

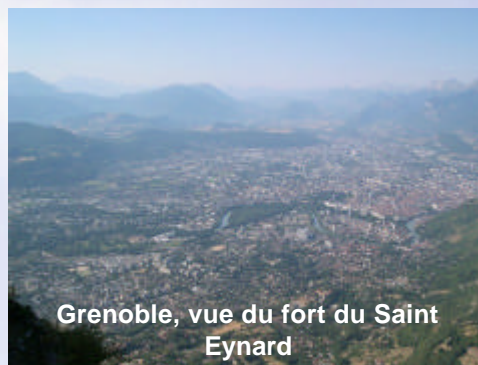


ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

MESURES RÉALISÉES PAR L'ASCOPARG DANS LE CADRE DE
L'OBSERVATOIRE DU PDU GRENOBLOIS
MESURES RÉALISÉES EN 2005



Instrument de mesures mobiles au
Carrefour de la Carronnerie



Grenoble, vue du fort du Saint
Eynard



Station de surveillance de la qualité
de l'air (Rondeau)



Instrument de mesures mobiles à
Gières

Mai 2006

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
Internet : www.atmo-rhonealpes.org



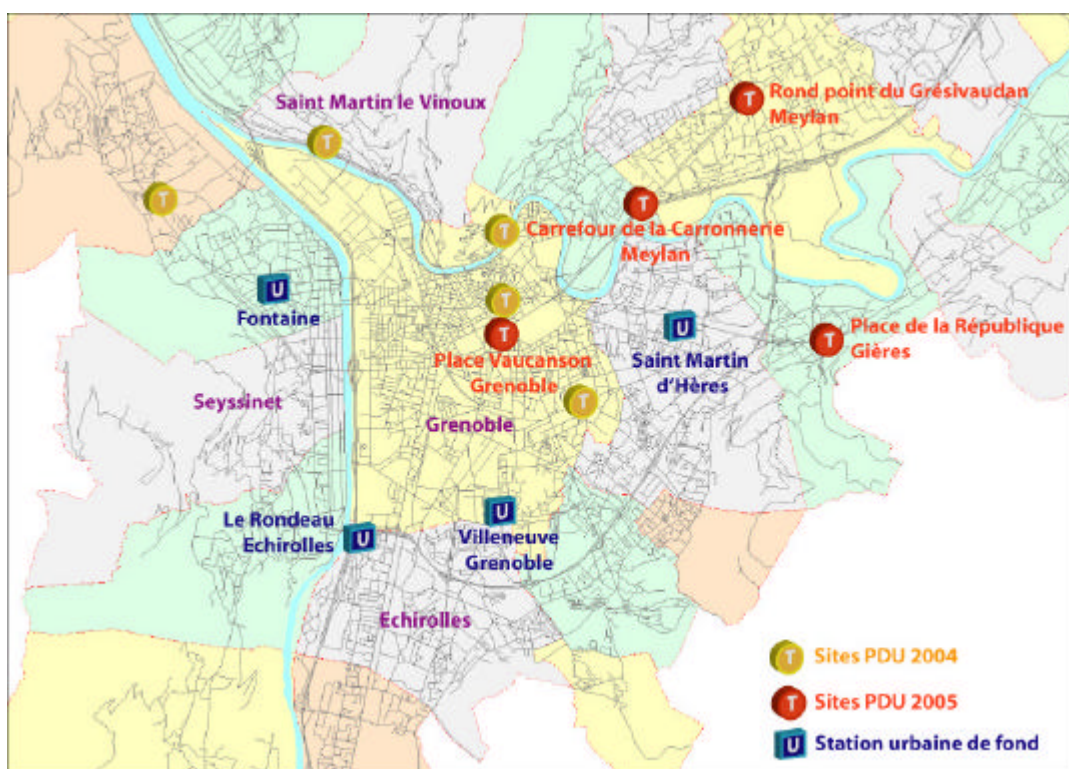
ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR DIFFERENTS SITES SUSCEPTIBLES DE SUBIR DES MODIFICATIONS DANS LE CADRE DU PLAN DE DEPLACEMENTS URBAINS

1	METHODOLOGIE ADOPTEE	3
1.1	Périodes de mesures	3
1.2	Calendrier de l'étude.....	3
1.3	Sites de mesures	4
1.4	Techniques de mesures	6
1.4.1	Les mesures temporaires par laboratoires mobiles	6
1.4.2	Mesures en continu par analyseurs	6
1.4.3	Mesures par échantillonnage passif pour le benzène, toluène, xylènes	7
2	RESULTATS DES MESURES	8
2.1	Conditions météorologiques	8
2.1.1	Vitesse et direction du vent	10
2.2	Représentativité des périodes de mesures	12
2.3	Niveaux de pollution mesurés	13
2.3.1	Les oxydes d'azote (NOx)	13
2.3.2	Les poussières en suspension (PM ₁₀)	24
2.3.3	Le benzène (C ₆ H ₆).....	29
2.3.4	Le dioxyde de soufre (SO ₂)	31

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 1986, 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.



Les mesures effectuées dans le cadre de l'Observatoire du PDU ont débuté en 2004 sur 6 secteurs de l'agglomération grenobloise. Elles se sont poursuivies en 2005 sur 4 sites de l'agglomération dont deux sites spécifiques à la réalisation d'un bilan initial de la qualité de l'air sur la ligne de bus 6020 entre Grenoble et Meylan.

1 METHODOLOGIE ADOPTEE

1.1 Périodes de mesures

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

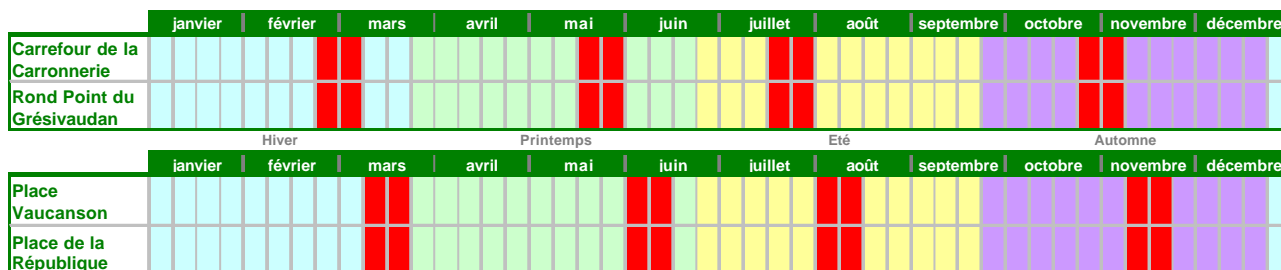
L'**hiver**, la réactivité photochimique des polluants est faible. Les polluants primaires, comme les oxydes d'azote (NOx) et poussières en suspension (PM₁₀) sont présents à des concentrations importantes, et les phénomènes météorologiques (absence de dispersion, inversion de température) sont favorables 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 (O₃).

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 SO₂, NO₂, PM₁₀ 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.

1.2 Calendrier de l'étude

Afin de pouvoir comparer les résultats des mesures à la réglementation, 8 semaines de mesures (**4 campagnes de 2 semaines**) ont été réalisées sur chaque site : chaque campagne étant caractéristique d'une saison (les campagnes sont indiquées en rouge sur le schéma suivant).



Campagnes		Date début	Date de fin	Saison	Durée de chaque campagne = 2 semaines
1	Carrefour de la Carronnerie Rond Point du Grésivaudan	23/02/05	09/03/05	Hiver	
	Place Vaucanson Place de la République	11/03/2005	24/03/2005		
2	Carrefour de la Carronnerie Rond Point du Grésivaudan	17/05/05	30/05/05	Printemps	
	Place Vaucanson Place de la République	02/06/2005	16/06/2005		
3	Carrefour de la Carronnerie Rond Point du Grésivaudan	21/07/05	02/08/05	Eté	
	Place Vaucanson Place de la République	04/08/2005	18/08/2005		
4	Carrefour de la Carronnerie Rond Point du Grésivaudan	26/10/05	08/11/05	Automne	
	Place Vaucanson Place de la République	10/11/2005	24/11/2005		

Tableau 1-1 Date des campagnes de mesures

1.3 Sites de mesures

L'objectif de ces mesures pour l'Observatoire du PDU est de d'établir un **bilan initial de la qualité de l'air sur plusieurs secteurs de l'agglomération grenobloise** susceptibles de subir des modifications de trafic automobile dans le cadre de la mise en place du PDU.

Le programme de mesures, établi en partenariat avec le SMTC, s'inscrit sur plusieurs années. En 2004, 6 secteurs de l'agglomération grenobloise avaient été sondées (Etude de la qualité de l'air – Mesures réalisées par l'ASCOPARG dans le cadre du PDU – Mesures réalisées en 2004).

En 2005, 4 sites ont été choisis dans l'agglomération de Grenoble en complément des stations fixes de l'ASCOPARG. Les polluants mesurés sur ces sites temporaires sont les oxydes d'azote (NOx : NO et NO₂), des poussières en suspension (PM₁₀), du dioxyde de soufre (SO₂) et du Benzène (C₆H₆).

Les deux laboratoires mobiles installés au Carrefour de la Carronnerie (Meylan) et au rond point du Grésivaudan (Meylan) font aussi partie de l'évaluation de la qualité de l'air sur le tracé de la ligne de bus 6020 entre Meylan et Grenoble.

Sites de mesures par laboratoires mobiles	
Nom du site	Photos
<p>Place Vaucanson (Grenoble)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile</p>	
<p>Place de la République (Gières)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile</p>	
<p>Carrefour de la Carronnerie (Meylan)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile (Entrée Est)</p>	
<p>Rond Point du Grésivaudan (Meylan)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile</p>	

Tableau 1-2 Implantation des laboratoires mobiles dans le cadre de l'Observatoire du PDU

Afin d'évaluer les concentrations de polluants mesurées sur les sites de l'étude, une comparaison est effectuée avec des **stations fixes** de l'ASCOPARG dont le comportement des polluants est bien connu.

Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG		
Nom du site	Photos	Polluants mesurés
<p>Rondeau Echirolles</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i> <i>(Référence Rocade Sud)</i></p>		<p>‡ NOx ‡ CO ‡ PM₁₀ ‡ COV ? SO₂</p>
<p>Les stations " trafic " sont situées à proximité immédiate du trafic automobile et représentent donc le niveau maximum d'exposition à la pollution liée au trafic automobile.</p>		
<p>Grenoble les Frênes Grenoble</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<p>‡ NOx ? CO ‡ PM₁₀ ‡ COV ‡ SO₂</p>
<p>Fontaine les Balmes Fontaine</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<p>‡ NOx ? CO ‡ PM₁₀ ? COV ‡ SO₂</p>
<p>Une station " urbaine de fond " permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits " de fond " dans les centres urbains.</p>		
<p>Versoud Versoud</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Péri - urbain</i></p>		<p>‡ NOx ? CO ? PM₁₀ ? COV ‡ SO₂</p>
<p>Une station " péri-urbaine " permet le suivi moyen d'exposition de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits " de fond " à la périphérie du centre urbain.</p>		

Tableau 1-3 Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude

1.4 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 sont applicables pour la présente étude, comme la maintenance du parc d'appareil de mesure par le service technique et la conduite de la présente étude.

1.4.1 Les mesures temporaires par laboratoires 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
Avenue de Verdun - Meylan



Intérieur du camion laboratoire



La remorque laboratoire
(Carrefour de la Carronnerie - Meylan)



Intérieur de la remorque
laboratoire

Figure 1.1 Photos des moyens mobiles (camion et remorque laboratoire)

1.4.2 Mesures en continu par analyseurs

Les mesures en continu par analyseurs automatiques sont effectuées pour les polluants suivants : les oxydes d'azote (NO_x), les poussières en suspension (PM₁₀), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂).

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 de données précises produites par les analyseurs.

1.4.3 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 et donc de multiplier les points de mesures.

Les échantillonneurs passifs (ou tubes à diffusion) utilisés dans le cadre de cette étude sont fournis et analysés par la Fondation Salvatore Maugeri (laboratoire de recherche italien - Padova). 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 Fondation Salvatore Maugeri), puis renvoyés pour analyse afin de déterminer la concentration des polluants piégés.



Figure 1.2 Photos des tubes à diffusion BTX (Radiello) : mesure du Benzène, du Toluène et des Xylènes

2 RESULTATS DES MESURES

2.1 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.

