de Fontaine les Balmes et Grenoble les Frênes et confirme bien la forte influence du trafic automobile sur ce site.

➤ Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures de cette étude permettent de calculer pour ces sites une estimation de la moyenne annuelle qui peut être comparée à la moyenne annuelle des stations fixes de l'ASCOPARG. L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures (Tableau 3.5).

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>NO<sub>2</sub></b> (µg.m <sup>-3</sup> )	<b>43</b>	35	38	36	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>54</b>	31	30	30	22
<b>Valeur limite pour la protection de la santé</b>	52 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne annuelle										
<b>Objectif de qualité</b>	40 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne annuelle										
<b>Typologie</b>	Urbain de fond		Trafic				Trafic	Urbain de fond			Péri urbain

Tableau 3.5. Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

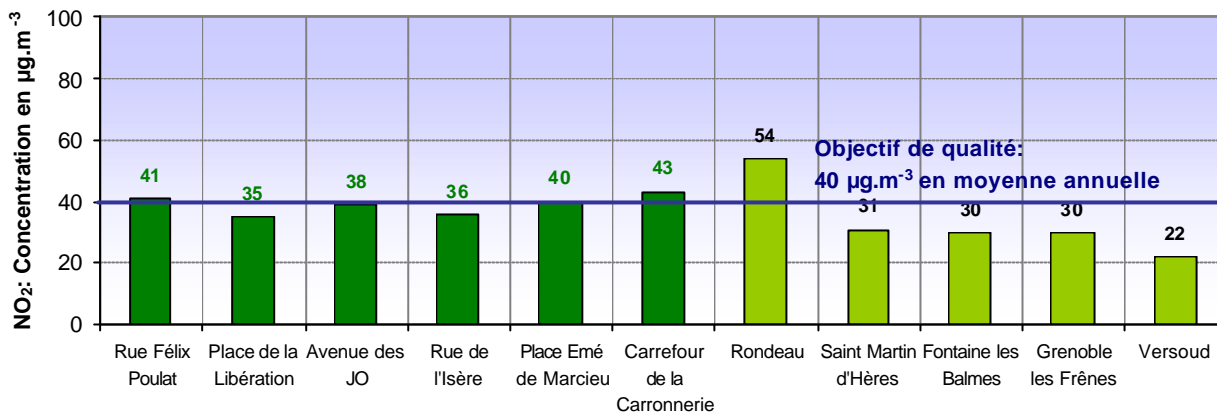


Figure 3.17. Comparaison des mesures effectuées avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG

Sur tous les sites « trafic », la concentration annuelle en  $\text{NO}_2$  est supérieure à  $35 \mu\text{g.m}^{-3}$  et à celle des sites de fond urbain ( $\sim 30 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) et péri-urbain ( $22 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) ; ce qui confirme donc l'influence du trafic automobile sur les concentrations de  $\text{NO}_2$  dans l'agglomération grenobloise.

La **comparaison par rapport à la réglementation** montre un dépassement de l'objectif de qualité du  $\text{NO}_2$  ( $40 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne annuelle) pour 3 sites (Le Rondeau :  $54 \mu\text{g.m}^{-3}$ , Carrefour de la Carronnerie :  $43 \mu\text{g.m}^{-3}$  et Rue Félix Poulat :  $41 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) de l'objectif de qualité et un dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé sur le site du Rondeau.

Tous les autres sites ont une moyenne annuelle, mesurée ou estimée, conforme à l'objectif de qualité.

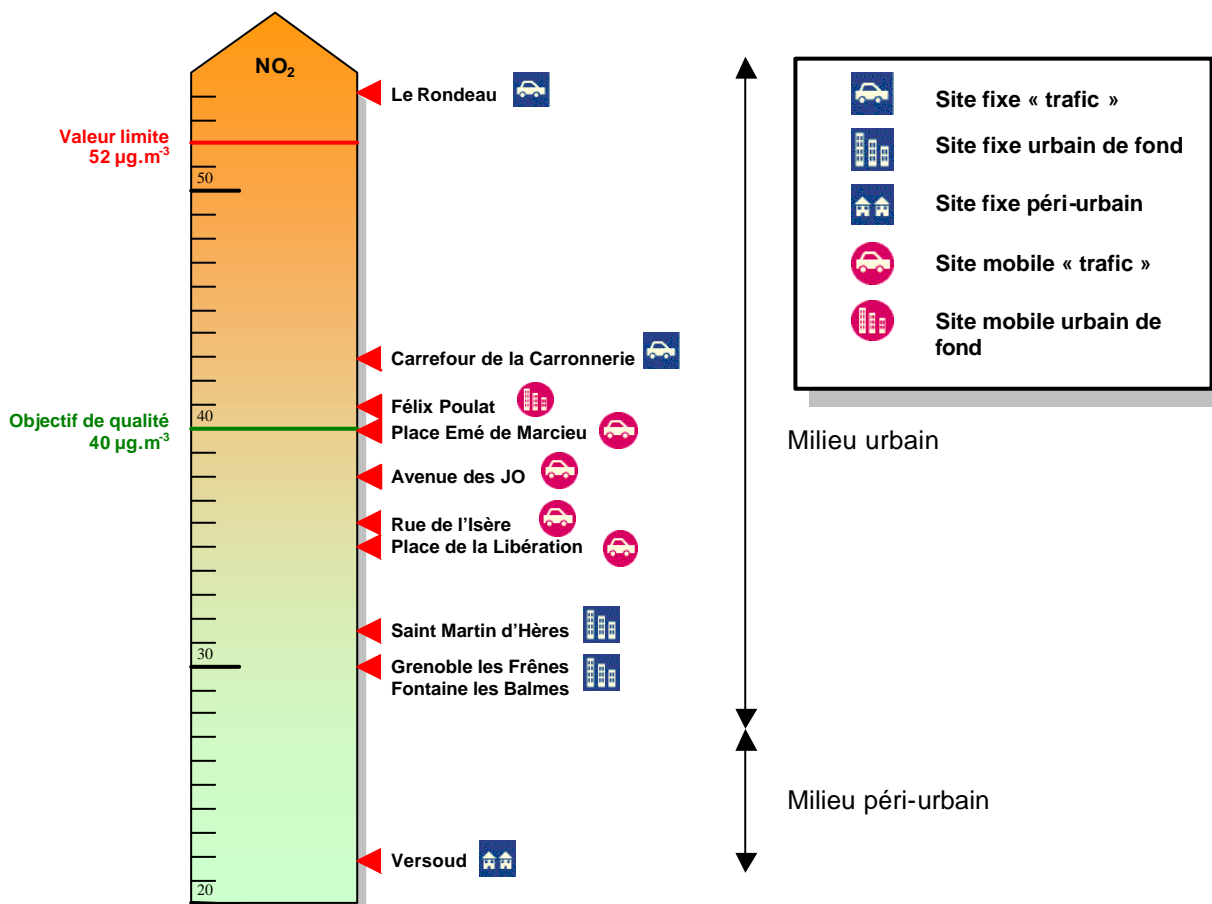


Figure 3.18. Comparaison des mesures de  $\text{NO}_2$  par rapport à la réglementation

Sur tous les sites, les valeurs maximales mesurées sont inférieures à  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne horaire. Il n'y a donc eu en 2004 aucun dépassement des seuils d'alerte, du centile 98 fixé à  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$  et du centile 99,8 fixé à  $260 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

Cependant, le risque de dépassement des  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne horaire n'est pas nul. Le seuil des  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$  a déjà été dépassé dans l'agglomération ( $224 \mu\text{g.m}^{-3}$  à Saint Martin d'Hères le 10/01/2002 à 20h00, et  $203 \mu\text{g.m}^{-3}$  au Rondeau le 27/06/2002 à 18h00). A cette époque, la procédure d'information et de recommandations n'a pas été déclenchée car elle nécessitait le dépassement des  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne horaire sur deux sites de fond urbain ou un site de fond urbain et un site péri-urbain.