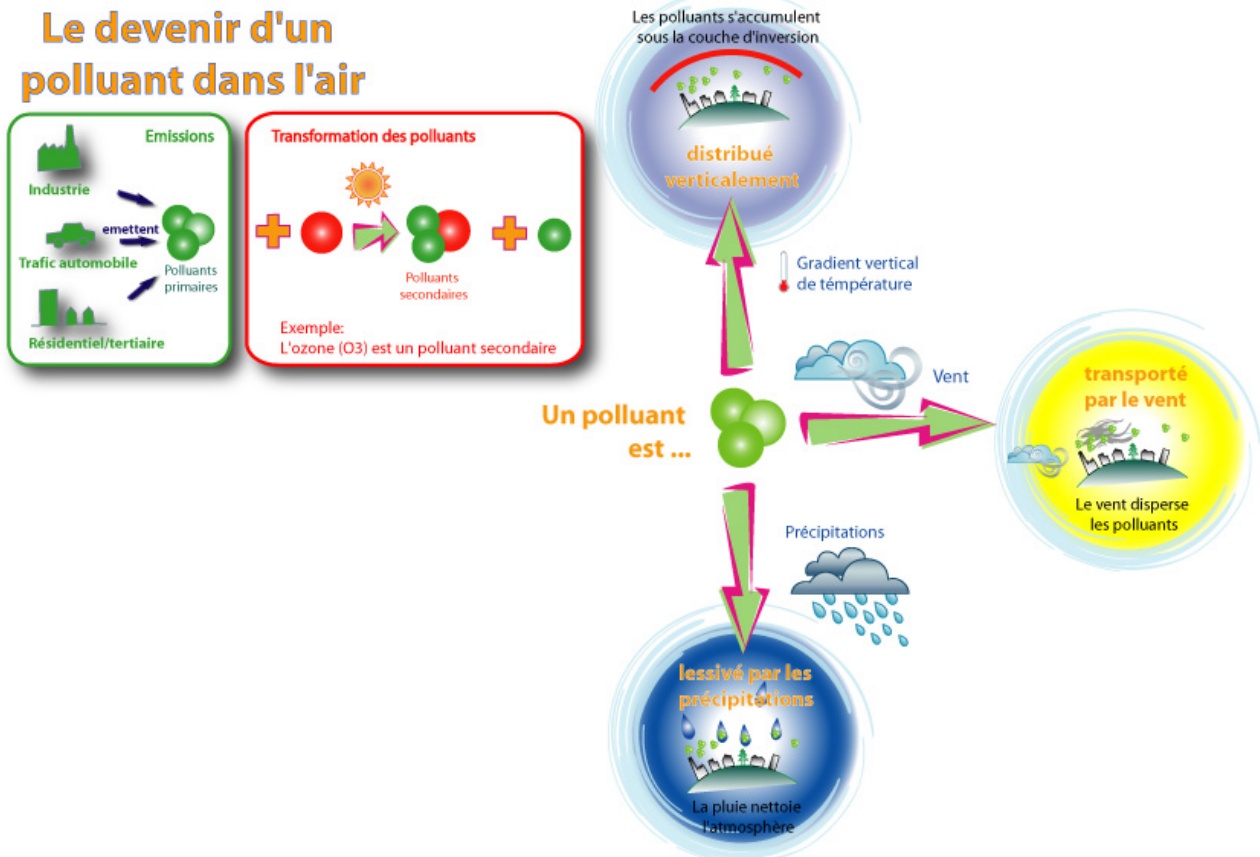


Figure 2.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

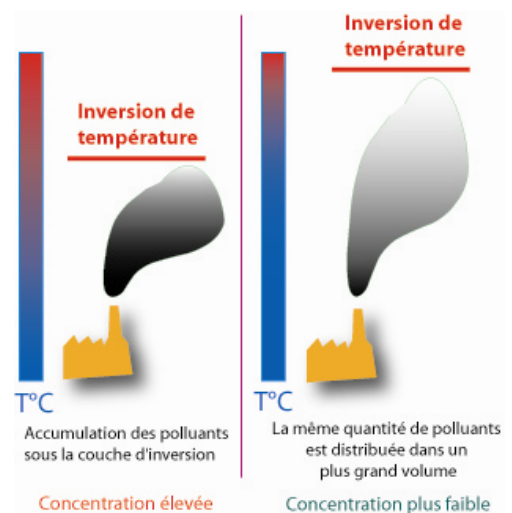
D'autres paramètres météorologiques (température, ensoleillement) peuvent aussi influencer sur la transformation chimique des polluants (cas de la pollution photochimique à l'ozone l'été).

2.1.1 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 sous cette couche d'inversion.

La différence de température entre les stations de mesures du Pont de Claix (alt. 237m), de Champagnier (alt. 363m) et de 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).



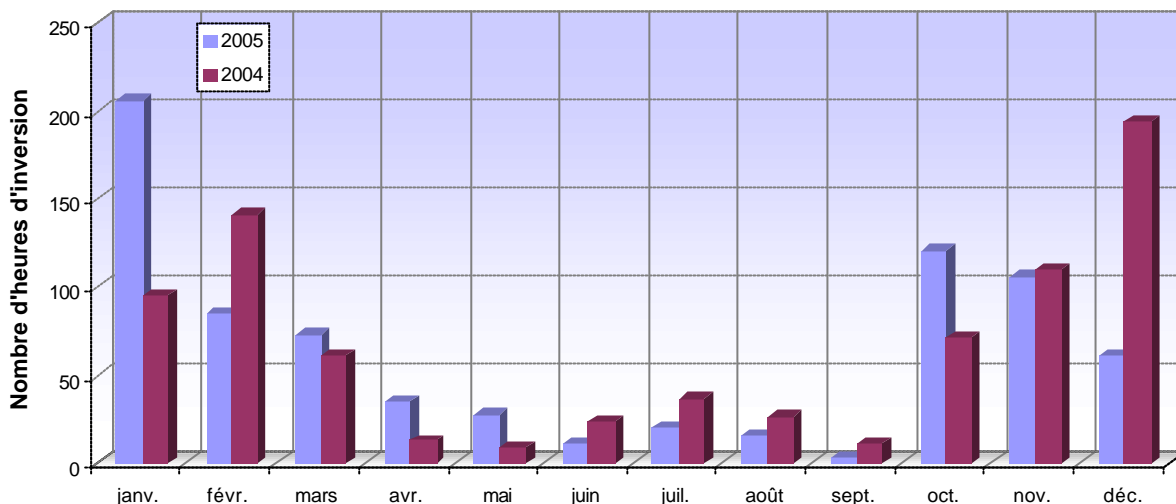


Figure 2.2 Répartition mensuelle des inversions de température en 2004 et 2005

Entre 2004 et 2005, le nombre d'heures d'inversion de température a été sensiblement le même (765 en 2005 et 793 en 2004).

Les inversions de température sont plus fréquentes en automne et en hiver ; en 2005, 65% des inversions ont eu lieu pendant les mois de janvier, octobre, 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 et la hausse des températures (94% des inversions ont lieu lorsque le vent est inférieur à 2m/s).

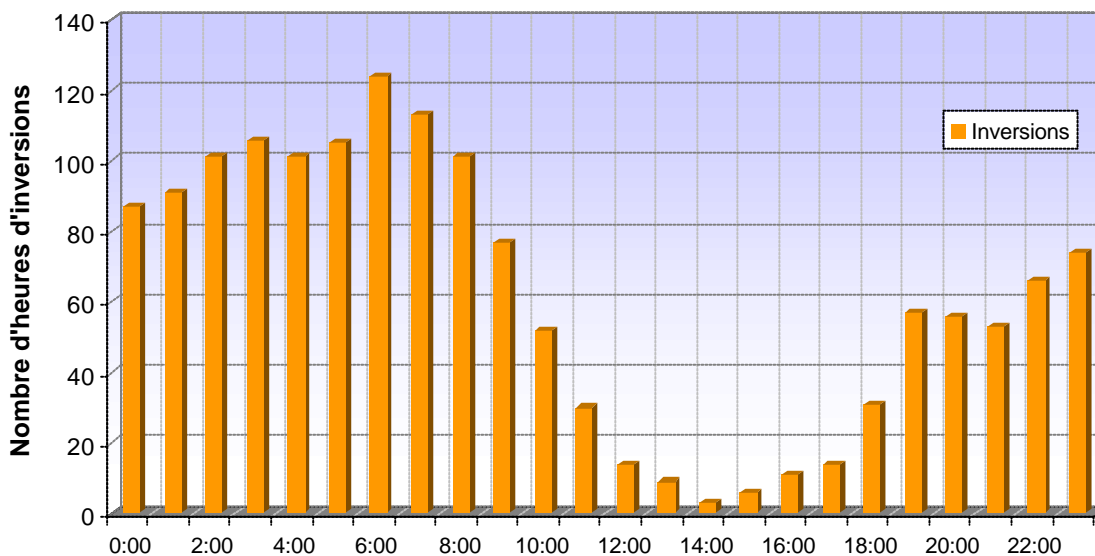
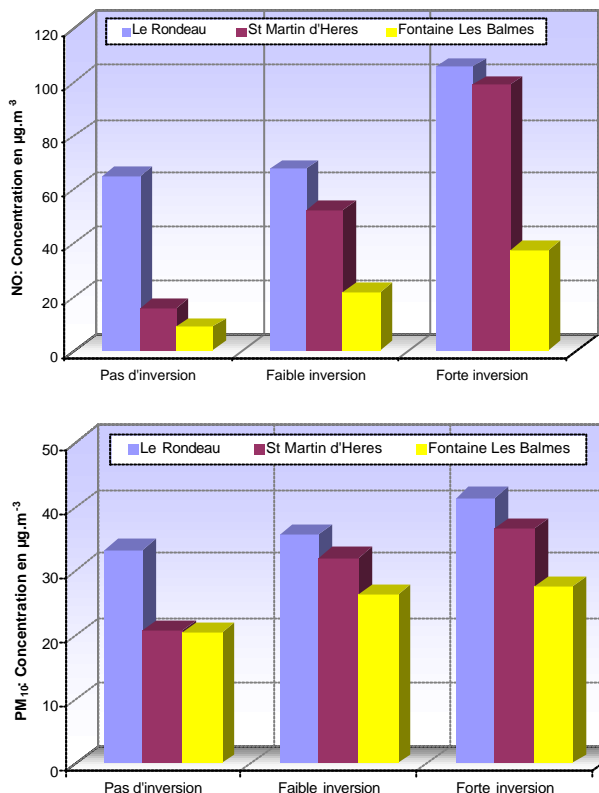


Figure 2.3 Répartition horaire des inversions de température à Grenoble en 2005



L'influence de l'inversion de température est déterminante pour la qualité de l'air. Les concentrations de NO, NO₂ et PM₁₀ mesurées lors des inversions de température en 2005 sont bien supérieures aux niveaux moyens de l'année 2005.

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 (Figure 2.2).

Figure 2.4 Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air.

2.1.1 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 2.5).

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 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 NO₂.

Pour un polluant comme les PM₁₀, les concentrations sont aussi dépendantes du vent. Le vent participe à la dispersion des poussières mais peut aussi remettre en suspension dans l'air les poussières qui étaient au sol.

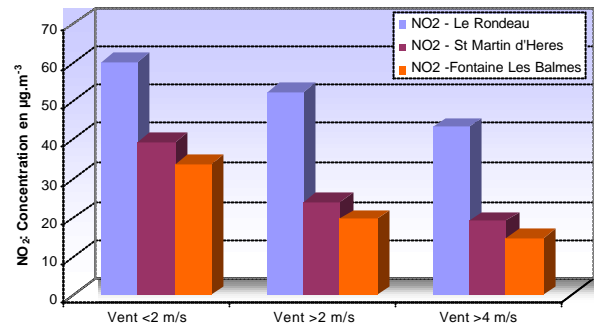
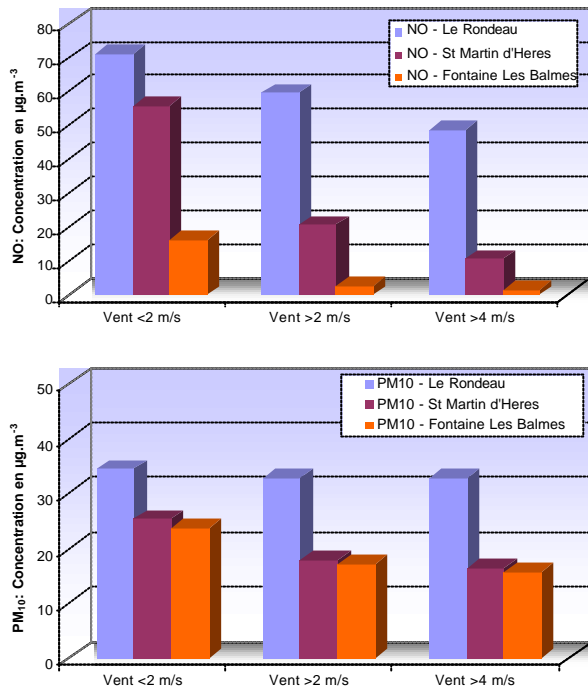
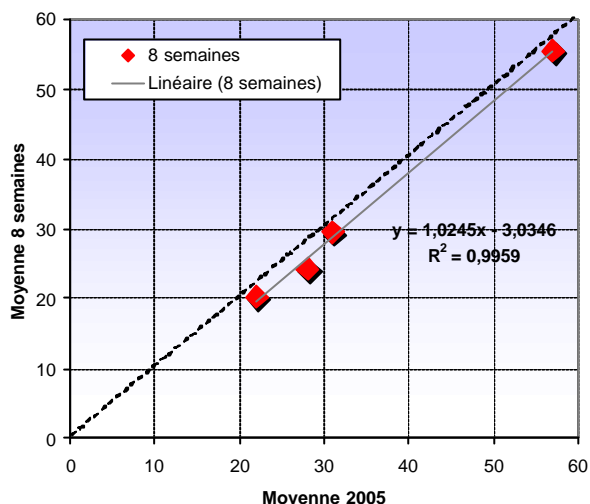


Figure 2.5 Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble

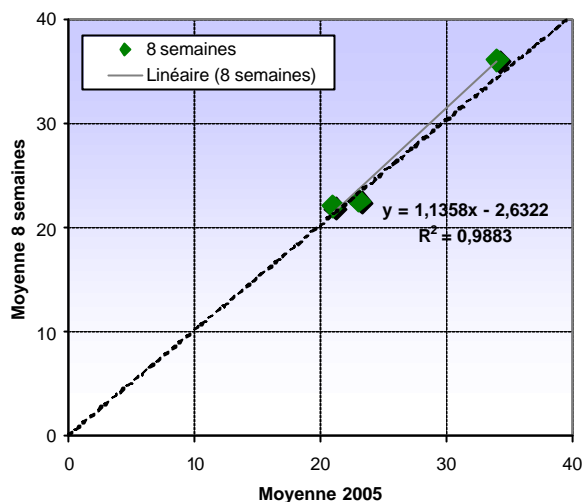
2.2 Représentativité des périodes de mesures

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, 8 semaines de mesures ont été réalisées sur chacun des sites.



Représentativité des mesures de NO₂



Représentativité des mesures de PM₁₀

Figure 2.6 Ecart entre la moyenne mesurée du NO₂ et des PM₁₀ pendant les 8 semaines de l'étude 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 de référence, l'écart entre la moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures et la moyenne annuelle calculée sur l'année civile est faible.

La moyenne calculée sur les 8 semaines de mesures constitue donc une bonne estimation de la moyenne annuelle sur les stations fixes.

L'estimation de la moyenne annuelle (moyenne des 8 semaines de mesures) sur les sites de l'étude est par conséquent considérée comme valide et peut donc être comparée aux valeurs réglementaires.

2.3 Niveaux de pollution mesurés

Les périodes de mesures, 8 semaines au total, sont suffisantes pour estimer une **concentration moyenne annuelle** des polluants NO_x, PM₁₀, SO₂, Benzène, et les comparer aux valeurs réglementaires (exprimées en moyenne annuelle).

2.3.1 Les oxydes d'azote (NO_x)

2.3.1.1 Le monoxyde d'azote (NO)

Le monoxyde d'azote (NO) est émis lors des combustions (combinaison à haute température de l'oxygène et de l'azote de l'air), puis celui-ci se transforme rapidement en NO₂ (quelques secondes à quelques minutes). Le graphique 2.7 illustre la variation de la concentration moyenne de NO mesurée sur les 4 sites de l'Observatoire du PDU lors des différentes campagnes.

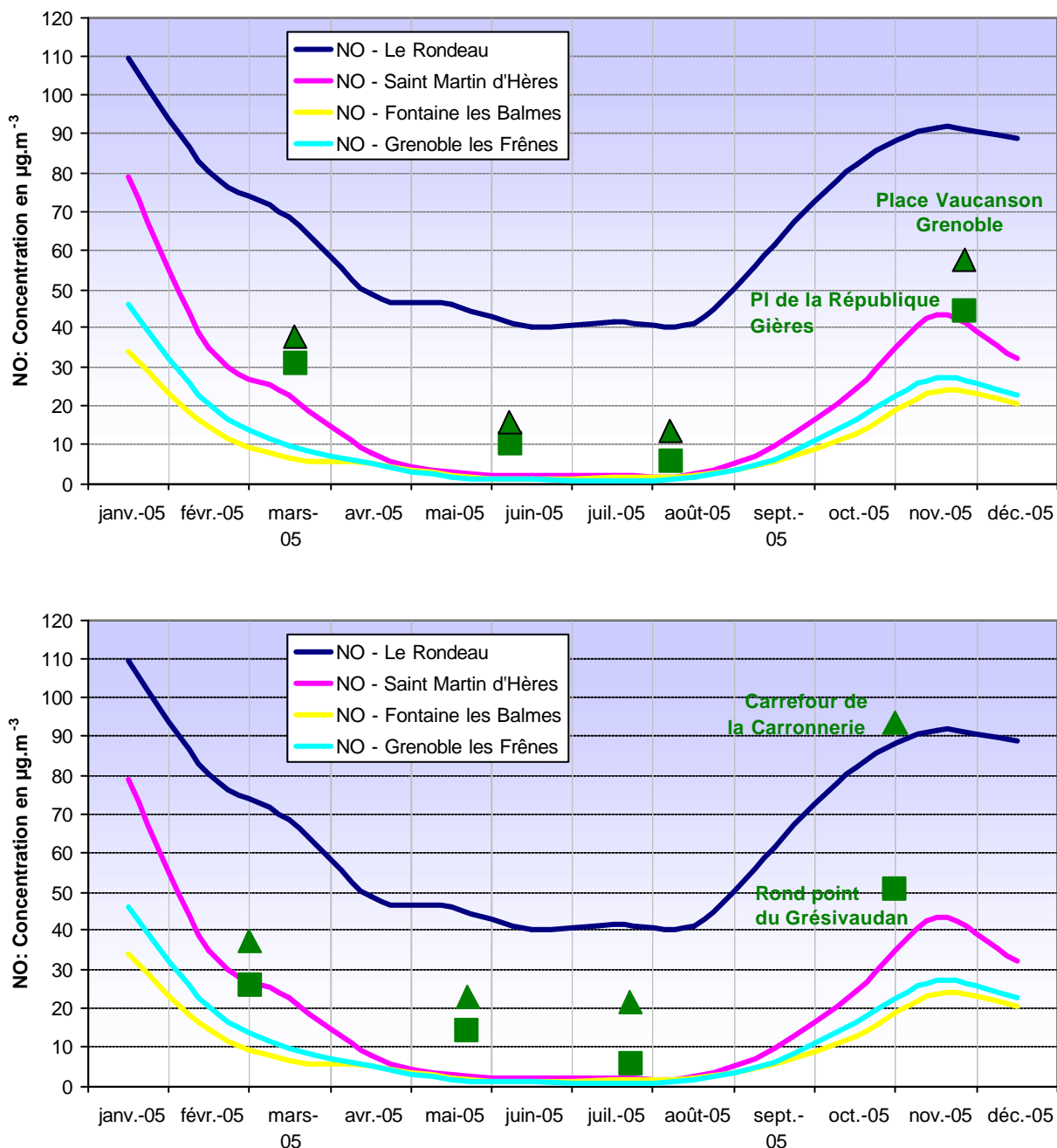


Figure 2.7 Résultats des mesures de NO sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO sur les sites fixes de l'ASCOPARG

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 au printemps et en été pendant les campagnes 2 et 3 (en mai et en juillet sur la Figure 2.7). En effet, ces saisons peuvent être caractérisées par une diminution de l'activité et donc du trafic automobile (lors des vacances estivales par exemple) mais surtout 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 NO₂ (favorisée par un ensoleillement important). En effet, le monoxyde d'azote (NO), émis lors de la combustion, se transforme rapidement en dioxyde d'azote NO₂.

Les plus fortes concentrations sont enregistrées en automne et 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 NO₂ (diminution de l'ensoleillement). L'association entre émissions importantes et faible dispersion expliquent les niveaux plus importants mesurés en hiver.

Les résultats statistiques horaires du NO observés sur les sites temporaires de l'observatoire du PDU et sites fixes de l'ASCOPARG ont été résumés dans les tableaux suivants.

* Résultats des mesures de NO pendant les 8 semaines de mesures

Typologie	Proximité automobile	Proximité automobile	Proximité automobile	Urbain de fond	Urbain de fond	Péri-urbain
Station	Place Vaucanson (Grenoble)	Place de la République (Gières)	Le Rondeau	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes	Versoud
% de données valides	99,9%	98,2%	96,5%	97,7%	96,9%	91,9%
Moyenne horaire	31	23	61	9	7	11
Maximum horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	271	203	367	214	211	112
Percentile 99,8 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	233	191	319	166	138	107
Percentile 99,2 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	170	154	266	115	92	91
Percentile 98 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	130	112,56	216	76,4	62,28	79,06
Percentile 90,4 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	79	61	148	27,52	23	36,488
Percentile 50 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	19	10	41	0	1	1
Minimum horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0	0	0	0	0	0

Typologie	Proximité automobile	Proximité automobile	Proximité automobile	Urbain de fond	Urbain de fond	Péri-urbain
Station	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudan	Le Rondeau	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes	Versoud
% de données valides	96%	99%	97%	93%	98%	92%
Moyenne horaire	40	23	59	8	7	8
Maximum horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	382	221	296	217	140	149
Percentile 99,8 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	280	203	283	193	113	103
Percentile 99,2 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	246	171	244	120	88	81
Percentile 98 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	209	141	215	81	60	62
Percentile 90,4 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	115	62	142	22	21	32
Percentile 50 horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	20	11	41	0	1	0
Minimum horaire ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0	0	0	0	0	0

Tableau 2-1 Statistiques horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures

Les concentrations moyennes sur les sites de la Place Vaucanson ($31 \mu\text{g.m}^{-3}$), de la place de la République ($23 \mu\text{g.m}^{-3}$), du Carrefour de la Carronnerie ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$) et du Rond Point du Grésivaudan ($23 \mu\text{g.m}^{-3}$) montrent une **influence du trafic automobile** sur la qualité de l'air de ces 4 sites. En effet, les niveaux

mesurés sont supérieurs aux niveaux de fond à Grenoble (~7-8 µg.m⁻³ en l'absence d'influence directe du trafic automobile).

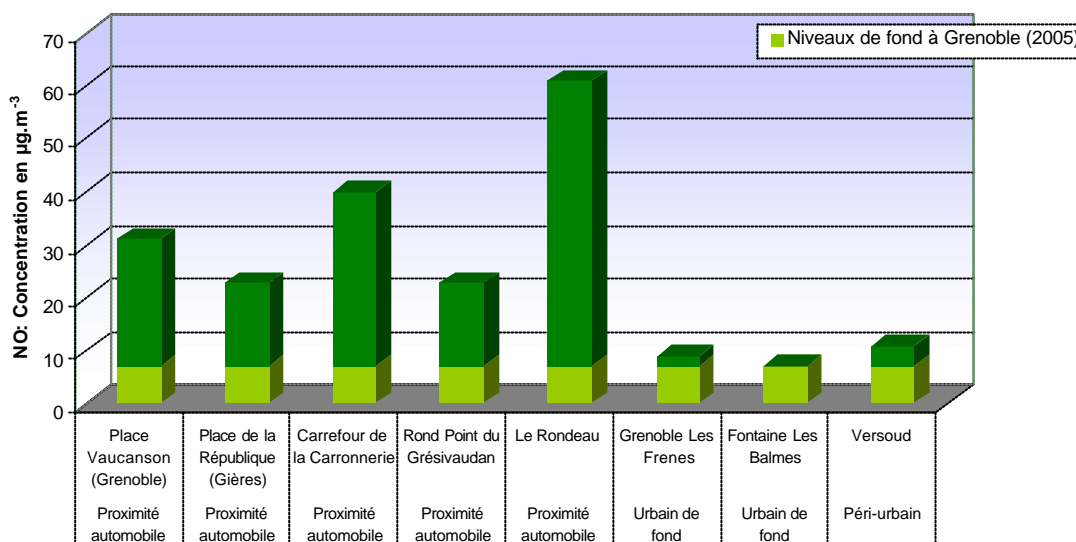


Figure 2.8 Moyennes horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures

*** Variation horaire: influence du trafic automobile**

Dans le cas de polluants d'origine automobile comme pour le NO, les concentrations dans l'air sont dépendantes des conditions météorologiques, mais aussi des variations de trafic automobile.

En proximité automobile, ces concentrations augmentent fortement 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 de NO sont homogènes (inférieurs à 20 µg.m⁻³) sur l'ensemble 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 sites les plus exposés au trafic automobile enregistrant les plus fortes concentrations de NO. Les concentrations moyennes horaires les plus importantes sont donc mesurées aux heures de pointe (vers 8 heures et 19 heures) sur les sites du Rondeau (jusqu'à 100 µg.m⁻³ à proximité de la Rocade Sud à Echirolles) et du Carrefour de la Carronnerie à Meylan (~ 90 µg.m⁻³).

En situation de fond, la différence entre les niveaux les plus faibles (~ 10 µg.m⁻³ la nuit) et les niveaux maximum (~ 20-25 µg.m⁻³ aux heures de pointe) est plus faible qu'en situation de proximité automobile (+80 µg.m⁻³ sur un site comme le Rondeau entre la nuit et les heures de pointe).

Cette influence du trafic automobile s'observe aussi sur les profils moyens journaliers 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.