#### **En résumé pour le $\text{NO}_2$ :**

**Les niveaux de  $\text{NO}_2$  ne sont pas homogènes dans l'agglomération grenobloise.**

**Les niveaux de fond à Grenoble ( $\sim 30 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) sont plus importants que ceux mesurés en milieu péri-urbain (+  $8 \mu\text{g.m}^{-3}$  par rapport au site péri-urbain du Versoud).**

**En situation de proximité automobile, ces niveaux ne sont pas conformes à l'objectif de qualité pour les sites du Rondeau, du Carrefour de la Carronnerie, de la Place Emé de Marcieu.**

**Ces niveaux dépassent aussi la valeur limite pour la protection de la santé humaine sur le site du Rondeau.**

**Le site temporaire de la rue Félix Poulat, bien qu'éloigné d'une cinquantaine de mètres du boulevard A. Sembat, subit une influence sensible de la part du trafic automobile. Les niveaux de  $\text{NO}_2$  enregistrés à cet endroit ne sont pas conformes à l'objectif de qualité.**

**Même si aucun dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine n'a été enregistré en 2004, Le risque de dépassement de ce seuil n'est pas nul à Grenoble en situation de proximité automobile.**

### 3.3.2 Le monoxyde de carbone (CO)

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites temporaires par moyens mobiles et sites fixes lors de chaque campagne ont été résumés dans les graphiques suivants.

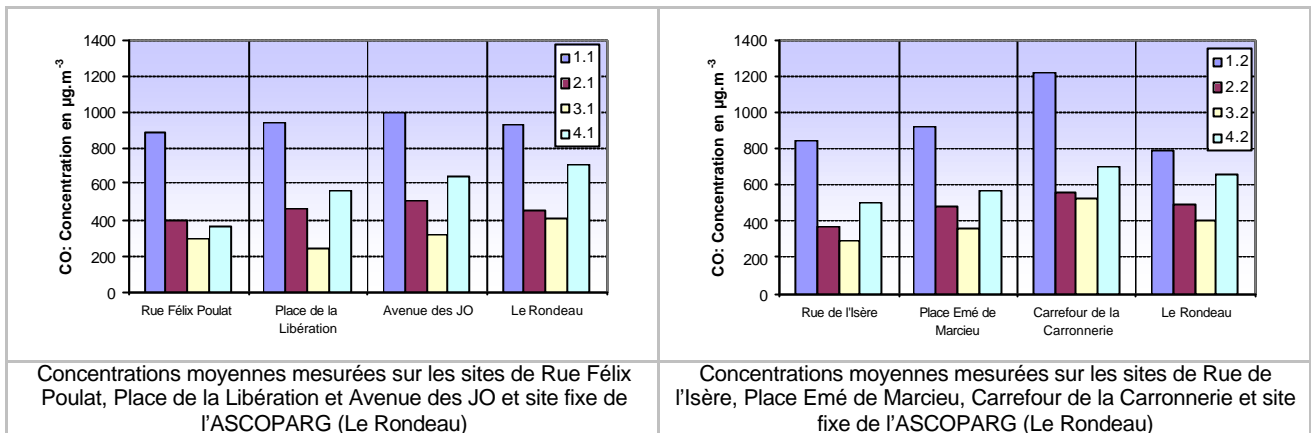
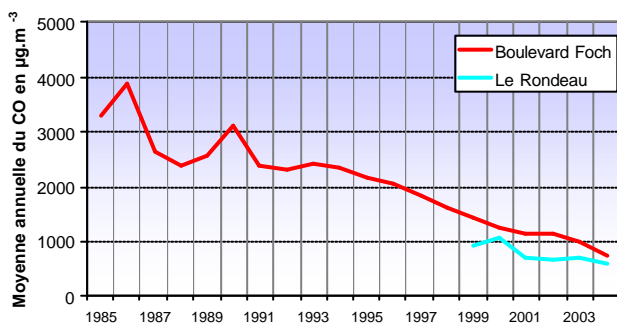


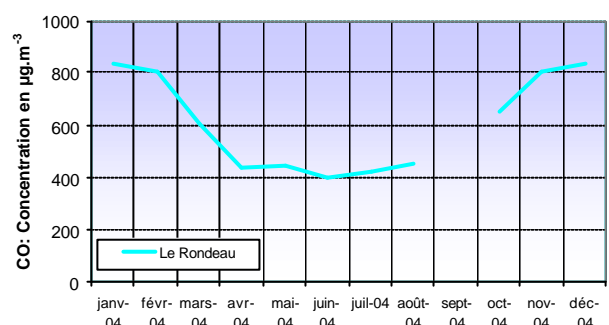
Figure 3.19. Résultats des mesures de CO à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

La tendance à la baisse enregistrée depuis plusieurs années s'est confirmée en 2004. En effet, grâce à la mise en place des pots catalytiques sur les véhicules en 1993, les concentrations de CO ont considérablement diminué dans l'air ambiant (Figure 3.20.a).

Comme pour le NO et le NO<sub>2</sub>, les plus fortes concentrations de CO ont été mesurées pendant les campagnes 1 et 4 (hiver et automne : association de fortes émissions et d'une faible dispersion) (Figure 3.20.b).



a) Evolution de la concentration moyenne annuelle de CO à Grenoble depuis 1985



b) Evolution de la concentration moyenne mensuelle de CO à Grenoble en 2004

Figure 3.20. Evolution de la concentration de CO sur les sites fixes de l'ASCOPARG

#### ➤ Statistiques horaires du CO pendant les 12 semaines de mesures

Les résultats statistiques horaires observés ont été résumés dans les tableaux suivants (Tableau 3.6).

Stations de mesures	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau
<b>% de données valides</b>	86%	94%	98%	97%
<b>Moyenne en µg.m<sup>-3</sup></b>	<b>499</b>	<b>569</b>	<b>608</b>	<b>618</b>
<b>Maximum en µg.m<sup>-3</sup></b>	3317	3778	5303	3575
<b>Percentile 99,8</b>	2886	3035	3920	2803
<b>Percentile 98</b>	1664	2047	2184	1919
<b>Percentile 50</b>	376	418	455	509
<b>Minimum en µg.m<sup>-3</sup></b>	0	0	63	0

Stations de mesures	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau
% de données valides	83%	97%	96%	96%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	480	596	747	598
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	2793	4411	4587	2801
Percentile 99,8	2220	2965	4129	2569
Percentile 98	1713	2028	2567	1759
Percentile 50	403	456	584	527
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	30	0

Tableau 3.6. Statistiques horaires du CO et estimation de la moyenne annuelle en  $\mu\text{g.m}^{-3}$   
Le CO n'est pas mesuré sur les stations urbaines de fond (St Martin d'Hères, Fontaine les Balmes et Grenoble les Frênes) et la station péri-urbaine (Versoud).

➤ Variation horaire et journalière : influence du trafic automobile

Les profils moyens horaires et journaliers montrent une influence du trafic automobile (augmentation des concentrations pendant les heures de pointe, diminution la nuit et le week-end).

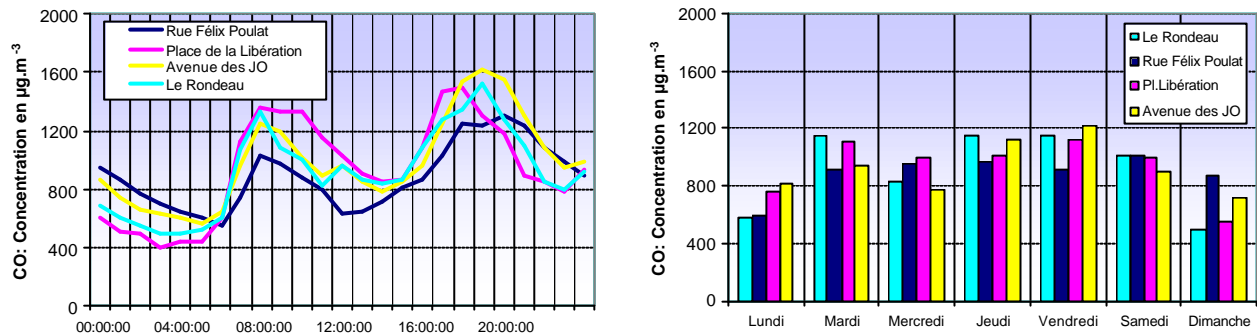


Figure 3.21. Profils moyens horaires et journaliers du CO calculés pour la première campagne (1.1)

➤ Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites temporaires de mesures permettent de calculer pour ces sites une estimation de la moyenne annuelle comparable à la station fixe de référence. L'estimation de la moyenne annuelle est la moyenne des concentrations des 4 campagnes de mesures.

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frênes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>CO</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	490	552	613	500	584	<b>752</b>	<b>607</b>	-	-	-	-
	Max de la moyenne glissante sur 8 heures										
<b>CO (8h)</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	2 434	2 490	<b>3 793</b>	1 959	2 741	3 714	2 375	-	-	-	-
<b>Valeur limite pour la protection de la santé</b>	10 000 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne glissante sur 8 heures										
<b>Typologie</b>	Urbain de fond		Trafic				Trafic	Urbain de fond		Péri urbain	

Tableau 3.7. Estimation de la moyenne annuelle, maximum de la moyenne glissante sur 8 heures et comparaison par rapport à la réglementation



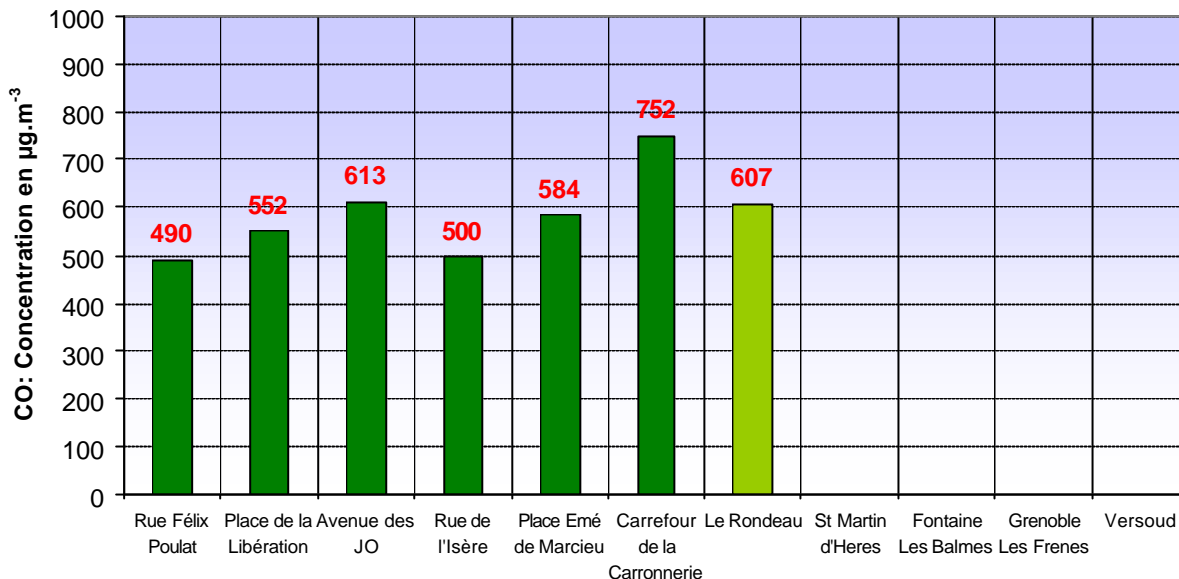


Figure 3.22. Comparaison des mesures effectuées avec les résultats de la station fixe de l'ASCOPARG. Le CO n'est pas mesuré sur les stations urbaines de fond (St Martin d'Hères, Fontaine les Balmes et Grenoble les Frênes) et la station péri-urbaine (Versoud)

Avec une valeur maximale de la moyenne glissante sur 8 heures à 3 793 µg.m<sup>-3</sup> tous sites confondus, la valeur limite pour la protection de la santé humaine (10 000 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne glissante sur 8 heures) n'est dépassée sur aucun site de l'agglomération de Grenoble. Pour tous les sites, le maximum de la moyenne glissante sur 8 heures a été mesuré pendant la campagne d'hiver (campagne 1).

Les derniers dépassements de ce seuil mesurés à Grenoble ont eu lieu en 1994 ; leur diminution est principalement liée à l'amélioration des technologies anti-pollution des véhicules, notamment depuis la mise en place du pot catalytique (Figure 3.23).

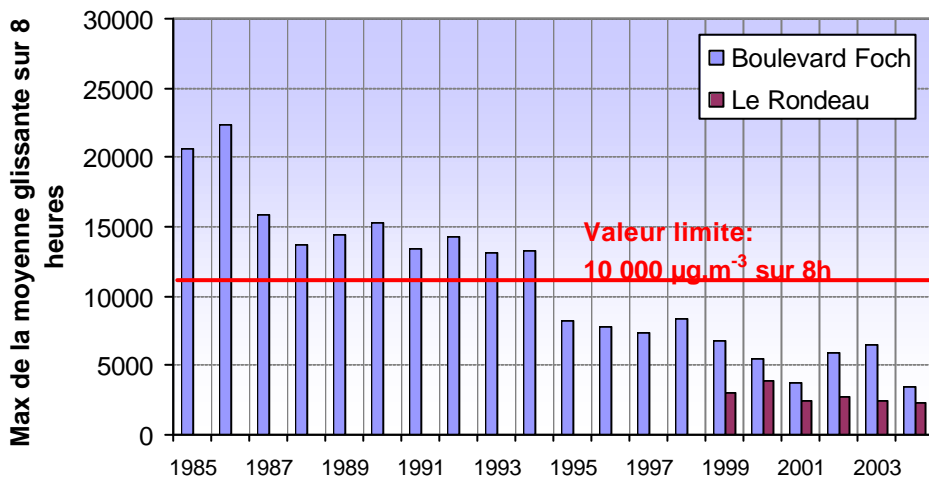


Figure 3.23 Maximum de la moyenne glissante sur 8h mesuré sur le sites du Boulevard Foch et du Rondeau

**En conclusion pour le monoxyde de carbone (CO) :**

**Comme pour les NOx, les concentrations de CO sont directement liées au trafic automobile. La mise en place de nouvelles technologies anti-pollution a permis la diminution progressive des concentrations de CO. Aucun dépassement de la valeur réglementaire concernant le CO n'a été enregistré depuis 10 ans à Grenoble.**

### 3.3.3 Les poussières en suspension (PM<sub>10</sub>)

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures par moyens mobiles et sites fixes lors de chaque campagne ont été résumés dans les graphiques suivants.