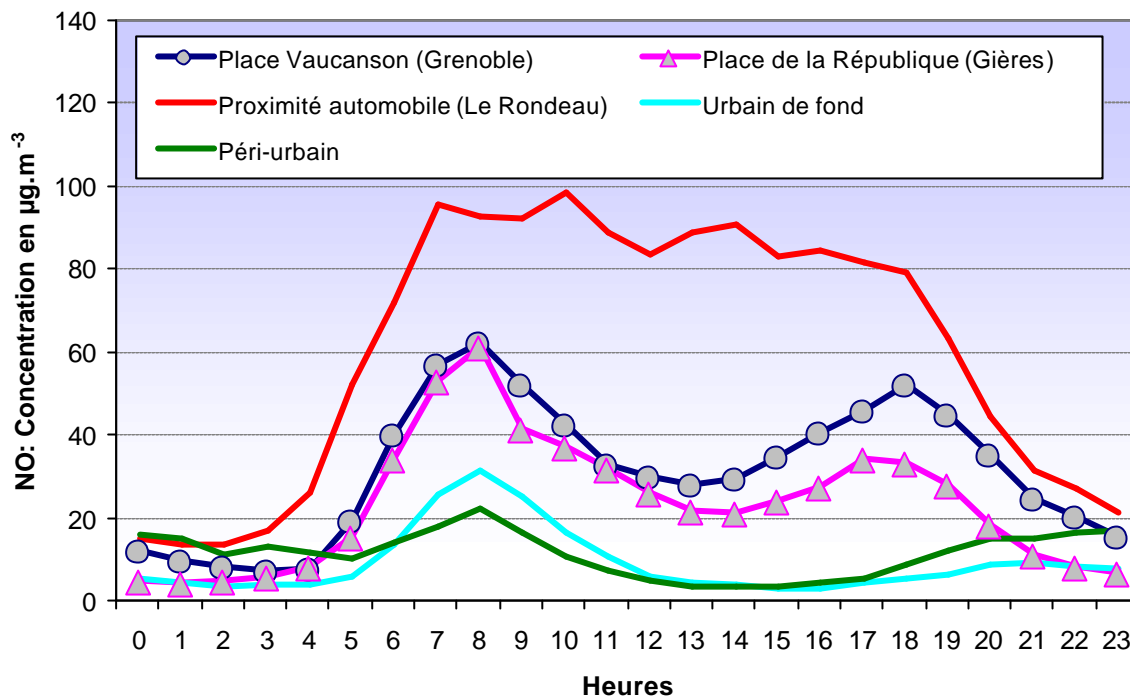


Figure 2.9 Profil moyen horaire du NO sur les sites de la place Vaucanson (Grenoble) et Place de la République (Gières) pendant les 8 semaines de mesures de l'étude

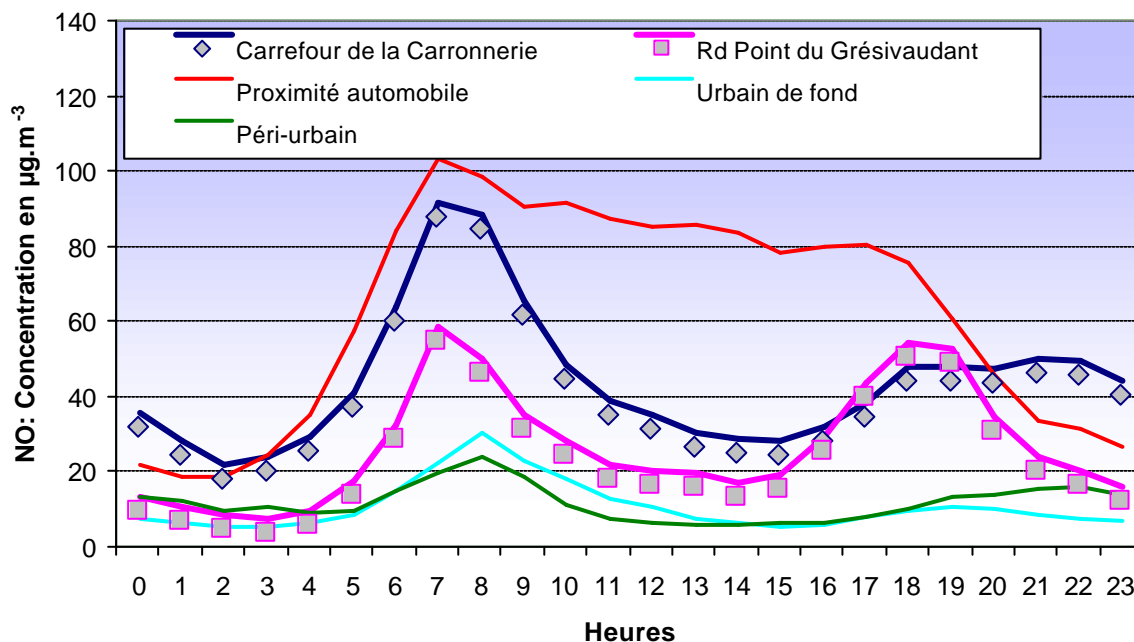


Figure 2.10 Profils moyens horaires du NO sur les sites du Carrefour de la Carronnerie (Meylan) et du Rond Point du Grésivaudan (Meylan) pendant les 8 semaines de mesures de l'étude.

Les niveaux moyens de NO sont plus faibles en fin de journée (vers 19 heures) par rapport au pic du matin (à 8 heures) car les inversions de température sont moins fréquentes en fin de journée ; la dispersion verticale des polluants est plus efficace. A trafic égal, les pointes du soir ne sont pas forcément de la même intensité, leur intensité est donc fonction des apparitions d'inversion de température qui peuvent donc amplifier le phénomène d'accumulation des polluants (voir chap. 2.1).

*** Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation**

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)

La mesure du monoxyde d'azote dans un environnement est un bon traceur de l'influence des sources de pollution, et plus particulièrement du trafic automobile.

Les profils moyens de NO et les concentrations supérieures au niveau de fond en NO montrent une influence directe du trafic automobile sur les 4 sites de mesures (Place Vaucanson, Place de la République, Carrefour de la Carronnerie et Rond Point du Grésivaudan).

Les niveaux de NO mesurés sont directement liés à l'intensité du trafic automobile à proximité du site de mesures. Parmi les sites temporaires, les niveaux les plus forts sont mesurés au Carrefour de la Carronnerie, lieu exposé à un trafic automobile très important (RN90 et A41) et Place Vaucanson (Grenoble).

Sur l'ensemble des sites de mesures de l'agglomération grenobloise, les niveaux de NO les plus importants sont mesurés sur le site à proximité de l'échangeur du Rondeau.

2.3.1.2 Le dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote (NO₂) résulte de l'oxydation rapide (quelques secondes à quelques minutes) du monoxyde d'azote (NO) qui est émis lors des combustions.

Le graphique 2.11 illustre la variation de la concentration moyenne de NO₂ mesurée sur les 4 sites de l'Observatoire du PDU lors des différentes campagnes en comparaison des niveaux mesurés toute l'année sur les stations fixes de référence de l'agglomération grenobloise.

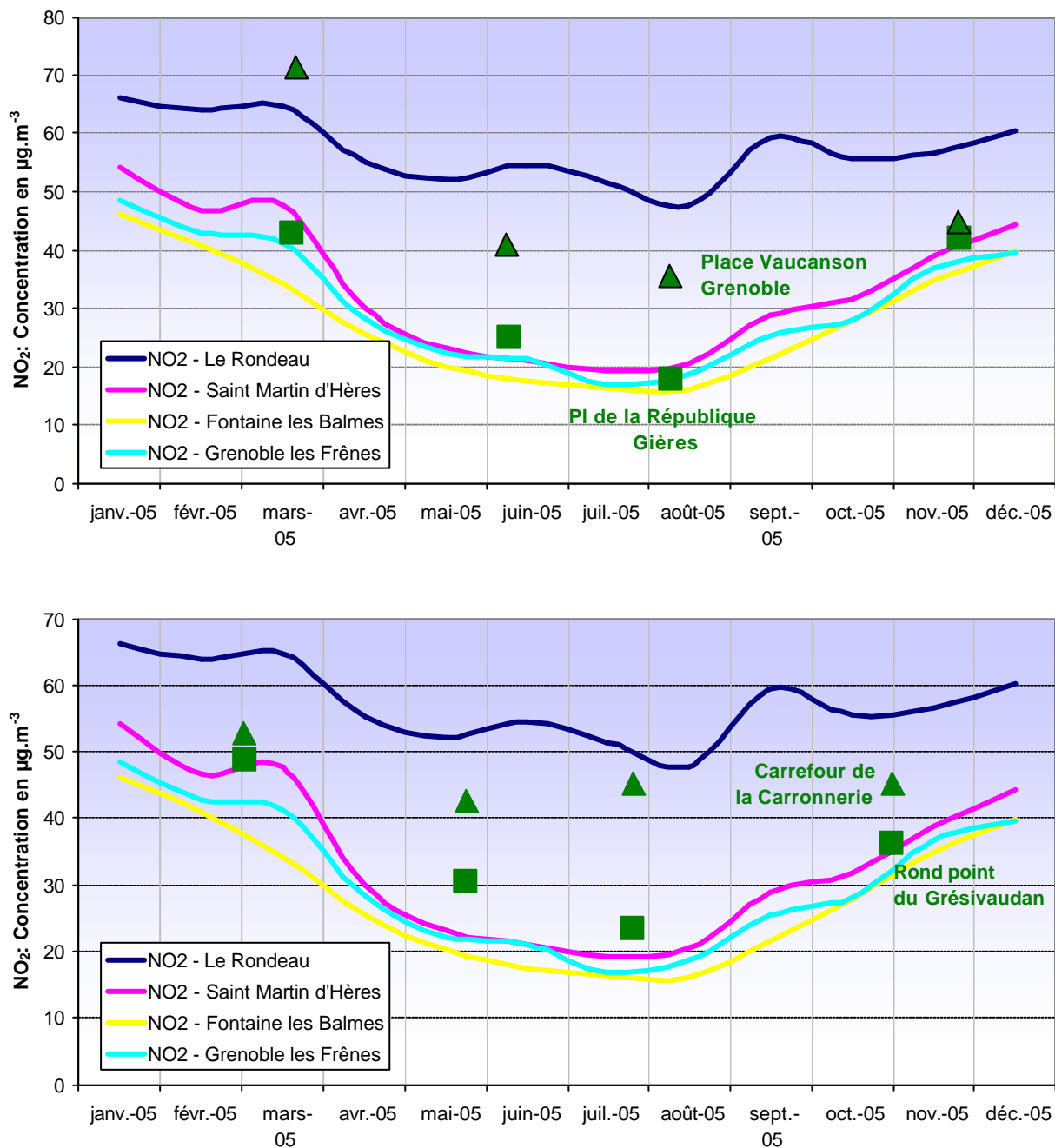


Figure 2.11 Résultats des mesures de NO₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Comme pour le NO, les plus faibles concentrations de NO₂ sont mesurées au printemps et en été. Cependant, la diminution des concentrations moyennes de NO₂ au printemps et en été par rapport à l'automne et à l'hiver est plus faible que pour le NO. En effet, les conditions météorologiques (notamment un ensoleillement plus important) permettent une meilleure conversion du NO en NO₂ pendant le printemps et l'été (Le NO est plus facilement converti en NO₂ au printemps et en été sous l'influence de l'ensoleillement).

Les résultats statistiques horaires du NO₂ observés sur les sites temporaires de l'observatoire du PDU et sites fixes de l'ASCOPARG ont été résumés dans les tableaux suivants.

*** Résultats des mesures de NO₂ pendant les 8 semaines de mesures**

Typologie	Trafic	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond	Péri-urbain
Station	Place Vaucanson	Place de la République	Le Rondeau	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes	Versoud
% de données valides	99,9%	98,2%	97,5%	97,7%	96,9%	98,5%
Moyenne horaire	47	32	55	30	24	20
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	143	102	201	118	78	79
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	136	88	155	113	74	74
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	116	83	139	93	67	68
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	108	74,28	123	81	62	60
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	81,544	58	96	56	48	42
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	44	29	50	25	20	17
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	1	2	2	2	0	0

Typologie	Trafic	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond	Péri-urbain
Station	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudan	Le Rondeau	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes	Versoud
% de données valides	96%	99%	98%	93%	98%	98%
Moyenne horaire	46	35	57	28	26	20
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	150	144	156	134	95	97
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	134	130	152	114	92	84
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	116	108	131	95	85	71
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	97	91	119	80	68	59
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	75	64	96	54	47	38
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	44	30	52	22	22	16
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	2	1	3	2	0	0

Tableau 2-2 Statistiques horaires du NO₂ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m⁻³

Les concentrations moyennes sur les sites de la place Vaucanson (47 µg.m⁻³), Place de la République (32 µg.m⁻³), du carrefour de la Carronnerie (46 µg.m⁻³) et du Rond Point du Grésivaudan (35 µg.m⁻³) confirment l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air de ces quatre sites de mesures. En effet, les niveaux mesurés sur ces deux sites sont supérieurs aux niveaux de fond à Grenoble (~24-30 µg.m⁻³).

Parmi les sites temporaires de l'Observatoire du PDU, l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air est la plus forte sur les sites du Carrefour de la Carronnerie (Meylan) et de la Place Vaucanson (Grenoble).

Les niveaux mesurés à la Place Vaucanson peuvent s'expliquer par la configuration de ce secteur ; le site de mesures se situe dans une zone dense sur un parking (avec une activité importante même la nuit) et à proximité d'un axe de circulation importante.

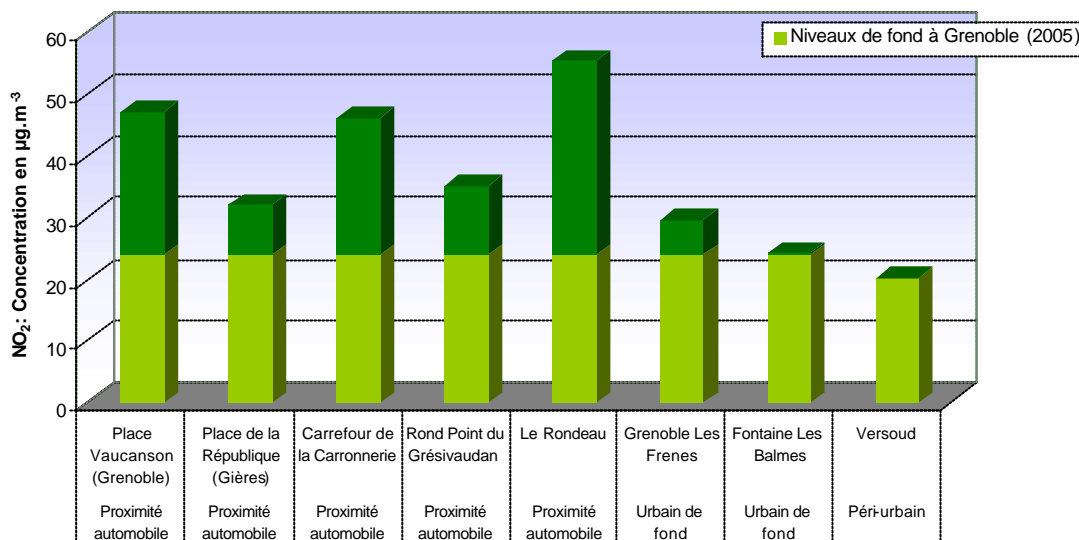
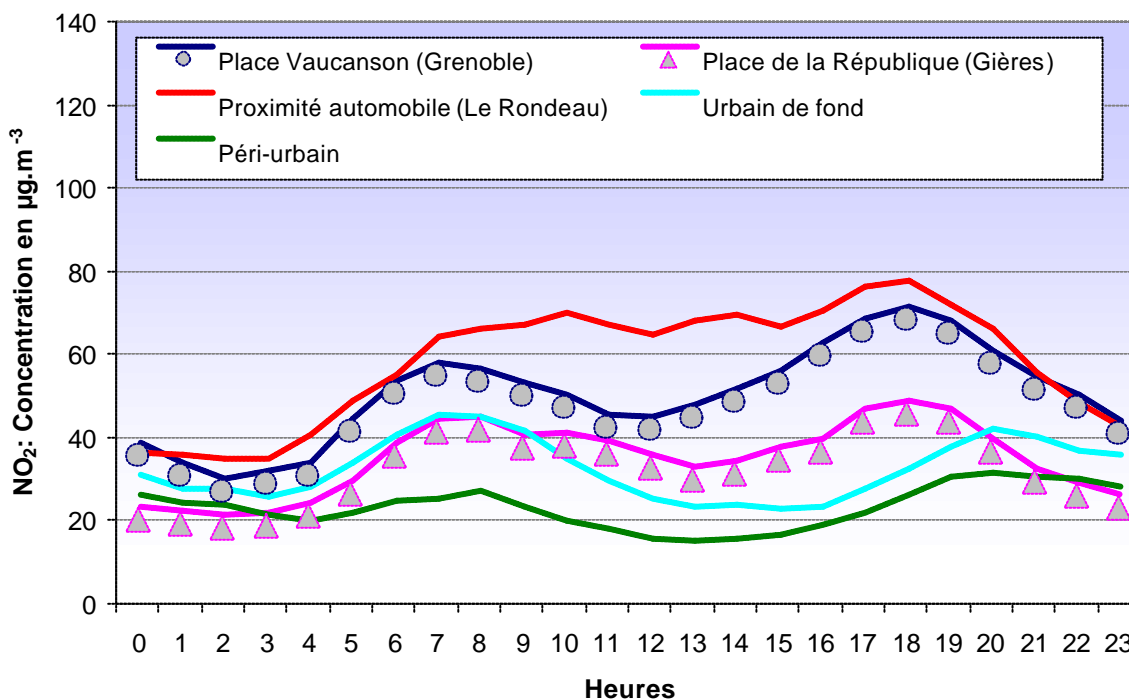


Figure 2.12 Moyennes horaires du NO₂ pendant les 4 campagnes de mesures

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

Comme pour le NO, les profils moyens horaires montrent aussi une influence du trafic automobile (augmentation des concentrations pendant les heures de pointe du trafic vers 8 heures et 19 heures) (Figure 2.13).



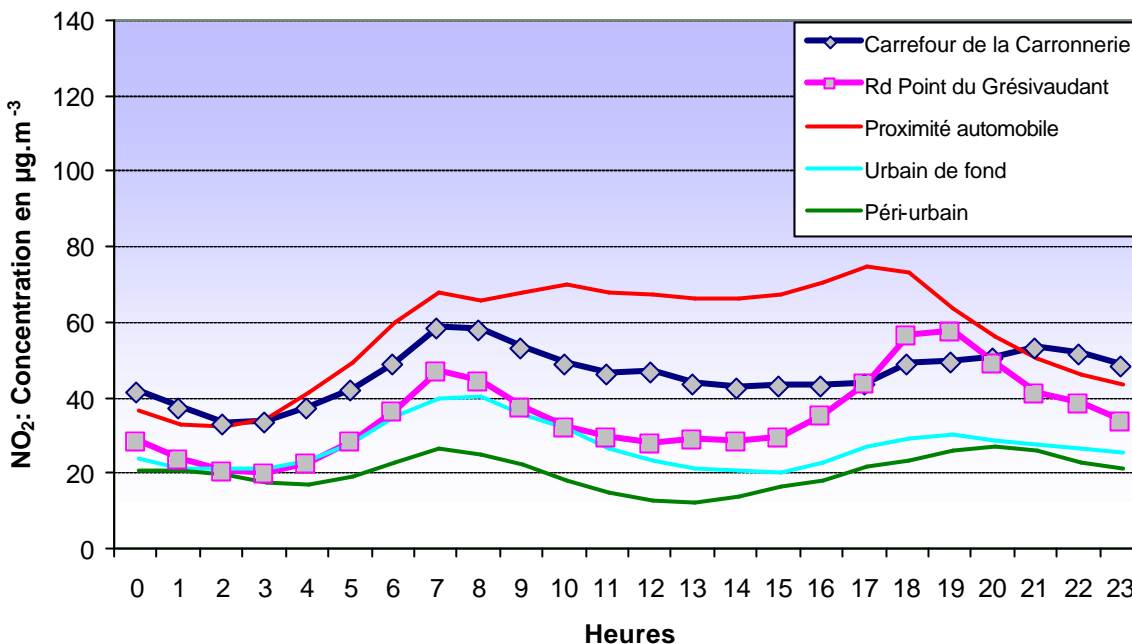


Figure 2.13 Profils Profil moyen horaire du NO₂ pendant les 8 semaines de mesures de l'étude

Les différences de concentration de NO₂ entre les sites peuvent s'expliquer par les différences d'intensité du trafic automobile à proximité du site de mesure et par la configuration de la rue (exemple : les rues " canyons " qui sont des axes de circulation encadrés par des obstacles à la dispersion des polluants et qui favorisent donc leur accumulation).

Cependant l'écart de concentration de NO₂ entre les sites influencés par le trafic automobile (Le Rondeau, Carrefour de la Carronnerie, Rond Point du Grésivaudan) et les sites urbains de fond (Fontaine les Balmes et Grenoble les Frênes) est plus faible que pour le NO. La gamme de concentration moyenne de NO est pour tous les sites (fond et proximité automobile) de 7 à 40 µg.m⁻³ alors qu'elle est de 26 à 57 µg.m⁻³ pour le NO₂.

En effet, le NO étant émis directement dans les gaz d'échappement, sa concentration est directement liée à la proximité de la source. Après son émission, le NO se transforme par oxydation en NO₂ ; 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 NO₂ comme un polluant primaire). Plus l'éloignement par rapport à la source est important (cas d'une situation de fond), plus la forme oxydée NO₂ est prépondérante par rapport au NO.

*** Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation**

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures de l'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 (Figure 2.13).

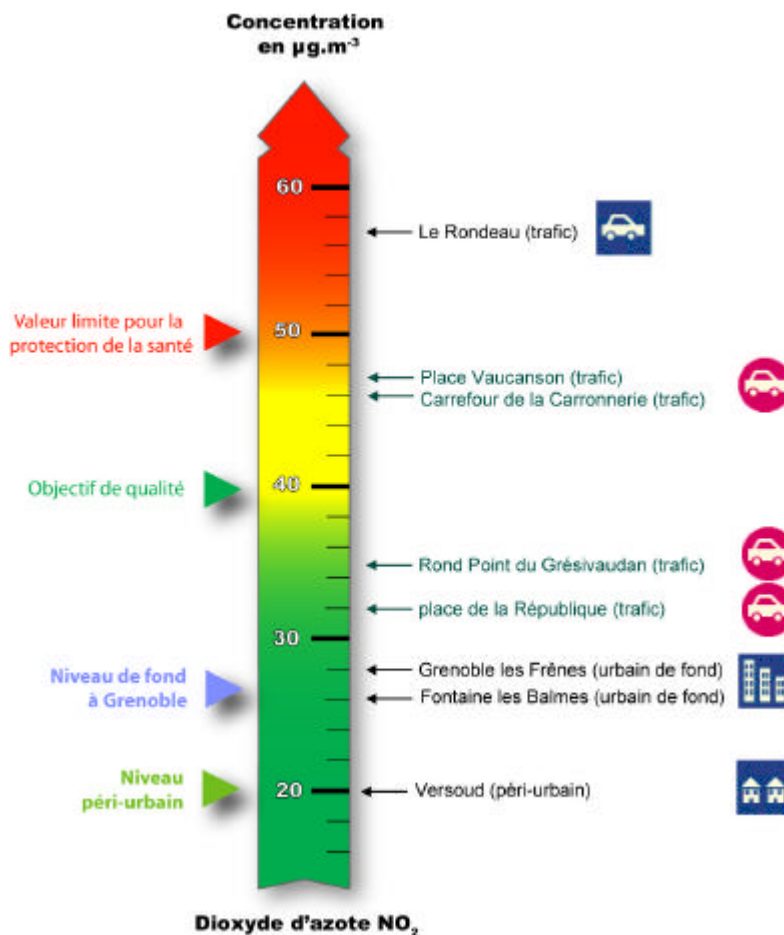


Figure 2.14 Comparaison des mesures de NO₂ par rapport à la réglementation

Sur tous les sites influencés par le trafic automobile, les concentrations de NO₂ sont logiquement supérieures à celles enregistrées en fond urbain à Grenoble (~24-30 µg.m⁻³) et péri-urbain (20 µg.m⁻³).

La comparaison à la réglementation montre que les sites du Rondeau, du Carrefour de la Carronnerie et de la Place Vaucanson ne respectent pas en 2005 l'objectif de qualité du NO₂ (concentrations moyennes supérieures à 40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

Le site du Rondeau ne respecte pas non plus la valeur limite pour la protection de la santé humaine.

Les constatations faites en 2005 pour les deux sites du Rondeau et du Carrefour de la Carronnerie confirment celles de 2004 (Etude de la qualité de l'air - Mesures réalisées par l'ASCOPARG dans le cadre de l'Observatoire du PDU - Mesures réalisées en 2004).

Parmi tous les sites de mesures de l'agglomération de Grenoble, le site fixe de proximité automobile du Boulevard Foch montre une plus grande diminution des concentrations moyennes de NO_2 depuis 2003 (-20% entre 2003 et 2005). Cette diminution sur le boulevard Foch ne s'inscrit pas dans un contexte de baisse générale des niveaux de NO_2 dans l'agglomération grenobloise ; en effet les concentrations de NO_2 en proximité automobile et en fond urbain n'ont pas diminué. Cette diminution peut être la conséquence de la modification de la voirie sur le boulevard Foch et donc des conditions de circulation (diminution du trafic, variation de la vitesse) : les travaux pour la mise en place de la 3^{ème} ligne de tramway ont pu provoquer localement une réduction des émissions et donc de la concentration de NO_2 .

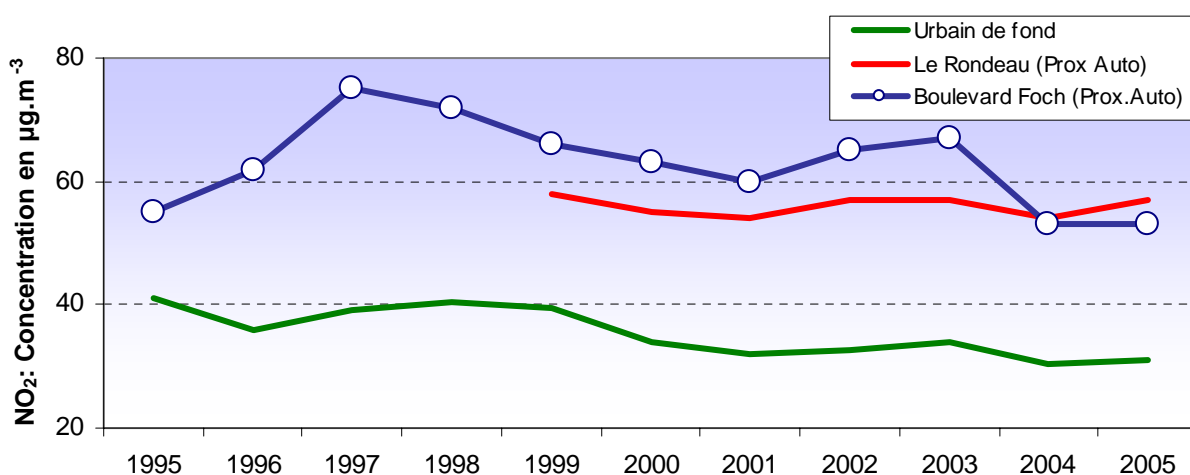


Figure 2.15 Evolution des concentrations moyennes de NO_2 à Grenoble depuis 1995

En résumé pour le NO_2 :

Les niveaux de NO_2 ne sont pas homogènes dans l'agglomération grenobloise. Les niveaux mesurés sont principalement liés à l'activité automobile (le transport routier représente 53% des émissions de NO_x dans l'agglomération grenobloise).

Les niveaux de fond à Grenoble (~ 24-30 $\mu\text{g.m}^{-3}$) sont plus importants que ceux mesurés en périphérie grenobloise et en milieu péri-urbain (+ 4-10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ par rapport au site péri-urbain du Versoud).

Les niveaux de NO_2 augmentent en se rapprochant des axes de circulation et du centre de l'agglomération (densification du réseau routier).

En situation de proximité automobile, ces niveaux ne sont pas conformes à l'objectif de qualité pour les sites " trafic " du Rondeau, du Carrefour de la Carronnerie et de la Place Vaucanson.

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

2.3.2 Les poussières en suspension (PM₁₀)

Le graphique 2.15 illustre la variation de la concentration moyenne de PM₁₀ mesurée sur les 4 sites de l'Observatoire du PDU lors des différentes campagnes en comparaison des niveaux mesurés toute l'année sur les stations fixes de référence de l'agglomération grenobloise.