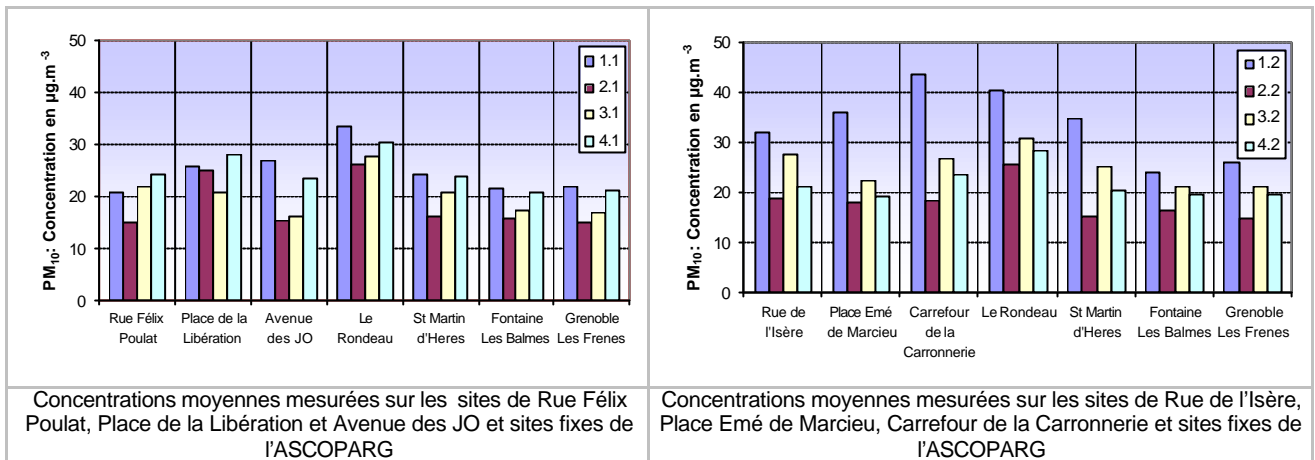
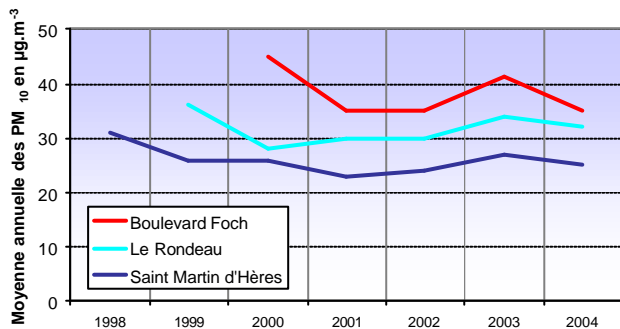
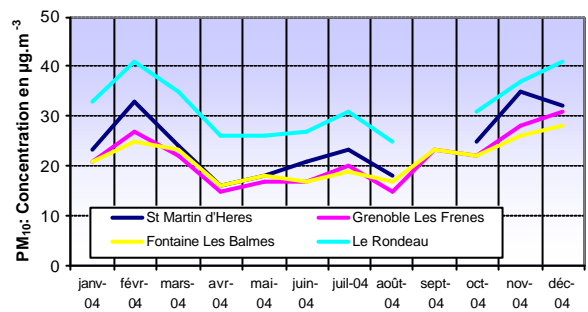


Figure 3.24. Résultats des mesures de PM<sub>10</sub> à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

Contrairement à d'autres polluants comme le CO et le SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre), la diminution de la concentration des PM<sub>10</sub> à Grenoble est moins significative durant les dernières années. Comme pour les autres polluants, les concentrations maximales de poussières ont été mesurées lors des campagnes d'hiver et d'automne (campagne 1 et 4).



Evolution de la concentration moyenne annuelle de PM<sub>10</sub> à Grenoble depuis 1998



Evolution de la concentration moyenne mensuelle de PM<sub>10</sub> à Grenoble en 2004

Figure 3.25. Evolution de la concentration de PM<sub>10</sub> sur les sites fixes de l'ASCOPARG

#### ➤ Statistiques horaires des PM<sub>10</sub> pendant les 12 semaines de mesures

Les résultats statistiques horaires observés ont été résumés dans les tableaux suivants.

Stations de mesures	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes
% de données valides	100%	97%	97%	97%	100%	100%	100%
Moyenne en µg.m <sup>-3</sup>	20	25	21	30	21	19	19
Maximum en µg.m <sup>-3</sup>	86	289	134	117	105	99	105
Percentile 99,8	82	200	116	106	90	82	88
Percentile 98	55	98	66	77	64	53	52
Percentile 50	18	19	16	26	18	16	16
Minimum en µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0	0	0

Stations de mesures	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes
% de données valides	99%	97%	99%	99%	100%	99%	100%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	25	24	28	31	24	20	21
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	192	205	152	136	205	298	109
Percentile 99,8	118	150	133	119	150	88	76
Percentile 98	76	78	85	86	77	55	57
Percentile 50	21	20	23	27	20	18	18
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	2	0	0	0

Tableau 3.8. Statistiques horaires des  $\text{PM}_{10}$  et estimation de la moyenne annuelle en  $\mu\text{g.m}^{-3}$

Bien qu'ils ne soient pas un polluant majoritairement d'origine automobile, les profils moyens des  $\text{PM}_{10}$  confirment une influence du trafic automobile, sur ces sites de mesures, avec l'augmentation des concentrations lors des heures de pointe (Figure 3.26).

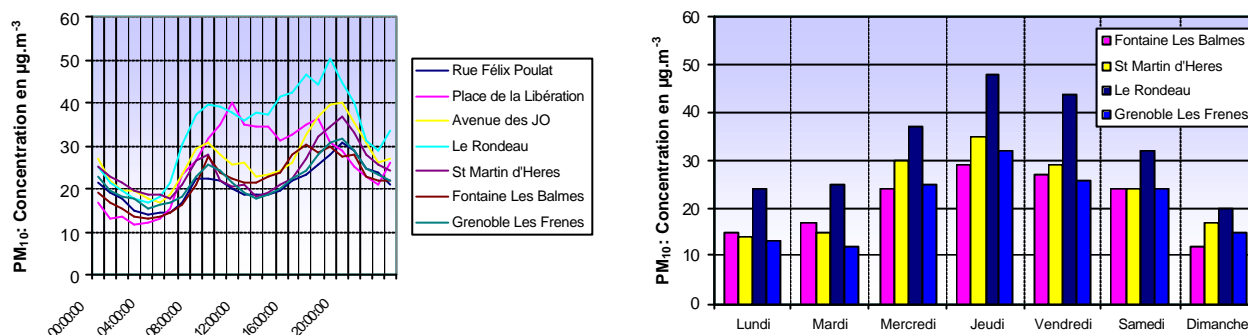


Figure 3.26. Profils moyens horaires et journaliers des  $\text{PM}_{10}$  calculés pour la première campagne (1.1)

➤ **Statistiques journalières des  $\text{PM}_{10}$  pendant les 12 semaines de mesures**

Parmi les valeurs réglementaires, les  $\text{PM}_{10}$  possèdent une valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée à  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour le centile 90,4 (c'est-à-dire que la concentration moyenne journalière de  $\text{PM}_{10}$  ne doit pas dépasser  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$  plus de 35 jours par an).

En Isère, les arrêtés préfectoraux n° 2004-07969 et n° 2004-07970 fixent pour les  $\text{PM}_{10}$  un seuil d'information et de recommandations à  $80 \mu\text{g.m}^{-3}$  et un seuil d'alerte à  $125 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne journalière.

Les résultats statistiques journaliers observés ont été résumés dans les tableaux suivants (Tableau 3.9).

Stations de mesures	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes
% de données valides	100%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	20	25	21	29	21	19	19
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	58	65	72	69	63	52	63
Percentile 99,8	57	64	72	68	62	51	61
Percentile 98	46	57	58	62	52	45	46
Percentile 90,4	33	47	34	46	35	31	31
Percentile 50	18	21	19	27	20	18	17
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	6	6	5	10	6	6	6

Stations de mesures	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes
% de données valides	99%	97%	99%	99%	99%	99%	99%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	25	24	29	31	24	21	21
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	60	90	85	73	76	44	56
Percentile 99,8	60	86	83	71	75	44	54
Percentile 98	56	62	68	60	67	40	41
Percentile 90,4	42	42	51	47	42	34	36
Percentile 50	23	21	25	29	21	19	18
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	5	6	5	13	7	8	7

Tableau 3.9. Statistiques journalières des  $\text{PM}_{10}$

Avec 23 dépassements du seuil des  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne journalière, le site du Rondeau respecte la valeur limite pour la protection de la santé fixée à  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour le centile 90,4. Tous les autres sites fixes de l'agglomération de Grenoble respectent cette valeur réglementaire (Tableau 3.10).

Avec 7 dépassements seuil des  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne journalière en 12 semaines quand le site du Rondeau n'en comptait que 4 dépassements pendant la même période, la valeur limite pour la protection de la santé humaine (centile 90,4 fixé à  $55 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) risque d'être dépassée sur le site du Carrefour de la Carronnerie.

Le seuil de recommandations et d'information ( $80 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne journalière) a été dépassé 2 fois sur les sites du Rondeau et de Saint Martin d'Herès. Il a été aussi dépassé une fois sur les sites de la Place Emé de Marcieu et du Carrefour de la Carronnerie.

En 2004, aucun site n'a connu de dépassement du seuil d'alerte ( $125 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne journalière).