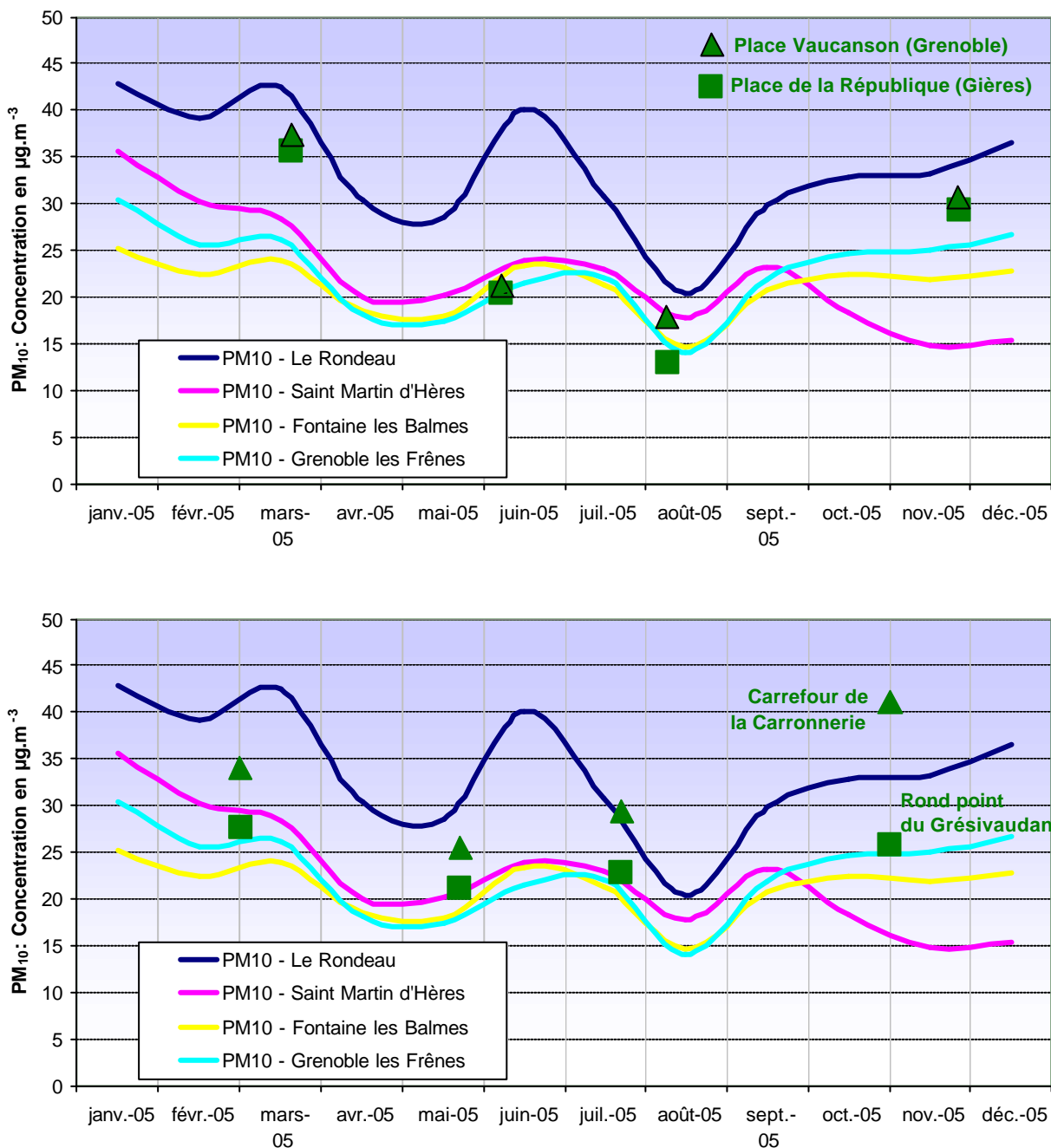


Figure 2.15 Résultats des mesures de PM₁₀ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de PM₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

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). Cependant, contrairement aux autres polluants (NO et NO₂), la diminution des concentrations de PM₁₀ est plus faible au printemps et en été.

La pollution atmosphérique liée à la présence de particules dans l'air est présente toute l'année, et plus importante en hiver (le nombre d'inversions de température favorisant l'accumulation des poussières dans l'atmosphère, est plus important en hiver).

* Statistiques horaires des PM₁₀ pendant les 8 semaines de mesures

Les résultats statistiques horaires des PM₁₀ observés sur les sites temporaires de l'observatoire du PDU et sites fixes de l'ASCOPARG ont été résumés dans les tableaux suivants.

Typologie	Proximité automobile	Proximité automobile	Proximité automobile	Urbain de fond	Urbain de fond
Station	Place Vaucanson (Grenoble)	Place de la République (Gières)	Le Rondeau	Grenoble Les Frenes	Fontaine Les Balmes
% de données valides	99,8%	98,2%	98,1%	99,2%	99,4%
Moyenne horaire	26	25	36	23	22
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	127	99	346	204	84
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	81	85	252	110	78
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	68	73	163	68	67
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	59,82	63	123,3	54	55
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	43	44,848	67	39	39
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	24	22	29	20	20
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	2	0	2	0	0

Typologie	Trafic	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
Station	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudan	Le Rondeau	Grenoble Les Frenes	Fontaine Les Balmes
% de données valides	98%	99%	99%	94%	100%
Moyenne horaire	31	23	35	24	22
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	164	86	195	136	92
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	136	75	144	90	82
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	106	64	117	64	61
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	88	56	93	56	52
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	60	41	65	43	38
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	27	21	31	21	20
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	0	0	1	0	0

Tableau 2-3 Statistiques horaires des PM₁₀ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m⁻³

Les niveaux de PM₁₀ mesurés sur le site du Carrefour de la Carronnerie (31 µg.m⁻³) sont supérieurs à ceux mesurés en fond urbain à Grenoble (22-24 µg.m⁻³).

Les niveaux mesurés sur les sites de la Place Vaucanson, Place de la République et au rond point du Grésivaudan sont légèrement supérieurs à ceux mesurés en fond urbain.

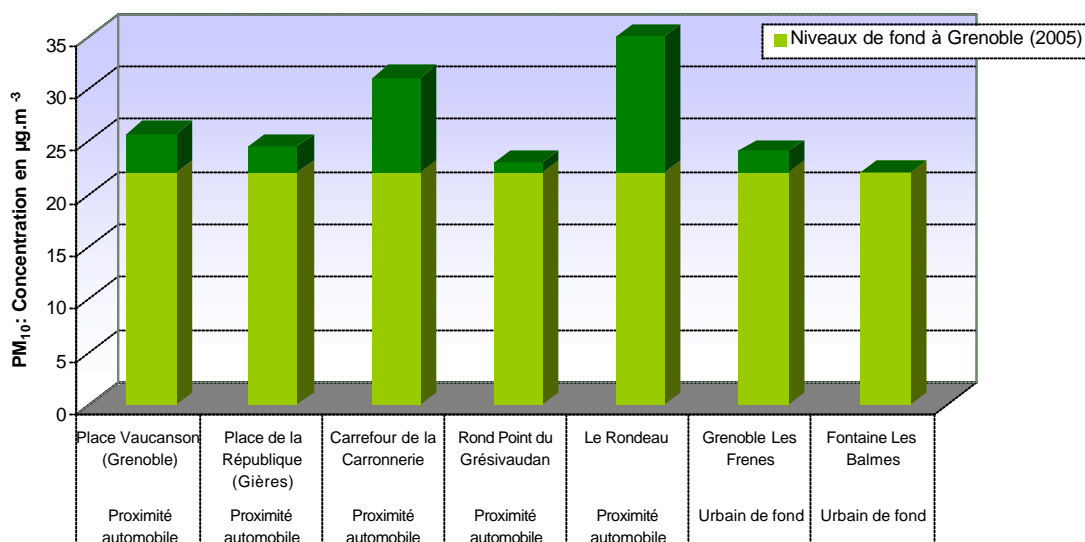


Figure 2.16 Moyennes horaires des PM₁₀ pendant les 4 campagnes de mesures

*** Statistiques journalières des PM₁₀ pendant les 8 semaines de mesures**

Parmi les valeurs réglementaires, les PM₁₀ font l'objet d'une valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée à 55 µg.m⁻³ pour le centile 90,4 (c'est-à-dire que la concentration moyenne journalière de PM₁₀ ne doit pas dépasser 55 µg.m⁻³ plus de 35 jours par an).

En Isère, les arrêtés préfectoraux n° 2004-07969 et n° 2004-07970 fixent pour les PM₁₀ un seuil d'information et de recommandations à 80 µg.m⁻³ et un seuil d'alerte à 125 µg.m⁻³ en moyenne journalière.

Les résultats statistiques journaliers observés en 2005 sur les stations fixes de l'agglomération grenobloise ont été résumés dans les tableaux suivants (Tableau 3.9).

	St Martin d'Hères Urbain de fond	Grenoble Les Frènes Urbain de fond	Fontaine Les Balmes Urbain de fond	Le Rondeau Trafic
Nombre de dépassements du seuil de 55 µg .m ³ en moyenne journalière (doit être inférieur à 35 pour ne pas dépasser la valeur limite)	8	2	0	20
Nombre de dépassement du seuil d'information et de recommandations : 80 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0
Nombre de dépassement du seuil d'alerte : 125 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 2-4 Statistiques journalières des PM₁₀ sur les sites fixes de l'agglomération grenobloise en 2005

Avec 20 dépassements du seuil des 55 µg.m⁻³ en moyenne journalière, le site du Rondeau respecte la valeur limite pour la protection de la santé fixée à 55 µg.m⁻³ pour le centile 90,4 en 2005. Tous les autres sites fixes de l'agglomération de Grenoble respectent aussi cette valeur réglementaire en 2005 (Tableau 3.10).

	Place Vaucanson Trafic	Place de la République Trafic	Carrefour de la Carronnerie Trafic	Rond point du Grésivaudan Trafic
Nombre de dépassements du seuil de 55 µg.m ⁻³ en moyenne journalière (doit être inférieur à 35 pour ne pas dépasser la valeur limite)	0	0	3	0
Nombre de dépassement du seuil d'information et de recommandations : 80 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0
Nombre de dépassement du seuil d'alerte : 125 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 2-5 Statistiques journalières des PM₁₀ pendant les 8 semaines de mesures

Avec 3 dépassements du seuil des 55 µg.m⁻³ en moyenne journalière en 8 semaines quand le site du Rondeau n'en comptait que 4 pendant la même période, la valeur limite pour la protection de la santé humaine (centile 90,4 fixé à 55 µg.m⁻³) ne risque d'être dépassée sur le site du Carrefour de la Carronnerie. Le **seuil d'information et de recommandations** (80 µg.m⁻³ en moyenne journalière) n'a pas été dépassé en 2005 à Grenoble. Toutefois, il a été dépassé 2 fois sur les sites du Rondeau et de Saint Martin d'Hères en 2004. En 2005, aucun site n'a connu de dépassement du **seuil d'alerte** (125 µg.m⁻³ en moyenne journalière).

*** Estimation de la moyenne annuelle et comparaison à la réglementation**

Les résultats statistiques horaires observés sur les sites de mesures de l'observatoire du PDU 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.

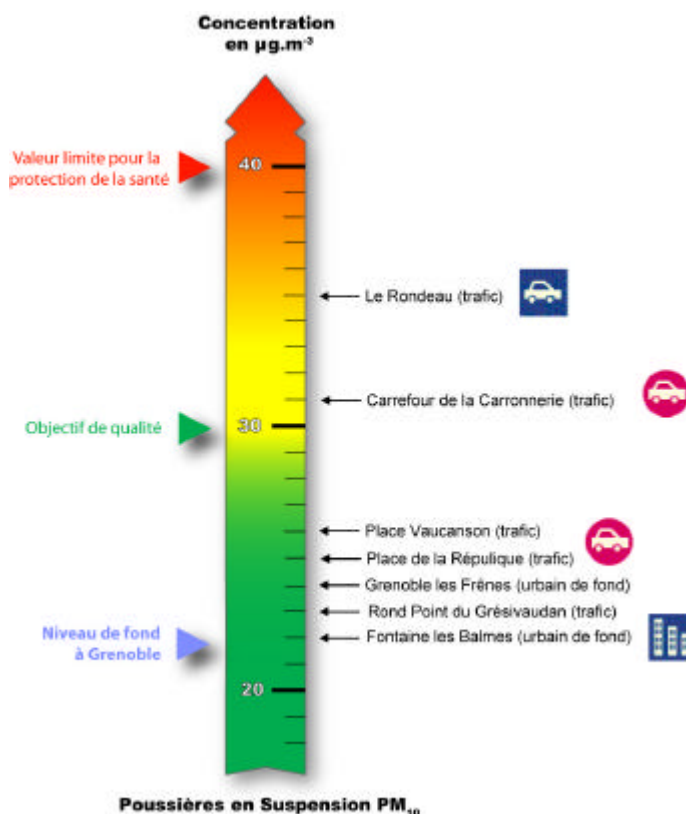


Figure 2.17 Estimation de la moyenne annuelle en PM₁₀ et comparaison par rapport à la réglementation

Les niveaux moyens mesurés sur tous les sites sont homogènes : 22-24 µg.m⁻³ pour les sites de fond jusqu'à 35 µg.m⁻³ pour le site du Rondeau (site influencé par le trafic automobile). Les concentrations de PM₁₀ mesurées sur un site ne sont pas uniquement dépendantes de la proximité au trafic automobile ; en

effet le trafic automobile ne constitue que la 3^{ème} source émettrice de poussières après l'industrie manufacturière et le résidentiel.

La comparaison par rapport à la réglementation montre un dépassement de l'objectif de qualité uniquement pour les sites du Rondeau et du carrefour de la Carronnerie, deux sites influencés par le trafic automobile.