	Rue Félix Poulat Urbain de fond	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère Trafic	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau Trafic	St Martin d'Herès	Fontaine les Balmes Urbain de fond	Grenoble les Frènes
Maximum ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	58	65	72	60	90	85	92	83	65	77
<b>Valeur limite pour la protection de la santé</b>	35 dépassements autorisés des $55 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière									
Nombre de valeurs supérieures à $55 \mu\text{g.m}^{-3}$	1	2	2	2	3	7	23	18	3	8
Période de mesures	12 semaines						1 an			
<b>Seuil d'information et de recommandations</b>	80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière									
Nombre de valeurs supérieures à $80 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0
<b>Seuil d'alerte</b>	125 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière									
Nombre de valeurs supérieures à $125 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 3.10. Comparaison des valeurs journalières avec la réglementation

➤ Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures par temporaires permettent de calculer pour ces sites une estimation de la moyenne annuelle comparable à la moyenne annuelle des sites fixes de référence. L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures.

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frênes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>PM<sub>10</sub></b> (µg.m <sup>-3</sup> )	21	25	21	25	24	<b>28</b>	<b>32</b>	25	21	21	-
<b>Valeur limite pour la protection de la santé</b>	41 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne annuelle										
<b>Objectif de qualité</b>	30 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne annuelle										
<b>Typologie</b>	Urbain de fond		Trafic				Trafic	Urbain de fond		Péri urbain	

Tableau 3.10. Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

Les niveaux moyens mesurés sur tous les sites sont homogènes : 21 µg.m<sup>-3</sup> pour les sites de fond jusqu'à 32 µg.m<sup>-3</sup> pour le site du Rondeau. Les concentrations de PM<sub>10</sub> mesurées sur un site ne sont pas uniquement dépendantes de la proximité automobile ; en effet le trafic automobile ne constitue que la 3<sup>ème</sup> source émettrice de poussières après l'industrie manufacturière et le résidentiel.

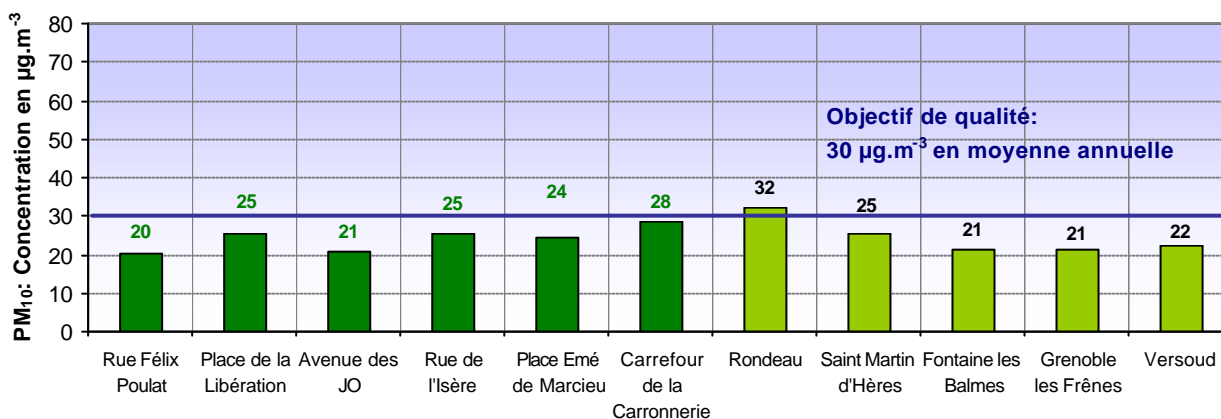


Figure 3.27 Comparaison des mesures effectuées avec les résultats des stations fixes de l'ASCOPARG

La **comparaison par rapport à la réglementation** montre un dépassement de l'objectif de qualité uniquement pour le site du Rondeau.

Une augmentation de seulement 8% (soit 2 µg.m<sup>-3</sup>) des niveaux de PM<sub>10</sub> sur le site du Carrefour de la Carronnerie conduirait, pour ce site, à un dépassement de l'objectif de qualité (moyenne annuelle égale à 28 µg.m<sup>-3</sup> pour ce site par rapport à un objectif de qualité fixé à 30 µg.m<sup>-3</sup>).

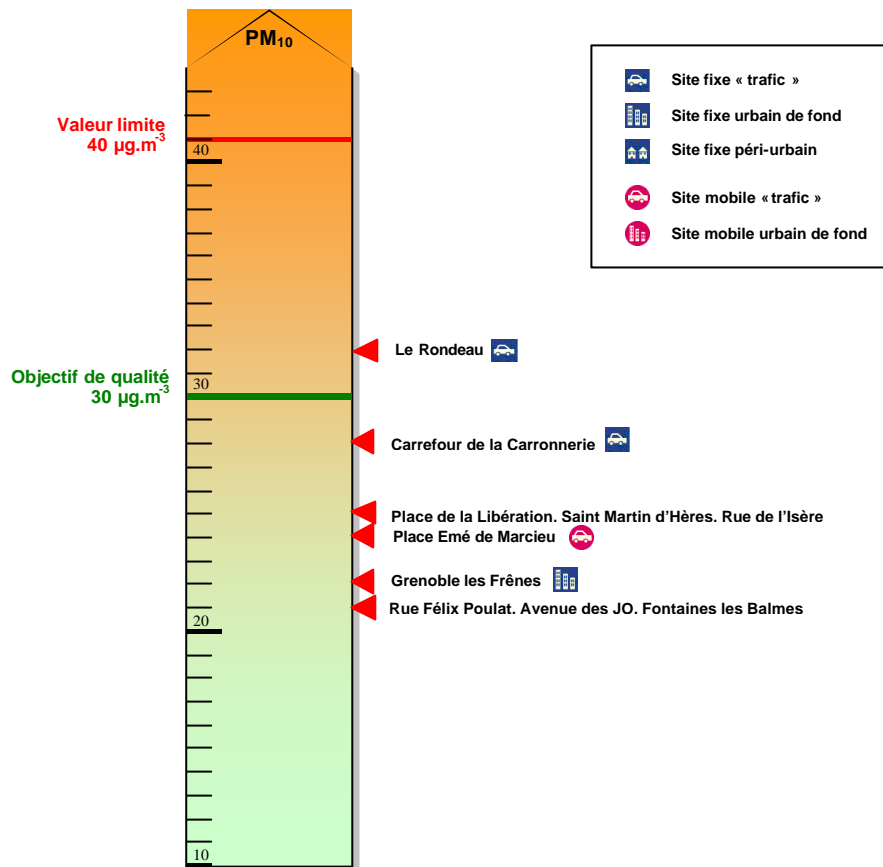


Figure 3.28. Comparaison des mesures de PM<sub>10</sub> par rapport à la réglementation

**En résumé pour les poussières (PM<sub>10</sub>) :**

Les niveaux de poussières sont relativement homogènes dans l'agglomération grenobloise.

Les niveaux de fond se situent autour de 21 µg.m<sup>-3</sup> ; mais les concentrations de poussières peuvent être plus importantes en proximité automobile (+ 11 µg.m<sup>-3</sup> en proximité automobile sur le site du Rondeau par rapport au niveau de fond).

Le risque de dépassement du seuil de recommandations et d'information (80 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne journalière) n'est pas nul à Grenoble. En 2004, des dépassements ont été mesurés sur plusieurs sites comme le Rondeau, le Carrefour de la Carronnerie, la Place Emé de Marcieu ou Saint Martin d'Hères.

### 3.3.4 Le benzène

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures par moyens mobiles et sites fixes lors de chaque campagne ont été résumés dans les graphiques suivants (Figure 3.29).

Deux techniques de mesures différentes ont été utilisées pour la mesure du benzène : les tubes à diffusion sur les sites temporaires et des analyseurs automatiques sur les sites fixes (Rondeau et Grenoble les Frènes). Ces deux techniques ont des résultats comparables, l'écart entre ces deux mesures est estimé à moins de 10% (Programme d'évaluation du tube Radiello pour la mesure des BTEX – Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air – Décembre 2004).

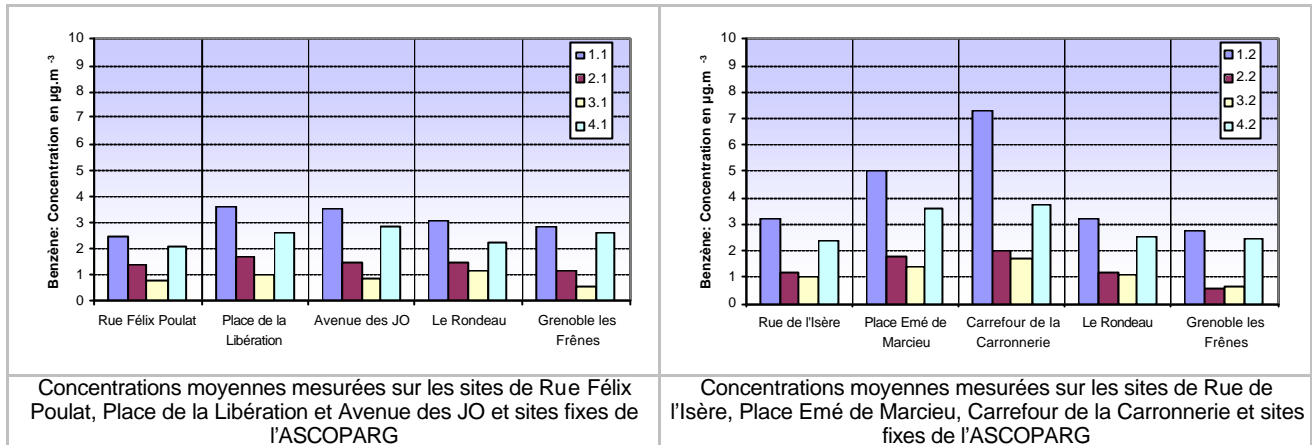


Figure 3.29. Résultats des mesures de benzène à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

Comme pour les autres polluants, les concentrations maximales de benzène ont été mesurées lors des campagnes d'hiver et d'automne (campagne 1 et 4).

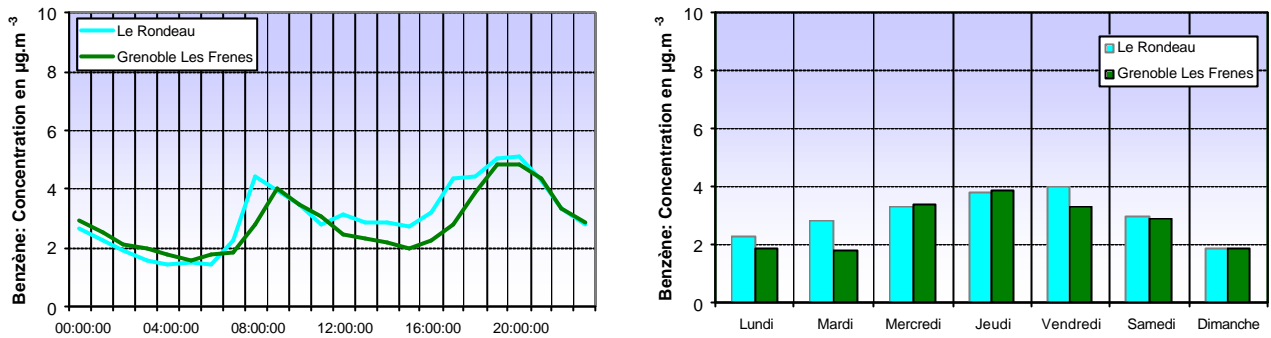
➤ **Statistiques du benzène pendant les 12 semaines de mesures**

Station	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	Grenoble les Frènes
% de données valides	-			90%	98%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	1,7	2,2	2,2	2,1	1,8
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	La technique des tubes à diffusion ne permet pas l'estimation de ces valeurs			12	30
Percentile 99,8				11	17
Percentile 98				7	7
Percentile 50				2	1
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$				0	0

Station	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	Grenoble les Frènes
% de données valides	-			91%	99%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	2,0	3,0	3,7	2,1	1,8
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	La technique des tubes à diffusion ne permet pas l'estimation de ces valeurs			12	15
Percentile 99,8				11	13
Percentile 98				7	7
Percentile 50				2	1
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$				0	0

Tableau 3.11. Statistiques horaires du benzène et estimation de la moyenne annuelle en  $\mu\text{g.m}^{-3}$

Bien qu'il ne soit pas un polluant principalement d'origine automobile, le benzène présente un profil moyens qui confirme une influence du trafic automobile sur la qualité de l'air avec notamment une augmentation des concentrations lors des heures de pointe (Figure 3.30).



➤ Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites temporaires de mesures permettent de calculer pour ces sites une estimation de la moyenne annuelle comparable à la moyenne annuelle des stations fixes de référence. L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures.

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Hères	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>Benzène</b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	1,7	2,2	2,2	2,0	3,0	<b>3,7</b>	<b>2,1</b>	-	-	1,8	-
<b>Valeur limite pour la protection de la santé</b>	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle										
<b>Objectif de qualité</b>	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle										
<b>Typologie</b>	Urbain de fond		Trafic				Trafic	Urbain de fond		Péri urbain	

Tableau 3.12. Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

L'objectif de qualité (2  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne annuelle) n'est pas respecté pour les sites du Carrefour de la Carronnerie (3,7  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) et Place Emé de Marcieu (3  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).



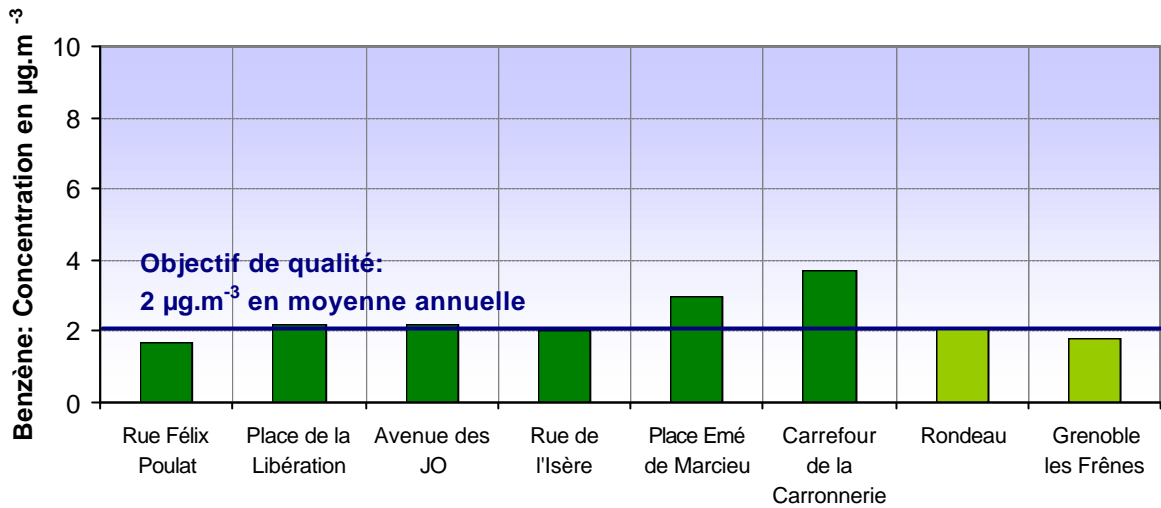


Figure 3.31 Comparaison des mesures effectuées avec les stations fixes de l'ASCOPARG

Les niveaux plus élevés au Carrefour de la Carronnerie et Place Emé de Marcieu peuvent s'expliquer par la vitesse des véhicules faible au niveau des carrefours favorisant l'émission de composés organiques volatils dont le benzène et la différence de trafic.