Les mesures effectuées en 2005 sur le site du carrefour de la Carronnerie confirment l'estimation du non respect de l'objectif de qualité concernant les PM₁₀ sur ce site. En effet, des mesures effectuées en 2004 avaient déjà montré que ce site était susceptible de ne pas respecter l'objectif de qualité concernant les PM₁₀.

En résumé pour les poussières (PM₁₀) :

Les niveaux de poussières sont relativement homogènes dans l'agglomération grenobloise (~22-24 µg.m⁻³ en situation de fond dans l'agglomération).

Mais les concentrations de poussières peuvent être plus importantes en proximité automobile (+11 µg.m⁻³ en proximité automobile sur le site du Rondeau par rapport au niveau de fond).

Sur un site comme le Rondeau où le trafic automobile est très important, les niveaux de poussières sont supérieurs de 50% au niveau de fond en PM₁₀ alors que les niveaux de NO₂ sont pratiquement le double de ceux mesurés en fond urbain.

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

Les émissions de PM₁₀ étant présentes toute l'année, le risque de dépassement de valeurs réglementaires est essentiellement lié à l'apparition de facteurs météorologiques favorables à l'accumulation de poussières dans l'atmosphère liée à une inversion de température qui peut durer plusieurs jours.

2.3.3 Le benzène (C₆H₆)

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

Typologie	Trafic	Trafic	Trafic	Trafic
Station	Place Vaucanson	Place de la République	Carrefour de la Carronnerie	Rond Point du Grésivaudan
Moyenne	2	2,1	2,6	1,9
Maximum (µg.m ⁻³)	3,2	3,8	4,5	3,6
Minimum (µg.m ⁻³)	1	0,9	1,3	0,9

Figure 2.18 Statistiques du benzène et estimation de la moyenne annuelle

* Le résultat de la mesure en benzène sur le site de la Place de la République (Gières) surestime la moyenne annuelle. Une mesure par tube à diffusion effectuée en été, période pendant laquelle les concentrations en benzène sont les plus faibles, n'a pu être analysée ; l'estimation de la moyenne annuelle sur ce site peut donc être considérée comme inférieure à 2 µg.m⁻³ et donc conforme à l'objectif de qualité.

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

En effet, la différence de concentration de benzène entre les sites est moins importante que pour le NO₂. Les sources de benzène sont multiples ; le trafic automobile représente environ 33% des émissions de COV dans l'agglomération grenobloise et 53% des émissions de NOx.

Les mesures effectuées sur le tracé de la ligne 6020 et dans le cadre de l'Observatoire du PDU confirment celles effectuées en 2004 avec un niveau de fond homogène de benzène sur l'agglomération grenobloise (~1,7 µg.m⁻³) et **des concentrations pouvant ne pas respecter l'objectif de qualité (supérieures à 2 µg.m⁻³) en situation de proximité automobile.**

En proximité automobile, l'étude des concentrations de benzène confirment donc l'influence du trafic automobile sur ces sites ; les concentrations de benzène sont maximales à proximité immédiate des axes de circulation automobile et supérieurs au niveau de fond en benzène à Grenoble.

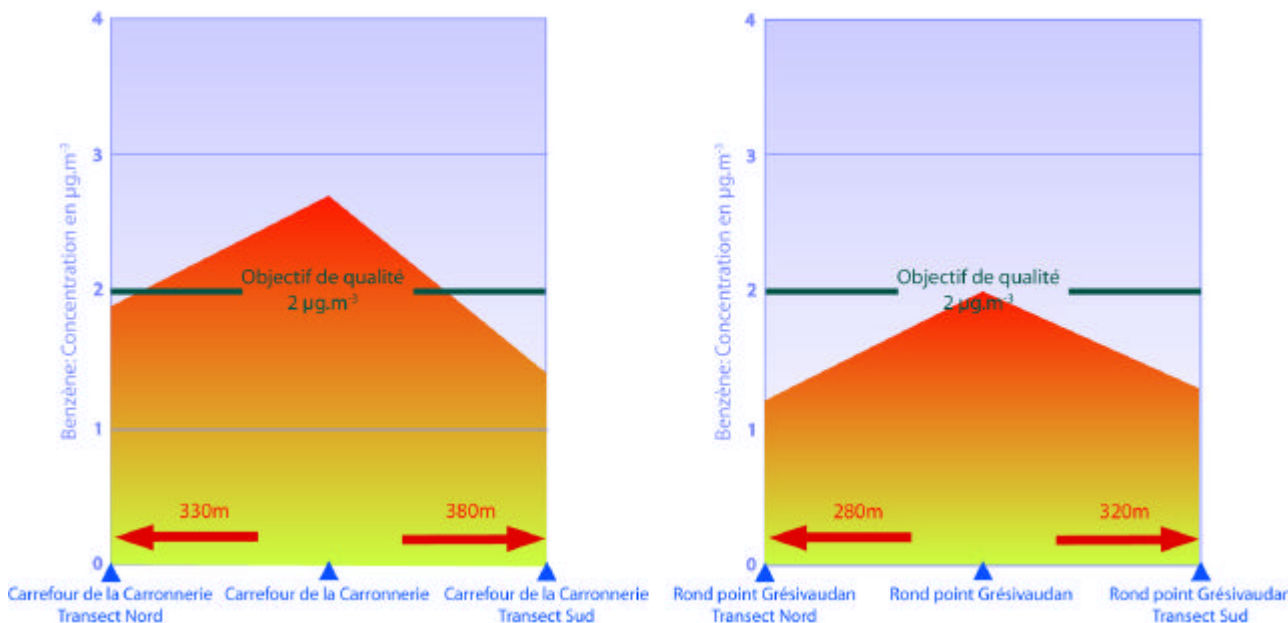


Figure 2.19 Concentrations moyennes de benzène à proximité du carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan

Avec des concentrations moyennes comprises entre 2 et 2,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle, les mesures effectuées en 2005 sont cohérentes avec celles effectuées sur les autres sites grenoblois en 2004 (1,7 à 3,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$). Beaucoup de sites, essentiellement des sites de proximité automobile, ne respectent pas l'objectif de qualité. Cependant les concentrations mesurées restent bien inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé (10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

Les mesures de benzène effectuées en 2005 sur le site du carrefour de la Carronnerie sont inférieures à celles effectuées en 2004 (2,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2005 contre 3,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2004). Les dernières mesures confirment donc le non respect de l'objectif de qualité concernant le benzène sur le site du carrefour de la Carronnerie. La figure 2.19 montre clairement l'influence du trafic automobile au niveau du carrefour de la Carronnerie (le maximum de concentration en benzène est mesuré à proximité immédiate de la chaussée).

En résumé pour le benzène :

En 2004, les niveaux de fond en benzène (~1,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$) étaient conformes à l'objectif de qualité dans l'agglomération grenobloise (inférieur à 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

Les mesures effectuées en 2005 montrent des résultats similaires à ceux effectués en 2004.

En proximité automobile, les niveaux de benzène sont supérieurs aux niveaux de fond, ils peuvent ne pas être conformes à l'objectif de qualité, c'est le cas au Carrefour de la Carronnerie.

2.3.4 Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le graphique 2.20 illustre la variation de la concentration moyenne de SO₂ mesurée sur les 4 sites de l'Observatoire du PDU lors des différentes campagnes.

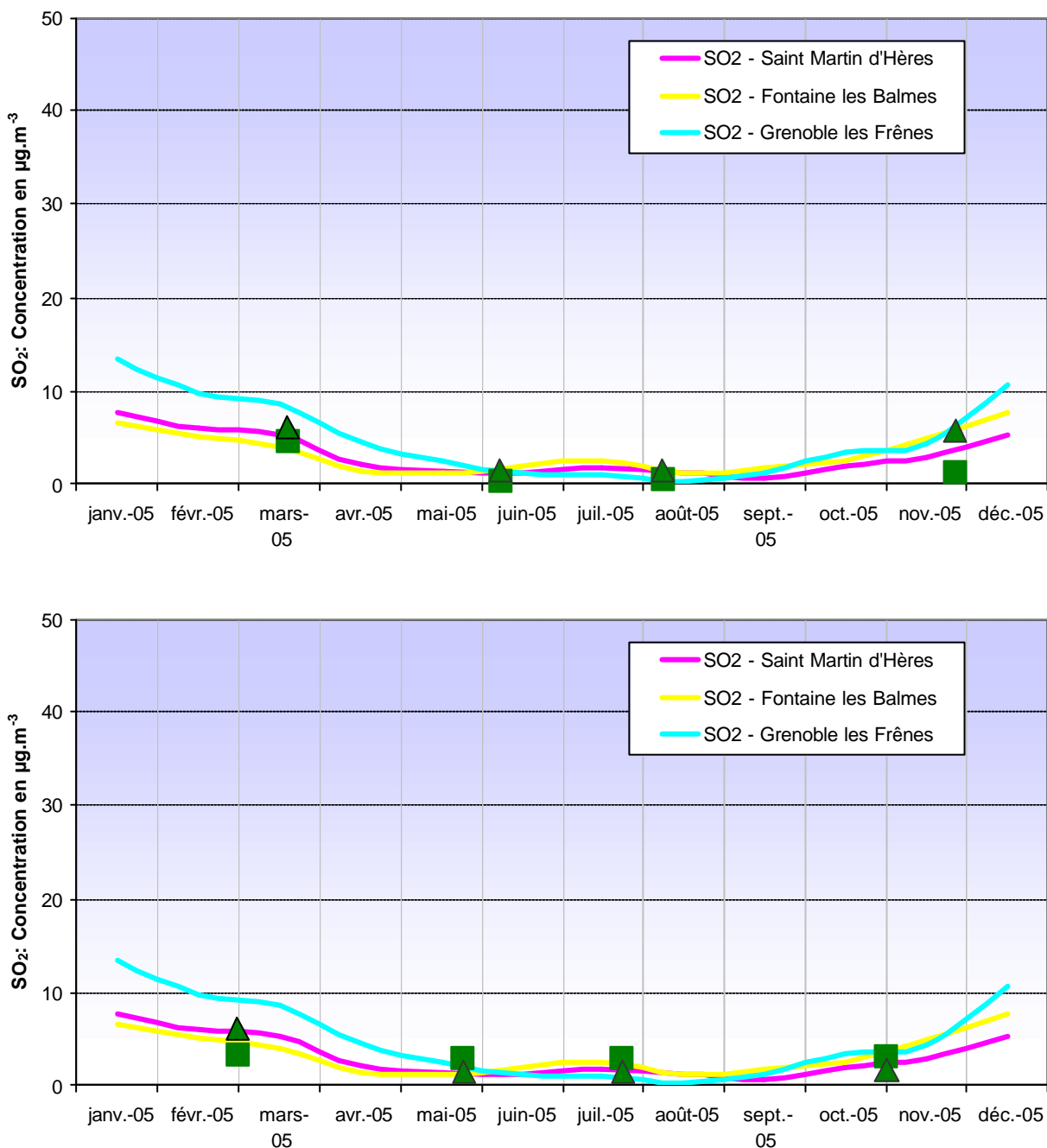


Figure 2.20 Résultats des mesures de SO₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de SO₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les concentrations de SO₂ mesurées sur tous les sites de mesures sont très faibles.

Comme pour les autres polluants, les concentrations maximales de SO₂ ont été mesurées lors des campagnes d'hiver et d'automne (campagne 1 et 4). Cette augmentation des concentrations de SO₂ en hiver est liée en partie à l'utilisation de combustibles soufrés pour le chauffage.

Le bilan de la qualité de l'air réalisé sur les dix dernières années montre une très nette diminution des moyennes de SO₂. Ce constat est en grande partie lié à la baisse des émissions d'origine industrielle et la diminution de la teneur en soufre des carburants.

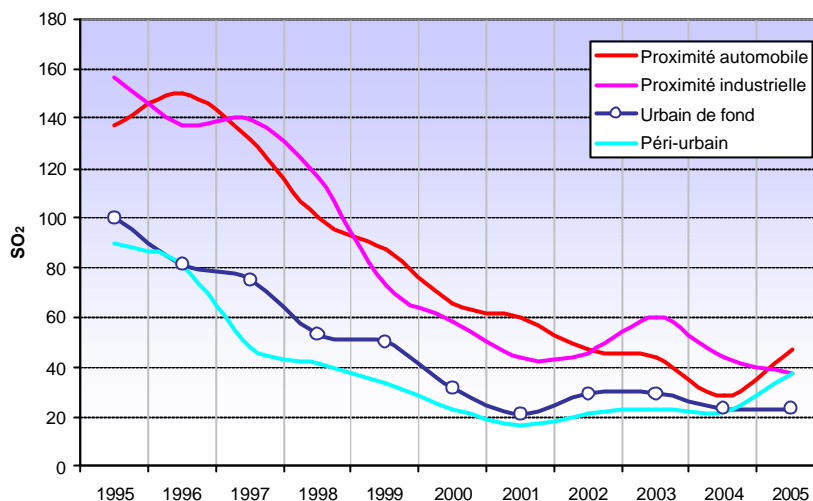


Figure 2.21 Evolution relative de la concentration de SO₂ en région grenobloise entre 1995 et 2005 (Les niveaux de SO₂ mesurés en sites urbains de fond en 1985 constituent la référence 100)

*** Statistiques horaires du SO₂ pendant les 8 semaines de mesures**

Les résultats statistiques horaires du SO₂ observés sur les sites temporaires de l'observatoire du PDU et sites fixes de l'ASCOPARG ont été résumés dans les tableaux suivants.