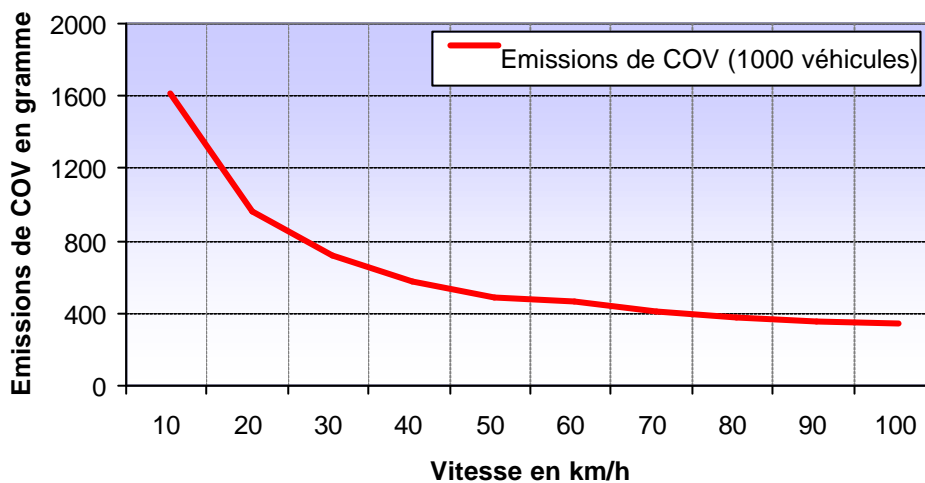


Figure 3.32. Emissions de COV en fonction de la vitesse (hypothèse de 1000 véhicules). Calcul réalisé à partir d'ADEME Impact

Les résultats des mesures montrent que tous les sites sont susceptibles de ne pas respecter l'objectif de qualité (2µg.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle); les niveaux mesurés sur tous les sites variant de 1,7 à 3,7 µg.m<sup>-3</sup> (Figure 3.33).

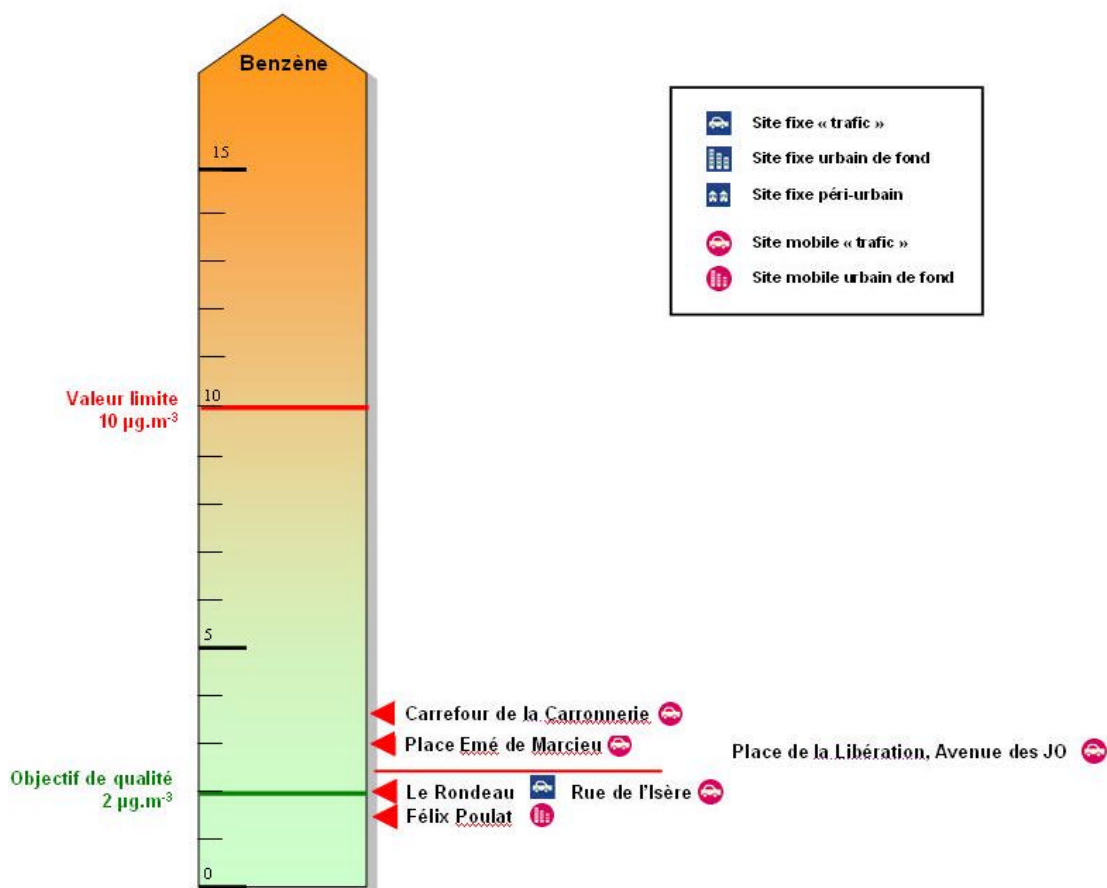


Figure 3.33. Comparaison des mesures de benzène par rapport à la réglementation

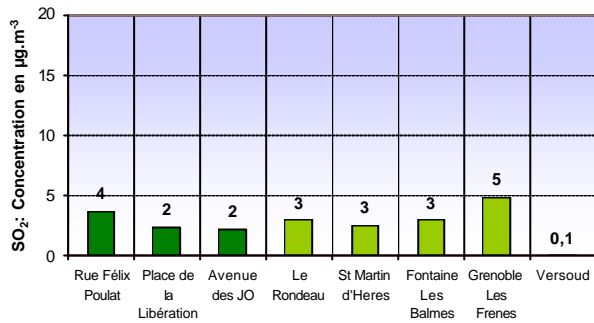
**En résumé pour le benzène :**

Les niveaux de fond en benzène (~ 1,7 µg.m<sup>-3</sup>) sont conformes aux objectifs de qualité de l'air.

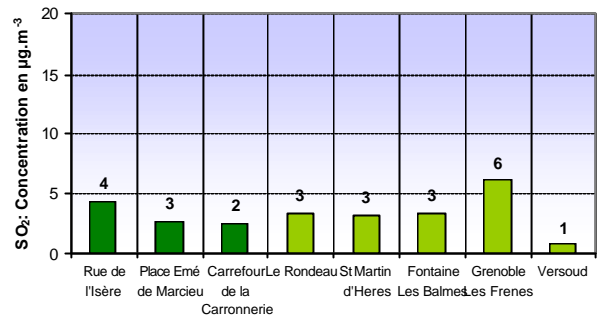
En proximité automobile, les niveaux de benzène sont supérieurs aux niveaux de fond, ils peuvent être plus importants et ne pas être conformes à l'objectif de qualité, notamment sur le site de Place Emé de Marcieu (3 µg.m<sup>-3</sup>) et au Carrefour de la Carronnerie (3,7 µg.m<sup>-3</sup>).

### 3.3.5 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures ponctuelles et stations fixes lors de chaque campagne ont été résumés dans les graphiques suivants.



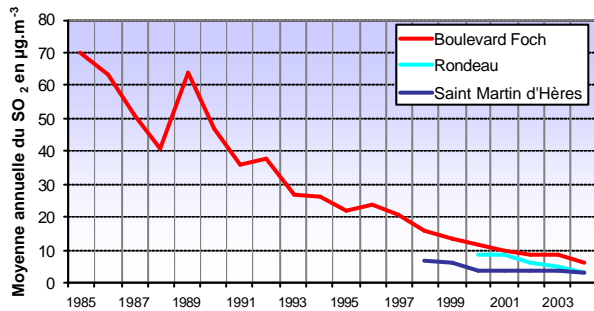
Concentrations moyennes mesurées sur les sites de Rue Félix Poulat, Place de la Libération et Avenue des JO et stations fixes de l'ASCOPARG



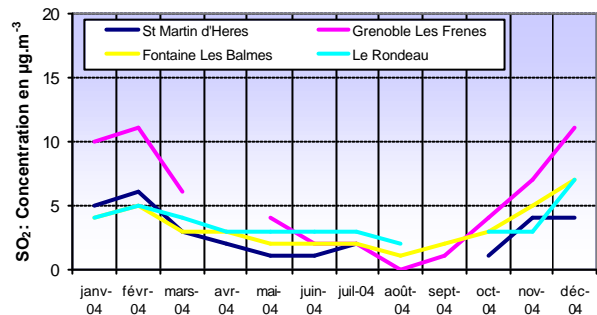
Concentrations moyennes mesurées sur les sites de Rue de l'Isère, Place Emé de Marcieu, Carrefour de la Carronnerie et stations fixes de l'ASCOPARG

Figure 3.34 Résultats des mesures de SO<sub>2</sub> à Grenoble lors des 4 campagnes de mesures

Le bilan de la qualité de l'air réalisé sur les dix dernières années montre une très nette diminution des moyennes de SO<sub>2</sub>. Ce constat est en grande partie lié à la baisse des émissions d'origine industrielle. Comme pour les autres polluants, les concentrations maximales de SO<sub>2</sub> ont été mesurées lors des campagnes d'hiver et d'automne (campagne 1 et 4).



Evolution de la concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub> à Grenoble depuis 1985



Evolution de la concentration mensuelle de SO<sub>2</sub> à Grenoble en 2004

Figure 3.35. Evolution de la concentration de SO<sub>2</sub> sur les sites fixes de l'ASCOPARG

#### ➤ Statistiques horaires du SO<sub>2</sub> pendant les 12 semaines de mesures

Les résultats statistiques horaires observés ont été résumés dans les tableaux suivants.

Stations de mesures	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frenes	Versoud
% de données valides	97%	87%	84%	96%	99%	99%	91%	92%
Moyenne en µg.m <sup>-3</sup>	4	2	2	3	3	3	5	0,1
Maximum en µg.m <sup>-3</sup>	32	53	45	60	32	40	95	19
Percentile 99,8	26	28	30	37	28	33	50	14
Percentile 98	16	16	12	15	12	15	25	2
Percentile 50	3	1	1	1	2	2	3	0
Minimum en µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0

Stations de mesures	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes	Versoud
% de données valides	95%	95%	80%	98%	95%	99%	98%	96%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	4	3	2	3	3	3	6	1
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	52	40	49	57	58	52	169	34
Percentile 99,8	36	23	27	49	44	40	92	27
Percentile 98	23	12	12	22	16	19	35	9
Percentile 50	2	2	1	1	2	2	3	0
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 3.13. Statistiques horaires du SO<sub>2</sub> pendant les 4 campagnes de mesures

➤ Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites temporaires de mesures permettent de calculer pour ces sites une estimation de la moyenne annuelle qui peut être comparée à la moyenne annuelle mesurée sur les sites fixes de comparaison. L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures.

	Rue Félix Poulat	Place de la Libération	Avenue des JO	Rue de l'Isère	Place Emé de Marcieu	Carrefour de la Carronnerie	Le Rondeau	St Martin d'Herès	Fontaine Les Balmes	Grenoble Les Frènes	Versoud
	Estimation de la moyenne annuelle						Moyenne annuelle				
<b>SO<sub>2</sub></b> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	4	2	2	4	3	2	3	3	3	5	1
<b>Objectif de qualité</b>	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle										
<b>Typologie</b>	Urbain de fond			Trafic			Trafic	Urbain de fond		Péri urbain	

Tableau 3.14. Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

La comparaison avec la réglementation montre que tous les sites de l'agglomération grenobloise respectent de l'objectif de qualité (50  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne annuelle).

Concernant le SO<sub>2</sub>, les seuls dépassements constatés sont des dépassements du seuil de recommandations et d'information (300  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne horaire) sur des sites industriels (à proximité d'émetteurs importants de SO<sub>2</sub> comme les sites chimiques du Nord Isère : exemple plate-forme chimique de Roussillon).

**En résumé pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) :**

Les concentrations moyennes annuelles de SO<sub>2</sub> sont en baisse régulière depuis plusieurs années à Grenoble ; de 70  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en 1985, elles sont actuellement inférieures à 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$ .  
 Pour le SO<sub>2</sub>, les concentrations mesurées sur tous les sites de l'agglomération grenobloise sont conformes aux objectifs de qualité de l'air.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser un premier état initial de la qualité de l'air sur six sites susceptibles de connaître des modifications de trafic dans les prochaines années dans le cadre de la mise en œuvre du plan de déplacement urbain de l'agglomération grenobloise.

Cette étude qui associe 6 sites temporaires de mesures au réseau de mesures fixes de l'ASCOPARG montre une **influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air dans l'agglomération grenobloise**. Cette influence s'explique par la part importante du trafic automobile dans les émissions totales de certains polluants (78% pour le transport routier dans les émissions de NOx).

Dans le cadre de cette étude, les niveaux mesurés sont comparés aux valeurs réglementaires applicables pour l'année 2004. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

		Typologie	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	Benzène	CO	SO <sub>2</sub>
Sites temporaires PDU	Rue Félix Poulat	urbain	Orange	Vert clair	Vert clair	Vert clair	Vert clair
	Place de la Libération	trafic	Vert clair	Vert clair	Orange	Vert clair	Vert clair
	Avenue des JO	trafic	Vert clair	Vert clair	Orange	Vert clair	Vert clair
	Rue de l'Isère	trafic	Vert clair	Vert clair	Orange	Vert clair	Vert clair
	Place Emé de Marcieu	trafic	Vert clair	Vert clair	Orange	Vert clair	Vert clair
	Carrefour de la Carronnerie	trafic	Orange	Vert clair	Orange	Vert clair	Vert clair
Sites fixes ASCOPARG	Le Rondeau	trafic	Rouge	Orange	Orange	Vert clair	Vert clair
	Saint Martin d'Hères	Urbain de fond	Vert clair	Vert clair	-	-	Vert clair
	Fontaine les Balmes	Urbain de fond	Vert clair	Vert clair	-	-	Vert clair
	Grenoble les Frênes	Urbain de fond	Vert clair	Vert clair	Vert clair	-	Vert clair
	Versoud	Péri-urbain	Vert clair	-	-	-	Vert clair

Signification des couleurs dans le tableau précédent	
Dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé	Rouge
Valeur comprise entre l'objectif de qualité et la valeur limite pour la protection de la santé	Orange
Valeur conforme à l'objectif de qualité	Vert clair
Pas de mesure	Grise

Tableau.4.1 Comparaison de la moyenne annuelle avec les valeurs réglementaires.

Les niveaux de pollution atmosphérique sont logiquement plus élevés en situation de proximité automobile. L'intensité de la pollution dépend donc des conditions de trafic automobile à proximité du site. Ainsi pour tous les sites fixes et temporaires, les niveaux de pollution les plus importants ont été mesurés sur le site fixe du Rondeau et sur le site de mesures temporaire du carrefour de la Carronnerie.

**Ces deux sites (Rondeau et Carrefour de la Carronnerie) ne respectent pas les objectifs de qualité pour le NO<sub>2</sub> et le benzène.**

**Le site du Rondeau est aussi en dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé pour le NO<sub>2</sub>.**

Concernant les PM<sub>10</sub>, les niveaux de fond sont relativement homogènes dans l'agglomération, les concentrations sont aussi maximales en proximité automobile.

**Le site du Rondeau ne respecte pas en 2004 l'objectif de qualité concernant les PM<sub>10</sub>.**

Pour le site du Carrefour de la Carronnerie, l'estimation de la moyenne annuelle des PM<sub>10</sub> est conforme à l'objectif de qualité, mais la moyenne annuelle réelle pourrait ne pas être conforme à cet objectif.

Les mesures de CO et SO<sub>2</sub> confirment la diminution progressive de ces concentrations de polluants dans l'atmosphère de l'agglomération grenobloise.

Ces mesures effectuées dans le cadre de l'observatoire du PDU en 2004 sont complétées par de nouvelles en 2005 (Place Vaucanson à Grenoble et Place de la République à Gières).

Dans le cadre du partenariat avec le SMTC, l'ASCOPARG poursuivra en 2005, en plus des évaluations de la qualité de l'air, des travaux dans le cadre de la mise en place d'un dispositif permanent des impacts des déplacements sur la qualité de l'air. Il s'agira de mettre en place un suivi régulier de l'impact des déplacements à l'aide d'indicateurs, qui s'appuieront notamment sur les différents outils de modélisation mis en place à la fois par le SMTC (Davisum) et l'ASCOPARG (Cadastre des émissions, modèle Sirane, ...).