Station	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
	Place Vaucanson (Grenoble)	Place de la République (Gières)	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes
% de données valides	98,6%	96,8%	95,6%	98,3%
Moyenne horaire	4	2	4	3
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	72	47	124	34
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	40	29	61	32
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	28	18	36	22
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	19	12	24	18
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	9	5	9	6
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	2	1	1	2
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	0	0	0	0

Typologie	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
	Carrefour de la Carronnerie (Meylan)	Rd Point du Grésivaudan (Meylan)	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes
% de données valides	93%	98%	92%	98%
Moyenne horaire	2	3	5	3
Maximum horaire (µg.m ⁻³)	36	29	184	39
Percentile 99,8 horaire (µg.m ⁻³)	23	26	115	31
Percentile 99,2 horaire (µg.m ⁻³)	17	24	58	20
Percentile 98 horaire (µg.m ⁻³)	14	13	30	13
Percentile 90,4 horaire (µg.m ⁻³)	7	7	9	7
Percentile 50 horaire (µg.m ⁻³)	1	3	2	2
Minimum horaire (µg.m ⁻³)	0	0	0	0

Tableau 2-6 Statistiques horaires du SO₂ 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.

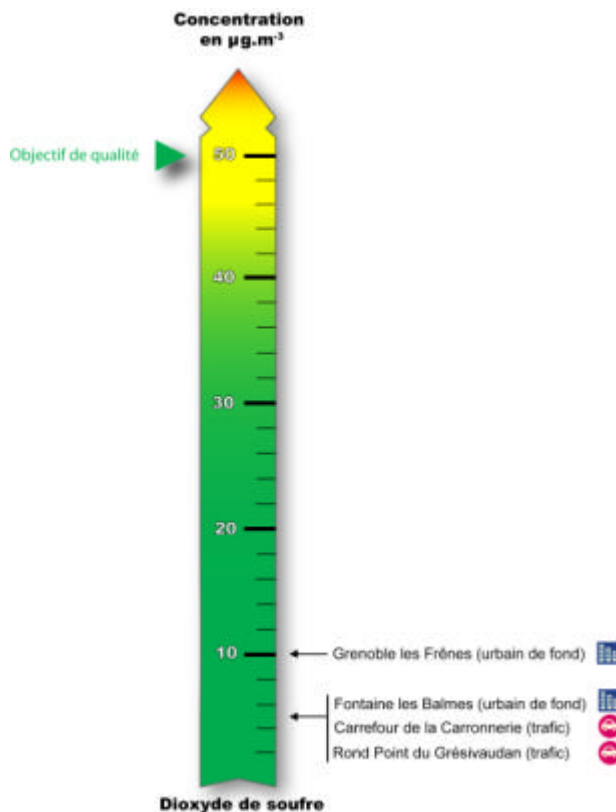


Figure 2.22 Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

La comparaison avec la réglementation montre que tous les sites de l'agglomération grenobloise respectent l'objectif de qualité (50 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

Concernant le SO₂, les seuls dépassements constatés actuellement en Rhône-Alpes sont des dépassements du seuil de recommandations et d'information (300 µg.m⁻³ en moyenne horaire) sur des sites industriels (à proximité d'émetteurs importants de SO₂ comme les sites chimiques).

En résumé pour le dioxyde de soufre (SO₂) :

Les concentrations moyennes annuelles de SO₂ sont en baisse régulière depuis plusieurs années à Grenoble ; en 10 ans les concentrations moyennes de SO₂ ont été divisées par 5.

Pour le SO₂, les concentrations mesurées sur tous les sites de l'agglomération grenobloise sont conformes aux objectifs de qualité de l'air.

CONCLUSION

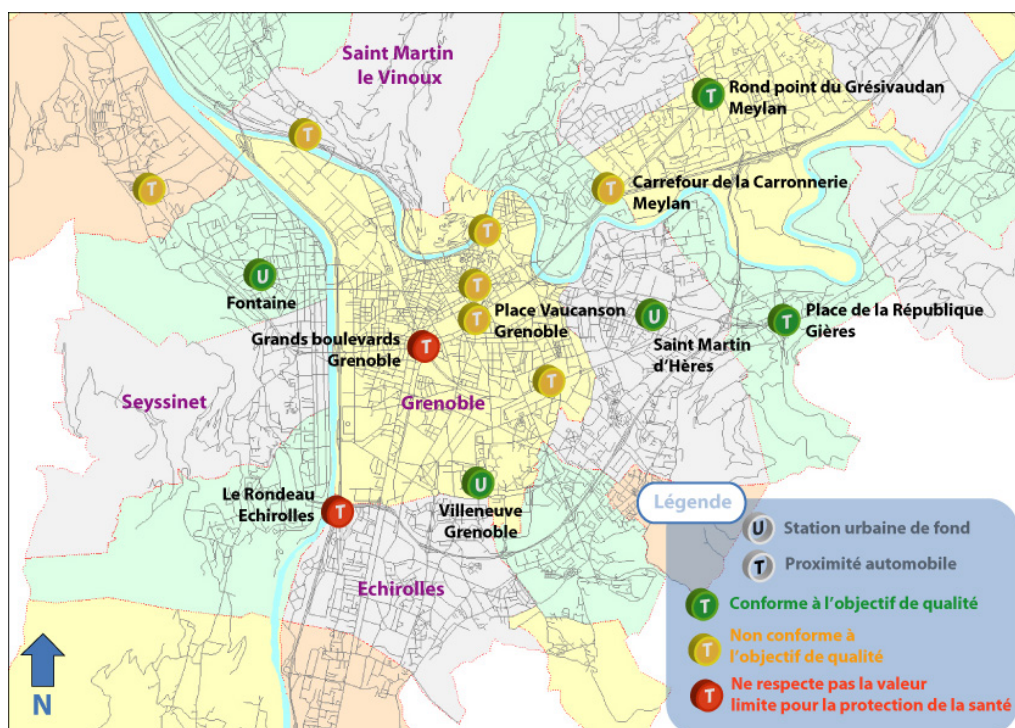
Cet observatoire de la qualité de l'air dont les mesures ont démarré il y a 2 ans dans des secteurs susceptibles de subir des modifications dans le cadre du PDU, contribue à l'amélioration de la connaissance de la qualité de l'air sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise.

Ces résultats permettent de réaliser un bilan de la qualité de l'air sur 6 secteurs de l'agglomération grenobloise en 2004 et 4 secteurs en 2005.

Ces mesures complètent le réseau de stations fixes de l'ASCOPARG qui assure un suivi en continu de la pollution moyenne grâce aux stations urbaines de fond et de la pollution maximale grâce à des stations trafic (à proximité de la Rocade Sud à Echirolles et du boulevard Foch à Grenoble).

Ces travaux ont permis aussi de réaliser un bilan de la qualité de l'air dans des environnements différents représentatifs d'une qualité de l'air intermédiaire entre la pollution moyenne (mesurée par les stations urbaines de fond) et la pollution maximale (rencontrée en proximité d'axes automobiles très importants).

Les résultats confirment une influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise. Cette influence s'explique notamment par la part importante du trafic automobile dans les émissions totales de certains polluants (le trafic automobile représente 53% des émissions de NOx de l'agglomération).



Caractérisée par les stations fixes de référence de l'ASCOPARG, la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise est, en situation de fond, homogène et conforme aux valeurs réglementaires.

La qualité de l'air se dégrade dans les secteurs qui sont sous l'influence du trafic automobile. Cette dégradation est fonction de l'intensité du trafic automobile à proximité, de la distance par rapport à la route (décroissance de la pollution avec l'augmentation de la distance) et de la configuration des rues (situation très défavorable dans les rues étroites, type canyon). La qualité de l'air n'est pas conforme aux objectifs de qualité dans la plupart des secteurs sondés dans le cadre cette étude (6 sites sur 9).

Cette non-conformité est liée pour beaucoup de sites aux concentrations de benzène. En effet, le niveau de fond en benzène de l'agglomération ($\sim 1,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) est proche de la valeur définie comme objectif de qualité ($2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

objectifs pour ces deux sites. Elle ne respecte pas la valeur limite pour la protection de la santé sur le site du Rondeau qui constitue un nœud de circulation très important (intersection entre la Rocade Sud et l'A480).. Cette étude a aussi permis de faire des mesures dans l'hyper centre de Grenoble (rue Félix Poulat en 2004 et Place Vaucanson en 2005), zone qui concentre un maximum de population. Les niveaux de NO₂ confirment l'influence du trafic automobile, notamment celle du Boulevard Agutte Sembat. Sur ces deux sites, la qualité de l'air est non conforme aux objectifs de qualité.

Site	Typologie	Objectif de qualité	NO ₂	PM ₁₀	Benzène	SO ₂
			Valeur limite pour la protection de la santé	40	30	2
Rue Félix Poulat (Grenoble)	Urbain	Comparaison des moyennes annuelles aux valeurs réglementaires	41	21	1,7	4
Place de la Libération (Sassenage)	Trafic		35	25	2,2	2
Avenue des JO (Grenoble)	Trafic		38	21	2,2	2
Rue de l'Isère (Saint Martin le Vinoux)	Trafic		36	25	2	4
Place Emé de Marcieu (Grenoble)	Trafic		40	24	3	3
Carrefour de la Carronnerie (Meylan)	Trafic		43	28	3,7	2
Rond Point du Grésivaudan (Meylan)	Trafic		35	23	1,9	3
Place Vaucanson (Grenoble)	Trafic		47	26	2	4
Place de la République (Gières)	Trafic		32	25	2,1*	2
Le Rondeau (Echirolles)	Trafic		54	32	2,1	3
Saint Martin d'Hères	Urbain		31	25	-	3
Fontaine les Balmes	Urbain		30	21	-	3
Grenoble les Frênes	Urbain		30	21	-	5
Versoud	Péri-urbain	22	-	-	1	

Signification des couleurs dans le tableau précédent	
Dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé	
Non conforme à l'objectif de qualité	
Qualité de l'air conforme à l'objectif de qualité	
Pas de mesure	-

Perspectives

Dans le cadre du partenariat avec le SMTC, l'ASCOPARG, poursuit en 2006 des évaluations de la qualité de l'air dans d'autres secteurs de l'agglomération (proximité de la Rocade sud à Saint Martin d'Hères, cours Jean Jaurès à Echirolles et Boulevard Gambetta à Grenoble).

Cette évaluation de la qualité sera complétée par la mise en place d'outils de modélisation comme SIRANE qui permettra la modélisation de la qualité de l'air et une estimation de l'exposition de la population au dépassement des valeurs limites (indicateur lié à l'application du PDU). Ces mesures participeront également à la validation de ce modèle pour l'agglomération grenobloise.

Tableaux et figures

Tableau 1-1 Date des campagnes de mesures	3
Tableau 1-2 Implantation des laboratoires mobiles dans le cadre de l'Observatoire du PDU.....	4
Tableau 1-3 Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude	5
Tableau 2-1 Statistiques horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures	14
Tableau 2-2 Statistiques horaires du NO ₂ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m ⁻³	19
Tableau 2-3 Statistiques horaires des PM ₁₀ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m ⁻³	25
Tableau 2-4 Statistiques journalières des PM ₁₀ sur les sites fixes de l'agglomération grenobloise en 2005 ..	26
Tableau 2-5 Statistiques journalières des PM ₁₀ pendant les 8 semaines de mesures	27
Tableau 2-6 Statistiques horaires du SO ₂ pendant les 4 campagnes de mesures	32

Figure 1.1 Photos des moyens mobiles (camion et remorque laboratoire)	6
Figure 1.2 Photos des tubes à diffusion BTX (Radiello) : mesure du Benzène, du Toluène et des Xylènes ...	7
Figure 2.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère	8
Figure 2.2 Répartition mensuelle des inversions de température en 2004 et 2005.....	9
Figure 2.3 Répartition horaire des inversions de température à Grenoble en 2005	9
Figure 2.4 Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air.	10
Figure 2.5 Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble.....	11
Figure 2.6 Ecart entre la moyenne mesurée du NO ₂ et des PM ₁₀ pendant les 8 semaines de l'étude et la moyenne annuelle pour les stations fixes de l'ASCOPARG (Le Rondeau, Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Le Versoud)	12
Figure 2.7 Résultats des mesures de NO sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO sur les sites fixes de l'ASCOPARG	13
Figure 2.8 Moyennes horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures	15
Figure 2.9 Profil moyen horaire du NO sur les sites de la place Vaucanson (Grenoble) et Place de la République (Gières) pendant les 8 semaines de mesures de l'étude.....	16
Figure 2.10 Profils moyens horaires du NO sur les sites du Carrefour de la Carronnerie (Meylan) et du Rond Point du Grésivaudan (Meylan) pendant les 8 semaines de mesures de l'étude.	16
Figure 2.11 Résultats des mesures de NO ₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO ₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG	18
Figure 2.12 Moyennes horaires du NO ₂ pendant les 4 campagnes de mesures	20
Figure 2.13 Profils Profil moyen horaire du NO ₂ pendant les 8 semaines de mesures de l'étude	21
Figure 2.14 Comparaison des mesures de NO ₂ par rapport à la réglementation.....	22
Figure 2.15 Résultats des mesures de PM ₁₀ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de PM ₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG	24
Figure 2.16 Moyennes horaires des PM ₁₀ pendant les 4 campagnes de mesures	26
Figure 2.17 Estimation de la moyenne annuelle en PM ₁₀ et comparaison par rapport à la réglementation....	27
Figure 2.18 Statistiques du benzène et estimation de la moyenne annuelle	29
Figure 2.19 Concentrations moyennes de benzène à proximité du carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan.....	29
Figure 2.20 Résultats des mesures de SO ₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de SO ₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG	31
Figure 2.21 Evolution relative de la concentration de SO ₂ en région grenobloise entre 1995 et 2005	32
Figure 2.22 Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation.....	33